

TRABAJO FINAL DE MAESTRIA

Soporte para nuevos servicios de Realidad Extendida (XR) y Metaverso en un ISP

Autor/es:

Ing. Estadella, Pablo D. – LU: 1155146

Ing. Ferguson, Sebastián A. – LU: 1155149

Carrera:

Maestría en Dirección Estratégica de la Información (CIO)

Tutor:

Mg. Gustavo A. Giaccio

Fecha:

2023

ABSTRACT

Throughout the course of this work, we will illustrate how diverse approaches and analyses conducted by various consulting firms converge in a shared perspective, foreseeing that various Metaverse and Extended Reality technologies will become ubiquitous in the forthcoming years. A significant number of experts even project or dare to suggest that 2030 is the prospective year when these technologies will profoundly transform our approach to accessing the Internet.

As an Internet Service Provider (ISP), it is imperative for us to proactively prepare for the demands and expectations our valued customers will place upon us. By doing so, we can secure a competitive edge, as failing to embrace these necessary preparations would potentially result in us being marginalized in the ever-competitive market landscape.

A lo largo de este trabajo, ilustraremos cómo diversos enfoques y análisis realizados por varias firmas consultoras convergen en una perspectiva compartida, previendo que varias tecnologías de Metaverso y Realidad Extendida se volverán omnipresentes en los próximos años. Un número significativo de expertos incluso proyecta o se atreve a sugerir que 2030 es el año en el que estas tecnologías transformarán profundamente nuestra forma de acceder a Internet.

Como proveedor de servicios de Internet (ISP), es imperativo que nos preparemos de manera proactiva para las demandas y expectativas que nuestros valiosos clientes pondrán sobre nosotros. Al hacerlo, podemos asegurar una ventaja competitiva, ya que, si no adoptamos estos preparativos necesarios, podríamos quedar marginados en el panorama de mercado cada vez más competitivo.

RESUMEN EJECUTIVO

El Metaverso y la Realidad eXtendida no son conceptos nuevos, sin embargo, en estos últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías que están impulsando su uso de manera acelerada. Desde recitales en línea a través de juegos como Fortnite o Roblox, a innovaciones en tecnología de dispositivos que han reducido su tamaño, peso, y ampliado sus capacidades de renderizado a límites antes insospechados. Muchos analistas coinciden que los próximos 10 años serán clave para el desarrollo de las tecnologías necesarias para que tanto el Metaverso como la Realidad eXtendida sean de uso común y sean la nueva forma de acceso a Internet, reemplazando incluso al teléfono móvil como principal medio de acceso.

En el presente trabajo analizaremos el contexto actual y el escenario futuro para determinar cómo un proveedor de servicios de Internet debe preparar su red para soportar estas nuevas tecnologías.

En el primer capítulo realizaremos un análisis histórico de la Realidad eXtendida y del Metaverso para concluir el estado actual de la tecnología y los desafíos que se presentan para lograr el uso masivo de la misma. Luego finalizaremos analizando los distintos esfuerzos que están realizando las empresas e investigadores para sobrepasar las limitaciones actuales, detallando claramente cuáles serán los requerimientos técnicos que tendrá que enfrentar un proveedor de servicios de Internet para soportar el tráfico de los clientes con la calidad necesaria.

Luego en el segundo capítulo veremos cómo el proveedor de servicios de Internet objeto de este estudio deberá materializar esta transformación de sus redes. Nuestra estrategia a largo plazo consiste en invertir en la expansión de nuestra red para poder soportar los requerimientos del Metaverso y la Realidad eXtendida. Hemos desarrollado un plan estratégico plurianual de inversión sólido y concreto, con una inversión estimada de USD 437 millones distribuidos en un período de 9 años. Este plan nos permitirá estar preparados para enfrentar los desafíos que estas tecnologías nos plantearán.

Esta inversión se destinará a modificar las redes en la calle, actualizar los equipos en la casa de los clientes y preparar las redes de Core, Acceso y Data Center para soportar las nuevas capacidades exigidas. Esta inversión nos permitirá ofrecer una conectividad confiable, rápida y de alta calidad, asegurando una experiencia en línea excepcional para nuestros usuarios. Esto incluye mejorar la eficiencia y capacidad de la red para satisfacer las necesidades cambiantes de ellos, garantizando baja latencia y un incremento en el tráfico. Al invertir en la expansión de nuestra red, estaremos preparados para ofrecer una experiencia inmersiva y fluida, asegurando nuestra posición en el mercado competitivo de las telecomunicaciones.

Finalmente, en el tercer capítulo, plantearemos algunos escenarios de negocio que podrán ayudar al proveedor de servicios de Internet objeto de este estudio a generar nuevas fuentes de ingresos gracias a estas nuevas tecnologías, las cuales están experimentando un crecimiento significativo y se proyecta que el mercado global alcance los USD 134.180 millones para 2030. Esto abre oportunidades para generar nuevas fuentes de ingresos a través de servicios y productos relacionados con el Metaverso y la Realidad eXtendida.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no podría haber sido realizado sin el apoyo de nuestras familias. Agradecemos a **Sandra y Verónica** por la paciencia, acompañamiento y asesoramiento. También a **Blas y Paloma**, y a **Juan y Florencia**, nuestros hijos por la paciencia y el tiempo que no pudimos dedicarles.

Agradecemos también a **Gustavo**, nuestro director del Trabajo Final quien nos guio y acompañó durante todo el proceso.

Tabla de contenido

Abstract.....	i
Resumen ejecutivo.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Tabla de contenido.....	iv
Tabla de Ilustraciones.....	vi
Acrónimos.....	viii
Capítulo 1 – La realidad extendida y el metaverso.....	1
Historia de la realidad extendida.....	1
Historia del Metaverso.....	9
Estado actual del Metaverso y la Realidad eXtendida.....	12
Experiencia.....	12
Descubrimiento.....	13
Creadores.....	14
Computación espacial.....	14
Descentralización.....	14
Interfaz humana.....	15
Infraestructura.....	15
Desafíos.....	16
Futuro de la realidad extendida y el metaverso.....	16
Procesamiento.....	17
Latencia y Ancho de banda.....	20
Protocolos y estándares.....	22
Resolución de video y tasas de refresco.....	24
Problemas de salud.....	26
Contenido.....	27
Visión de Futuro.....	28
Capítulo 2 – El Proveedor de servicios de Internet.....	31
Descripción de la red de un ISP.....	31
<i>Backbone</i>	31
Datacenter.....	33
Datacenter <i>facilities</i>	34
Red de acceso.....	34
Planta externa.....	36
Home network (o red en el hogar).....	39
Preparando la red.....	42

Calidad del servicio (QoS)	43
Calidad de la experiencia (QoE):	44
Latencia	44
<i>Bandwidth</i> o Ancho de banda	44
<i>Upload</i> y <i>Download</i>	45
Packet Loss	45
Cambios en la red	46
Backbone	47
Acceso	48
Planta externa	48
Home network	48
Costos asociados	48
Plan de trabajo	52
Capítulo 3 – El negocio	54
Qué negocio hay para nosotros	54
Oportunidades de negocio detectadas	57
Un caso de éxito	59
Asociaciones	60
Experiencia	60
Human Interface	60
Infraestructura	60
Conclusiones	61
Bibliografía	62
ANEXOS	65
ANEXO 1 – Complemento Teórico	66
Hype cycle	66
<i>S-Curves</i>	68
Estrategia del océano azul	69
Ley de Moore	71
ANEXO 2 – Encuesta	72
Formulario de encuesta	72
Resultados de la encuesta	75
ANEXO 3 – <i>Metaverse era market trends</i>	82

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Diagrama de un Panorama en la patente de invención	1
Ilustración 2 - Fotografía de una sala Panorama en Londres en 1794	1
Ilustración 3 - Visor Estereoscópico	2
Ilustración 4 - Blue Box	2
Ilustración 5 - Sensorama	3
Ilustración 6 - <i>Headsight</i>	3
Ilustración 7 - La espada de Damocles	4
Ilustración 8 - EyePhone y DataGlobe de VPL	5
Ilustración 9 - BARS	6
Ilustración 10 - Oculus Rift CV1	6
Ilustración 11 - Jimmy Fallon probando el Oculus Rift en vivo (2014)	7
Ilustración 12 - Google Glass	7
Ilustración 13 - Google Cardboard	7
Ilustración 14 - Pokémon Go	8
Ilustración 15 - Roblox	10
Ilustración 16 - Londres	10
Ilustración 17 - Minas Tirith de JRR Tolkien	10
Ilustración 18 - Teatro Colón en Descentraland	11
Ilustración 19 - Interior del Teatro Colón en Descentraland	11
Ilustración 20 - Posteo de Donald Mustard, creador del juego Fortnite	11
Ilustración 21 - Mapa del mercado del Metaverso	12
Ilustración 22 - DJ Marshmello en Fortnite	13
Ilustración 23 - Oasis de Ready Player One	13
Ilustración 24 - Ley de Moore número de transistores por dispositivo, pasado, presente y futuro	18
Ilustración 25 - Distribución del delay recomendado para el servicio de Realidad Virtual	20
Ilustración 26 - Requerimientos de red para la Realidad Virtual	21
Ilustración 27 - Envíos de dispositivos XR vs Consolas de Juegos	28
Ilustración 28 - AR/VR <i>Hype Cycle</i>	28
Ilustración 29 - Dispositivos XR conectados a Steam	29
Ilustración 30 - Topología backbone IP	32
Ilustración 31 - Diagrama de red <i>DataCenter</i>	34
Ilustración 32 - topología CMTS/OLT y su conexión al <i>Backbone</i> de la red	35
Ilustración 33 - Diagrama de red HFC	37
Ilustración 34 - Espectro docsis 3.0 y 3.1	37
Ilustración 35 - Diagrama red FTTH	38
Ilustración 36 - Capacidad de la fibra óptica	39
Ilustración 37 - Cabledemodem DOCSIS y dispositivos wifi	40
Ilustración 38 - Diagrama home network	40
Ilustración 39 - Capacidad 802.11	41
Ilustración 40 - análisis tráfico promedio	46
Ilustración 41 - Requerimientos de Ancho de Banda por aplicación	47
Ilustración 42 - inversión vs despliegue red	51
Ilustración 43 - Reporte precedence research	54
Ilustración 44 - Crecimiento BPI mundial	55
Ilustración 45 - Distribución opinión positiva	56

Ilustración 46 - Encuesta Metaverso – Conocimiento de la población sobre el tema	56
Ilustración 47 - Encuesta metaverso – Tiempo para convertirse en tecnología de uso común	57
Ilustración 48 - Evolución del volumen de ventas	59
Ilustración 49 - Diagrama de HYPE CYCLE	66
Ilustración 50 - Diagrama de <i>Hype Cycle Traps</i>	67
Ilustración 51 - Diagrama de <i>Hype Cycle Oportunities</i>	68
Ilustración 52 - S-CURVES	69
Ilustración 53 - Estrategia del océano azul	70
Ilustración 54 - Distribución por genero	75
Ilustración 55 - Distribución por edad	75
Ilustración 56 - Distribución por nivel educativo	76
Ilustración 57 - Distribución por servicio de Internet	76
Ilustración 58 - Usos de Internet actuales	77
Ilustración 59 - Autovaloración de conocimiento	77
Ilustración 60 - Distribución de dispositivos hogareños	78
Ilustración 61 - Impacto del Metaverso en diferentes industrias.....	79
Ilustración 62 - Interés de uso de las diferentes tecnologías del Metaverso	80
Ilustración 63 - Tiempo de masificación de uso de las tecnologías del Metaverso.....	81
Ilustración 64 - Probabilidad de pago extra al ISP	81

ACRÓNIMOS

3D	Tres dimensiones
4G	Cuarta generación de tecnologías de red celular de banda ancha
5G	Quinta generación de tecnologías de red celular de banda ancha
A.E.C.	Antes de la era común
AMBA	Área Metropolitana de Buenos Aires
AMD	<i>Advanced Micro Devices</i>
APIs	Del inglés <i>Application Programming Interface</i>
AR	Del inglés <i>Augmented Reality</i> , Realidad Aumentada
ATSC	Del inglés <i>Advanced Television Systems Committee</i> , o Comité de Sistemas de Televisión Avanzada
B2B	Del inglés <i>Business to Business</i>
B2C	Del inglés <i>Business to Consumer</i>
BARS	Del inglés <i>Battlefield Augmented Reality System</i> , o Sistema de Realidad Aumentada para el Campo de Batalla
BBS	Del inglés <i>Bulletin Board System</i> , o tablero electrónico de anuncios
bps	Bits por segundo
CABASE	Cámara Argentina de Internet (ex Cámara Argentina de Bases de Datos y Servicios En línea)
CDN	Del inglés <i>Content Delivery Network</i> , o red de distribución de contenido
CCO	Del inglés <i>Chief Creative Officer</i> , o director ejecutivo, creativo máximo de una empresa
CE	Del inglés <i>Customer Equipment</i> , o equipo del cliente
CEO	Del inglés <i>Chief Executive Officer</i> , persona de mayor rango dentro de una organización, ya sea presidente, presidente ejecutivo, director general, etc.
CM	Del inglés <i>Cable Modem</i>
CMTS	Del inglés <i>Cable Modem Termination System</i> , o sistema de terminación de Cablemódems.
CPE	Del inglés <i>Customer Premises Equipment</i> , o dispositivo de hogar
CPU	Del inglés <i>Central Processing Unit</i> , o unidad de procesamiento central
CRM	Del inglés <i>Customer Relationship Management</i> , software de administración de la relación con los clientes
DHCP	Del inglés <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> o Protocolo de configuración dinámica del dispositivo
DIY	Del inglés <i>Do It Yourself</i> , o hazlo tú mismo
DNS	Del inglés <i>Domain Name System</i> o sistema de nombres de dominio
DOCSIS	Del inglés <i>Data Over Cable Service Interface Specifications</i> , o las Especificaciones de interfaz de servicio de datos por cable
DSL	Del inglés <i>Digital Subscriber Line</i> , o línea de conexión digital de usuario
DVB-C	Del inglés <i>Digital Video Broadcasting - Cable</i> , o Sistema de transmisión de Video Digital por Cable
E3	Del inglés <i>Electronic Entertainment Expo</i> , o Exposición de Electrónica de Consumo de entretenimiento
EE.UU.	Estados Unidos
ERP	Del inglés <i>Enterprise Resource Planning</i> , software de planificación de recursos empresariales

FOV	Del inglés <i>Field of View</i> , o campo de visión
FPS	Del inglés <i>Frames Per Second</i> o cuadros por segundo. Indica la velocidad de fotogramas en un video.
FTTH	Del inglés <i>Fiber To The Home</i> , o Fibra al hogar
FTTR	Del inglés <i>Fiber To The Room</i> , o fibra a la habitación
Gbps	Gigabits por segundo
GPON	Del inglés <i>Gigabit Passive Optical Network</i> , o Red Óptica Pasiva Gigabit
GPS	Del inglés <i>Global Positioning System</i> , o Sistema de posicionamiento Global
GPU	Del inglés, <i>Graphics Processing Unit</i> , o unidad de procesamiento gráfico
HEVC	Del inglés <i>High Efficiency Video Codec</i> , o Codificador de Video de Alta Eficiencia
HFC	Del inglés <i>Hybrid Fiber-Coaxial</i> , o Híbrido de Fibra y Coaxial
HMD	Del inglés <i>Head Mounted Display</i> , o pantalla montada en la cabeza.
IBM	<i>International Business Machines</i>
IDS	Del inglés <i>Intrusion Detection System</i> , o Sistema de detección de intrusos
IEEE	Del inglés, <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , o Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IP	Del inglés <i>Internet Protocol</i> , o Protocolo de Internet
IPS	Del inglés <i>Intrusion Prevention System</i> , o Sistema de prevención de intrusos
ISDB-T	Del inglés <i>Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial</i> , o Sistema Integrado de Radiodifusión Digital-Terrestre
ISP	Del inglés <i>Internet Service Provider</i> , o proveedor de servicios de Internet
ISP	Del inglés <i>Inside Plant</i> , o planta interna
ITU	Del inglés <i>International Telecommunications Union</i> o Unión Internacional de Telecomunicaciones
ITU-T	Del inglés <i>International Telecommunications Union - Telecommunication</i> o Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicaciones
Kbps	Kilobits por segundo
LAN	Del inglés <i>Local Area Network</i> , o red de área local
Mbps	Megabits por segundo
MMORPG	Del inglés <i>Massively Multiplayer Online Role-Playing Game</i> traducido como Videojuego de rol multijugador masivo en línea
MPLS	Del inglés <i>Multiprotocol Label Switching</i> , o conmutación de etiquetas multiprotocolo
MR	Del inglés <i>Mixed Reality</i> , Realidad Mixta
NASA	Del inglés <i>National Aeronautics and Space Administration</i> o Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio
ODN	Del inglés, <i>Optical Distribution Network</i> o red de distribución óptica
OFDM	Del inglés <i>Orthogonal frequency-division multiplexing</i> o Multiplexación por división de frecuencias ortogonales
OFDMA	Del inglés <i>Orthogonal frequency-division multiple access</i> o Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales
OLT	Del inglés <i>Optical Line Terminal</i>
ONT	Del inglés <i>Optical Node Terminal</i>
OSP	Del inglés <i>Outside Plant</i> , o planta externa
P	Del inglés <i>Provider Core</i> dentro de una arquitectura MPLS
PE	Del inglés <i>Provider Edge</i> dentro de una arquitectura MPLS
QAM	Del inglés <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> , o Modulación por amplitud en cuadratura

QoE	Del inglés <i>Quality of Experience</i> , o Calidad de la experiencia
QoS	Del inglés <i>Quality of Service</i> , o Calidad del servicio
RAE	Real Academia Española
SDK	Del inglés, <i>Software Development Kit</i> , o kit de desarrollo de software
STB	Del inglés <i>Set Top Box</i> , o decodificador digital de video para usuario final
Tbps	Terabits por segundo
U.R.S.S.	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
VoIP	Del inglés <i>Voice over IP</i> , o voz sobre el protocolo de Internet
VR	Del inglés <i>Virtual Reality</i> , Realidad Virtual
VVC	Del inglés <i>Versatile Video Coding</i> , o Codificador de Video Versátil
WAF	Del inglés <i>Web Application Firewall</i> , o firewall de aplicaciones web
WAN	Del inglés <i>Wide Area Network</i> , o red de área amplia
WiFi	Del inglés <i>Wireless Fidelity</i> , es la familia de protocolos de redes inalámbricas basada en las normas IEEE 802.11
WiFi5	IEEE 802.11ac es la quinta generación de protocolos de red inalámbrica
WiFi6	IEEE 802.11ax es la sexta generación de protocolos de red inalámbrica
WiFi7	IEEE 802.11be es la séptima generación de protocolos de red inalámbrica
WiFi8	IEEE 802.11bn es la octava generación de protocolos de red inalámbrica
XGSPON	Del inglés <i>Ten (X) Gigabit Symmetric Passive Optical Network</i> , o Red Óptica Pasiva de 10 Gigabit simétricos
XR	Del inglés <i>eXtended Reality</i> , Realidad eXtendida

CAPÍTULO 1 – LA REALIDAD EXTENDIDA Y EL METAVERSO

HISTORIA DE LA REALIDAD EXTENDIDA

La realidad eXtendida (XR) engloba los conceptos de Realidad Virtual (VR), Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR).

La Realidad Virtual, según la RAE, es la “Representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real.” Su objetivo es lograr una inmersión total en la que el usuario realmente crea que está en un entorno real.

La Realidad Aumentada en cambio es una tecnología que nos permite observar contenido virtual en el mundo físico. Mediante la misma obtenemos información adicional del mundo que nos rodea, pero no nos sentimos inmersos en una realidad alternativa.

La Realidad Mixta por su parte es la combinación de las dos anteriores, en la misma se combina la realidad con una realidad alternativa (virtual) y con información adicional que nos permite interactuar con el ambiente.

La historia de realidades alternativas o diferentes visiones de la realidad puede remontarse incluso a Platón en el 375 A.E.C. en su reconocido trabajo “La República”. En el mismo, Platón plantea la alegoría de la caverna en la cual los humanos están encadenados e inmobilizados sólo pudiendo percibir las sombras de la realidad proyectadas sobre la pared de la caverna. Siendo la idea principal que el mundo en el que vivimos es simplemente la proyección de las sombras y no el mundo real. Las mismas sombras se convierten en la realidad virtual en la que vivimos. Varios autores coinciden en mencionar este el inicio filosófico de la Realidad Extendida (Leon, 2023) y (Ebersole, 1997)

Luego podemos observar la invención de Robert Barker, un pintor irlandés, llamada panorama, patentada en 1787. El propósito de este estilo de pintura, tal como lo describió Barker en su patente, era lograr “hacer que los observadores, en cualquier situación que desee que se imaginen, caigan como si realmente estuvieran en el mismo lugar” (Blosch, y otros, 2018). Esta definición es comparable con las modernas definiciones de Realidad eXtendida.

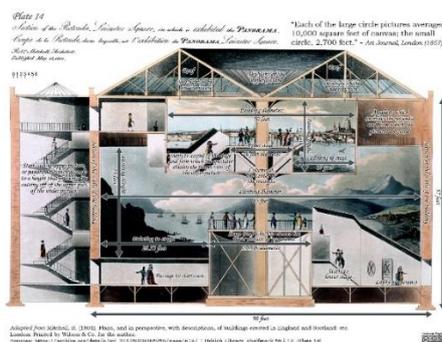


ILUSTRACIÓN 1 - DIAGRAMA DE UN PANORAMA EN LA PATENTE DE INVENCIÓN¹



ILUSTRACIÓN 2 - FOTOGRAFÍA DE UNA SALA PANORAMA EN LONDRES EN 1794²

Inventado en 1838 por Sir Charles Wheatstone y popularizado en la década de 1850, el Estereoscopio era un dispositivo muy similar a los actuales lentes de Realidad Virtual. Su funcionamiento se basaba en

¹ Por Andrew Taylor – Fuente: <https://t.ly/b3WD>

² Fuente: <https://t.ly/2H3oM>

la separación de lo que ve el ojo izquierdo y el derecho, formando una imagen 3D con sensación de profundidad.



ILUSTRACIÓN 3 - VISOR ESTEREOSCÓPICO³

Otros inventos que contribuyeron al desarrollo de nuevas tecnologías que inspiraron los dispositivos actuales fueron desarrollándose durante la segunda mitad del siglo XIX. Entre ellos podemos mencionar el dispositivo de Berenville, que, en 1851, utilizaba dos espejos y dos lentes para permitir una visión tridimensional de una imagen. Luego en 1876, Paul Nipkow patentó un dispositivo basado en el Estereoscopio pero que utilizaba discos con imágenes.

Avanzando al siglo XX, Edwin Albert Link creó en 1929 un dispositivo para entrenamiento de pilotos de avión. El mismo se conoció como "Blue box" o "Pilot Trainer".

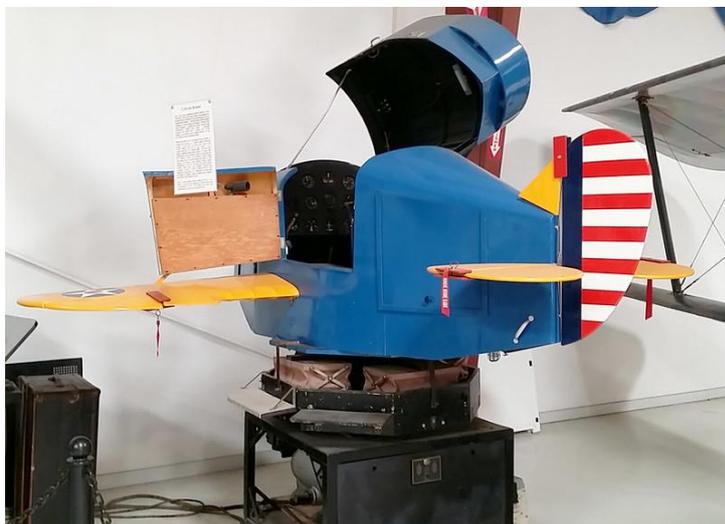


ILUSTRACIÓN 4 - BLUE BOX⁴

El mismo se utilizó para entrenar pilotos a volar con instrumentos de manera segura. Más de 500.000 pilotos de EE.UU., Canadá, Australia, Alemania, U.R.S.S. y otros países se entrenaron utilizando este dispositivo. El mismo respondía a los controles del piloto con movimientos y daba lecturas precisas en

³ Fuente: <https://t.ly/1jFf>

⁴ Fuente: <https://t.ly/9EIM>

los instrumentos. Es sin duda un precursor de los modernos dispositivos de entrenamiento con Realidad eXtendida.

Con el entretenimiento en mente, el cineasta estadounidense Morton Heilig inventó el Sensorama a finales de la década de 1950, patentándolo en 1962. Este dispositivo brindaba una experiencia totalmente inmersiva al usuario. Esta experiencia estaba compuesta de imágenes estereoscópicas en tres dimensiones, sonido estéreo, olores, vibraciones, y viento. Heilig lo consideraba el futuro del cine. Junto con su invención, creó 6 cortos para acompañar la experiencia, siendo el mismo el director, camarógrafo y editor de ellos.

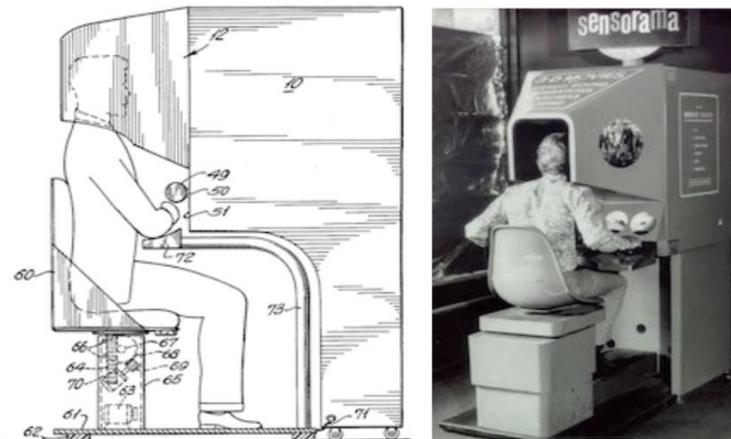


ILUSTRACIÓN 5 - SENSORAMA⁵

Este invento le ganó el reconocimiento de algunos como “El padre de la realidad virtual” (USC HMH Foundation Moving Image Archive, 2023) debido a que el objetivo de este dispositivo era “estimular los sentidos de un individuo para simular una experiencia concreta de manera realista” tal como especifica su patente de invención (Heilig, 1962).

En la misma patente de invención ya se mencionan algunos usos del dispositivo, los cuáles hoy están aún vigentes. Entre ellos podemos destacar entrenamiento militar, entrenamiento industrial y educación en general (Heilig, 1962).

En 1961, dos ingenieros de Philco (Comeau y Bryan) crearon un dispositivo que es considerado el primer HMD (*Head Mount Display*) que es el factor de forma que aún utilizan los sistemas de Realidad Virtual.

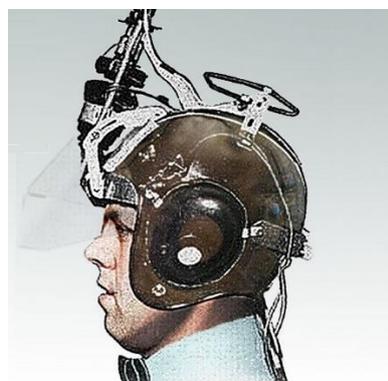


ILUSTRACIÓN 6 - HEADSIGHT⁶

⁵ Fuente: <https://t.ly/dWib>

⁶ Fuente: <https://t.ly/PFXKI>

Este dispositivo poseía una pantalla de video para cada ojo, un sistema magnético para seguir el movimiento de la cabeza y operar una cámara remota en el cuarto contiguo. Su objetivo principal era poder ver las condiciones de un lugar peligroso de manera remota, fue incluso utilizado por militares para entrenamiento (VR Staff, 2021).

El siguiente paso en esta breve historia se lo debemos dedicar al computador científico Ivan Sutherland quien en 1965 introdujo el concepto de “*Ultimate Display*” siendo este una guía y reporte utilizado aún hoy en los dispositivos de Realidad Extendida.

“La pantalla final sería, por supuesto, una habitación dentro de la cual la computadora pueda controlar la existencia de la materia. Una silla exhibida en una habitación así sería lo suficientemente buena para sentarse. Las esposas exhibidas en esa habitación serían confinantes, y una bala exhibida en esa habitación sería fatal. Con la programación apropiada, tal exhibición podría ser literalmente el País de las Maravillas en el que entró Alicia.” (Sutherland, 1965)

Con este marco conceptual en mente, Sutherland y uno de sus estudiantes llamado Bob Sproull desarrollaron en 1968 un prototipo físico llamado “La espada de Damocles”. Este desarrollo fue creado en la Universidad de Harvard en conjunto con la Oficina de Investigaciones Navales (*Office of Naval Research*) y el Departamento de Defensa de Estados Unidos. Para seguir los movimientos del usuario, el dispositivo colgaba del techo, de ahí su nombre. Este dispositivo solo era capaz de proyectar formas básicas en sus pantallas ya que la tecnología de las computadoras del momento no era lo suficientemente poderosa como para generar imágenes complejas. Este dispositivo nunca dejó el ámbito académico, pero sin embargo demostró que un dispositivo con seguimiento del movimiento de la cabeza era posible (Blosch, y otros, 2018).

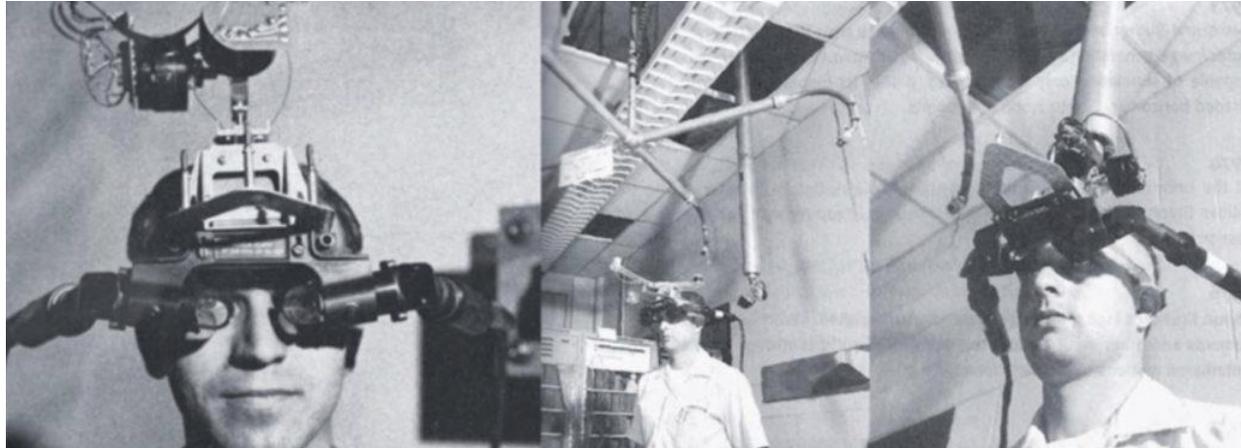


ILUSTRACIÓN 7 - LA ESPADA DE DAMOCLES⁷

En 1987 Jaron Lanier, quien es considerado como el verdadero “Padre de la Realidad Virtual” de manera consensuada inventa el término “Realidad Virtual”. Hasta este momento, este conjunto de tecnologías no tenía un nombre propio. Lanier fue un verdadero pionero de estas tecnologías, fundando VPL Research Inc. En 1982 y lanzando productos como el *EyePhone* y el *DataGlove* que permitían la interacción física, estos dispositivos formaban parte de un sistema llamado “*Virtual Studio*” que a su vez conformaba un entorno virtual llamado “*Electric Word Processor*” que permitía tipear texto con las manos. Este entorno llevó al desarrollo del primer software de Realidad Virtual utilizado por la armada de Estados Unidos (U.S. Army), llamado “*Land Warrior Program*” (Leon, 2023).

⁷ Fuente: <https://t.ly/Ko0->



ILUSTRACIÓN 8 - EYEPHONE Y DATAGLOBE DE VPL⁸

Entrando en la década de 1990, el *Virtuality Group* con el apoyo de IBM lanza al mercado en un conjunto de máquinas de arcade en la que los usuarios, utilizando cascos de Realidad Virtual experimentaban los primeros juegos inmersivos. A su vez, hicieron los primeros productos para telepresencia. Estos dispositivos utilizaban imágenes tridimensionales, sonido estéreo, sensores de movimiento, microcomputadoras de 16 y 32 bits, placas de video avanzadas, exoesqueletos, guantes, etc. Brindando experiencias cada vez más inmersivas y completas. Asimismo, por primera vez en la historia se conectaron diversos dispositivos para brindar experiencias conjuntas en red.

En 1992, los investigadores de *Boeing Aerospace*, Tom Caudell y David Mizell acuñaron el término Realidad Aumentada. Ambos impulsaron el uso de la realidad aumentada en un entorno industrial mediante el uso de AR para respaldar el proceso industrial.

Nintendo ingresó al juego de la Realidad Virtual en 1995 introduciendo el *Virtual Boy*, la primera consola portable mostrando imágenes tridimensionales genuinas. Sin embargo, fue comercialmente un fracaso tanto en Japón como en Estados Unidos debido a la baja calidad de los gráficos para los estándares de la época. Su comercialización se discontinuó en 1996. El alto costo de los dispositivos y la mala experiencia para los usuarios hicieron que el desarrollo de la Realidad Virtual para entrenamiento entre en un período de no interés.

Schmalstieg y su equipo hicieron el primer sistema AR colaborativo en 1996 llamado *Studierstube*. Esta invención permitió que múltiples usuarios interactuaran con objetos virtuales en un espacio compartido. Cada usuario tenía un HMD de seguimiento que le permitía ver la imagen correcta de un objeto virtual desde su punto de vista.

KARMA fue el primer sistema que incorporó un sistema Realidad Aumentada basado en el conocimiento. Mediante la adición de una capa de visualización virtual en 3D, KARMA era capaz de proporcionar secuencias de instrucciones adecuadas para los procedimientos de reparación y mantenimiento de equipamiento.

Desarrollado por Feiner y equipo, en 1997, la *Touring Machine*, fue esencialmente el primer sistema de Realidad Aumentada para exteriores, incluía un HMD transparente con GPS. Se tenía que llevar una mochila con una computadora y varios sensores para complementar la experiencia.

En 1999 el ejército comenzó la investigación de un sistema llamado BARS, una abreviatura de sistema de realidad aumentada del campo de batalla (*battlefield augmented reality system*). Mediante la

⁸ Fuente: <https://t.ly/HIXNs>

utilización de la Realidad Aumentada este dispositivo podía servir como una herramienta poderosa en combate, al brindar información útil a las gafas de los soldados en tiempo real, marcar a varias personas con indicadores especiales y ayudar a la navegación de un soldado.



ILUSTRACIÓN 9 - BARS⁹

Este mismo año, la NASA instaló un sistema de Realidad Aumentada en su aeronave X-38. Se utilizaba para superponer un mapa con información para los pilotos a modo de asistencia para la navegación.

El interés militar en la Realidad Virtual se extendió desde la década de 1960 a la actualidad. En la década de 1990 realizaron los primeros intentos de aplicación de la Realidad Virtual en el tratamiento de estrés post traumático. Los resultados iniciales mostraron que el programa tenía potencial, sin embargo, nunca fue completamente implementado para los veteranos de Vietnam. Continuando con esta investigación se trataron soldados de las guerras de Irak y Afganistán logrando índices de recuperación de entre un 70 y 90 por ciento. Estos resultados y el gran interés del Departamento de Defensa despertaron el interés de la comunidad psiquiátrica (Blosch, y otros, 2018).

Wagner y Schmalstieg crearon en 2003 el primer sistema de Realidad Aumentada portátil que funciona de forma autónoma en múltiples asistentes digitales personales (teléfonos inteligentes).

En 2011, Palmer Luckey, tan solo con 19 años, crea su sexto prototipo de un HMD llamado PR6 u “Oculus Rift”. El mismo fue publicado como una campaña de Kickstarter (Luckey, 2012) con la intención de ser vendido como un kit de *hágalo usted mismo*. En ese momento, John Carmack, un conocido desarrollador de video juegos (Doom y Qake) solicitó un dispositivo de prueba y lo utilizó para realizar una demo de su nuevo juego Doom 3: BFG Edition en la Electronic Entertainment Expo (E3) de 2012 logrando la atención de miles de personas de la industria sobre el nuevo dispositivo.

La campaña de Kickstarter logró recaudar USD 2.437.429 mediante el apoyo de 9.522 patrocinadores. Su objetivo inicial era de USD 250.000 mostrando el interés de los desarrolladores y del público en general.



ILUSTRACIÓN 10 - OCULUS RIFT CV1¹⁰

⁹ Fuente: <https://t.ly/vcX0>

¹⁰ Fuente: <https://t.ly/SUcPN>

Este dispositivo representó la revolución que la industria necesitaba. Fue el comienzo de una nueva era para la Realidad eXtendida. Permitiendo el avance y desarrollos necesarios para poner esta tecnología en boca de todos.

En marzo de 2014, Facebook decide adquirir Oculus VR (la empresa detrás del desarrollo de este HMD) por USD 2.000.000.000. Mostrando un gran interés de la industria en desarrollar estas tecnologías.

El éxito fue tal que incluso su lanzamiento se vio publicitado en programas de televisión como “*The Tonight Show*” de Jimmy Fallon. Logrando por primera vez la aceptación del público en general.



ILUSTRACIÓN 11 - JIMMY FALLON PROBANDO EL OCVLUS RIFT EN VIVO (2014)

Este mismo año, otro gigante tecnológico decide ingresar al mundo de la realidad extendida lanzando los *Google Glass*, unos dispositivos de Realidad Aumentada para uso masivo.



ILUSTRACIÓN 12 - GOOGLE GLASS

En 2015 Google lanza los *Google Cardboard* DIY, un HMD de cartón que uno puede construir en su casa y disfrutar de la Realidad Virtual con su propio Smart Phone.



ILUSTRACIÓN 13 - GOOGLE CARDBOARD¹¹

¹¹ Fuente: <https://t.ly/sCoxK>

Una gran revolución mediática llegó en 2016 con el lanzamiento de Pokémon Go, un juego de Realidad Aumentada en donde uno juega a ser un entrenador Pokémon en su ciudad. Su éxito fue tal que acumula más de mil millones de descargas.



ILUSTRACIÓN 14 - POKÉMON GO¹²

Este mismo año Google lanza *Google Earth VR*, la versión en Realidad Virtual de su aplicación que permite explorar el mundo.

Otros grandes de la industria comenzaron a ver el potencial negocio y decidieron lanzar sus propios dispositivos, siendo algunos de ellos los siguientes:

- Samsung Gear VR (2015) – En conjunto con Oculus.
- HTC Vive (2016)
- PlayStation VR (2016)
- Microsoft HoloLens (2016)
- Samsung Odyssey (2017)
- Google Daydream View (2018)
- Valve Index (2019)
- Oculus Quest 2 (2020)
- HTC Vive Pro 2 (2021)
- Meta Quest Pro (2022)
- PlayStation VR2 (2023)
- Vive XR Elite (2023)
- Meta Quest 3 (2023)
- Ray-Ban Meta (2023)
- Apple Vision Pro (anunciado 2023, disponibilidad 2024)

Varios grandes de la industria como Lenovo, Dell, HP, LG han lanzado sus productos o se han integrado con otros fabricantes. Varios nuevos modelos de diversos fabricantes también han sido lanzados al mercado, no tendría sentido una lista exhaustiva de dispositivos ya que en los últimos 10 años se han lanzado cientos de dispositivos de Realidad eXtendida en diversas modalidades.

¹² Fuente: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2016/jul/25/pokemon-go-silicon-valley-reality>

HISTORIA DEL METAVERSO

Conceptualmente podemos definir al Metaverso como una red persistente y masivamente escalable de mundos virtuales interconectados, diseñada para la interacción en tiempo real, donde la gente puede trabajar, interactuar socialmente, hacer negocios, jugar e incluso crear. Utiliza tecnologías y virtualización avanzadas (RA, RV, sensores hápticos, etc.) para sumergir totalmente al usuario en el mundo virtual. Esto significa que el usuario puede interactuar en directo con un mundo que siempre está ahí y al que puede acceder cuando quiera (Talin, 2023).

El concepto de metaverso apareció por primera vez en 1992 de la mano del escritor estadounidense Neal Stephenson. En su novela *Snow Crash* describió una especie de espacio virtual colectivo compatible y convergente con la realidad. Para acceder a ese mundo eran necesarias unas gafas, disponibles en terminales privadas o públicas en el mundo físico, que permitían aparecer como un avatar en el mundo virtual y otorgaban la capacidad de moverse en ese entorno.

En 1993 Steve Jackson Games Lanza un juego llamado “*The Metaverse*” basado en la obra de Neal Stephenson. Este juego de realidad virtual basada en texto (no gráfica) se accedía mediante un BBS.

Luego *OZ Interactive* lanza en 1996 *OZ Virtual*, un entorno social que permitía la interacción, incluso con chat de voz, de los usuarios. Este entorno era tridimensional con una calidad aceptable para la época.

Con el tiempo se convirtió en un juego y su tecnología evolucionó formando una compañía llamada *CCP Games*, quien en 2003 lanzó el juego *EVE Online*, un MMORPG¹³ que aún hoy sigue funcionando.

Como podemos leer en “Historia de los metaversos: 20 años intentando revolucionar la sociedad” (Díaz Herreros, 2022), en el año 2000, *Habbo Hotel* se convirtió en uno de los primeros metaversos. Este espacio virtual, creado por dos programadores finlandeses, permitía a los jóvenes y adolescentes interactuar a través de avatares en un entorno de chat. Los usuarios podían diseñar sus propias salas de chat, participar en juegos virtuales, cuidar de mascotas virtuales y comprar accesorios para personalizar sus avatares.

En 2003, Linden Lab lanzó *Second Life*, un metaverso tridimensional que permitía a los usuarios interactuar en espacios comunes abiertos. Este metaverso, dirigido a un público adulto, también tenía objetivos comerciales. Los usuarios podían adquirir Linden dólares, la moneda virtual del mundo, mediante dinero real. Esto les permitía comprar ropa, bebidas en bares e incluso propiedades.

A partir de 2006, *Second Life* experimentó un auge en popularidad. Empresas y celebridades comenzaron a crear sus contrapartes digitales en el metaverso. IBM, American Apparel, Nissan, Sony, Coca Cola, Dell, Intel y Microsoft establecieron operaciones comerciales en *Second Life*. También hubo presencia de gobiernos, instituciones religiosas y universidades.

El auge de *Second Life* fue efímero, pero el metaverso sigue siendo una tecnología en desarrollo. Empresas como Meta, Microsoft y Roblox están trabajando en la creación de metaversos más avanzados. Roblox, creado en 2003 con el nombre *GoBlocks*, es un MMORPG basado en la creación de mundos o experiencias en las que los jugadores socializan, comercian y conviven. Siendo un gran ejemplo de un Metaverso tridimensional no inmersivo.

¹³ Massively multiplayer online role-playing game traducido como Videojuego de rol multijugador masivo en línea



ILUSTRACIÓN 15 - ROBLOX¹⁴

Con su simple interfaz de usuario y gráficos sencillos y con un 67% de los usuarios siendo menores de 16 años, no hay que confundir a Roblox con un juego de niños. Podemos ilustrar el negocio detrás de este juego con algunas estadísticas de la plataforma del año 2022:

- 43,2 millones de usuarios activos diarios
- 5,7 millones de usuarios simultáneos durante el pico máximo de la historia de la plataforma
- 9,5 millones de desarrolladores de juegos dentro de la plataforma
- 40 millones de juegos
- Los desarrolladores de la comunidad ganaron más de USD 328 millones
- Valor neto de la empresa USD 24.830 millones (12 de septiembre de 2022)
- Capitalización de mercado de USD 23.928 millones (14 de septiembre de 2022)
- Ingresos de USD 1.919 millones (14 de septiembre de 2022)

Según podemos observar en (Ceccini, 2022) y (Editores de Wikipedia, 2023).

Sony por su parte, inauguró en 2008 una plataforma llamada *Play Station Home*, de apariencia similar a *Second Life* en la que cada usuario tenía su propio hogar. No fue muy popular, por lo que terminó cerrando sus puertas en 2015. Sin embargo, en 2021 Sony renovó la marca hasta 2028 con lo que podría reabrir el proyecto asociado a sus tecnologías de Realidad Virtual.

En 2011, Markus "Notch" Persson, un programador sueco de videojuegos comenzó el desarrollo de Minecraft. Este es un videojuego de construcción del tipo mundo abierto en donde los jugadores crean de manera individual o colaborativa escenarios virtuales únicos e incluso copias de escenarios reales o ficticiales.



ILUSTRACIÓN 16 - LONDRES¹⁵



ILUSTRACIÓN 17 - MINAS TIRITH DE JRR TOLKIEN¹⁶

¹⁴ Fuente: <https://t.ly/ochfo>

¹⁵ Fuente: <https://t.ly/Km4p>

¹⁶ Fuente: <https://t.ly/e2DY3>

Su versión 1.0 fue lanzada en 2011 por la empresa Mojang fundada por Markus. Tan solo 3 años después Microsoft compraría la empresa por 2.500 millones de dólares (Pareja, 2023). Se estima que en 2023 hay unos 180 millones de jugadores activos de la plataforma (Weil, 2023).

Minecraft nos ha dado una idea de lo que realmente podría ser el metaverso en los próximos años. Este juego se las arregló para ser excepcionalmente inmersivo a la vez que utilizaba tecnología normal y corriente, sin necesidad de usar realidad virtual, realidad aumentada u hologramas.

En 2015 nace *Decentraland*, una plataforma de realidad virtual con código abierto creada sobre la blockchain de *Ethereum*. Funciona con los principios de un MMPORG. En este Metaverso se puede comerciar con parcelas sobre las que los usuarios pueden construir y luego volver a vender. También se pueden comercializar avatares, dispositivos y accesorios.

El interés en la tecnología es tanto que incluso los gobiernos están involucrados incluyendo edificios históricos como por ejemplo el Teatro Colón de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en Argentina.



ILUSTRACIÓN 18 - TEATRO COLÓN EN DESCENTRALAND¹⁷

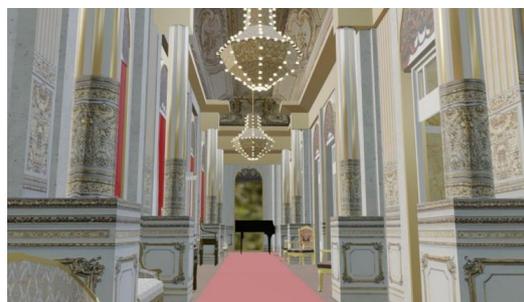


ILUSTRACIÓN 19 - INTERIOR DEL TEATRO COLÓN EN DESCENTRALAND

En octubre de 2021, Mark Zuckerberg anuncia en las conferencias *Connect* de Facebook una nueva visión estratégica de la compañía centrada en el Metaverso. En las mismas anuncia que se incorporarán 10.000 desarrolladores (a los 10.000 que ya posee) para crear su propia visión del Metaverso llamada *Horizon Home* que se suma a los ya existentes *Horizon Worlds* (beta en ese momento) y *Horizon Workrooms*. Este cambio de visión fue acompañado con el cambio de nombre de la empresa a Meta, mostrando el interés del propio Mark en estas tecnologías.

En 2021, la cantante y actriz Ariana Grande realizó un concierto en el juego Fortnite llamado "*Ariana Grande Rift Tour*". El mismo junto a 78 millones de espectadores que asistieron a verla cantar. Lo destacable es el posteo de Donald Mustard, en la red X, quien fuera el CCO (*Chief Creative Officer*) de *Epic Games*, responsable de la creación del juego Fortnite.



ILUSTRACIÓN 20 - POSTEO DE DONALD MUSTARD, CREADOR DEL JUEGO FORTNITE¹⁸

¹⁷ Fuente de ambas imágenes: <https://buenosaires.gob.ar/teatrocolonmetaverso>

¹⁸ Fuente: <https://t.ly/9IhSU>

En el mismo se hace referencia al inicio de un cambio en la era del entretenimiento. Haciendo referencia al concepto de *Blue Ocean* relacionado con la oportunidad brindada por el Metaverso. Siendo este un mercado nuevo y no saturado aún¹⁹.

ESTADO ACTUAL DEL METAVERSO Y LA REALIDAD EXTENDIDA

Según el reporte “*The Metaverse*” de GlobalData (GlobalData, 2022), el tamaño de mercado de la Realidad eXtendida en el año 2020 alcanzó los USD 11.000 millones. Al año siguiente, sólo una compañía del ecosistema, la flamante Meta de Mark Zuckerberg, invirtió USD 10.000 (Bradbury, 2022) como el inicio de un plan a 15 años para lograr el desarrollo de su visión del Metaverso. Como parte de este plan, se piensan invertir al menos USD 100.000 millones, e incorporar 10.000 trabajadores (a los 10.000 ya existentes).

En este mismo reporte podemos ver como, por ejemplo, Lenovo anunció un plan quinquenal de inversiones de USD 15.000 millones en el año 2022.

En la actualidad, más de 250 empresas de diversos tamaños componen el ecosistema del Metaverso y la Realidad eXtendida (Radoff, 2022). Esto lo podemos observar en el siguiente cuadro (actualizado al 31 de agosto de 2022).



ILUSTRACIÓN 21 - MAPA DEL MERCADO DEL METAVERSO²⁰

Como podemos observar en este reporte, el ecosistema está compuesto por diversos jugadores, algunos muy conocidos y grandes innovadores. El ecosistema puede dividirse en las siguientes capas:

EXPERIENCIA

Aquí es donde la magia sucede, ya sea que se trate de juegos, experiencias de video inmersivo, educación, medicina, comercio, maquinaria pesada en la industria, etc. Estas empresas están dedicadas a brindar la experiencia de la desmaterialización del mundo real y la inmersión el usuario en un mundo virtual donde su gemelo digital (o *digital twin* en inglés), que no es más que el alter ego que el usuario

¹⁹ Más información en el anexo 1

²⁰ Fuente: <https://t.ly/DPkUu>

utiliza en estos mundos digitales, vive, aprende, socializa, trabaja o se entretiene en comunidad con otros usuarios.

Ya desde hace ya algunos años, es posible observar eventos musicales en vivo en juegos como Fortnite o Roblox. Ya en 2019 pudimos ver, por ejemplo, un recital en vivo del DJ Marshmello quien junto a 10,7 millones de personas a ver un show de 11 minutos en vivo en la plataforma Fortnite (King, 2019).



ILUSTRACIÓN 22 - DJ MARSHMELLO EN FORTNITE²¹

DESCUBRIMIENTO

En esta capa es donde los usuarios descubren nuevas experiencias ya sea por su propia búsqueda o por acciones de marketing que lo atraen a estas. Dentro de las opciones de descubrimiento tenemos:

- Búsqueda
 - Motores de búsqueda
 - Curación de contenido por expertos, *influencers*, editores, etc.
 - Negocios, son sus sistemas de puntaje, recomendaciones, etc.
 - Amigos que utilizan y recomiendan la experiencia
 - Contenido de comunidades que uno sigue
- Marketing
 - Publicidad, ya sea en la vida real o en el Metaverso
 - Notificaciones
 - Spam

Estos métodos no difieren a los actuales, por eso podemos ver grandes empresas como Google, Facebook, Steam, etc. Lo que va a diferenciar su alcance es la inmersión y el posible constante flujo de publicidad y notificaciones que uno tendrá dentro del Metaverso (como puede observarse en la película *Ready Player One*). En donde el “*Oasis*”, que es el lugar donde los jugadores se materializan previo a ingresar a la experiencia que desean, es como una zona comercial muy poblada con sus luces de neón y carteles publicitando todo tipo de experiencia.



ILUSTRACIÓN 23 - OASIS DE READY PLAYER ONE²²

²¹ Fuente: <https://t.ly/-dTE2>

²² Fuente: <https://t.ly/U9Qs->

Básicamente en esta capa es donde se monetiza el Metaverso, uniendo en un lugar la experiencia que busca el usuario con la tecnología que la habilita.

CREADORES

Estas empresas o emprendedores buscan crear los contenidos para las experiencias que buscan los usuarios. En un principio ante la falta de tecnologías, los propios creadores inventaron sus propias herramientas para poder desarrollar sus experiencias. Con el tiempo estas herramientas se agruparon en kits de desarrollo y librerías gráficas, lo que permitió una segunda ola de creadores.

La creación de motores, como *Unity* o *Unreal*, que permitieron el acceso de nuevos creadores de contenido que no tuvieron que lidiar con aspectos complejos de la física o la computación.

Hoy en día es posible crear contenido para el Metaverso sin tocar código de bajo nivel. Esto continuará desarrollándose hasta el día en que no se requieran conocimientos especiales de código. Esto lo podemos observar en la evolución en el desarrollo de sitios web. Haciendo un paralelismo, los primeros sitios requerían de conocimientos de programación en lenguajes específicos como HTML, JavaScript, Python, etc., hoy en día se puede levantar un sitio de comercio electrónico en Shopify, en minutos, sin conocer en lo más mínimo como desarrollar en ningún lenguaje.

COMPUTACIÓN ESPACIAL

La computación espacial es la que, mediante software especializado, nos permite emular un mundo virtual e interactuar con el mundo físico. El mundo físico es aumentado con información y la información del mundo físico interactúa con la del virtual.

Para esto requerimos, entre otras, las siguientes capacidades:

- Motores 3D para visualización de geometría y animación (*Unity* y *Unreal*)
- Mapeo e interpretación del mundo interior y exterior: mapeo geoespacial (*Niantic Planet-Scale AR* y *Cesium*) y reconocimiento de objetos.
- Reconocimiento de voces y gestos.
- Integración de datos de dispositivos (Internet de las cosas) y biometría de personas (para fines de identificación, así como auto aplicaciones cuantificadas en salud/fitness).
- Interfaces de usuario de próxima generación para soportar flujos de información y análisis simultáneos.

DESCENTRALIZACIÓN

Uno de los grandes desafíos del Metaverso, como veremos más adelante, es la interoperabilidad. Una de las formas que en la actualidad se plantean como solución a esto es la descentralización. Con esto nos referimos a que el Metaverso, como evolución de Internet, posea las mismas características de su antecesora. Internet nació con protocolos estándar, siendo la unión de muchas redes, pero no tiene un dueño, no hablamos de múltiples Internets.

En este sentido, la intención no es que no existan diferentes Metaversos, sino más bien un Multiverso compuesto de un creciente número de Metaversos. Pero para esto las tecnologías de Blockchain y Web3 nos permitirán descentralizar el control de las partes componentes del Metaverso. Siendo posible entonces poseer un único Avatar que *viaje* entre Metaversos junto con sus pertenencias (ropas, dinero, vehículos, etc.)

La computación distribuida y los microservicios, en conjunto con las tecnologías de blockchain y web3 también colaborarán a este fin.

INTERFAZ HUMANA

Como vimos en la historia de la Realidad Virtual, los dispositivos son cada vez más pequeños y cómodos, sin embargo, este es uno de los desafíos a superar en la próxima década. Aun hoy los dispositivos HMD son pesados e incómodos. Pero cada vez más son los que plantean que los dispositivos de acceso al metaverso reemplazarán al teléfono móvil en el futuro.

Todo el ecosistema está avanzando velozmente. A modo de ejemplo, las Meta Quest 2 fueron lanzadas en octubre del 2020 y tan solo 3 años después, en octubre del 2023 salen al mercado las Meta Quest 3. Comparando sus características principales:

	Meta Quest 2	Meta Quest 3
Fecha de lanzamiento	13 de octubre de 2020	10 de octubre de 2023
Procesador	Snapdragon XR2 Generación 1	Snapdragon XR2 Generación 2
Memoria	6 GB de RAM	8 GB de RAM
Resolución (por ojo)	1832 x 1920	2064 x 2208
Tasa de refresco	60, 72, 90 Hz	72, 80, 90, 120 Hz
Ángulo de visión	90º H y V	110º H y 96º V
Cámaras frontales	No	Si
Soporte de Realidad Mixta	No	Si
Wifi	6	6E
Peso	503 g	515 g
Precio	USD 299,99	USD 499,99

Podemos observar una nueva generación de procesadores de uso específico para Realidad eXtendida, el agregado de cámaras para el soporte de Realidad Mixta, mejora en la resolución por ojo, en la tasa de refresco y en el ángulo de visión. Actualización de la tecnología de conectividad Wifi.

Aunque todo esto a costa de un peso levemente mayor y un precio considerablemente más alto.

Sin embargo, es innegable que la industria está invirtiendo en mejorar constantemente las capacidades presentes en las interfaces humanas.

INFRAESTRUCTURA

La capa de infraestructura incluye la tecnología que habilita nuestros dispositivos, los conecta a la red y entrega el contenido.

Aquí encontramos a los fabricantes de dispositivos como Apple, Meta, Sony, HTC, etc. Junto a los fabricantes de red tanto para el hogar, CPEs con conectividad inalámbrica Wifi 6/6E y a los fabricantes de red de acceso y Core que habilitan a los ISP a brindar servicios de Internet con tecnologías FTTH, HFC, 4G o 5G (entre otras).

Estas tecnologías están en constante evolución y desarrollo, formando el basamento de la propia Internet y su evolución en el Metaverso.

DESAFÍOS

El acceso al Metaverso será mayoritariamente a través de tecnologías de Realidad Virtual, hoy la propia tecnología posee ciertas limitaciones que tendrán que ser sorteadas para lograr la adopción masiva. Entre ellas podemos mencionar:

- Costos de los dispositivos
- Capacidad de procesamiento
- Requerimientos de latencia y ancho de banda
- Problemas de salud
- Baja resolución de video
- Tasas de refresco bajas

FUTURO DE LA REALIDAD EXTENDIDA Y EL METAVERSO

Retomando la definición del Metaverso de (Talin, 2023) como una red **persistente** y **masivamente escalable** de **mundos virtuales interconectados**, diseñada para la interacción en **tiempo real**, donde la gente puede trabajar, interactuar socialmente, hacer negocios, jugar e incluso crear. Utilizando tecnologías y **virtualización** avanzadas (RA, RV, sensores hápticos, etc.) para **sumergir totalmente** al usuario en el **mundo virtual** y ampliando la misma con la siguiente definición de Matthew Ball en su libro “El Metaverso, y cómo lo revolucionará todo” (Ball, 2022):

“Una **red masiva e interoperable** de **mundos virtuales 3D renderizados en tiempo real** que pueden ser experimentados **de forma sincrónica y persistente** por un **número efectivamente ilimitado de usuarios** con un **sentido de presencia individual**, y con **continuidad de datos**, como identidad, historia, derechos, objetos, comunicaciones y pagos”.

Nos podemos hacer una idea de los desafíos que tenemos hoy en día:

- Conseguir masividad
- Lograr la interoperabilidad
- Renderización en tiempo real en 3D (y a escala)
- Experiencia sincrónica y persistente
- Número efectivamente ilimitado de usuarios
- Sentido de presencia individual
- Continuidad de datos

Teniendo en cuenta estos desafíos, junto a los que planteamos en el apartado anterior, las tecnologías de Realidad eXtendida se enfrentan a los siguientes desafíos tecnológicos para lograr su masividad.

- Procesamiento
 - Niveles de procesamiento adecuados en los dispositivos de usuario final
 - Procesamiento distribuido cerca del usuario
- Requerimientos de red
 - Menor latencia
 - Mayor ancho de banda
- Nuevos protocolos y estándares de comunicación
- Resolución de video mejorada y bajas tasas de refresco

- Enfrentar los problemas de salud como la cinetosis²³
- Poco contenido disponible

En las siguientes secciones iremos detallando los esfuerzos que se están realizando para superar cada uno de estos obstáculos.

PROCESAMIENTO

Los diferentes fabricantes están desarrollando procesadores de nueva generación, dedicados exclusivamente a tecnologías de Realidad eXtendida como el Snapdragon QXR2230P también llamado Snapdragon XR2 Gen 2. El mismo posee un GPU dos veces y media más poderoso que el de primera generación, y una Inteligencia Artificial integrada con una performance ocho veces superior a su predecesor. Este crecimiento se dio en tan solo 3 años. Estos últimos fueron desarrollados junto a Meta para su nueva línea de dispositivos lanzada en octubre del 2023.

Apple por otro lado, utiliza su poderoso chip M2 para las Apple Vision Pro, pero ha agregado un nuevo integrante de su familia de procesadores, el R1, especialmente diseñado para procesar las cámaras, sensores, micrófonos y el envío de imágenes a las pantallas en tan solo 12 milisegundos.

AMD por su parte tiene dos líneas de procesadores dedicados a la Realidad Virtual, la línea de los procesadores *AMD VR Ready*, quienes pueden ejecutar aplicaciones básicas de Realidad eXtendida, mientras que la línea *AMD RYZEN VR Ready Premium* tienen todo el poder necesario para una experiencia de alta performance. Por otro lado, para su línea de GPUs también poseen las *AMD RADEON VR Ready Premium*, las que soportan la mayoría de los HMD del mercado.

La firma NVIDIA por su lado, posee un micrositio dedicado a la Realidad eXtendida, el mismo nos recibe con el siguiente mensaje:

La Realidad Extendida (XR) está destinada a cambiar la forma en que disfrutamos del entretenimiento, interactuamos con amigos y hacemos nuestro trabajo. Como líder en informática visual, NVIDIA está a la vanguardia de esta nueva e interesante plataforma informática. Desde juegos hasta diseño de productos, experiencias cinematográficas y más, NVIDIA ofrece soluciones innovadoras para XR, incluidas GPU, controladores y SDK de NVIDIA líderes en la industria, para satisfacer las necesidades de profesionales, jugadores y desarrolladores.

Y nos ofrecen su línea GeForce RTX de GPUs, compatibles con la mayoría de los HMD del mercado, para una experiencia de calidad.

Todos estos avances tecnológicos a nivel procesamiento siguen sin lugar a duda la ley de Moore²⁴. Intel nos indica que para el 2030, habrán logrado incorporar 1 billón de transistores (trillón norteamericano) en un circuito integrado (Dra. Kelleher, 2022).

²³ Trastornos producidos en el organismo a causa del movimiento.

²⁴ Más detalles en el anexo 1

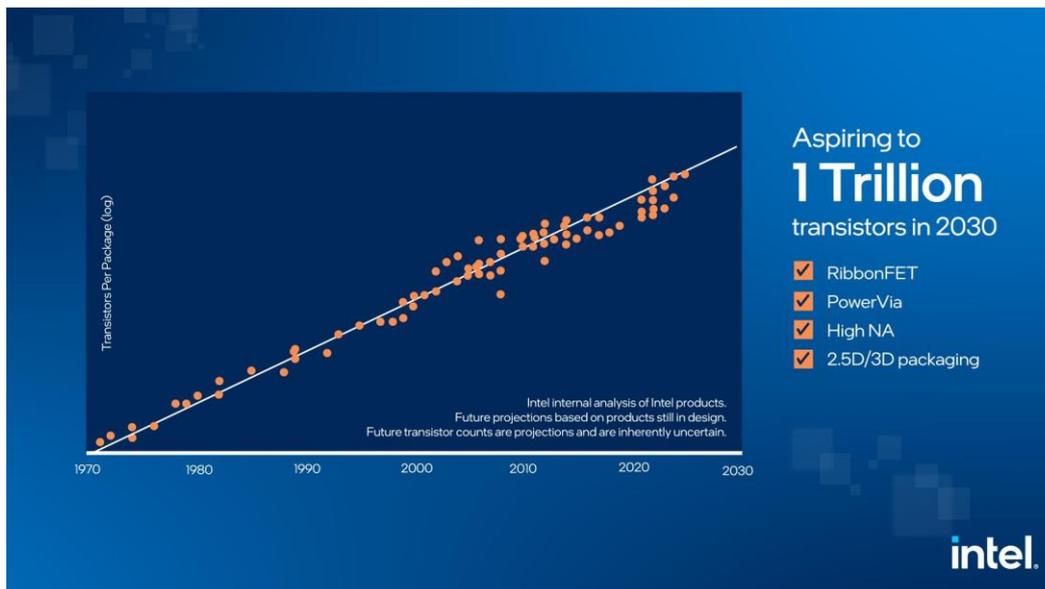


ILUSTRACIÓN 24 - LEY DE MOORE NÚMERO DE TRANSISTORES POR DISPOSITIVO, PASADO, PRESENTE Y FUTURO²⁵

La Ley de Moore sigue siendo relevante. Aunque es posible que no se cumpla de manera tan estricta como en el pasado, la continua evolución de los componentes de hardware, como GPU y CPU, sigue siendo fundamental para el desarrollo de experiencias de realidad virtual y extendida. La Ley de Moore, incluso en su forma atenuada, proporciona un marco para anticipar mejoras tecnológicas que pueden impulsar la calidad, la inmersión y la accesibilidad de la realidad virtual, desempeñando así un papel esencial en el futuro de la industria del metaverso y la realidad extendida.

Un principio esencial en la evolución de la tecnología de las tarjetas gráficas (GPU) es la afirmación de Jensen Huang, CEO de NVIDIA, que establece que la capacidad de cálculo de las GPU se duplica aproximadamente cada dos años. Esta observación, aunque no una "ley" en el sentido formal, ha sido una guía fundamental para el desarrollo de GPU de alto rendimiento y ha influido en gran medida en el panorama de la computación gráfica y el procesamiento paralelo.

Este principio se basa en la continua inversión en innovación tecnológica, que ha permitido a las GPU realizar cálculos cada vez más complejos y tareas especializadas. A medida que se duplica la capacidad de cálculo, se amplían las posibilidades de aplicaciones que pueden aprovechar estas capacidades, incluyendo campos como la inteligencia artificial, el aprendizaje profundo y la realidad virtual.

En el contexto de la Realidad Virtual y el Metaverso, esta duplicación de la capacidad de cálculo es de importancia crítica. Permite experiencias de Realidad Virtual más inmersivas y realistas al procesar gráficos de mayor calidad y ofrecer una mayor interactividad. Además, es un impulsor clave para la creación de mundos virtuales cada vez más complejos y expansivos en el contexto del metaverso.

Este principio demuestra que la continua inversión en tecnología de GPU y la mejora constante de su capacidad de cálculo seguirán siendo un factor determinante en el futuro de la realidad virtual y la realidad extendida. La afirmación de Jensen Huang ejemplifica el compromiso de la industria de las tarjetas gráficas para impulsar avances tecnológicos que benefician directamente a la industria de la realidad virtual.

La miniaturización de circuitos ha permitido avances notables en la eficiencia y el rendimiento de los dispositivos electrónicos. A medida que los componentes se vuelven más pequeños, se reduce la

²⁵ Fuente: <https://t.ly/ef9DV>

distancia que deben recorrer las señales eléctricas, lo que resulta en tiempos de respuesta más rápidos y una menor disipación de calor. Además, esta tecnología ha permitido la creación de dispositivos más pequeños y portátiles, como teléfonos inteligentes y tabletas, que han transformado la vida cotidiana.

La capacidad de integrar hardware más potente en dispositivos más compactos es esencial para la creación de visores de Realidad Virtual y dispositivos portátiles que ofrezcan una experiencia inmersiva. La miniaturización también se traduce en un menor consumo de energía, lo que es crucial para la movilidad y la duración de la batería en estos dispositivos.

La tecnología está miniaturizando cada vez más el tamaño de los circuitos integrados, llegando a tecnologías de producción en 3 nanómetros (Frumusanu, 2020).

Otro aspecto importante del procesamiento requerido para la Realidad Virtual y el Metaverso es que el renderizado de imágenes en ambientes inmersivos con multitud de usuarios requiere que el procesamiento y renderizado sea realizado, fuera del dispositivo final de usuario. Esto es debido a que por más que amplíemos sus procesadores, aún persistirán otros problemas como compatibilidad (el Metaverso será único con diferentes HDM accediendo), portabilidad y peso (queremos minimizarlos) y calentamiento entre otras.

Dados los requerimientos de latencia impuestos (veremos esto en la siguiente sección), es mandatorio utilizar tecnologías de *Edge computing*, o computación en el borde. Este es un paradigma de procesamiento de datos que se caracteriza por la realización de tareas de cómputo y análisis en proximidad al lugar donde se generan los datos, en el borde de la red, en lugar de depender exclusivamente de centros de datos remotos o nubes. Este enfoque es fundamental para satisfacer los requisitos críticos de la realidad virtual y el metaverso, ya que permite la entrega de experiencias inmersivas y colaborativas en tiempo real.

En este contexto, se destaca por:

- **Baja Latencia:** El *Edge Computing* reduce significativamente la latencia al procesar datos cerca de la fuente, lo que garantiza una respuesta casi instantánea a las acciones de los usuarios en la realidad virtual y el metaverso. Esto es esencial para la inmersión y la comodidad del usuario.
- **Distribución Eficiente de Contenido:** En el metaverso, donde se requiere la distribución de contenido diverso y en constante cambio, el *Edge Computing* permite entregar datos y gráficos de manera eficiente a usuarios dispersos geográficamente, evitando congestiones en la red.
- **Interactividad en Tiempo Real:** La interacción en tiempo real entre múltiples usuarios en mundos virtuales y metaversos requiere el procesamiento instantáneo de acciones y datos.
- **Escalabilidad:** A medida que la adopción de la realidad virtual y el metaverso crece, el *Edge Computing* se adapta de manera eficiente a la creciente demanda de recursos de cómputo y distribución de datos.
- **Seguridad y Privacidad:** Al mantener datos sensibles en el borde de la red, se ayuda a mitigar preocupaciones de seguridad y privacidad al reducir la exposición de datos a amenazas cibernéticas.
- **Eficiencia Operativa:** La distribución del procesamiento en el borde de la red optimiza el uso de recursos, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia.

Todos estos desarrollos tecnológicos acompañan y posibilitan el desarrollo de tecnologías de Realidad eXtendida para los dispositivos de usuario final.

LATENCIA Y ANCHO DE BANDA

En el apartado anterior vimos cómo la tecnología de procesadores continúa incrementando capacidades, esto redundará en nuevos procesadores de red, quienes mejoran los parámetros de latencia y ancho de banda necesarios para implementaciones de Metaverso y Realidad eXtendida con la calidad necesaria.

Según un informe de la empresa Nokia, compartido durante una conferencia de Wilson Cardoso (PhD) en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en mayo de 2023 (Cardoso, 2023)²⁶, podemos observar que los requerimientos para experiencias totalmente inmersivas en 2030 serán:

- Ancho de banda mayor a 200 Mbps, con picos de 300 Mbps.
- Latencia de menos de 30 milisegundos, con aplicaciones industriales que requerirán ultra baja latencia de menos de 5 milisegundos.

Según otros estudios, como el del Innovation Lab de Huawei (iLab, 2018) coinciden con estos parámetros en líneas generales, pero hacen un análisis más profundo. Dividen la calidad de la experiencia en tres niveles, siendo el nivel “ideal” el que queremos alcanzar en nuestra red. Al hacer este análisis proponen que la latencia se divide de la siguiente manera:

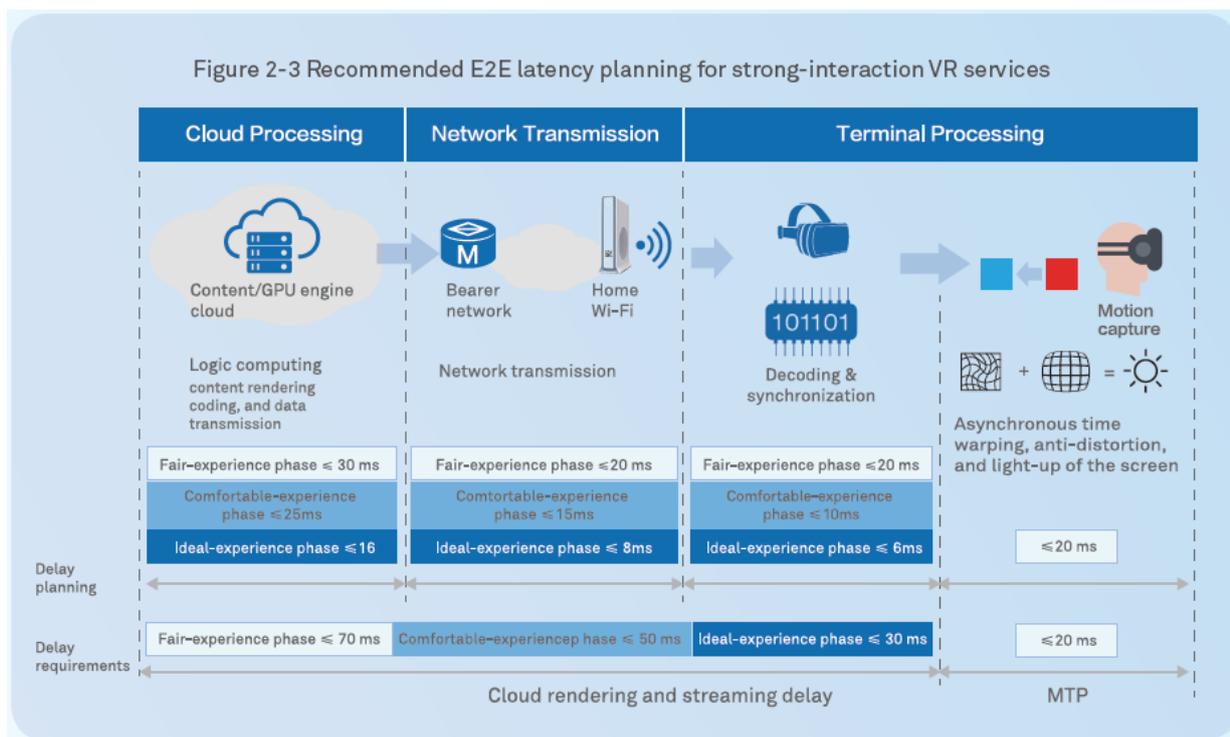


ILUSTRACIÓN 25 - DISTRIBUCIÓN DEL DELAY RECOMENDADO PARA EL SERVICIO DE REALIDAD VIRTUAL²⁷

Debiendo nosotros como ISP diseñar y construir una red que nos permita mantener una **latencia menor a 24 milisegundos**.

Mientras que, para el ancho de banda, deberemos primero introducir el concepto de *Field of View* (FOV) o campo de visión. En una transmisión de video tradicional todo el flujo de datos tiene la intención de ser visto. En una transmisión actual de Realidad Virtual, se transmite toda la esfera que rodea al usuario,

²⁶ En el anexo 3 – Metaverse era market trends se deja una copia de la presentación realizada por Nokia

²⁷ Fuente: Página 6 de (iLab, 2018)

incluso las imágenes que están por detrás de su campo de visión (FOV). Una mejora que se está incorporando, y deberá profundizarse a futuro es la transmisión específica de lo que ve el usuario más un margen de salvaguarda para permitir movimientos rápidos.

Esto nos ayuda a minimizar los requerimientos de ancho de banda futuros, que como veremos más adelante son desafiantes. Esta técnica nos permite transmitir sólo el 53% de los datos totales (la visión de 360° que rodea al usuario).

Podemos a su vez dividir los requerimientos en dos categorías:

- Servicio de video de Realidad Virtual, evolución de un servicio de video como Netflix, o video conferencias como Microsoft Teams.
- Servicio de interacción fuerte de Realidad Virtual, requerido para video juegos, telemedicina, y aplicaciones industriales (control remoto de robots, por ejemplo).

Podemos observar un resumen de requerimientos en el siguiente cuadro:

Phase		Fair-experience Phase	Comfortable-experience phase	Ideal-experience Phase
Predicted commercial application time		2018	2019–2020	2023–2025
Video full-view resolution		4K to 8K	8K to 12K	12K to 24K
Strong-interaction content resolution (Note 1)		2K to 4K	4K to 8K	8K to 16K
Terminal resolution		2K to 4K	4K to 8K	8K to 16K
FOV		90° to 110°	120°	120° to 140°
Color depth (bit)		8	8	10–12
Coding standard		H.264/H.265	H.265	H.265/266
Frame rate (FPS)		30 (video services) 50–90 (strong-interaction services)	30 (video services) 90 (strong-interaction services)	60–120 (video services) 120–200 (strong-interaction services)
VR video service	Bitrate	≥ 40 Mbit/s (4K)	Full-view: ≥ 90 Mbit/s FOV: ≥ 50 Mbit/s	Full-view: ≥ 290 Mbit/s (12K) ≥ 1090 Mbit/s (24K) FOV: ≥ 155 Mbit/s (12K) ≥ 580 Mbit/s (24K)
	Bandwidth requirement (Note 2)	≥ 60 Mbit/s (4K)	Full-view: ≥ 140 Mbit/s FOV: ≥ 75 Mbit/s	Full-view: ≥ 440 Mbit/s (12K) ≥ 1.6 Gbit/s (24K) FOV: ≥ 230 Mbit/s (12K) ≥ 870 Mbit/s (24K)
	Recommended network RTT level (Note 3)	≤ 20ms	≤ 20ms	≤ 20ms
	Packet loss requirement	≤ 9e-5	≤ 1.7e-5	≤ 1.7e-6
Strong-interaction VR service	Bitrate	≥ 40 Mbit/s	≥ 90 Mbit/s	≥ 360 Mbit/s (8K) ≥ 440 Mbit/s (16K)
	Bandwidth requirement (Note 1)	≥ 80 Mbit/s	≥ 260Mbps	≥ 1 Gbit/s (8K) ≥ 1.5 Gbit/s (16K)
	Network RTT requirement	≤ 20ms	≤ 15ms	≤ 8ms
	Packet loss requirement	≤ 1e-5	≤ 1e-5	≤ 1e-6

ILUSTRACIÓN 26 - REQUERIMIENTOS DE RED PARA LA REALIDAD VIRTUAL

Para la experiencia “ideal” podemos observar que los requerimientos solicitados por Nokia corresponden a un servicio de video.

Siendo entonces los requerimientos máximos que deberemos contemplar los siguientes:

- *Frame rate*: de 120 a 200 cuadros por segundo
- Ancho de banda
 - Servicio de video
 - mayor o igual a 230 Mbps (considerando FOV y 12K de resolución)
 - mayor o igual a 870 Mbps (considerando FOV y 24K de resolución)
 - Servicio de interacción fuerte
 - mayor o igual a 1 Gbps (resolución equivalente de 8K)
 - mayor o igual a 1.5 Gbps (resolución equivalente de 16K)
- Latencia de red menor o igual a 20 milisegundos

Más allá de estos requerimientos netamente técnicos, otro gran desafío es la gestión y administración de estas nuevas redes de acceso, *Core* y *DataCenter*. Deberemos actualizar la forma en la que interactuamos con ellas. Uno de los enfoques más modernos a nuestro alcance son las redes dirigidas por intenciones o *Intent-Driven Network*.

Una *Intent-Driven Network* es un enfoque en la gestión de redes de computadoras que se centra en entender y satisfacer las intenciones y requisitos del usuario final o de la aplicación. En lugar de configurar y gestionar redes de forma manual y detallada, las *Intent-Driven Networks* utilizan la automatización y la inteligencia artificial para interpretar las intenciones del usuario o del administrador de la red y luego traducirlas en políticas y configuraciones de red.

Las características clave de una *Intent-Driven Network* incluyen:

Automatización Inteligente: La red hace uso de la automatización con inteligencia artificial y aprendizaje automático. Esto significa que la red puede tomar decisiones basadas en datos en tiempo real para optimizar su funcionamiento. Por ejemplo, puede ajustar dinámicamente el enrutamiento de tráfico para evitar congestiones o mitigar amenazas de seguridad de manera proactiva.

Interfaz de Alto Nivel: Los administradores de red y usuarios finales pueden comunicar sus intenciones utilizando un lenguaje de alto nivel, en lugar de configuraciones técnicas. Por ejemplo, en lugar de especificar reglas de enrutamiento detalladas, un administrador podría simplemente indicar que se debe priorizar el tráfico de Metaverso o Realidad eXtendida sobre otros tipos de tráfico.

Visibilidad y Monitoreo Avanzados: La red ofrece una visión profunda de su estado y rendimiento, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos. Esto se logra mediante la recopilación de datos de múltiples fuentes y su análisis para identificar tendencias y problemas potenciales. Los paneles de control y las herramientas de análisis permiten a los administradores tomar decisiones informadas.

Adaptabilidad: Una característica fundamental de estas redes es su capacidad para adaptarse a situaciones cambiantes. Esto puede incluir cambios en la carga de trabajo, amenazas de seguridad, fallos de hardware o cualquier otro factor que afecte al rendimiento de la red. La red puede ajustar sus políticas y configuraciones automáticamente para mantener un rendimiento óptimo.

PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES

Durante los apartados anteriores mencionamos algunos estándares actuales, cuyas versiones futuras brindarán mejoras necesarias para el desarrollo del Metaverso y Realidad eXtendida, así como otras tecnologías.

Entre las más destacables podemos mencionar:

- **WiFi 7.** La versión más reciente del estándar en la cual se ha estado trabajando desde 2019 y si bien su lanzamiento oficial será en marzo del 2024, los fabricantes no han esperado la liberación oficial y ya han comenzado a fabricar circuitos integrados compatibles, así como productos para el consumidor.
- **WiFi 8.** Se espera que esta nueva versión del protocolo reduzca aún más la latencia y aumente el ancho de banda. El estándar estará listo recién a finales de 2024. Sin embargo, no se espera que existan dispositivos comerciales hasta 2027 o 2028.
- **50GPON.** En abril del 2021 se oficializó el estándar de redes ópticas pasivas de 50 Gbps. En marzo del 2022 ZTE lanza el primer prototipo de un equipo soportando esta tecnología. Esta tecnología permitirá maximizar el ancho de banda disponible para los usuarios y minimizar la latencia.
- **100GPON.** Si bien ya se han realizado algunas pruebas de laboratorio e incluso con clientes utilizando diversas técnicas. Se espera que para el 2025 se pueda tener la tecnología para soportar 100G PON en una sola longitud de onda.
- **H.265.** Es la familia de protocolos HEVC, *High Efficiency Video Coding* o Codificación de Video de Alta Eficiencia. Este estándar a pesar de ser del 2013 recién se ha vuelto de uso común en estos últimos años. Siendo su antecesor el H.264 aun ampliamente usado. H.265 mejora en un 30% la compresión de video comparado a su antecesor.
- **H.266.** Sucesor del estándar H.265. Es llamado también *Versatile Video Coding* (VVC). Si bien es un estándar de julio del 2020 su utilización aún no es muy común. Pero para los altos volúmenes de datos que se deberán transmitir para una Realidad Virtual o Metaverso inmersivos, será necesaria su utilización. H.266 mejora en un 30% la compresión de video comparado con su antecesor.
- **100 gigabit Ethernet.** Este protocolo data del 2010 y hoy es el estándar más utilizado en las redes de Core de los ISP.
- **400 gigabit Ethernet.** Este protocolo data del 2017, y ya existen dispositivos que soportan numerosas interfaces de red con estas capacidades. Sin embargo, su uso no es tan masivo aún. Es el próximo paso en la evolución de redes de Core. Nos brindará la posibilidad de disminuir la cantidad de interfaces que se deben agrupar hoy en día para lograr las velocidades necesarias en el *backbone* de la red.
- **800 gigabit Ethernet.** Será la próxima evolución de protocolos e interfaces de red. Nos permitirá transmitir aún más datos sobre los mismos vínculos físicos. Reduciendo la cantidad de F.O. necesaria y disminuyendo consumo eléctrico y latencia.

Más allá de los estándares técnicos, como dijimos anteriormente, algo necesario para lograr un verdadero Metaverso es la interoperabilidad. A tal efecto, se ha creado un foro, llamado *Metaverse Standards Forum*. El mismo ha sido formado por las principales empresas del ecosistema.

En su página web (Metaverse, 2023), podemos observar el siguiente mensaje de bienvenida²⁸:

La interoperabilidad es la base del metaverso, para permitir que múltiples tecnologías disruptivas trabajen juntas, para construir puentes entre aplicaciones para escalar más allá de una serie de silos desconectados y para desarrollar una plataforma que sea abierta e inclusiva para todos.

Abierto a cualquier organización, el Foro de Estándares del Metaverso proporciona un lugar para la cooperación entre organizaciones de estándares y empresas para fomentar el

²⁸ Traducción propia

desarrollo de estándares de interoperabilidad para un metaverso abierto e inclusivo, y acelerar su desarrollo e implementación a través de proyectos pragmáticos basados en acciones.

El Foro establece una cartera de grupos de trabajo exploratorios y de dominio: el Foro ha iniciado una cartera de grupos de trabajo y exploratorios impulsados por sus miembros que se reúnen periódicamente para crear Estatutos y ejecutar los proyectos que definen. Los grupos de trabajo actualmente incluyen "Interoperabilidad de activos 3D usando USD y glTF", "Gestión de activos digitales", "Registro de estándares metaverso" e "Integración del mundo real/virtual". Los grupos exploratorios actualmente incluyen "Interoperabilidad web 3D", "Ropa de moda digital". para avatares, personajes interoperables/avatares', 'requisitos y capacidades de red', 'privacidad, ciberseguridad e identidad' e 'interoperabilidad técnica y solución de problemas del usuario final'.

La construcción de un metaverso generalizado, abierto e inclusivo a escala global requerirá cooperación y coordinación entre una constelación de organizaciones de estándares internacionales, incluido Khronos Group, World Wide Web Consortium (W3C), Open Geospatial Consortium, OpenAR Cloud, Spatial Web Foundation y muchos otros.

El Foro no crea estándares en sí, sino que coordina requisitos y recursos para fomentar la creación y evolución de estándares dentro de las organizaciones de estándares que trabajan en dominios relevantes.

Entre los principales miembros encontramos a CableLabs, Epic Games, Huawei, Microsoft, Nokia, Qualcomm, Samsung, Sony, Tencent, AMD, ARM, Baidu, Google, HTC, Meta, NVIDIA, W3C, IEEE, Amazon y ZTE. Claramente es del interés de la mayoría de los participantes del ecosistema lograr la interoperabilidad entre sus Metaversos y sus dispositivos. El gran crecimiento que presentó Internet se debió principalmente a la apertura de sus protocolos y funciones básicas, permitiendo que todas las redes formen una gran red internacional.

RESOLUCIÓN DE VIDEO Y TASAS DE REFRESCO

Como podemos observar en (Sensics, 2016) la resolución máxima que puede captar el ojo en la fovea²⁹ es de 60 píxeles/grado, siendo esta la resolución limitante para los ojos. Esto implica que si una imagen de 3600 píxeles (60 x 60) se proyecta en un área de 1° x 1° de la fovea, el observador no sería capaz de percibir diferencias con una imagen de 8100 píxeles (90 x 90) proyectada en la misma área de 1° x 1° de la fovea. Este cálculo sirve como fundamento para lo que Apple denomina "pantalla retina", que se refiere a una pantalla que, al mantenerse a la distancia apropiada, logra producir la misma densidad de píxeles en la retina.

²⁹ Fovea (o Fovea centralis) es la depresión en la superficie interna de la retina, de aproximadamente 1,5 mm de ancho, cuya capa de fotorreceptores es enteramente de conos y está especializada para una agudeza visual máxima.

Podemos calcular la densidad de píxeles por grado de visión dividiendo el número de píxeles en una línea de visión horizontal por el campo de visión horizontal proporcionado por el dispositivo (esta cuenta se podría hacer para el vertical, pero los sistemas suelen ser simétricos). A continuación, mostramos estos cálculos para las resoluciones planteadas con anterioridad:

	2K	4K	8K	12K	16K	24K
Resolución	1080	1920	3840	5760	7680	11520
FOV	90	120	120	120	140	140
Píxeles por grado	12	16	32	48	55	82
Diferencia con el ideal	25,00	14,06	3,52	1,56	1,19	0,54

La diferencia con el ideal es una medición del cuadrado de la resolución ideal dividida sobre los píxeles por grado obtenidos. Para la pantalla de 2K tenemos $(60/12)^2 = 5^2 = 25$. En el ideal este indicador debería ser 1 o menor que 1. Como podemos observar la pantalla de 24K con un FOV de 140 supera la resolución máxima del ojo, siendo este el límite de resolución con el que trabajaremos. Aunque aún es posible aumentar el FOV.

Teniendo en cuenta que, en condiciones normales, se considera que el campo de visión horizontal abarca aproximadamente 180 grados, mientras que el campo de visión vertical abarca alrededor de 135 grados, podemos fácilmente calcular que para este caso con una pantalla de 24K de resolución, tendremos 64 píxeles por grado dando una diferencia con el ideal de 0,88.

La selección de la tasa de fotogramas (FPS) en aplicaciones de realidad virtual y metaverso es un aspecto crítico en la búsqueda de una experiencia visual óptima. Mientras que la recomendación general establece un umbral mínimo de 90 FPS, es importante comprender que la elección de FPS puede variar según una serie de factores.

En primer lugar, una mayor tasa de fotogramas, como 120 o incluso 200 FPS, puede ofrecer una mayor sensación de realismo en la percepción del movimiento y la fluidez visual. Esto se traduce en una experiencia más inmersiva, especialmente en aplicaciones que demandan interacción intensiva y fidelidad visual, como juegos de realidad virtual altamente interactivos y simulaciones.

La interacción precisa es otro aspecto para considerar. En aplicaciones que requieren una interacción rápida y precisa, como juegos competitivos en línea o entornos de diseño 3D, una tasa de fotogramas más alta mejora la precisión y la capacidad de respuesta de los movimientos del usuario.

En la actualidad los sistemas poseen una profundidad de color de 8 bits, y esto es más que suficiente en esta etapa. Pero a medida que se mejoren las resoluciones, se deberá acompañar con una mejora en la profundidad del color. Inicialmente se deberá ir a 10 bits que nos dará una representación más precisa de las transiciones de color y sombras. Este mayor rango de colores será valioso en aplicaciones de diseño, simulación y entretenimiento. El próximo paso será aumentar a 12 bits lo que nos dará una representación extremadamente precisa de los colores y matices brindando la máxima fidelidad visual. Esta capacidad es ideal para aplicaciones de Realidad Virtual y Metaverso de alta gama, como simulaciones de entrenamiento y experiencias de entrenamiento de calidad cinematográfica.

PROBLEMAS DE SALUD

El Metaverso y la Realidad eXtendida pueden tener efectos secundarios y desafíos potenciales para la salud. Algunos de ellos son:

Cinetosis o Mareo por Movimiento: Este es uno de los problemas más comunes en la realidad virtual. Ocurre cuando existe una discrepancia entre la información visual y la percepción del movimiento del cuerpo, lo que puede causar mareos, náuseas y malestar. Algunas personas son más propensas a la cinetosis que otras, y la tasa de fotogramas más baja o la falta de sincronización entre el movimiento del usuario y la representación visual pueden agravar este problema.

Como vimos en el apartado anterior la velocidad de fotogramas debe llegar a 120 FPS e incluso 200 FPS. De esta manera se minimizará uno de los motivos por los cuáles se padece cinetosis.

Otro motivo posible es la distorsión óptica provocada por las lentes del HMD. Esta distorsión es un fenómeno óptico que se produce debido a la necesidad de adaptar las imágenes que se muestran en las pantallas planas a la forma curvada de las lentes, de manera que se vean correctamente a través de ellas y proporcionen una experiencia visual inmersiva. La distorsión geométrica se corrige en los HMDs mediante el uso de software y algoritmos que ajustan la imagen antes de que se proyecte en las pantallas. Esto se hace de manera que cuando los usuarios miran a través de las lentes, la distorsión se contrarresta y las imágenes se ven de manera correcta y natural. Al crecer la capacidad de procesamiento de los HMDs se podrá mejorar la corrección que se realiza. En particular, hoy en día hay problemas de corrección debido al propio movimiento del ojo, la corrección debe adaptarse en tiempo real a este movimiento lo que requiere mayor poder de cómputo.

Fatiga Visual: El uso prolongado de dispositivos de realidad virtual puede provocar fatiga visual, similar a lo que se experimenta con la exposición prolongada a una pantalla de computadora. Los usuarios pueden sentir cansancio en los ojos, sequedad ocular y malestar visual.

Problemas Posturales: Pasar largos períodos en una posición incómoda mientras se usa un HMD de realidad virtual puede dar lugar a problemas posturales. Esto puede causar dolores de cuello, espalda y hombros.

Constantemente se trabaja en minimizar el peso de los HMDs para minimizar estos problemas.

Aislamiento Social: La inmersión total en un mundo virtual puede llevar al aislamiento social si los usuarios descuidan sus relaciones y actividades en el mundo real.

Seguridad Física: Al estar inmersos en una experiencia de RV, los usuarios pueden no ser conscientes de su entorno físico, lo que puede aumentar el riesgo de tropezar, caer o chocar con objetos en el mundo real.

Adicción: Algunas personas pueden volverse adictas a la realidad virtual, lo que puede tener un impacto negativo en su vida diaria y salud mental.

Efectos Visuales a Largo Plazo: Aunque la investigación está en curso, todavía no se comprenden completamente los posibles efectos a largo plazo del uso continuo de la realidad virtual en la vista y la percepción visual.

CONTENIDO

Junto con el lanzamiento de las Meta Quest 3 en octubre de 2023, se puso a disposición de los usuarios una librería de más de 500 títulos de experiencia inmersiva. Desde juegos como Roblox, Lego®, hasta aplicaciones sociales como WhatsApp y Messenger están presentes en el catálogo. Queda claro que el interés de Meta no está solo en el hardware, sino en todo el ecosistema del Metaverso. Es por ello por lo que en 2019 adquirió 9 estudios de desarrollo de Realidad Virtual.

La misma industria está haciendo cada vez más fácil el desarrollo de aplicaciones, con estándares como WebXR³⁰ o BeAmable³¹ que es una plataforma abierta y extensible para el desarrollo de juegos y mundos virtuales en minutos.

Para dar una idea del interés de los consumidores en estas tecnologías veremos las ganancias que han obtenido algunos juegos en los últimos años:

- El *Meta Quest Store* ha ganado USD 1.500 millones en juegos y aplicaciones entre el 2019 y el 2022
- El juego *Blade & Sorcery: Nomad* alcanzó el millón de dólares de ganancias en tan solo dos días.
- El juego *Zenith: The Last City* alcanzó el millón de dólares en menos de 24 horas.
- El juego *Resident Evil 4* alcanzó los dos millones de dólares de ganancias en menos de 24 horas.
- El juego *Bonelab* ganó un millón en menos de una hora
- El juego *The Walking Dead: Saints & Sinners* lleva acumulados más de 50 millones de dólares desde el 2020.

Como podemos observar en “El Metaverso, y cómo lo revolucionará todo” (Ball, 2022), hoy en día diferentes plataformas han desarrollado las plataformas de mundos virtuales integrados (*Integrated Virtual World Platforms*), las mismas se basan en motores visuales de mercado como *Unreal* o *Unity*, o en motores propios. Pero a la vez ponen a disposición de los usuarios finales herramientas para la creación de sus propios mundos virtuales de manera visual y sencilla, con menos gente, menos inversión y menos experiencia y habilidad (sin saber realmente ningún lenguaje de programación formal). Un gran ejemplo de esto es Roblox, en donde la gran mayoría de los creadores de contenido son niños. Más de 10 millones de usuarios han creado contenido en esta plataforma.

Claramente tendremos cada día más contenido disponible para plataformas del Metaverso y Realidad eXtendida.

³⁰ <https://immersiveweb.dev/>

³¹ <https://beamable.com/>

VISIÓN DE FUTURO

Según el análisis realizado por Bitkraft, un *Venture Capital* dedicado a *Gaming*, e industria Web 3.0 se estima que para el 2024 los envíos de dispositivos de Realidad eXtendida superarán a los envíos de consolas de juegos (aproximadamente 50 millones) (Baier-Lentz, y otros, 2021).

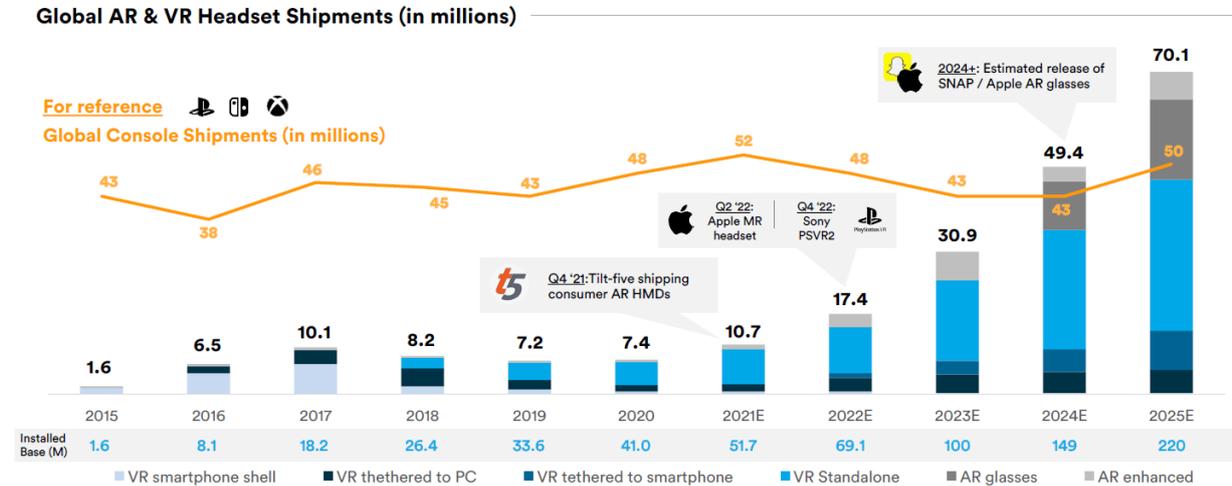


ILUSTRACIÓN 27 - ENVÍOS DE DISPOSITIVOS XR VS CONSOLAS DE JUEGOS

En este mismo estudio podemos observar que el desarrollo de las tecnologías de Realidad eXtendida se encuentra transitando el paso su fase de “abismo de desilusión” (*Trough of Disillusionment*) hacia la rampa de consolidación (*Slope of enlightenment*) del *hype cycle* de Gartner. Esto nos indica que es una tecnología que seguirá creciendo hasta considerarse una tecnología convencional como son hoy los teléfonos móviles o las computadoras.

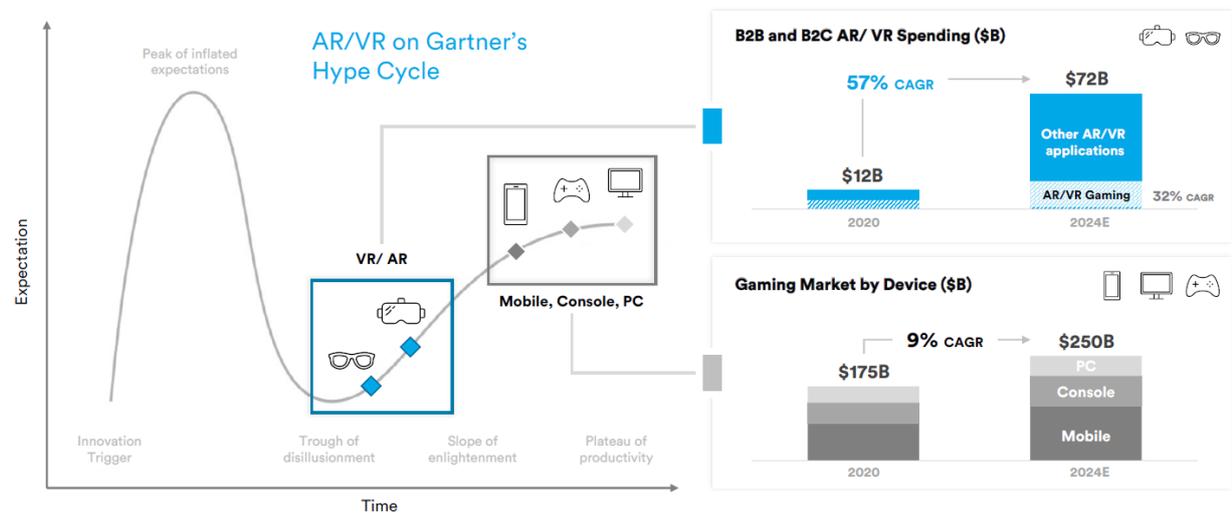


ILUSTRACIÓN 28 - AR/VR HYPE CYCLE

También se puede observar una tendencia creciente en la cantidad de dispositivos conectados a la plataforma de juegos Steam.

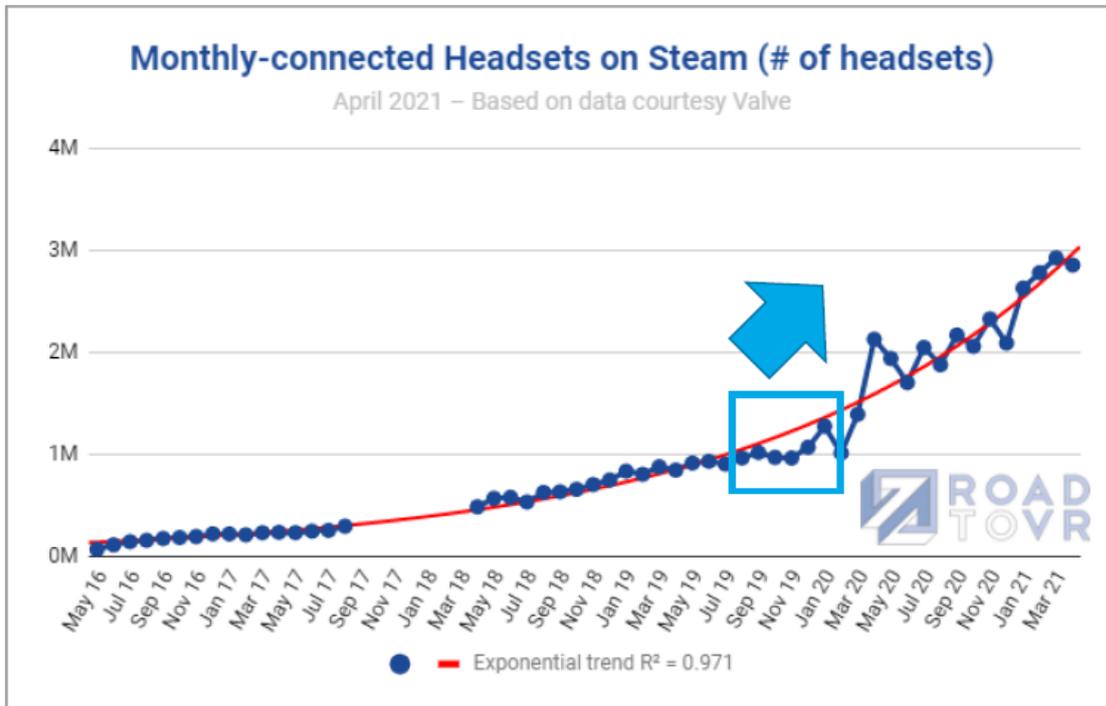


ILUSTRACIÓN 29 - DISPOSITIVOS XR CONECTADOS A STEAM

Según un informe de Dimensional Research (Jabil, 2018) realizado mediante una encuesta en la que participaron 201 personas de todo el planeta, responsables de las decisiones de AR/VR en sus empresas, el 91% de los encuestados indica que la Realidad eXtendida se volverá una tecnología convencional durante los próximos 10 años. Este estudio no pudo tener en cuenta el desarrollo de las tecnologías de Inteligencia Artificial las que, según muchos analistas, van a demorar inicialmente el desarrollo de las tecnologías del Metaverso, para en última instancia colaborar incluso con el desarrollo de estas.

En un estudio conducido por nosotros mismos en el mes de octubre de 2023, con una población de 213 personas en AMBA (Área Múltiple de Buenos Aires), nos encontramos con que el **74,6%** de los encuestados consideran que las diferentes tecnologías del Metaverso serán de **uso común en los próximos 10 años**. De la misma población nos encontramos con que el **53%** tiene una intención de uso de estas tecnologías mayor o igual al 70%. En el anexo 2 se puede encontrar más información sobre la encuesta y sus resultados.

Según datos de la OMPI, se ha observado un notable aumento en las solicitudes de patentes relacionadas con tecnologías de realidad virtual, realidad aumentada, y metaverso en los últimos años. En 2022, se presentaron 12.700 solicitudes de patentes para tecnologías de realidad virtual, lo que representa un incremento del 20% con respecto al año anterior. Asimismo, las solicitudes de patentes para tecnologías de realidad aumentada experimentaron un aumento del 15% con 10.800 solicitudes en 2022. En el caso de las tecnologías de metaverso, aunque el número de solicitudes aún es relativamente bajo, se registró un impresionante incremento del 50% en 2022, alcanzando un total de 7.500 solicitudes.

Los principales países que lideran el desarrollo de estas tecnologías son los Estados Unidos, China, Japón, Corea del Sur y Alemania. Estados Unidos lidera en términos de solicitudes de patentes en todas las

categorías, con 3.500 solicitudes para realidad virtual, 3.000 para realidad aumentada, y 2.500 para metaverso.

Estos datos reflejan el continuo crecimiento en la inversión y el desarrollo de tecnologías relacionadas con la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada y el Metaverso en todo el mundo. Además, indican la creciente demanda de estas tecnologías tanto por parte de empresas como de consumidores.

Estas cifras subrayan el crecimiento constante en la investigación y desarrollo de tecnologías que están moldeando el futuro de la interacción digital y la creación de mundos virtuales.

Durante este capítulo hemos ido mostrando cómo los análisis realizados por distintas consultoras coinciden en que las diferentes tecnologías del Metaverso y la Realidad eXtendida probablemente serán de uso común en los próximos años. Muchos sitúan o se aventuran a indicar 2030 como el año en que estas tecnologías revolucionarán nuestra forma de acceder a Internet. Esta es nuestra premisa para el próximo capítulo. Como ISP deberemos estar preparados para los requerimientos que nos van a exigir nuestros clientes, o simplemente estaremos fuera del mercado.

CAPÍTULO 2 – EL PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET

DESCRIPCIÓN DE LA RED DE UN ISP

Para poder, entender los componentes dentro del ecosistema de un proveedor de servicios de Internet (ISP), vamos a realizar un relevamiento de estos y focalizar particularmente los que son objeto del estudio dentro del presente trabajo. De ahora en adelante, cuando nos referimos al termino ISP o del ISP vamos a estar hablando específicamente del proveedor de internet que ha sido objeto de estudio y análisis del presente trabajo.

BACKBONE

El "*backbone*" de un proveedor de servicios se utiliza para una serie de propósitos críticos que son fundamentales para el funcionamiento de la red de comunicaciones y la prestación de servicios a los clientes. A continuación, se describen las principales funciones y usos del *backbone*:

Enrutamiento de tráfico: El *backbone* se utiliza para enrutar el tráfico de datos, voz, video y otros servicios de manera eficiente y confiable a través de una red amplia y geográficamente diversa. Permite que los datos viajen desde el punto de origen al destino de la manera más rápida y eficiente posible.

Conexión de ubicaciones: Conecta diferentes ubicaciones geográficas, como ciudades, regiones, permitiendo la comunicación sin problemas entre estas ubicaciones. Esto es esencial para la conectividad global y la interconexión.

Interconexión: Facilita la interconexión con otros proveedores de servicios y redes a nivel regional, nacional e internacional. Esta interconexión es crucial para garantizar que los datos puedan viajar de una red a otra, lo que permite la comunicación a nivel mundial.

Transmisión de datos de alta velocidad: Proporciona una infraestructura de red de alta velocidad que es capaz de transmitir grandes volúmenes de datos a velocidades muy rápidas. Esto es esencial para la transmisión de datos en tiempo real, servicios de transmisión de video de alta definición y otras aplicaciones de alta demanda como el Metaverso y la Realidad eXtendida.

Redundancia: Se diseña con medidas de redundancia para garantizar la disponibilidad y la resistencia contra fallos. Esto significa que, en caso de que una parte de la red falle, el tráfico se pueda redirigir de manera automática y sin interrupciones a través de rutas alternativas.

Priorización de tráfico: Se utiliza para implementar técnicas de gestión de tráfico que permiten dar prioridad a ciertos tipos de datos o servicios, como voz sobre IP (VoIP), video o servicios críticos, para garantizar un rendimiento óptimo.

Escalabilidad: Se diseña para ser escalable, lo que significa que puede crecer y adaptarse para manejar un aumento en la demanda de servicios y tráfico a medida que una empresa o proveedor de servicios crece.

Seguridad: Se implementan medidas de seguridad para proteger la integridad y la privacidad de los datos que se transmiten a través de la red. Esto incluye el cifrado de datos y la protección contra amenazas cibernéticas.

A continuación, se muestra la topología de alto nivel de la arquitectura actual utilizada por el ISP, dentro de la misma esta dividida en varias capas según su función y la capa que agregan dentro de la misma.

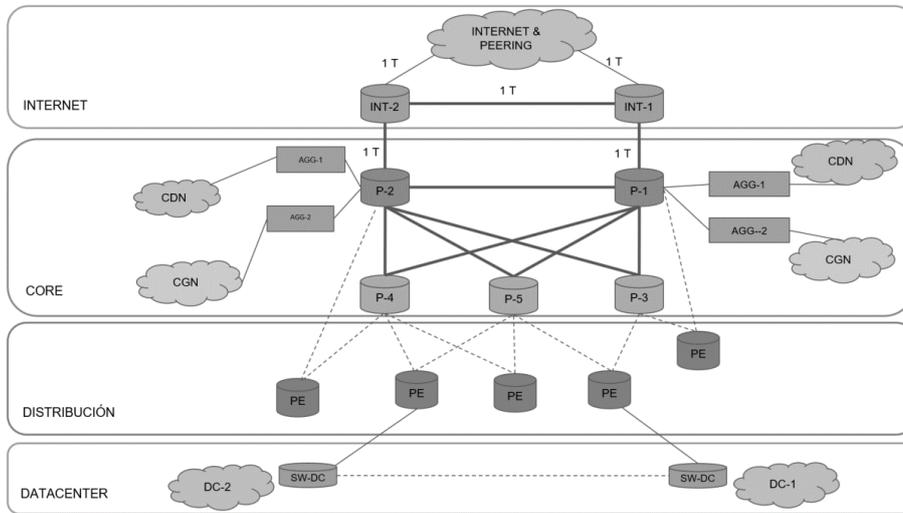


ILUSTRACIÓN 30 - TOPOLOGÍA BACKBONE IP

La capa Internet: aquí se agregan las funciones de red de conectividad hacia el resto de los proveedores de servicios de Internet, en resumen, es la capa de conectividad hacia el resto del mundo. Tanto para las interconexiones hacia los *carriers* mundiales de internet (por ejemplo, TI Sparkle, Telefónica de Argentina S.A., CABASE, etc.)

La capa de Core: aquí se agrega la capa de internet y además se agregan los servicios de CDN de los diversos generadores de contenido como:

- Meta (Facebook)
- Disney
- Netflix
- Amazon
- Contenido propio
- Google

La capa de distribución: es la que se encarga de interconectar los nodos principales con los nodos secundarios y además ofrece servicios de red para poder interconectar los equipamientos de red de acceso tales como CMTS, OLTs, *routers* de clientes finales (CE).

La capa de DataCenter: agrega todos los servicios del *DataCenter*, ya sea de servicios de red que fueron virtualizados, como de servicios nativos del DataCenter. Es decir, servicios de hosting, de DHCP, DNS, CRM, ERP y todas las aplicaciones que dan servicio al negocio, están dentro de los servicios del *DataCenter*.

CAPACIDADES DEL BACKBONE

La red del ISP cuenta con conectividad de 100 Gbps entre sus diferentes sitios, en los casos que se requiere mayor capacidad se realizan enlaces para tener 2x100Gbps hasta llegar a 4x100Gbps.

Los equipos que forman la red MPLS, tanto P como PE, tienen una capacidad de 6.4Tbps en su *backplane*³², esto es, todo el tráfico sumando o tráfico agregado, es decir, en ambos sentidos descendiente y ascendente que puede pasar por el total de placas e interfaces.

Luego, la capacidad de un *backbone* está dada, por varios factores como:

- La capacidad de los enlaces internet, estos son, enlaces hacia redes externas como proveedores mundiales de internet
- Capacidad de los enlaces entre los diferentes sitios
- Capacidad de cada chasis
- Capacidad de cada *linecard*³³ o placa de servicio de cada chasis

Para poder tener una magnitud, actualmente el tráfico promedio de una red de un ISP en general donde tiene una oferta de servicio de internet y el servicio de televisión se ofrece por medios de transmisión broadcast, es decir las señales se emiten continuamente por medio de alguna norma que puede ser ATSC, ISDB-T, DVB-C tiene una tasa promedio de tráfico de 2.5 Mbps. En cambio, si la red es totalmente IP, el consumo de ancho de banda promedio tiene una tasa promedio de 5 Mbps.

Entonces teniendo cuenta que para una cantidad de 1M de usuarios (a modo de ejemplo), se tiene un tráfico promedio de 5Mbps (peor caso). La capacidad del backbone tiene que soportar:

$$\text{Demanda máxima de tráfico del backbone} = 1M \text{ usuarios} \times 5Mbps = 5Tbps$$

La cifra anterior tiene que ser la mínima capacidad en tráfico IP que tiene que poder soportar el operador. Adicionalmente debe realizar sus planes de crecimiento.

De las cuales esas capacidades van a estar divididas en:

Demanda de tráfico tránsito IP = 10% de capacidad total

Demanda de tráfico en *peering* = 20% de capacidad total

Demanda de tráfico en CDN o caches locales = 70% de la capacidad total

Como se podrá observar una red de entretenimientos consume mayormente tráfico de CDN, para garantizar mejores tiempos de entrega y por otro lado para economizar en tráfico del exterior.

DATA CENTER

La red del ISP en los últimos años ha evolucionado de una red donde la infraestructura de virtualización estaba embebida dentro del *Core* de la red a un esquema descentralizado del *backbone*.

Actualmente la red de infraestructura del *DataCenter* del ISP es una red autónoma donde alberga toda la tecnología de cómputo, almacenamiento y *networking* de red.

La misma tiene:

- Una capa de almacenamiento con capacidad de 2.5 PB y 515TB para *backup*.
- Capacidad de interconexión con la red MPLS 100Gbps de tráfico con redundancia geográfica.
- Una capacidad de cómputo de 15 THz con 31TB de RAM.

³² Plano posterior de datos de un equipo de telecomunicaciones en el que se conjuga todo el tráfico entre diferentes placas.

³³ Tarjeta de línea de un equipo de telecomunicaciones, donde se conectan las interfaces externas.

- Un plano de virtualización con capacidad de *Software Defined DataCenter*. Esto es que el plano de red, y el plano de almacenamiento están distribuidos y definidos por software.
- Un plano de administración y gestión del ciclo de vida de contenedores basado en Kubernetes.
- Como también una capa de seguridad compuesta por Firewalls, IDS, IPS y WAF.

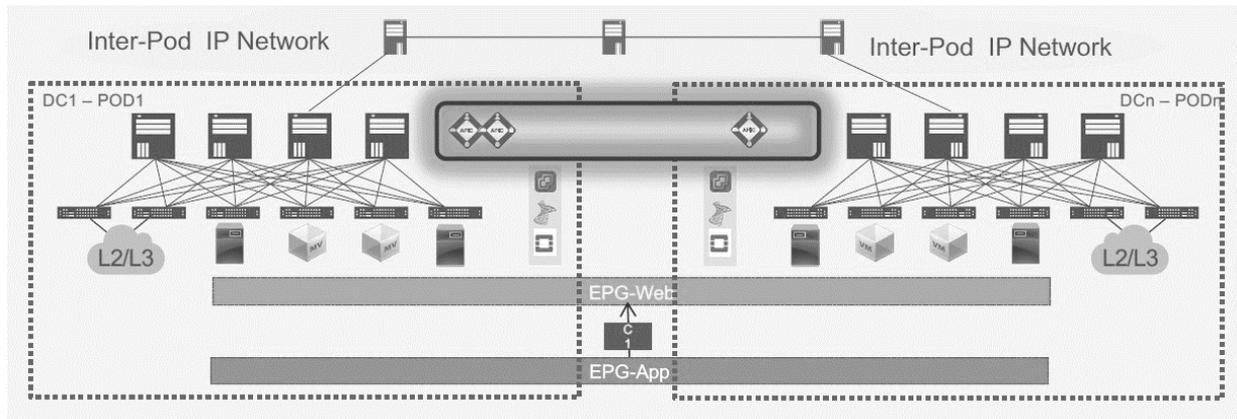


ILUSTRACIÓN 31 - DIAGRAMA DE RED *DATA*CENTER

DATA CENTER FACILITIES

El ISP cuenta en la actualidad con más de 20 sitios distribuidos geográficamente, cada sitio está anillado por fibra óptica con mínimamente otros dos sitios. Esto da la posibilidad de tener siempre redundancia de caminos físicos de conectividad ante cortes o algún incidente.

Por otro lado, existen 3 sitios principales los cuales albergan infraestructura de *DataCenter* y equipamiento de *Core*. Estos sitios como hemos visto durante el detalle de la infraestructura de *Core* al tener bajo su dominio las CDNs y virtualización entregan cerca del 80% del tráfico de la red.

En cuanto a sus capacidades, podemos comentar que todos los sitios tienen:

- Doble grupo de generación propia, con autonomía de 12hs con posibilidad de recarga.
- Todos los racks con doble línea de energía.
- líneas de energía respaldadas por UPS.
- Ambiente refrigerado y controlado.

RED DE ACCESO

La red de acceso, del ISP está compuesta por dos partes, por un lado, la tecnología de acceso dentro de la planta interna o su acrónimo en inglés ISP (*inside plant*), dentro de los *DataCenter* destinados a este fin y por el otro la planta externa o su acrónimo en inglés OSP (*outside plant*), este último es la red cableada en las calles, generalmente tendida de forma aérea, aunque en ciertos lugares puede ser subterránea.

Dentro de las tecnologías de planta interna de la red del ISP, está compuesta por dos tecnologías, HFC (*Hybrid Fiber Coax*), es decir una red híbrida de fibra y coaxial, esta tecnología está basada en las especificaciones de CableLabs, por medio de un estándar llamado DOCSIS. El CMTS (*Cable modem Termination System*), se encuentra en la parte central de la red de cable y se encarga de gestionar la comunicación entre los módems de cable (también conocidos como cable módems) ubicados en los hogares y el proveedor de servicios de Internet. Funciona como un punto de concentración y enlace entre múltiples usuarios que se conectan a través de cable módems, y dirige el tráfico de datos hacia y

desde el proveedor de servicios de Internet. Actualmente en HFC se encuentran el 95% de los clientes actuales y por ende la misma proporción de tráfico.

La empresa se encuentra en un proceso de migración hacia otra tecnología de red de acceso, FTTH, también conocida como fibra hasta el hogar, la cual utiliza una tecnología denominada GPON (*Gigabit Passive Optical Network*), el cual es un estándar de redes de acceso de fibra óptica que proporciona conexiones de alta velocidad a los usuarios finales, como hogares y empresas. El estándar GPON está definido por varias organizaciones y especificaciones técnicas, pero la más relevante e importante es ITU-T.

Volviendo sobre el equipamiento necesario hoy en día dentro del ISP tenemos dos tecnologías, por un lado, HFC con DOCSIS y por el otro FTTH con GPON/XGSPON. Los cuales están conectados de la siguiente manera al backbone de la red MPLS.

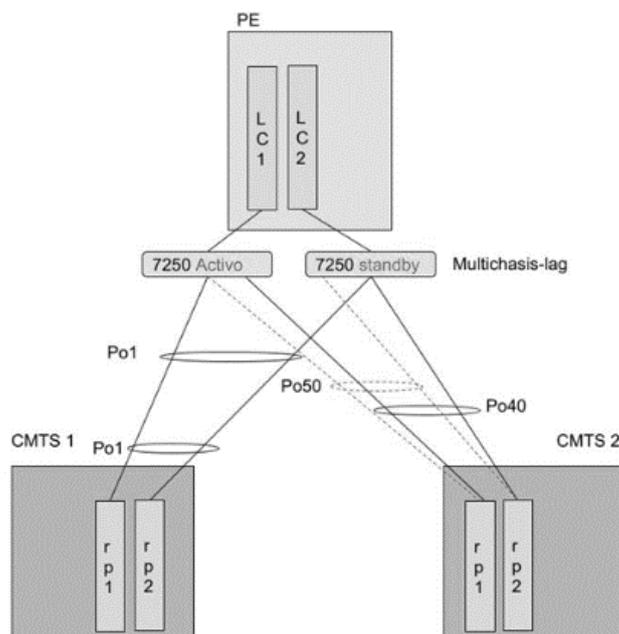


ILUSTRACIÓN 32 -TOPOLOGÍA CMTS/OLT Y SU CONEXIÓN AL *BACKBONE* DE LA RED

CAPACIDADES DEL ACCESO

En la planta interna se utilizan como vimos anteriormente los siguientes elementos de red, por un lado, los CMTS para el acceso HFC y las OLTs para el acceso FTTH.

Dentro de los CMTS tenemos las siguientes variables para determinar las capacidades del equipo de red.

- Interfases de *uplink*³⁴, las cuales se conectan hacia los PEs (*Provider Edge*) de la red, que poseen una capacidad de $16 \times 10 \text{ Gbps} = 160 \text{ Gbps}$ de tráfico agregado.
- Interfases de cable, las cuales dependen de la cantidad de portadoras o elementos “DOCSIS” que se puedan encender, en promedio están en el orden de los 4,2 Gbps. Una de las mayores restricciones que posee DOCSIS es su baja capacidad en el tráfico de *upstream* o retorno³⁵. Que

³⁴ Sentido del tráfico desde el equipo de acceso a la red de Core.

³⁵ Sentido del tráfico desde el domicilio del cliente hacia la red de acceso.

es de 350 Mbps en promedio como máximo (depende de muchos factores y no es objeto de este estudio).

Por lo tanto, la demanda de tráfico se calcula de forma similar como en el backbone de la red, se computa el tráfico promedio de los suscriptores y a la cantidad de clientes en un elemento de red por lo cual aquí se dimensiona por los dos factores, clientes y tráfico.

Demanda máxima de tráfico uplink del CMTS = 80Gbps

Cantidad máxima de suscriptores x CMTS = 20K

Trafico promedio máximo de suscriptores x CMTS = 4 Mbps

Para OLTs, es un tanto distinto, debido a que GPON y todas las definiciones que surgieron luego como XG-PON, XGS-PON están basados en una cantidad máxima fija de suscriptores por puerto.

Cantidad máxima de suscriptores x puerto PON = 64

Cantidad máxima de suscriptores x OLT = 10K

Cantidad máxima de puertos PON por OLT = 256

Capacidad tráfico máximo de tráfico uplink de la OLT = 200 Gbps

Capacidad tráfico máximo del chasis o backplane = 7,3 Tbps

Trafico promedio máximo de suscriptores x OLT = 20 Mbps

Se puede observar como el salto de una tecnología CMTS integrado vs OLT tiene una capacidad que es 5 veces superior. Esto comienza a habilitar la posibilidad hacia los servicios de ultra alta velocidad como los requeridos por el Metaverso y la Realidad eXtendida.

PLANTA EXTERNA

La planta externa permite conectar la planta interna con los hogares, la misma está formada por un tendido aéreo, por medio de columnas metálicas o postes de madera. Estos postes o columnas soportan un cable de acero, llamado “eslinga”, sobre el cual se devana o cose la fibra a transportar. De esta forma todo el tendido queda sujeto sobre el cable de acero, lo cual hace que sea mucho más robusto y soporte tanto los embates del tiempo como también compartir los postes o columnas de red con otros operadores.

Dicha fibra, también tiene una jerarquía de fibra troncal o *backbone* y fibra de distribución, teniendo una similitud a la red de datos. Luego la fibra de distribución llega hasta un equipo activo para el caso de HFC, llamado nodo óptico, y desde ahí se ramifica en otros equipos activos, llamados amplificadores, por medio del cable coaxial.

Un ejemplo de topología de la red HFC, es la red de fibra hasta el nodo óptico, aquí la conectividad es 100% fibra óptica, y luego desde este dispositivo activo hacia el resto de la distribución se realiza por medio de cobre y otros equipos activos también conocidos como amplificadores. Como se muestra en la siguiente ilustración.

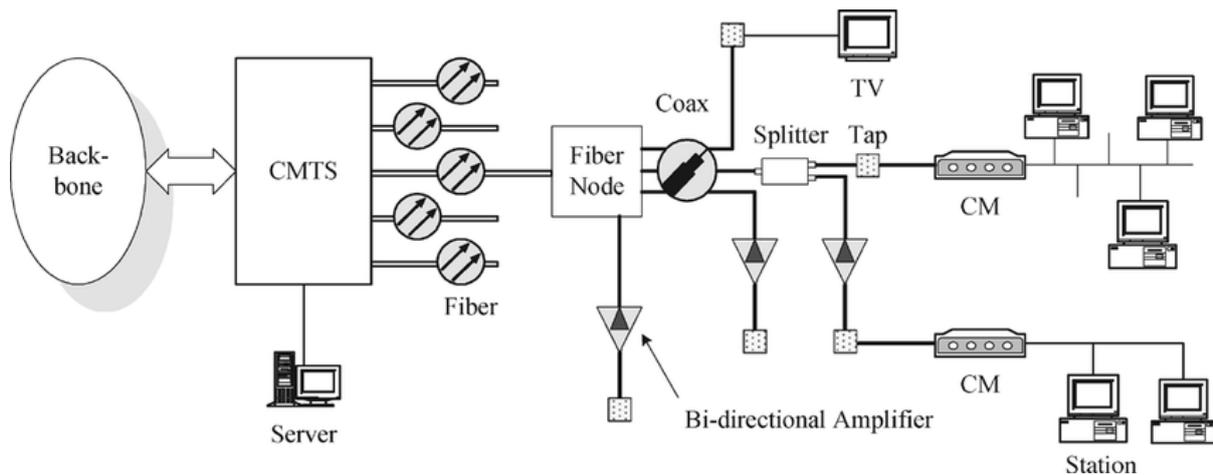


ILUSTRACIÓN 33 - DIAGRAMA DE RED HFC³⁶

CAPACIDADES DE LA RED HFC

La red HFC presenta varios desafíos, el principal, es que, al ser un tendido eléctrico, posee un espectro finito para transmitir información. La mayoría de las redes HFC modernas tienen un espectro radioeléctrico utilizable que va desde los 0-204MHz para el *upstream* o retorno y desde los 204MHz hasta 1GHz o algunos operadores hasta 1.2GHz.

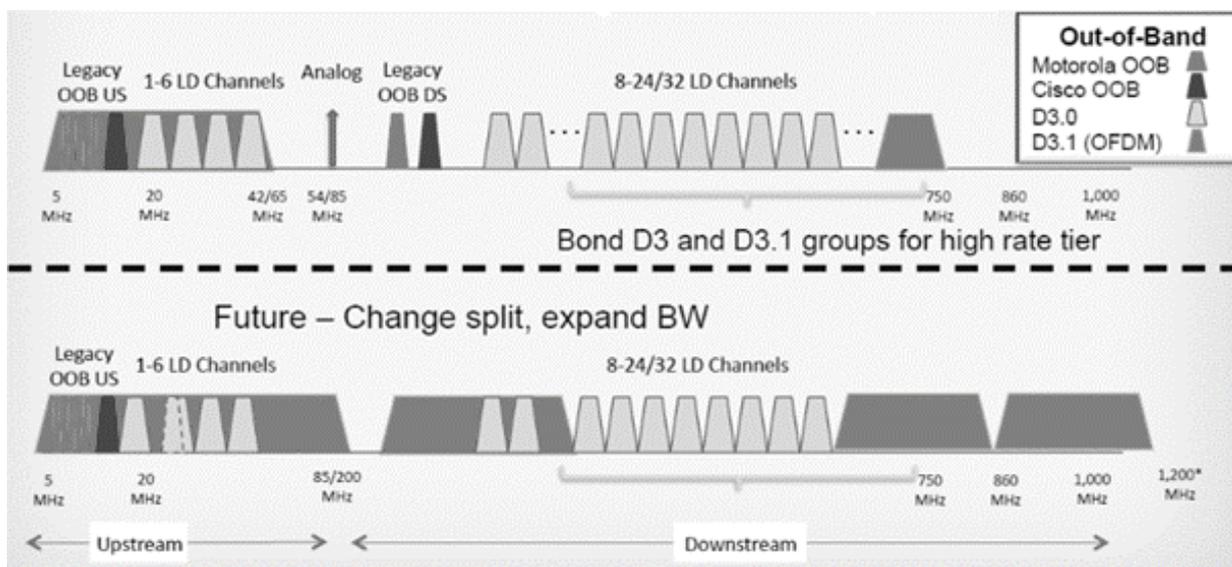


ILUSTRACIÓN 34 - ESPECTRO DOCSIS 3.0 Y 3.1³⁷

Dentro de la RF y la transmisión de datos se habla de símbolos por segundo, pero para simplificar como hemos descrito en las capacidades del CMTS, en general se tiene una cierta capacidad espectral donde se puede aprovisionar una cantidad "N" de portadoras.

³⁶ Fuente: <https://ibit.ly/8EMRr>

³⁷ Fuente: <https://ibit.ly/doKrh>

Para el caso del ISP en análisis, la capacidad actual es la siguiente:

Capacidad máxima en downstream³⁸ por área de servicio = $2 \times \text{OFDM} + 32 \text{SC-QAM} = 4.2 \text{Gbps}$

Capacidad máxima en upstream por área de servicio = $1 \times \text{OFDMA} + 3 \text{SCQAM} = 350 \text{Mbps}$

Su contraparte la fibra óptica en su versión de FTTH o fibra hasta el hogar es una red completamente pasiva la cual no posee ningún equipo activo o electrónico. Salvo en sus extremos donde se conectan las ONTs con las OLTs.

Actualmente el ISP, desde 2017 se encuentra realizando todos sus nuevos despliegues en esta tecnología y realizando migraciones en áreas específicas.

Un ejemplo de una red pasiva FTTH se puede observar en el siguiente gráfico esquemático.

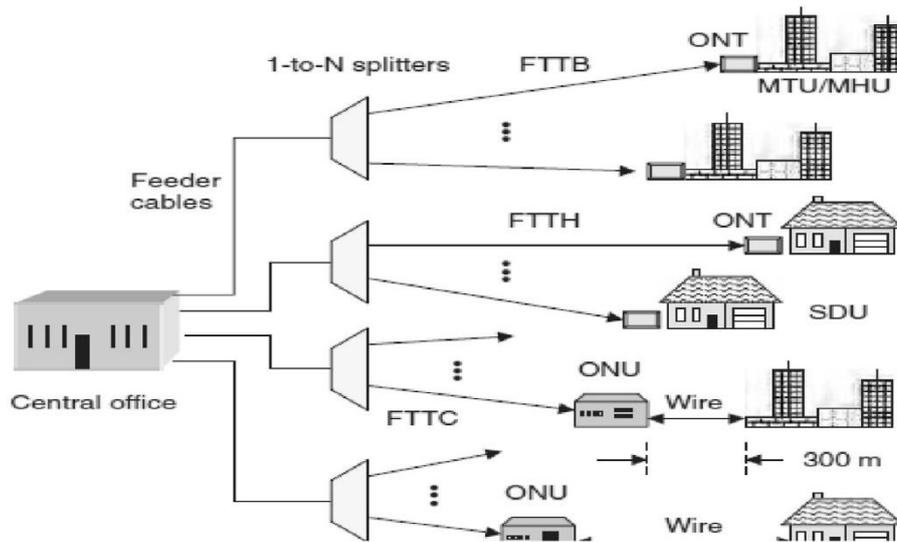


ILUSTRACIÓN 35 - DIAGRAMA RED FTTH ³⁹

CAPACIDADES DE LA RED FTTH

Las capacidades de la red de fibra FTTH versus la red HFC/DOCSIS, son mucho mayores, con continua evolución. Actualmente la red del ISP cuenta con una red de fibra del tipo G.652.D *zero water peak*. La belleza y simplicidad de la red pasiva óptica, es la posibilidad de cambiar o agregar equipamiento activo en los extremos, tanto del lado ISP (inside plant) como del lado CPE, sin modificar la red de planta externa. En definitiva, la capacidad de la red de planta externa está relacionada con la evolución de las técnicas de transmisión en las ópticas y equipamientos activos, más que en la topología o propia física de la propia red.

³⁸ Sentido del tráfico desde la red de acceso hacia el domicilio del cliente.

³⁹ Fuente: <https://ibit.ly/WaZ7O>

En la siguiente ilustración se muestra la evolución de las capacidades de la fibra.

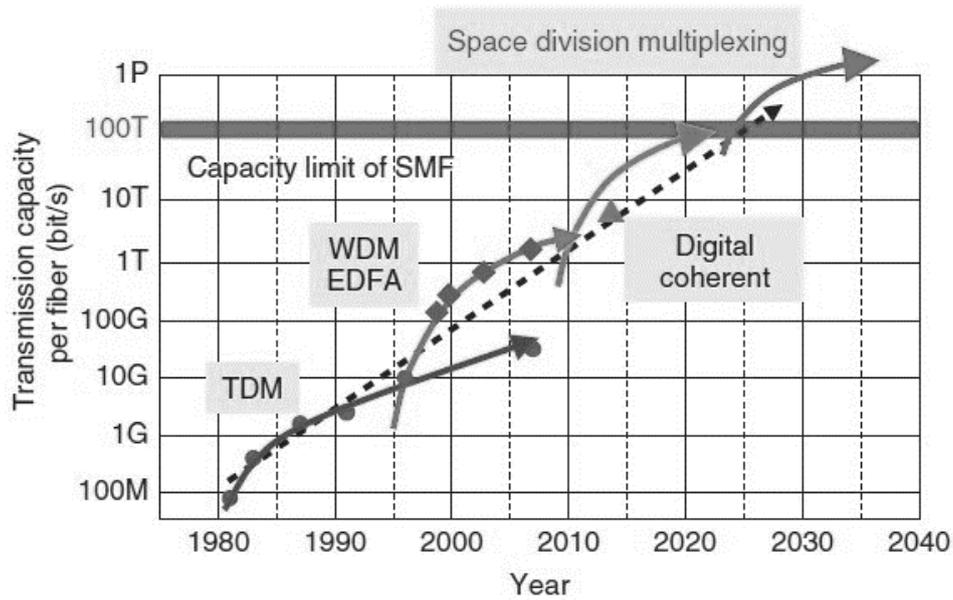


ILUSTRACIÓN 36 - CAPACIDAD DE LA FIBRA ÓPTICA ⁴⁰

Como se observa en la ilustración anterior, los saltos en crecimientos de la fibra óptica son enormes y por otro lado se esperan saltos aún mayores. En su contraparte los saltos tecnológicos en cuanto a capacidad en los medios de trasmisión de cobre hay llegado a su límite “físico”. Esto sucedió con el ADSL que se utilizaba para las primeras conexiones de internet, y actualmente está sucediendo con el HFC. Por lo cual la migración a fibra óptica no solo tiene un componente de mejor costo en cuanto a inversiones en CAPEX, sino que también prevé seguir siendo utilizable dentro de los próximos 20 o 30 años.

HOME NETWORK (O RED EN EL HOGAR)

Otra pieza importante dentro del ecosistema del ISP es lo que sucede dentro del hogar. A partir de ahora vamos a referirnos a CPE (*Customer Premises Equipment*) como el dispositivo dentro del hogar, dicho termino puede incluir módems, *routers*, teléfonos IP, *Set Top Boxes* (STB), HMDs, computadoras, teléfonos inteligentes u otros dispositivos utilizados por un cliente para conectarse a internet como también a una red privada para el caso de clientes corporativos o del segmento B2B.

Dentro de los CPEs podemos encontrar equipos que cumplen su función de *router* o *Gateway*, estos permiten que dispositivos finales puedan conectarse a internet. El caso más común, es del de un cablemódem (CM) o una ONT GPON. Dicho dispositivo concentra las conexiones de todos los dispositivos del hogar y permite conectarlo a través de un CMTS o de una OLT con internet.

⁴⁰ Fuente: <https://ibit.ly/QQPkk>



ILUSTRACIÓN 37 - CABLEMÓDEM DOCSIS Y DISPOSITIVOS WIFI

Adicionalmente, otros dispositivos como *Set Top Boxes* también llamados decodificadores, Consolas de juegos, notebooks, tables, Impresoras, dispositivos de IOT, cámaras de vigilancia, sensores de humo, temperatura, parlantes o *speakers*, HMDs, completan y complementan el entretenimiento, trabajo y seguridad dentro del hogar.

A continuación, podemos ver el ejemplo de una casa típica y el nivel de dispositivos y conectividad.

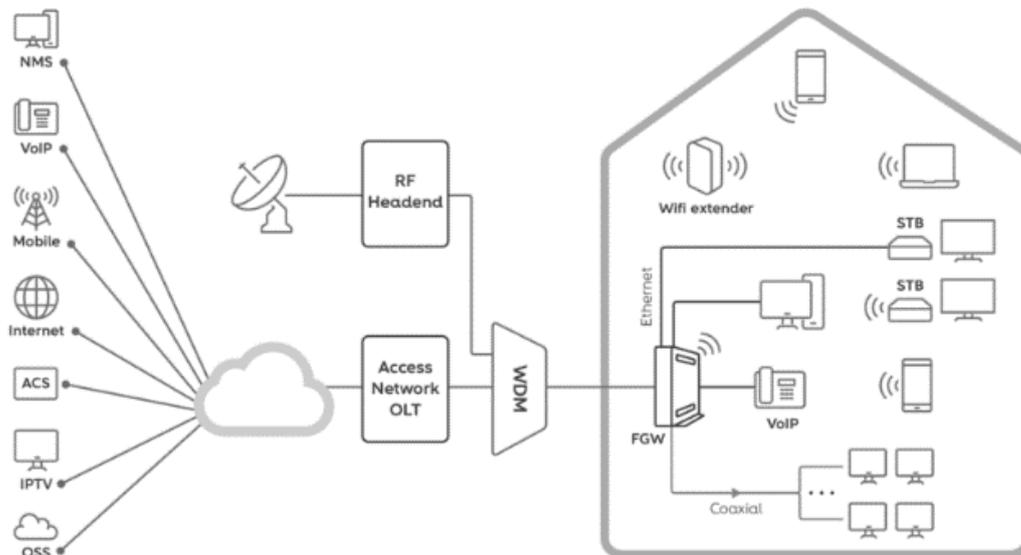


ILUSTRACIÓN 38 - DIAGRAMA HOME NETWORK ⁴¹

⁴¹ Fuente: <https://ibit.ly/AAQrk>

Luego de la descripción realizada vamos a entrar en el terreno de las capacidades actuales de cada parte de la cadena tecnológica y hasta donde puede escalar.

CAPACIDADES DE LA RED HOGAREÑA O *HOME NETWORK*

Las redes hogareñas, también han evolucionado constantemente y podemos separar dicha evolución en dos componentes. Por un lado, la tecnología de acceso WAN que puede ser DOCSIS o FTTH que permite la conexión hacia la red del proveedor de servicios de Internet y por otro lado la conectividad LAN hacia el hogar que puede ser WIFI o Gigabit ethernet.

Dentro de las tecnologías WAN podemos tener capacidades de:

Capacidad máxima en HFC/DOCSIS downstream/upstream: 4.2Gbps/300Mbps

Capacidad máxima en GPON: 2.5Gbps/1.25Gbps

Capacidad máxima en XGPON: 10Gbps/2.5Gbps

Capacidad máxima en XGS-PON: 10Gbps/10Gbps

Dentro de las capacidades de LAN:

Capacidad máxima en UTP Gigabit: 1Gbps/1Gbps

Capacidad máxima en 802.11AX-BE: pueden ir entre 9.6Gbps/46Gbps

Wi-Fi generations					
	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7 (expected)
Launch date	2007	2013	2019	2021	2024
IEEE standard	802.11n	802.11ac	802.11ax		802.11be
Max data rate	1.2 Gbps	3.5 Gbps	9.6 Gbps		46 Gbps
Bands	2.4 GHz and 5 GHz	5 GHz	2.4 GHz and 5 GHz	6 GHz	1-7.25 GHz (including 2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz bands)
Security	WPA 2	WPA 2	WPA 3		WPA3
Channel size	20, 40 MHz	20, 40, 80, 80+80, 160 MHz	20, 40, 80, 80+80, 160 MHz	20, 40, 80, 80+80, 160 MHz	Up to 320 MHz
Modulation	64-QAM OFDM	256-QAM OFDM	1024-QAM OFDMA		4096-QAM OFDMA (with extensions)
MIMO	4x4 MIMO	4x4 MIMO, DL MU-MIMO	8x8 UL/DL MU-MIMO		16x16 MU-MIMO

Source: IEEE, Intel Corporation, Wi-Fi Alliance

ILUSTRACIÓN 39 - CAPACIDAD 802.11 ⁴²

En este apartado hemos dado un recorrido por la red del proveedor de servicios de Internet en cuestión desde el hogar del cliente, o su oficina, hasta la propia red de Internet. En el próximo apartado veremos

⁴² Fuente: <https://ibit.ly/8pE4->

cómo este proveedor deberá adaptar y actualizar su red para cumplir con los requerimientos necesarios para utilizar los servicios del Metaverso y la Realidad eXtendida.

PREPARANDO LA RED

El constante incremento de tráfico es un reto fundamental para cualquier proveedor de Internet, impulsado por la creciente popularidad de servicios en línea, aplicaciones móviles y el consumo de contenido multimedia en alta definición. El acceso a contenidos en resoluciones cada vez más altas, como videos en 4K y 8K, implica un mayor uso de ancho de banda y demanda una infraestructura de red capaz de manejar este crecimiento exponencial. Si no invertimos en ampliar la capacidad de nuestra red para acomodar este crecimiento, la congestión podría volverse común, ralentizando la velocidad de navegación y reduciendo la calidad del servicio para los usuarios. Esto puede tener un impacto negativo en la satisfacción del cliente, la lealtad y la reputación que poseemos en el mercado.

Adicionalmente el Metaverso, la Realidad eXtendida han emergido como tecnologías innovadoras que están revolucionando la forma en que interactuamos con la información y el mundo que nos rodea. Estas tecnologías, cada vez más presentes en aplicaciones educativas, de entretenimiento y empresariales, exigen una infraestructura de red altamente sofisticada y robusta para garantizar experiencias inmersivas y sin interrupciones. Hemos visto que los usuarios buscan cada vez más sumergirse en entornos virtuales y acceder a contenido en tiempo real que requiere una transmisión de datos rápida y confiable.

Como hemos visto en el capítulo anterior, la baja latencia se ha convertido en una piedra angular para el éxito de aplicaciones como el Metaverso y la Realidad eXtendida, donde cualquier retraso en la transmisión de datos puede afectar significativamente la experiencia del usuario. Una red con baja latencia garantiza interacciones en tiempo real y una respuesta instantánea, lo que es esencial para brindar una experiencia inmersiva y fluida. En aplicaciones de realidad virtual, por ejemplo, incluso una fracción de segundo de latencia puede generar desorientación y malestar en los usuarios.

Teniendo lo anterior en cuenta, entendemos que, si no invertimos en la expansión de nuestra red para acomodar estas tecnologías emergentes, corremos el riesgo de quedar rezagados en el mercado y perder competitividad, ya que no podremos satisfacer las necesidades de nuestros usuarios, lo que puede llevar a una disminución en la base de clientes y, en última instancia, a una pérdida de ingresos.

En el presente capítulo profundizaremos en la importancia de invertir en la ampliación de la red para abordar los desafíos del Metaverso y la Realidad eXtendida, de manera de poder cumplir con las expectativas de baja latencia y el incremento de tráfico. Exploraremos soluciones tecnológicas y estratégicas que permitan mejorar la eficiencia y capacidad de la red para satisfacer las necesidades cambiantes de los usuarios. La visión de una sociedad plenamente conectada y digitalmente avanzada depende de nuestra capacidad para afrontar estos desafíos y mantenernos a la vanguardia de la innovación en el panorama tecnológico actual. Con una inversión adecuada, podremos ofrecer una conectividad confiable, rápida y de alta calidad, asegurando así una experiencia en línea excepcional para sus usuarios y consolidaremos nuestra posición en el mercado competitivo de las telecomunicaciones.

Históricamente el ISP objeto de estudio diseña e implementa sus redes tanto para clientes residenciales como corporativos haciendo una sinergia única y preparando el 100% de su red para soportar cualquier tipo de cliente. Nuestro diseño tendrá esto en cuenta a la hora de seleccionar las tecnologías a ser implementadas.

Antes de continuar, vamos a abordar algunos conceptos importantes relacionados con los atributos de una red requerida, para los desafíos venideros.

CALIDAD DEL SERVICIO (QoS)

Según el RFC 2386 "QoS Framework for Internet Service Providers" (Crawley, y otros, 1998), la calidad del servicio o *Quality of Service* (QoS) para un Internet Service Provider (ISP) se define como:

"Un conjunto de técnicas y mecanismos utilizados por un proveedor de servicios de Internet para gestionar los recursos de la red, controlar y garantizar el rendimiento, la capacidad y otros aspectos del servicio que afectan la calidad de la experiencia del usuario final."

QoS abarca varias áreas importantes relacionadas con la prestación de servicios de Internet, como:

- **Control de tráfico:** se utilizan técnicas para clasificar y priorizar diferentes tipos de tráfico, asegurando que ciertos tipos de aplicaciones o servicios tengan acceso preferencial a los recursos de red cuando sea necesario.
- **Gestión de ancho de banda:** podemos asignar cuotas de ancho de banda a diferentes servicios o usuarios para garantizar que cada uno reciba una cantidad adecuada para su funcionamiento.
- **Control de congestión:** se implementan mecanismos para evitar la congestión en la red y asegurar que el tráfico fluya de manera eficiente, evitando cuellos de botella que afecten el rendimiento general.
- **Garantía de servicio:** podemos ofrecer acuerdos de nivel de servicio (SLA) que definen ciertos niveles mínimos de calidad, como la velocidad de conexión o la latencia, que deben cumplirse para los usuarios.

El objetivo de implementar QoS en un ISP es brindar una experiencia de usuario consistente y satisfactoria, especialmente en situaciones de alta demanda o congestión de la red. Al administrar los recursos y priorizar el tráfico, el ISP puede asegurar que aplicaciones críticas, como la voz sobre IP (VoIP), el streaming de video o los servicios en tiempo real, reciban la calidad de servicio necesaria para funcionar correctamente.

Cabe mencionar que existen diferentes técnicas y estándares que se utilizan para implementar QoS en un ISP, y el RFC 2386 proporciona un marco general para comprender cómo se abordan estos temas en el contexto de la prestación de servicios de Internet.

El objetivo principal de QoS es garantizar que los diferentes servicios y aplicaciones en la red reciban el ancho de banda y los recursos adecuados para brindar una experiencia óptima a los usuarios, según sus necesidades y requisitos específicos.

Dentro del Metaverso y la Realidad eXtendida, QoS cumple un rol fundamental para ofrecer una experiencia satisfactoria y envolvente a los usuarios. Estas tecnologías inmersivas requieren una alta velocidad de transmisión de datos y una baja latencia para asegurar que las interacciones sean en tiempo real y que la experiencia sea fluida y sin interrupciones.

Para que el metaverso funcione sin problemas, el ISP debe priorizar el tráfico relacionado con esta tecnología, lo que significa asignar mayor ancho de banda y recursos a los paquetes de datos asociados con esta aplicación. Esto garantiza que las interacciones dentro del Metaverso sean rápidas y sin retrasos, lo que mejora la experiencia general del usuario. En el caso de la Realidad Aumentada, donde se superponen elementos digitales en el mundo real, es crucial que se priorice el tráfico de datos para que la información digital se transmita en tiempo real y se ajuste perfectamente al entorno real del usuario. Si no se da prioridad al tráfico, los usuarios pueden experimentar retrasos en la superposición

de elementos, lo que afectaría negativamente la experiencia. De manera similar, en la realidad virtual, donde los usuarios son completamente inmersos en un entorno digital, se requiere una baja latencia para evitar cualquier tipo de desfase entre los movimientos del usuario y la respuesta del entorno virtual. El ISP debe priorizar el tráfico de realidad virtual para garantizar una experiencia envolvente y sin mareos.

CALIDAD DE LA EXPERIENCIA (QoE):

En términos generales, *Quality of Experience* (QoE) se refiere a la percepción global de calidad que experimenta un usuario al utilizar un servicio o aplicación. Es una medida subjetiva que se basa en las expectativas del usuario y en su experiencia al interactuar con el servicio o contenido.

QoE se refiere a la calidad percibida por los usuarios en relación con los servicios de Internet que utilizan, como la navegación web, la reproducción de videos, las llamadas VoIP o cualquier otra aplicación o servicio en línea. La QoE está influenciada por diversos factores, como el rendimiento de la red, la latencia, la velocidad de conexión, la estabilidad, la calidad de transmisión y otros aspectos relacionados con la experiencia del usuario final. Podemos mejorar la QoE de los usuarios implementando medidas de QoS (Quality of Service) y gestionando adecuadamente sus recursos de red. Al proporcionar un ancho de banda adecuado, controlar la congestión, priorizar ciertos tipos de tráfico y asegurar una baja latencia, se puede mejorar la calidad de la experiencia que reciben los usuarios al utilizar los servicios. Es importante destacar que la QoE es un aspecto fundamental para el éxito y la satisfacción del cliente en un ISP.

LATENCIA

La latencia se mide generalmente como el tiempo de ida y vuelta (*round-trip time*) que toma para que un paquete de datos viaje desde un dispositivo del usuario hasta un servidor y regrese al dispositivo del usuario. Se mide en milisegundos y representa el retraso o la demora en la transmisión de datos. La latencia tiene un impacto significativo en el Metaverso y la Realidad eXtendida. En estas tecnologías inmersivas, la interacción en tiempo real es esencial para brindar una experiencia envolvente y fluida. Cuando la latencia es alta, los usuarios pueden experimentar una falta de sincronización entre sus acciones y las respuestas del entorno virtual. Esto puede provocar una sensación de desconexión y una experiencia poco realista, lo que se conoce como "*lag*" o retraso en la respuesta.

BANDWIDTH O ANCHO DE BANDA

El término "ancho de banda" o "*bandwidth*" se refiere a la capacidad máxima de transmisión de datos que puede soportar una conexión de red en un período de tiempo determinado. Es decir, es la medida de la cantidad de datos que pueden ser enviados o recibidos a través de la red en un lapso específico. El ancho de banda se mide generalmente en bits por segundo (bps) o múltiplos de bits por segundo, como kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps) o gigabits por segundo (Gbps). Cuanto mayor sea el ancho de banda, más datos pueden ser transferidos en un segundo, lo que se traduce en una conexión más rápida y eficiente.

En una red de telecomunicaciones, el ancho de banda se distribuye entre los diferentes usuarios y dispositivos que están conectados a ella. Por ejemplo, en una red de Internet, el ancho de banda se divide entre todos los usuarios que están utilizando la conexión simultáneamente. Si varios usuarios están descargando archivos grandes o transmitiendo contenido en *streaming*, el ancho de banda disponible para cada usuario puede verse reducido, lo que puede afectar la velocidad de conexión y el rendimiento.

Es importante destacar que el ancho de banda es un recurso limitado, y su disponibilidad puede variar dependiendo del tipo de conexión y la tecnología utilizada. En redes de banda ancha, como conexiones de fibra óptica FTTH, redes HFC o redes 4G/5G.

Una capacidad adecuada de ancho de banda es crucial en un entorno como el del Metaverso o la Realidad eXtendida en donde gran parte de los datos del renderizado de video se realizarán en *Edge Computing* servers ubicados en las instalaciones del ISP.

UPLOAD Y DOWNLOAD

Son términos que se refieren a la transferencia de datos en dos direcciones opuestas a través de una conexión de red.

Upload (subida): El término "*upload*" se refiere a la transferencia de datos desde un dispositivo local, como una computadora, teléfono inteligente, HMD o tableta, hacia un servidor o destino remoto a través de la red del ISP. Esta dirección de transmisión implica que los datos generados localmente en el dispositivo del usuario, como documentos, imágenes, videos o cualquier otro tipo de archivo, son enviados a través de la red para su almacenamiento o procesamiento en un servidor remoto. La velocidad de subida se mide en bits por segundo (bps) o megabits por segundo (Mbps) y es un factor importante para actividades como compartir archivos en la nube, enviar correos electrónicos con archivos adjuntos o cargar contenido en sitios web y redes sociales. En el caso de las experiencias inmersivas del Metaverso y la Realidad eXtendida los usuarios subirán los datos de sus movimientos y acciones para que los *Edge Servers* puedan procesar esa información junto con la de los otros usuarios y realizar el renderizado correspondiente.

Download (bajada): El término "*download*" se refiere a la transferencia de datos desde un servidor o destino remoto hacia un dispositivo local en la red del cliente a través de la red del ISP. En esta dirección de transmisión, los datos que residen en servidores remotos, como páginas web, videos, música o software, son solicitados por el dispositivo del usuario y descargados a través de la red para su visualización o uso local. La velocidad de bajada también se mide en bits por segundo (bps) o megabits por segundo (Mbps) y es fundamental para actividades como navegar por Internet, ver videos en streaming, descargar aplicaciones y acceder a contenido multimedia en línea. En nuestra experiencia del Metaverso, el usuario bajará el video renderizado de su acción en conjunto con la de otros usuarios.

PACKET LOSS

La pérdida de paquetes es un término ampliamente reconocido en el ámbito de las redes de comunicación y se refiere a la situación en la que algunos paquetes de datos no llegan correctamente a su destino a través de una red. Cuando los paquetes se transmiten a través de una red, pueden encontrarse con congestión, interferencias, errores de transmisión u otros problemas, lo que puede llevar a que algunos paquetes no lleguen a su destino final. Esta pérdida de paquetes puede tener un impacto significativo en la calidad y confiabilidad de las comunicaciones y servicios en línea, especialmente en aplicaciones sensibles al tiempo como el Metaverso y la Realidad eXtendida.

El impacto de la pérdida de paquetes en el Metaverso y la Realidad eXtendida puede ser especialmente problemático debido a la necesidad de una experiencia inmersiva y en tiempo real. Si se pierden paquetes durante la transmisión de datos, los usuarios pueden experimentar problemas como:

- **Lag o retraso:** La pérdida de paquetes puede causar retrasos en la transmisión de datos, lo que puede resultar en una experiencia de usuario entrecortada y poco fluida. Esto puede hacer que

la interacción en tiempo real dentro del entorno virtual sea frustrante y dificulte la sensación de presencia y la inmersión.

- **Artefactos visuales o auditivos:** La pérdida de paquetes puede provocar deterioro en la visualización o en el audio, como imágenes distorsionadas, texturas faltantes o audio entrecortado. Esto puede afectar la calidad de la experiencia visual y auditiva, lo que disminuiría la inmersión y la calidad general del metaverso o la realidad extendida.
- **Desconexiones o interrupciones:** En casos extremos de pérdida de paquetes, la transmisión de datos puede ser tan afectada que el usuario puede ser desconectado de la experiencia en línea o de la aplicación de realidad extendida en la que se encuentre.

CAMBIOS EN LA RED

Teniendo en cuenta todo lo descrito anteriormente y para poder hacer frente al desafío del incremento de tráfico que esta nueva forma de interactuar y de relacionarnos va a generar, debemos diseñar y transformar la red para llevarla a un nuevo *status quo*, que permita ser competitivo y adicionalmente ser atractivo para todas las nuevas alianzas que puedan generar.

En el siguiente gráfico se muestra una simulación de tráfico, entre el tráfico actual del operador analizado y su crecimiento año tras año versus el tráfico cuando la realidad virtual comience a ser adoptada. Está claro que dicha adopción va a ser gradual y solo a fines de capacidad se muestra la misma como un salto cuantitativo en el ancho de banda promedio, como se puede observar a continuación:

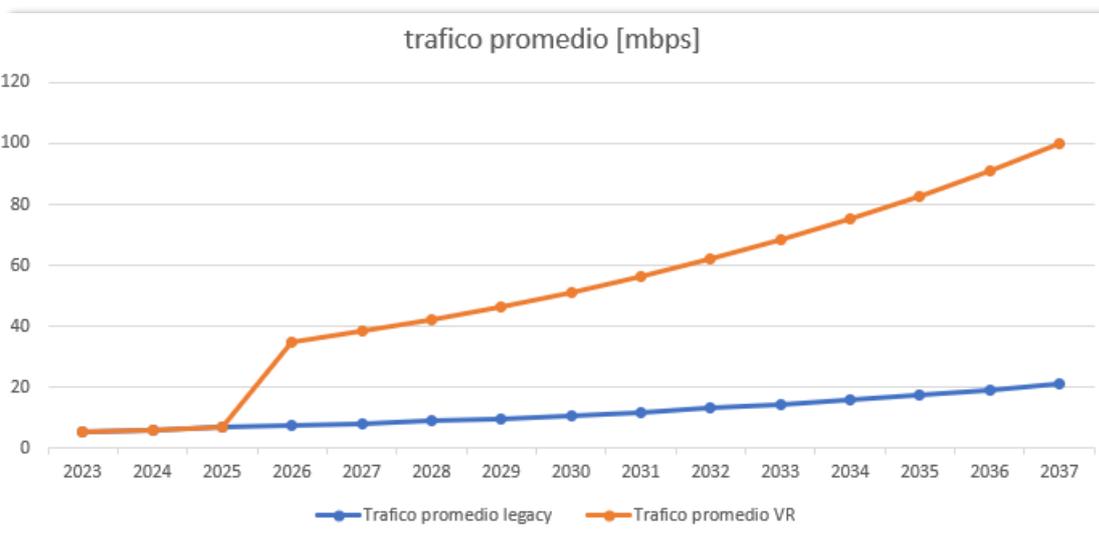
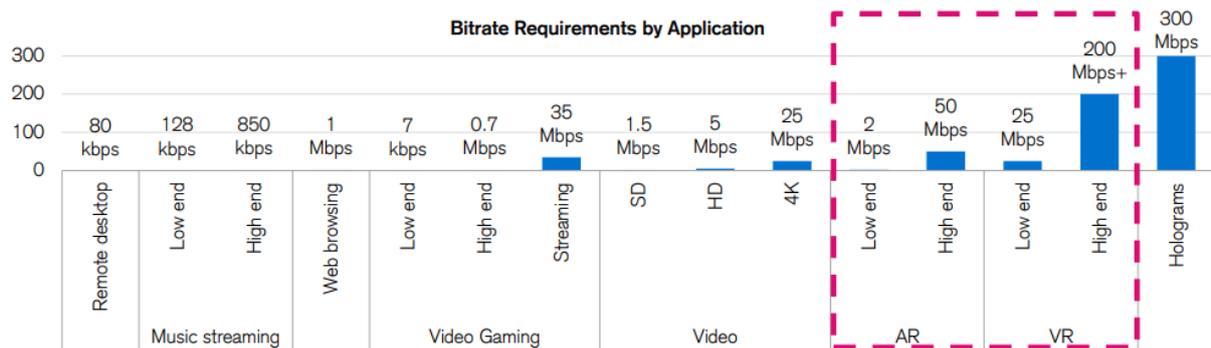


ILUSTRACIÓN 40 - ANÁLISIS TRÁFICO PROMEDIO

A continuación, se muestran las necesidades de *bitrate* por aplicación, para un servicio de video inmersivo en Metaverso o Realidad eXtendida:



Source: Highspeedinternet.com, Restream.io, Credit Suisse estimates

ILUSTRACIÓN 41 - REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA POR APLICACIÓN ⁴³

Actualmente el tráfico promedio de un hogar que consume contenido en 4K es de aproximadamente 5Mbps para un bitrate de video máximo de 25Mbps, teniendo en cuenta que las capacidades que se van a requerir son de 280Mbps se estima un tráfico promedio de 35Mbps.

En el diseño de una red de un ISP se consideran tráfico promedio ya que es impensado que todos los usuarios utilicen el servicio al mismo tiempo. Igualmente, la red que diseñaremos permite a un grupo de usuarios alcanzar los requerimientos máximos de red expuestos en el capítulo 1. Los mismos son:

- Ancho de banda
 - Servicio de video, será el servicio más masivo
 - mayor o igual a 230 Mbps (considerando FOV y 12K de resolución)
 - mayor o igual a 870 Mbps (considerando FOV y 24K de resolución)
 - Servicio de interacción fuerte, sólo algunos casos de uso requerirán estas capacidades
 - mayor o igual a 1 Gbps (resolución equivalente de 8K)
 - mayor o igual a 1.5 Gbps (resolución equivalente de 16K)
- Latencia de red menor o igual a 20 milisegundos

Con esta consideración las estimaciones de crecimiento de tráfico para los próximos 10 años, debemos afrontarlo de la siguiente manera.

BACKBONE

Dentro del *backbone*, deberemos ampliar todas las capacidades de *uplink*:

- Actualizaciones de *uplinks* entre sitios y de interconexión internacional/nacional: debemos llevar a todos los enlaces como mínimo a 400Gbps con posibilidad de crecer a 4Tbps
- CDN y *Edge Computing*: dentro del metaverso las CDNs y el *Edge computing* van a tener un rol fundamental, tal como vimos en el capítulo 1. Estimamos que el 80% del tráfico va a ser de esta contribución.
- Peerings: también tendrá un rol fundamental bajar la latencia dentro de este ecosistema, mediante acuerdos y alianzas. Esta va a ser la característica que nos va a brindar el diferencial con la competencia.
- Dentro de las expectativas de la red, ya no es suficiente con tener más ancho de banda disponible, sino que además hay que gestionar capacidad de red, priorización dentro de todos los componentes. Por lo cual una de las premisas dentro del backbone de la red es evolucionar con APIs que permitan gestionar en tiempo real demandas de red. Estas APIs podrán estar

⁴³ Fuente: <https://ibit.ly/bCJ9g>

disponibles para nuestros socios estratégicos para poder brindar servicios de valor agregado a nuestros clientes conjuntos.

ACCESO

Actualmente contamos con una red híbrida HFC la cual representa el 90% de nuestro *footprint*⁴⁴ o cobertura y poseemos un 10% bajo la tecnología FTTH.

Para poder atender las demandas existentes que requieren el Metaverso y la Realidad eXtendida, la estrategia a tomar en relación con la ampliación de la red de acceso tiene que estar guiada por las siguientes premisas:

- Migrar nuestra red a FTTH.
- Actualizar todas las OLTs a capacidades XGSPON y que sean 50GPON ready, es decir, que tengan la capacidad de ser actualizadas a tecnologías 50GPON.
- Incrementar la capacidad de nuestra red HFC.

PLANTA EXTERNA

Dentro la planta externa, se deberá continuar desplegando red en forma paralela a la red actual, este concepto se llama construcción de red *brownfield*, donde una vez finalizada la construcción y puesta en marcha, se realiza la migración de clientes de una tecnología a la otra (de HFC a FTTH en nuestro caso).

HOME NETWORK

Una de las partes más costosas e intensivas en CAPEX es la inversión dentro del hogar. Pero creemos que cuanto más rápido y en tecnología de última generación se invierta, antes podremos amortizar dicha inversión.

Algunas de las estrategias para tener en cuenta dentro del hogar:

- Recambio tecnológico de los dispositivos WiFi5 (802.11ac) por dispositivos WiFi6 (802.11ax) o incluso WiFi7 (802.11be) ni bien estén disponibles.
- FFTR (*Fiber To The Room*) es un nuevo concepto donde se instalan *home gateway* con capacidades de fibra para mejorar la cobertura y poder por otro lado mejorar la latencia. Entendiendo que las nuevas tecnologías son intensivas de tráfico e intensivas de ultra baja latencia.

Estos cambios tecnológicos nos permitirán satisfacer, e incluso superar en algunos aspectos, los fuertes requerimientos de las tecnologías del Metaverso y Realidad eXtendida. Sin embargo, deberemos realizar revisiones anuales del estado de la tecnología para poder prever cualquier desvío en los requerimientos como el surgimiento de nuevas tecnologías que nos permitan ampliar nuestra capacidad, mejorar el estado de la red e incluso optimizar costos.

COSTOS ASOCIADOS

A continuación, vamos a estimar los mayores costos de CAPEX que tienen que ser tenidos en cuenta para realizar una inversión que dure al menos 10 años. Utilizaremos cantidades ficticias para proteger la confidencialidad de nuestro Proveedor de Servicios de Internet. Sin embargo, las cotizaciones en USD son reales basadas en diferentes proveedores de la industria.

⁴⁴ Pisada o cobertura de una red geográficamente dispersa

Como base para dicho análisis se tomarán a modo de ejemplo las siguientes premisas:

- Nuestro proveedor posee una red de 4M de hogares pasados.
- Poseemos 1M de suscriptores.
- Poseemos un 95% de los mismos en una red HFC y un 5% en una red FTTH.
- El 80% de los dispositivos actuales en la casa de los clientes son WIFI5 y un 20% son WIFI6.
- Nuestro backbone IP actualmente soporta 5Tbps de tráfico.

Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cantidad de hogares pasados HFC	3600000	3085714	2514286	1904022	1289028	722870
Cantidad de hogares pasados FTTH	400000	914286	1485714	2095978	2710972	3277130
Cientes HFC	900000	875000	843750	804688	755859	694824
Cientes FTTH	100000	125000	156250	195313	244141	305176
Total	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
Capacidad Backbone Tbps	5,5	6,1	6,7	35,0	38,5	42,4

Año	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Cantidad de hogares pasados HFC	277050	24533	0	0	0	0
Cantidad de hogares pasados FTTH	3722950	3975467	4000000	4000000	4000000	4000000
Cientes HFC	618530	523163	403954	254942	68677	0
Cientes FTTH	381470	476837	596046	745058	931323	1000000
Total	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
Capacidad Backbone Tbps	46,6	51,2	56,4	62,0	68,2	75,0

Backbone

- Para el Backbone se requiere una capacidad máxima de 75 Tbps, la cual como hemos comentado anteriormente esta desagregada en las tres funciones de *peering*, CDN, ITX como *downlink* y todo el acceso como *uplink*.
- De forma simplificada podemos decir que el *Core* de la red tiene que soportar la capacidad anteriormente mencionada.
- Teniendo en cuenta que la red del ISP es una red MPLS, su capacidad final está determinada por la capa de routers P que interconectan todos los demás elementos de la red. Dimensionados de la siguiente forma:
 - o Router P sitio 1: 36x400G
 - o Router P sitio 2: 36x400G
 - o Router P sitio 3: 36x400G
 - o Router P sitio 4: 36x400G
 - o Router P sitio 5: 36x400G

Dando una capacidad total de $5 \times 36 \times 400G = 72$ Tbps

Dentro de los requerimientos podemos decir que por cada 1Tbps de tráfico el mismo tiene un costo aproximado de: USD 278K

- o **COSTO TOTAL BACKBONE: USD 20M**

Acceso

- Costo promedio por puerto PON del tipo COMBO (XGSPON): USD 1000
- Cantidad puertos PON necesarios para 3.6M de HP: 50.000, el siguiente calculo se realiza teniendo en cuenta una penetración del 35%, es decir del área a cubrir comercialmente se van a vender un 35%.

- **COSTO TOTAL OLTs: USD 45M**

Home Network

Aquí utilizaremos valores de referencia del mercado (2023) de tecnologías de *home gateways*.

Teniendo en cuenta la cantidad de dispositivos a desplegar, pensando que el parque actual es un 80% WiFi5 y el 20% WiFi6, se toma en consideración evolucionar a un parque de 80% WiFi6 y un 20% WiFi7. A medida que la masificación de WiFi7 sea mayor, sería prudente considerar mayor cantidad de WiFi7 que WiFi6.

Tecnologia	Costo USD	Cantidad	Costo
WiFi 5	50	-	
WiFi 6	80	800K	USD 64M
WiFi 7	100	200K	USD 20M

- **COSTO TOTAL HOME NETWORK: USD 84M.**

Despliegue de planta externa

El costo de la planta externa es compuesta por dos componentes, el valor de la ODN (*Optical Distribution Network*) y por otro lado toda la mano de obra relacionada en construir dicha solución.

Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Cantidad de hogares pasados HFC	3600000	3085714	2514286	1904022	1289028	722870	277050	24533	0
Cantidad de hogares pasados FTTH	400000	914286	1485714	2095978	2710972	3277130	3722950	3975467	4000000

Según estándares de mercado el valor aproximado por HP (hogar pasado) es aproximadamente USD 80. Considerando que el ISP tiene aún un 90% de HFC y un 10% de FTTH, el costo total sería de:

- **COSTO TOTAL PLANTA EXTERNA: USD 288M.**

DataCenter facilities

El incremento de tráfico dentro de lo que es *Edge Computing* y CDNs en este aspecto va a ser importante para bajar la latencia, mejorar la pérdida de paquetes. Nuestro gran desafío es poder alojar toda la infraestructura de terceros para poder dar servicio, energía, refrigeración a esos equipos dedicados de CDNs o de *Edge Computing*.

Hemos calculado el OPEX de dicha solución y el mismo es marginal, teniendo en cuenta las actuales tarifas de energía vigentes en Argentina. En caso de que se modifiquen a futuro es un punto importante para tener en cuenta.

Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029
CDN Tbps	3,9	4,2	4,7	24,5	27,0	29,6
Cantidad Servers x 100G	65	71	78	409	450	495
OPEX anual CDN Miles \$	28	31	34	177	194	214

Año	2030	2031	2032	2033	2034	2035
CDN Tbps	32,6	35,9	39,5	43,4	47,7	52,5
Cantidad Servers x 100G	544	598	658	724	796	876
OPEX anual CDN Miles \$	235	258	284	313	344	378

Detalle total de inversiones:

Resumen	
	\$ MM
Backbone	USD 20,00
Acceso	USD 45,00
Home Network	USD 84,00
Planta Externa	USD 288,00
Total	USD 437,00

Detalle anualizado del plan de inversión

Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Backbone \$M	USD 10,00	USD 10,00							
Acceso \$M	USD 6,43								
Home Network \$M	USD 10,00	USD 4,00							
Planta Externa \$M	USD 41,14	USD 45,71	USD 48,82	USD 49,20	USD 45,29	USD 35,67	USD 20,20	USD 2,00	
Total anual \$M	USD 67,57	USD 72,14	USD 65,25	USD 65,63	USD 61,72	USD 52,09	USD 36,63	USD 12,00	USD 4,00

Como podemos observar en el siguiente gráfico, la curva de inversión es mayor al comienzo del proyecto y luego comienza a decrecer, dado que inicialmente existe una fuerte inversión en la planta externa. Luego hay ciertas inversiones que son relativamente fijas durante todo el proyecto, como la adquisición de equipamiento de red o puertos de OLTs los cuales son en función del despliegue de la planta externa.

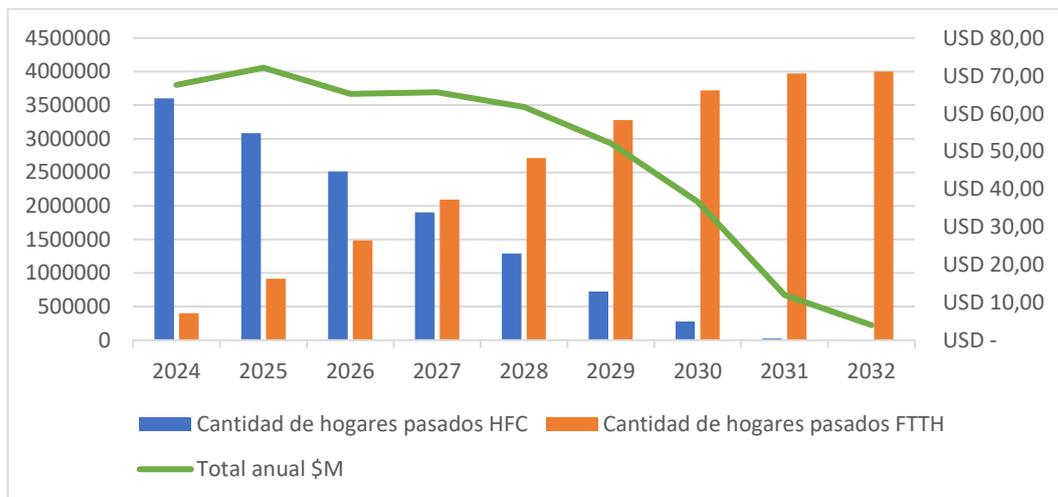


ILUSTRACIÓN 42 - INVERSIÓN VS DESPLIEGUE RED

PLAN DE TRABAJO

Tareas	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Phase 1: Preparar la planta externa											
Definir el alcance y planificación											
Realizar las adquisiciones necesarias											
Implementar los cambios											
Phase 2: Preparar el core de la red											
Investigar el mercado (Interfaces 400Gbps)											
Proceso de licitación y adquisición											
Implementación y migración											
Phase 2: Preparar la red de Acceso											
Investigar el mercado (XGSPON, 50GPON)											
Proceso de licitación y adquisición											
Implementación y migración											
Phase 2: Preparar la red del hogar											
Investigar el mercado (WiFi 6 y 7)											
Proceso de licitación y adquisición											
Implementación y migración											
Phase 3: Migrar clientes de HFC a FTTH											
Definición de alcance y planificación											
Proceso de licitación y adquisición de tecnologías											
Implementación y migración											
Phase 4: Ampliación del DataCenter											
Definición de alcance y planificación											
Proceso de licitación y adquisición de tecnologías											
Implementación y migración											

En el presente capítulo hemos explorado de manera detallada los cambios e inversiones que deberemos realizar para soportar los requerimientos del Metaverso y la Realidad eXtendida, asimismo hemos indicado un cronograma de trabajo ideal para realizar el cambio tecnológico con tiempo y poder tener la ventaja competitiva de ser el primero.

Por otro lado, entendemos que esta inversión es necesaria para seguir compitiendo en el mercado. Si no estamos preparados para soportar estos requerimientos, nuestros clientes se irán con un ISP que si esté preparado. Es por eso por lo que en el próximo capítulo haremos un breve análisis de potenciales negocios asociados al Metaverso y la Realidad eXtendida. El objetivo de esto es sentar las bases de un posterior estudio de mercado que pueda definir y analizar en profundidad las oportunidades de negocio detectadas.

CAPÍTULO 3 – EL NEGOCIO

QUÉ NEGOCIO HAY PARA NOSOTROS

Como dijimos al final del capítulo 1, el metaverso, como tal, dentro de la teoría del *Hype Cycle* está pasando de su fase de “abismo de desilusión” (*Trough of Disillusionment*) hacia la “rampa de consolidación” (*Slope of Enlightenment*) para luego finalmente ir hacia “meseta de productividad” (*Plateau of Productivity*). Esto nos da la visibilidad que, luego del pico de expectativas fue pasado, lo que queda por delante es básicamente un camino ascendente.

Pero para poder dar mayor robustez a esta idea vamos a repasar los principales investigaciones y anuncios de consultoras de primer nivel.

Según un informe publicado en junio de 2023 por Precedence Research (Precedence Research, 2023), el mercado de la tecnología inmersiva ha pasado los USD 26.530 millones en 2022 and y se proyecta que alcance los USD 134.180 millones para 2030. Es decir, un incremento de 5 veces en menos de 7 años.

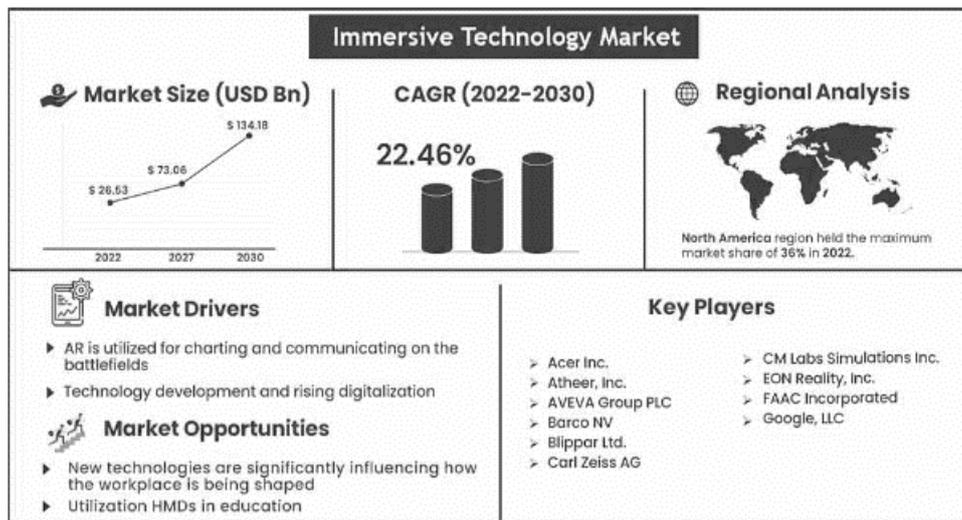


ILUSTRACIÓN 43 - REPORTE PRECEDENCE RESEARCH ⁴⁵

Gartner predice que el 25% de las personas van a pasar al menos una hora por día en el metaverso para 2026 (Meghan, 2022). Por otro lado, también predice que el 30% de las organizaciones en el mundo van a tener productos y servicios listos para el metaverso. También predice que el mercado target para esa fecha estaría entre USD 8 billones y USD 13 billones, con un total de usuarios globales de 5.000 millones.

Por otro lado en el estudio llamado “El potencial impacto económico global del metaverso” (Christiensen, y otros, 2022), donde a pesar de que las teorías económicas pueden proporcionar ciertas ideas sobre cómo se espera que las nuevas innovaciones evolucionen y afecten a las economías, predecir todas las áreas de aplicación de las tecnologías del Metaverso, la extensión y el momento de su adopción, así como las innovaciones que se desarrollarán basadas en el metaverso y sus impactos económicos asociados, es una tarea compleja. En términos simples, el metaverso aún no existe de manera plena, y no es posible medir su impacto con precisión en el presente. No obstante, en lugar de esperar a un punto futuro en el que el metaverso esté completamente desarrollado, se puede aplicar herramientas y datos existentes de sectores relacionados, tecnologías y comportamientos de los

⁴⁵ Fuente: <https://t.ly/wwBEr>

consumidores para crear un posible modelo de referencia para el metaverso. Este estudio toma como base el impacto y la adopción de la tecnología móvil como punto de comparación. Si bien teóricamente se podría utilizar cualquier innovación tecnológica revolucionaria como analogía para el metaverso, la elección de la tecnología móvil se justifica por varias razones. La forma en que la tecnología móvil combinó tecnologías existentes, como teléfonos, Internet, cámaras y reproductores de mp3, y cambió fundamentalmente la forma en que accedemos a Internet, es similar a la trayectoria que se espera que siga el metaverso. Al igual que los dispositivos móviles liberaron Internet de las computadoras de escritorio, el metaverso se anticipa que romperá aún más las barreras geográficas y transformará una amplia gama de industrias. Esto se logrará al ofrecer experiencias más fluidas e inmersivas y al crear una sensación de presencia sin requerir la presencia física en un lugar específico. Al igual que la tecnología móvil, el metaverso se proyecta que tenga aplicaciones en una variedad de sectores, como comunicaciones, entretenimiento, educación, atención médica, manufactura y comercio minorista. En última instancia, este estudio pretende ayudar a comprender el potencial impacto del metaverso en la economía global a través de una analogía con la evolución de la tecnología móvil y cómo esta revolucionó nuestra forma de interactuar con la tecnología y superar las limitaciones geográficas.

Según este estudio, haciendo la estimación en relación con la adopción e impacto de la telefonía móvil, arroja resultados muy interesantes como la posible contribución al 2.8% del PBI de forma mundial y un 5% solo en Latinoamérica dentro de los próximos 10 años.

Region	Compound Annual Growth Rate of Mobile Adoption	Assumed Secular GDP Growth	Metaverse's Share of 10th Year GDP	Metaverse's Total Contribution to GDP in 2031 (\$ Trillions)
APAC	31.2%	4.3%	2.3%	\$1.04
Canada	12.2%	1.1%	0.9%	\$0.02
Europe	22.6%	1.5%	1.7%	\$0.44
India	63.1%	5.4%	4.6%	\$0.24
LATAM	66.9%	1.1%	5.0%	\$0.32
MENAT	83.9%	1.9%	6.2%	\$0.36
SSA	23.5%	1.0%	1.8%	\$0.04
United States	29.7%	1.6%	2.3%	\$0.56
Global	23.3%	2.0%	2.8%	\$3.01

ILUSTRACIÓN 44 - CRECIMIENTO BPI MUNDIAL⁴⁶

Adicionalmente, si queremos ver del lado del usuario, cual es la expectativa, podemos citar la siguiente encuesta realizada por Ipsos llamada “Como el mundo ve el metaverso y la realidad extendida” (Ipsos, 2022). Surge que el 52% de los encuestados están familiarizados con el metaverso, otro 50% tiene sentimientos positivos sobre el hacer participar a la XR en la vida diaria. Y lo más sorprendente es que en Argentina el 58% tiene sentimientos positivos respecto a incluir a la XR en su vida.

⁴⁶ Fuente: Página 3 de “*The Potential Global Economic Impact of the Metaverse*” (Christiensen, y otros, 2022)

En el siguiente grafico se muestra dicha distribución sobre una base de 20.000 encuestados:

OPINIÓN DE LA REALIDAD EXTENDIDA

% muy/algo positivo

P. La realidad virtual y la realidad aumentada son formas de realidad extendida (XR). ¿Cómo describirías tus sentimientos sobre la posibilidad de involucrarte con él en tu vida diaria?

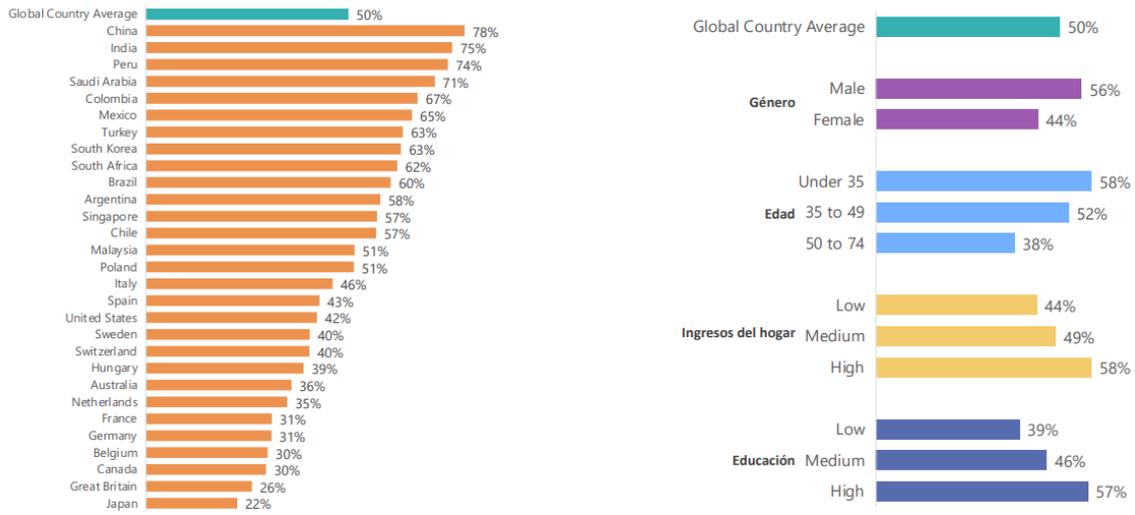


ILUSTRACIÓN 45 - DISTRIBUCIÓN OPINIÓN POSITIVA⁴⁷

Para finalizar, en un estudio conducido por nosotros mismos en el mes de octubre de 2023, con una población de 213 personas en AMBA (Área Múltiple de Buenos Aires), nos encontramos con los siguientes resultados, el 55% conoce el Metaverso, de esos un 44% sabe que es, y un 9% lo conoce bastante.



ILUSTRACIÓN 46 - ENCUESTA METAVERSO – CONOCIMIENTO DE LA POBLACIÓN SOBRE EL TEMA

⁴⁷ Fuente: Página 7 de “Cómo el mundo ve el Metaverso y la Realidad eXtendida” (Ipsos, 2022)

¿Crees que esta tecnología será de uso común como es hoy Internet o los teléfonos móviles? ¿En cuánto tiempo consideras que esto sucederá?

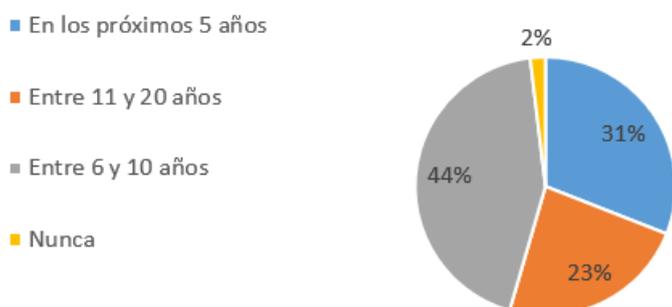


ILUSTRACIÓN 47 - ENCUESTA METAVERSO – TIEMPO PARA CONVERTIRSE EN TECNOLOGÍA DE USO COMÚN

El metaverso, plantea muchísimos desafíos, pero también como vimos anteriormente, presenta un océano azul de posibilidades para los primeros que tomen la ventaja y logren diferenciarse de su competencia en un mercado como es hoy en día del entretenimiento (entiéndase video en el hogar más acceso a internet) saturado.

OPORTUNIDADES DE NEGOCIO DETECTADAS

A continuación, mencionaremos algunas posibles vías de generación de ingresos asociadas a las tecnologías del Metaverso y Realidad eXtendida.

HARDWARE

Venta de Dispositivos: Ya sea HMDs, anteojos, sensores, guantes, controles, trajes, etc., se pueden obtener beneficios de la venta de hardware, también se puede ofrecer como un servicio o en forma de comodato con la adquisición de algún producto. A medida que más personas se unen al metaverso, la demanda de dispositivos de alta calidad crece. El problema de este tipo de *revenue streams* (o flujos de ingreso de dinero), es que el negocio es de muy bajo margen, muy comoditizado⁴⁸ en general y de una inversión muy elevada.

Servicios de Reparación y Mantenimiento: al ofrecer servicios de reparación y mantenimiento para dispositivos de hardware también podremos generar ingresos. En un futuro habrá una demanda continua de servicios de reparación y actualización. Adicionalmente en Argentina, con las regulaciones y las limitaciones de artículos importados puede ser un plus.

INFRAESTRUCTURA

Alojamiento de Servidores: Aquí se ofrece para las empresas que proporcionan o generan contenido en el Metaverso la posibilidad de contar con espacio en un *Data Center* de última generación dando energía, refrigeración y conectividad. Esto por un lado permite que, de cara a la experiencia de usuario se logre una latencia muy baja, alta calidad en los contenidos y algunos esquemas podrían incluir el

⁴⁸ Efecto que se produce cuando los clientes perciben que los productos que ofrece una empresa son iguales a los de la competencia.

ingreso por el *collocation*⁴⁹ o algún esquema de *revenue share* (o participación en los ingresos de un socio de negocios).

CONTENIDO

Venta de Activos Virtuales: Aquí todo tipo de contenido puede generar dinero, ya se vendiendo objetos virtuales, NFTs⁵⁰, ropa, avatares y otros recursos a otros usuarios. Algunos objetos virtuales pueden tener un alto valor en el mercado, lo que crea oportunidades de ingresos significativos.

Derechos de Autor y Licencias: Los creadores de mundos virtuales y contenido pueden recibir ingresos a través de acuerdos de licencia y derechos de autor por su trabajo. Esto incluye la posibilidad de vender licencias a otras empresas o individuos que deseen utilizar su contenido.

Publicidad y Patrocinio: La creación de experiencias y mundos virtuales generan ingresos a través de acuerdos de publicidad y patrocinio con empresas interesadas en promocionar sus productos o servicios en el metaverso. Estas asociaciones pueden ser lucrativas para ambas partes.

COMUNIDAD

Eventos y Conciertos Virtuales: La organización de eventos y conciertos virtuales pueden generar ingresos a través de la venta de entradas y la participación de marcas patrocinadoras. Estos eventos virtuales atraen a grandes audiencias y ofrecen oportunidades de monetización. A través de las empresas de medios del grupo empresario del ISP se podrían organizar y producir estos eventos virtuales.

Plataformas de Redes Sociales: Las plataformas que fomentan la interacción social y la comunidad pueden ganar dinero mediante la publicidad dirigida y la venta de datos demográficos. Las empresas pueden pagar por publicidad segmentada en el metaverso, y las plataformas pueden aprovechar esta demanda. Al tener los datos de los usuarios y sus usos y costumbres de utilización del acceso de Internet podríamos explorar este tipo de negocios. Habría que validar aspectos legales al respecto.

Mercados y Tiendas Virtuales: Las comunidades pueden operar mercados y tiendas virtuales, cobrando tarifas por transacciones y comisiones por la venta de bienes virtuales. Esto puede generar ingresos constantes a medida que más usuarios participan en el comercio virtual.

TRANSACCIONES

Comercio Electrónico en el Metaverso: Las transacciones comerciales en el Metaverso, como la compra de bienes virtuales, servicios y propiedades digitales, generan ingresos a través de comisiones y tarifas por transacciones. A medida que la economía del metaverso crece, la cantidad de transacciones también aumenta.

Criptomonedas y Tokens: Con criptomonedas y tokens en el Metaverso se pueden obtener ingresos a través de tarifas de transacción. Además, las fluctuaciones en el valor de las criptomonedas pueden brindar oportunidades de inversión.

Desarrollo de Contratos Inteligentes: Desarrolladores y empresas que crean contratos inteligentes para automatizar transacciones pueden cobrar tarifas por sus servicios. Los contratos inteligentes son esenciales para la economía automatizada del metaverso.

⁴⁹ Ubicación de equipos de telecomunicaciones e informática en un Data Center de un tercero

⁵⁰ NFT o Non-Fungible Token o bienes no intercambiables digitales (como obras de arte digital únicas)

UN CASO DE ÉXITO

Corría el año 2016, y el ISP que estamos analizando venía trabajando para lanzar un producto desde hacía dos años. Dicho producto permitía tener Netflix y YouTube dentro del mismo STB (decodificador), algo que hoy en día parece totalmente común. En aquellos días muy pocos televisores lo soportaban, solamente los de gama más alta. Con ese escenario se lanzó en marzo de 2016 un STB que además de permitir ver las señales de televisión, tenía Netflix y YouTube integrado. También incluía algo que aportó muchísima tracción que fue tener salida de video analógica. Con este dispositivo, cualquier TV del mercado fue convertida a una TV Smart, y ese fue el slogan de la campaña de marketing.

Como se puede observar en la siguiente ilustración luego de dicho lanzamiento el volumen de ventas del producto creció significativamente durante 4 años consecutivamente entre 2017 y 2020. Se omitió el eje de las ordenadas a propósito para resguardar la confidencialidad del ISP.

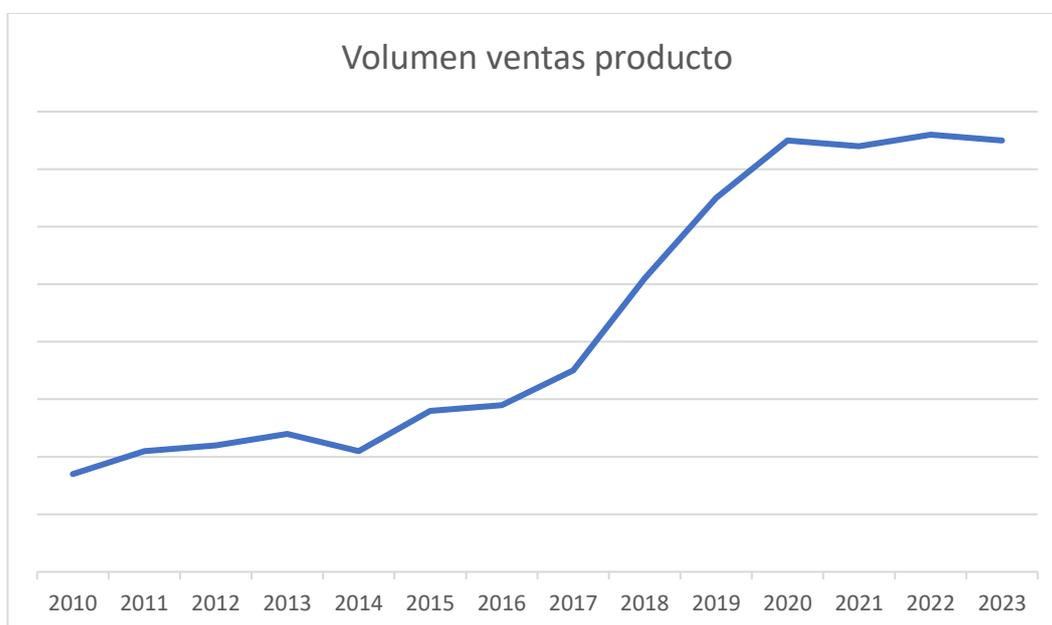


ILUSTRACIÓN 48 - EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE VENTAS

Dicha grafica tiene claramente la forma de curva S, como se explica y detalla en el anexo 1, esta fue parte del primer salto tecnológico, ahora ya entrando en un mercado de saturación y en la meseta de productividad, dando para el mercado no es tan atractivo, como se explica también en el anexo 1 dentro de la teoría del *hype cycle*.

Por otro lado, y dentro del contexto anterior, cuando en otras partes del mundo y en la región también se debatían respecto a la neutralidad de la red. Recuérdese el caso de Comcast contra al FCC (Colaboradores de Wikipedia, 2023) donde los usuarios notaron que dicho proveedor aplicaba ciertas políticas sobre la compartición de archivos, lo mismo sucedió con los proveedores de contenidos, como Netflix. Donde se debatía que Netflix debía pagar por el ancho de banda que utilizaba, dado que no le daba nada al operador Comcast. Para el caso del ISP en cuestión, fue totalmente contrario y se buscó aliarse e integrarse en todos los dispositivos existentes en ese momento.

Teniendo esto en cuenta, y entendiendo que se necesita otro ciclo similar, creemos que la Realidad eXtendida y el Metaverso van a apalancar este salto tecnológico. Y que nuestro principal foco tiene que ser el poner a disposición la infraestructura y realizar los acuerdos estratégicos necesarios.

ASOCIACIONES

Teniendo en cuenta el ecosistema descrito en el capítulo 1, y teniendo en cuenta las secciones anteriores del presente capítulo, deberemos focalizar nuestros esfuerzos en realizar alianzas comerciales con ciertas empresas con las que podamos complementar la cadena de valor y capitalizar el volumen y cercanía con nuestros clientes.

A continuación, repasaremos las etapas del ecosistema en las que tiene sentido que participemos dando valor y revisaremos las empresas con las que tendremos que tejer puentes que nos beneficien mutuamente.

EXPERIENCIA

Deberemos reforzar nuestro vínculo con empresas como Netflix, YouTube y Amazon Prime Video, con quienes colaboramos anteriormente para la inclusión de sus plataformas en nuestros decodificadores. Ahora deberemos focalizar en las nuevas experiencias inmersivas que ellos mismos seguramente desarrollarán en los próximos años.

Adicionalmente a esto, deberemos buscar vínculos con empresas como Meta, Twitch, Sony, EA, Riot, Roblox, Fortnite, Nintendo y Xbox. Con ellos fortaleceremos nuestra presencia en el mercado del Metaverso y Realidad eXtendida. Nuestro valor agregado es la cercanía con los clientes, pudiendo alojar Edge Servers para sus plataformas en nuestros DataCenters y obtener ganancias a partir de esto.

HUMAN INTERFACE

Como mencionamos en el apartado anterior, una posible fuente de ingresos es la reventa de dispositivos. Para esto nos deberemos asociar con Apple, Meta, HTC, Samsung, Xiaomi, y profundizar nuestro vínculo con Amazon y Google quienes muy probablemente participen de este creciente mercado.

INFRAESTRUCTURA

En cuanto a la infraestructura, deberemos profundizar nuestros actuales vínculos con AWS, GGC y Apple y crear nuevos vínculos con Azure. Todas estas empresas requerirán ubicar su infraestructura cerca de los clientes para lograr los objetivos de baja latencia que requieren las tecnologías del Metaverso y la Realidad eXtendida. Sin socios estratégicos que dispongan del espacio físico, energía, conectividad y refrigeración necesarias no podrán llegar velozmente a cubrir las necesidades de sus propios clientes, salvo mediante grandes inversiones en centros de datos locales.

CONCLUSIONES

A lo largo del trabajo hemos puesto de manifiesto cómo distintos análisis realizados por distintas empresas del rubro y consultoras independientes coinciden en que las diferentes tecnologías del Metaverso y la Realidad eXtendida serán, muy probablemente, de uso común en los próximos años. Muchos sitúan o se aventuran a indicar 2030 como el año en que estas tecnologías revolucionarán nuestra forma de acceder a Internet. Como ISP deberemos estar preparados para los requerimientos que nos van a exigir nuestros clientes, o simplemente estaremos fuera del mercado.

A su vez, hemos analizado el contexto actual y futuro de la tecnología y los desafíos que tendremos como proveedor de servicios de Internet para poder brindar experiencias de Metaverso y Realidad eXtendida fluidas y completamente inmersivas.

Hemos logrado analizar la oferta actual y futura de tecnologías de red, tanto para el hogar, el acceso, el Core y el Data Center y con esta información hemos desarrollado un plan estratégico plurianual de inversión sólido y concreto, con una inversión estimada de USD 437 millones distribuidos en un período de 9 años. Este plan nos permitirá estar preparados para enfrentar los desafíos que estas tecnologías nos plantearán.

Esta inversión se destinará a modificar las redes en la calle, actualizar los equipos en la casa de los clientes y preparar las redes de Core, Acceso y Data Center para soportar las nuevas capacidades exigidas. Esta inversión nos permitirá ofrecer una conectividad confiable, rápida y de alta calidad, asegurando una experiencia en línea excepcional para nuestros usuarios. Esto incluye mejorar la eficiencia y capacidad de la red para satisfacer las necesidades cambiantes de ellos, garantizando baja latencia y un incremento en el tráfico. Al invertir en la expansión de nuestra red, estaremos preparados para ofrecer una experiencia inmersiva y fluida, asegurando nuestra posición en el mercado competitivo de las telecomunicaciones.

Adicionalmente hemos sentado las bases para que nuestro proveedor de servicios de Internet pueda explorar cómo monetizar de diferentes maneras la inversión tecnológica realizada, indicando de paso los grandes jugadores con los que tendremos que tejer alianzas para que nuestra empresa continúe creciendo. Pudiendo mencionar entre otros a Meta, Google, Amazon, y Microsoft.

Nuestro foco debe estar en permitir el despliegue tecnológico de nuestros socios mediante nuestra infraestructura de última generación logrando un beneficio mutuo del que ambos podremos monetizar. Esto nos habilitará, como en su momento lo hizo con Netflix, a ser el proveedor mejor preparado para este tipo de servicios, integrando su oferta con la nuestra de manera íntima. Esta posición nos permitirá ser primeros en ventas y expandir nuestra base de clientes.

BIBLIOGRAFÍA

Baier-Lentz, Moritz, Maidment, Faye and Hübenthal, Benedikt. 2021. Reality check. *Bitkraft VC*. [Online] 10 2021. [Cited: 08 10 2023.] Disponible en <https://www.bitkraft.vc/wp-content/uploads/2021/10/21-10-BITKRAFT-Reality-Check-vF.pdf>.

Ball, Matthew. 2022. *El Metaverso, y cómo lo revolucionará todo*. Barcelona : Planeta, 2022. ISBN: 978-84-234-3449-7 (epub).

Blosch, Marcus and Fenn, Jackie. 2018. Understanding Gartner's Hype Cycles. *www.gartner.com*. [Online] 20 08 2018. [Cited: 30 09 2023.] Disponible en <https://www.gartner.com/en/documents/3887767>.

Bradbury, Rosie. 2022. Mark Zuckerberg says Meta's metaverse project will lose 'significant' sums of money for up to 5 years. *Yahoo!Finance*. [Online] 26 05 2022. [Cited: 08 10 2023.] Disponible en <https://finance.yahoo.com/news/mark-zuckerberg-says-metas-metaverse-095455570.html>.

Cardoso, Wilson. 2023. *Metaverse era market trends*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Nokia, 2023.

Ceccini, Josefina. 2022. ESBNSM. *Estadísticas de Roblox 2022 – 2023. Increíble crecimiento*. [Online] 13 12 2022. [Cited: 24 06 2023.] Disponible en <https://esbuenisimonews.com/estadisticas-de-roblox-2022-increible-crecimiento/>.

Chan Kim, W. and Mauborgne, Renée. 2005. *La estrategia del océano azul*. Bogotá : Grupo Editorial Norma, 2005. ISBN 958-04-8839-8.

Christensen, Lau and Robinson, Alex. 2022. The Potential Global Economic Impact of the Metaverse. *Analysis Group*. [Online] 16 05 2022. [Cited: 13 07 2023.] Disponible en <https://www.analysisgroup.com/globalassets/insights/publishing/2022-the-potential-global-economic-impact-of-the-metaverse.pdf>.

Colaboradores de Wikipedia. 2023. Comcast Corp. v. FCC. *Wikipedia, La enciclopedia libre*. [Online] 13 09 2023. [Cited: 15 10 2023.] Disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Comcast_Corp._v._FCC.

Crawley, Eric S., et al. 1998. *A Framework for QoS-based Routing in the Internet*. RFC2386 USA, 08 1998. IETF RFC.

Díaz Herreros, Raquel. 2022. Historia de los metaversos: 20 años intentando revolucionar la sociedad. *Vandal*. [Online] 17 03 2022. [Cited: 18 05 2023.] Disponible en <https://vandal.elespanol.com/noticia/1350751369/historia-de-los-metaversos-20-anos-intentando-revolucionar-la-sociedad/>.

Dra. Kelleher, Ann. 2022. Ley de Moore - Ahora y en el futuro. *Intel newsroom*. [Online] 16 02 2022. [Cited: 14 10 2023.] Disponible en <https://www.intel.la/content/www/xl/es/newsroom/opinion/moore-law-now-and-in-the-future.html>.

Ebersole, Samuel. 1997. *A brief history of virtual reality and its social applications*. [Documento] Colorado : University of Southern Colorado (now CSU-Pueblo), 1997.

Editores de Wikipedia. 2023. Roblox. *Wikipedia*. [Online] 20 06 2023. [Cited: 24 06 2023.] Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Roblox>.

Frumusanu, Andrei. 2020. TSMC Details 2nm Process Technology: Full Node Scaling for 2H22 Volume Production. *AnandTech*. [Online] 24 08 2020. [Cited: 14 10 2023.] Disponible en <https://www.anandtech.com/show/16024/tsmc-details-3nm-process-technology-details-full-node-scaling-for-2h22>.

Gartner. 2023. Gartner Hype Cycle. *Gartner*. [Online] Gartner, 2023. [Cited: 30 09 2023.] Disponible en <https://www.gartner.es/es/metodologias/hype-cycle>.

GlobalData. 2022. *Thematin Intelligence: Technology The Metaverse*. s.l. : GlobalData Plc, 2022. GDTMT-TR-S359.

Heilig, Morton. 1962. *Sensorama simulator*. 3.050.870 Estados Unidos, 28 08 1962. Dispositivo.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos and Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. México D.F. : Mac Graw Hill Education, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

iLab. 2018. Huawei Inspiration Lab (iLab). [Online] 2018. [Cited: 14 10 2023.] Disponible en https://www.huawei.com/minisite/pdf/ilab/cloud_vr_network_solution_white_paper_en.pdf.

Ipsos. 2022. How the world sees the Metaverse and extended reality. *Enthusiasm for the metaverse and extended reality is highest in emerging countries*. [Online] 22 05 2022. [Cited: 19 08 2023.] <https://www.ipsos.com/en/global-advisor-metaverse-extended-reality-may-2022>. Disponible en <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2022-05/Global%20Advisor%20-%20WEF%20-%20Metaverse%20-%20May%202022%20-%20Graphic%20Report.pdf>.

Jabil. 2018. The state of Augmented and Virtual Reality. *A survey of Technology and business stakeholders in product companies*. [Online] 03 2018. [Cited: 19 04 2018.] Disponible en <https://www.jabil.com/dam/jcr:eacf5015-c278-4408-8eca-6c505e9ff4ff/ar-vr-trends-white-paper.pdf>.

King, Ashley. 2019. Epic Games Reveals Its Official marshmello Fortinet Numbers. *Digital Music News*. [Online] 25 02 2019. [Cited: 08 10 2023.] Disponible en <https://www.digitalmusicnews.com/2019/02/25/epic-games-fortnite-marshmello/>.

Leon. 2023. VRX. *VR-Expert*. [Online] 30 01 2023. [Cited: 23 05 2023.] Disponible en <https://vr.vr-expert.com/the-timeline-of-virtual-reality/>.

Luckey, Palmer. 2012. Oculus Rift: Step Into the Game. *Kickstarter*. [Online] 01 08 2012. [Cited: 19 06 2023.] Disponible en <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>.

Meghan, Rimol. 2022. Gartner Predicts 25% of People Will Spend At Least One Hour Per Day in the Metaverse by 2026. *Gartner Press Release Newsroom*. [Online] 07 02 2022. [Cited: 16 04 2023.] Disponible en <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-02-07-gartner-predicts-25-percent-of-people-will-spend-at-least-one-hour-per-day-in-the-metaverse-by-2026>.

Metaverse. 2023. Metaverse Standards Forum. [Online] Metaverse Standards Forum, 2023. [Cited: 14 10 2023.] Disponible en <https://metaverse-standards.org/>.

Pareja, Álex. 2023. IGN España. *La historia y la evolución de Minecraft: un repaso a todos sus años de existencia*. [Online] 18 04 2023. [Cited: 24 06 2023.] Disponible en <https://es.ign.com/minecraft/190041/feature/la-historia-y-la-evolucion-de-minecraft-un-repaso-a-todos-sus-anos-de-existencia>.

Precedence Research. 2023. Immersive Technology Market Size To Rise USD 134.18 Bn By 2030. *Precedence Research*. [Online] 01 06 2023. [Cited: 08 10 2023.] Disponible en <https://www.precedenceresearch.com/press-release/immersive-technology-market>.

Radoff, Jon. 2022. Market Map of the Metaverse. *Building the Metaverse*. [Online] 31 08 2022. [Cited: 08 10 2023.] Disponible en <https://medium.com/building-the-metaverse/market-map-of-the-metaverse-8ae0cde89696>.

Sensics. 2016. Understanding Pixel Density and Eye-Limiting Resolution. *Medium.com*. [Online] 6 06 2016. [Cited: 17 04 2023.] Disponible en <https://medium.com/insights-on-virtual-reality/understanding-pixel-density-and-eye-limiting-resolution-2b917cd1e1e0>.

Sutherland, Ivan. 1965. *The ultimate display*. s.l.: Information Processing Techniques Office, ARPA, 1965.

Talin, Benjamin. 2023. More than Digital. *El metaverso explicado - Definición, introducción y ejemplos*. [Online] 12 04 2023. [Cited: 24 06 2023.] Disponible en <https://morethandigital.info/es/el-metaverso-explicado-definicion-introduccion-y-ejemplos/>.

USC HMM Foundation Moving Image Archive. 2023. USC School of Cinematic Arts. *The HMM Foundation Moving Image Archive*. [Online] The HMM Foundation Moving Image Archive, 2023. [Cited: 03 06 2023.] Disponible en <https://www.uschefnerarchive.com/morton-heilig-inventor-vr/>.

VR Staff. 2021. The VR Shop. *Philco Headsight (1961)*. [Online] The VR Shop, 21 12 2021. [Cited: 03 06 2023.] Disponible en <https://www.virtual-reality-shop.co.uk/philco-headsight-1961/>.

Weil, Ignacio. 2023. EarlyGame. *¿Cuántas personas están jugando Minecraft en 2023? Número de jugadores*. [Online] 10 03 2023. [Cited: 24 06 2023.] Disponible en <https://earlygame.com/es/gaming/cuantas-personas-juegan-minecraft-2023>.

ANEXOS

ANEXO 1 – COMPLEMENTO TEÓRICO

En este anexo brindaremos un marco teórico a las herramientas y metodologías utilizadas en el presente trabajo final.

HYPE CYCLE

Según Gartner, y como en su página web (Gartner, 2023) nos detalla, el *Hype Cycle* es una representación gráfica en forma de curva que representa la madurez y adopción de las tecnologías y cómo son potencialmente relevantes para resolver problemas comerciales reales y aprovechar nuevas oportunidades. La metodología del *Hype Cycle* (literalmente, "ciclo de sobre-expectación" en español y a menudo llamado "curva de Gartner") permite ver cómo una tecnología evolucionará con el tiempo, y proporciona una fuente sólida de información para gestionar su implementación dentro del contexto de los objetivos del negocio.



ILUSTRACIÓN 49 - DIAGRAMA DE HYPE CYCLE ⁵¹

La misma posee cinco etapas, que describen los distintos estadios que dicha tecnología o idea se encuentra.

Trigger (Lanzamiento): En esta etapa inicial, se produce un evento o desarrollo que da lugar a una nueva tecnología o idea. Esto puede ser el resultado de avances científicos, investigaciones, cambios en el mercado o cualquier otra innovación que tenga el potencial de crear un impacto significativo. En esta etapa, la tecnología es poco conocida y todavía no ha ganado tracción en el mercado.

Peak of Inflated Expectations (Pico de Expectativas sobredimensionadas): A medida que la tecnología se da a conocer, comienza a generar un gran interés y expectativas exageradas sobre sus capacidades y beneficios. Los medios de comunicación a menudo desempeñan un papel importante en la amplificación de estas expectativas. En esta etapa, la percepción pública es que la tecnología tiene el potencial de cambiar radicalmente la industria o resolver problemas importantes, pero las implementaciones

⁵¹ Fuente: <https://www.gartner.es/es/metodologias/hype-cycle>

prácticas suelen ser limitadas y los desafíos pueden surgir a medida que las expectativas superan la realidad.

Trough of Disillusionment (Abismo de desilusión): A medida que las dificultades y desafíos reales de la tecnología emergen, la percepción pública se vuelve más escéptica. Los problemas técnicos, los desafíos de adopción y otros obstáculos pueden hacer que la tecnología parezca menos prometedora de lo que se pensaba originalmente. Esto puede llevar a una disminución en la inversión y la adopción, y algunos proyectos pueden fracasar en esta etapa.

Slope of Enlightenment (Rampa de consolidación): A medida que se superan los obstáculos y se aprenden lecciones de la fase anterior, la tecnología comienza a ser mejor comprendida y se desarrollan soluciones más realistas. Las organizaciones que continúan invirtiendo en la tecnología encuentran formas de aplicarla de manera más efectiva. La adopción comienza a aumentar nuevamente, pero esta vez de manera más fundamentada y pragmática.

Plateau of Productivity (Meseta de la Productividad): Finalmente, la tecnología alcanza su punto máximo de adopción y madurez. Se comprenden completamente sus beneficios y limitaciones, y se utiliza ampliamente en aplicaciones prácticas. La tecnología se convierte en una parte establecida del paisaje tecnológico y puede generar beneficios sostenibles para las organizaciones que la adoptan de manera adecuada.

Adicionalmente, según una investigación realizada por Marcus Blosch and Jackie Fenn (Blosch, y otros, 2018) detallan: *“Es importante comprender los riesgos que pueden atrapar a los adoptantes desprevenidos. Pero por el otro lado, es igualmente importante examinar las oportunidades que surgen de la inevitabilidad del Hype Cycle. Las organizaciones que pueden predecir los principales cambios en el comportamiento, como también, los principales puntos de inflexión en el Hype Cycle, pueden aprovecharse para estar a la vanguardia. Qué tan buena es la organización para tolerar y gestionar el riesgo”.*

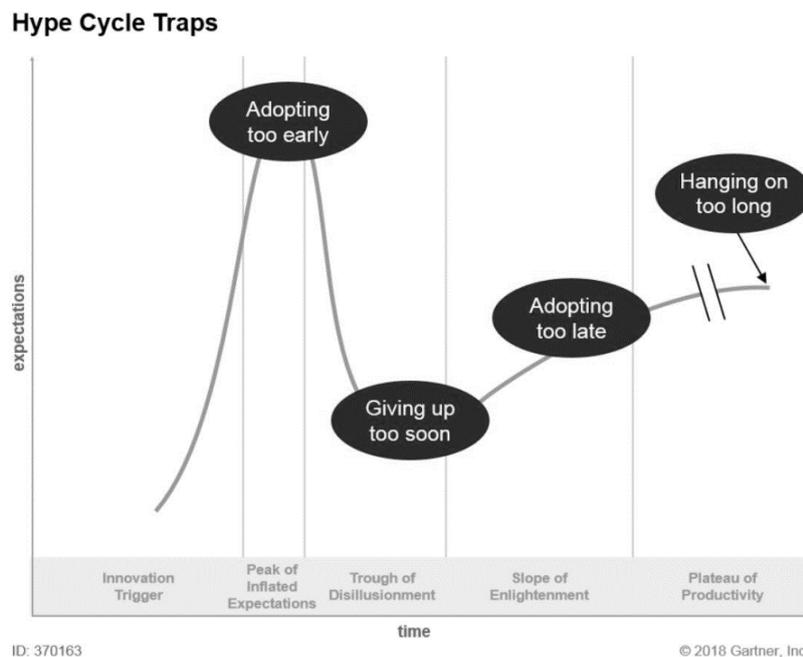


ILUSTRACIÓN 50 - DIAGRAMA DE HYPE CYCLE TRAPS⁵²

⁵² Fuente: <https://bit.ly/3ZYK0Cc>

Hype Cycle Opportunities

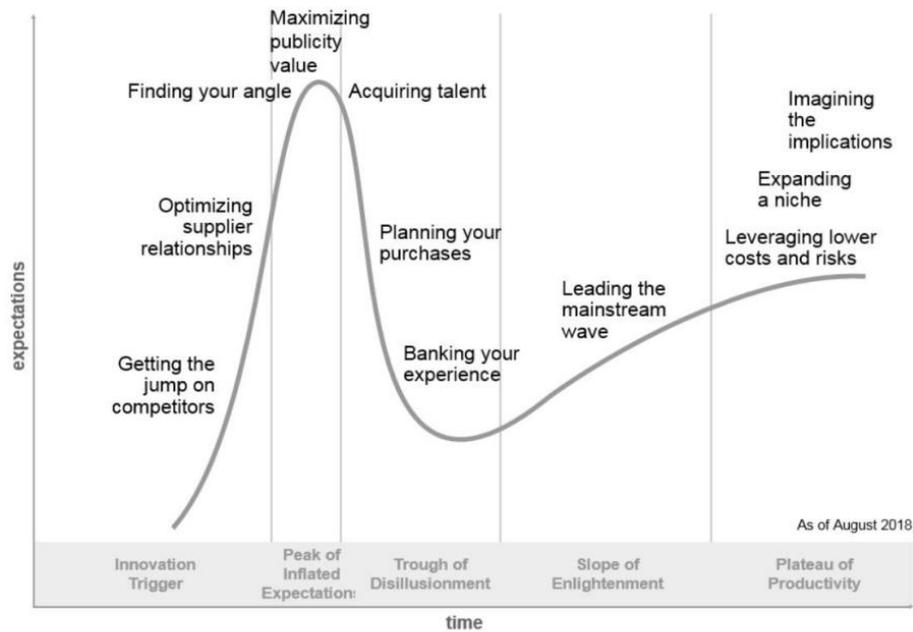


ILUSTRACIÓN 51 - DIAGRAMA DE *HYPE CYCLE OPORTUNITIES*⁵³

S-CURVES

La curva en S es otra herramienta útil que nos ayuda a comprender cómo evoluciona una tecnología determinada y cómo finalmente es superada por innovaciones más recientes. Es una representación gráfica que se utiliza para ilustrar el proceso de adopción y crecimiento de una tecnología, producto o fenómeno a lo largo del tiempo. Esta curva toma su nombre de su forma característica en "S" y se utiliza en diversos campos, como la economía, la tecnología, la gestión de proyectos y la innovación. Tiene varias fases que se detallan aquí:

1. Fase de introducción (Inicio de la curva): En esta etapa inicial, la adopción o el crecimiento son lentos. La tecnología o el producto son relativamente nuevos y desconocidos para la mayoría de las personas o empresas. En esta fase, se están realizando inversiones en investigación, desarrollo y marketing, pero los resultados pueden no ser evidentes de inmediato.
2. Fase de crecimiento acelerado (Primera pendiente ascendente): A medida que la tecnología o el producto comienzan a demostrar su valor y a ganar tracción en el mercado, la adopción se acelera rápidamente. Esta es la etapa en la que se produce un crecimiento exponencial, ya que más personas o empresas comienzan a adoptar la tecnología. La demanda y la inversión aumentan considerablemente.
3. Fase de madurez (Pico de la curva): En esta etapa, el crecimiento se estabiliza, y la adopción alcanza su punto máximo. La tecnología o el producto han alcanzado una adopción generalizada, y la mayoría de los posibles usuarios o clientes ya los han adoptado. La competencia puede ser intensa en esta etapa, y las tasas de crecimiento se ralentizan.

⁵³ Fuente: <https://bit.ly/3RX9gag>

4. Fase de saturación (Segunda pendiente ascendente): Después de la madurez, la adopción comienza a estabilizarse y, finalmente, a disminuir. Esto puede deberse a la saturación del mercado, cambios en las preferencias del consumidor o la aparición de tecnologías o productos sustitutos. En esta fase, es posible que las ventas o la adopción disminuyan gradualmente.

5. Fase de declive (Fin de la curva): En última instancia, la tecnología o el producto llegan a una fase de declive en la que la adopción es baja y se vuelven obsoletos. Esto puede deberse a avances tecnológicos, cambios en las necesidades del mercado o a la falta de innovación continua.

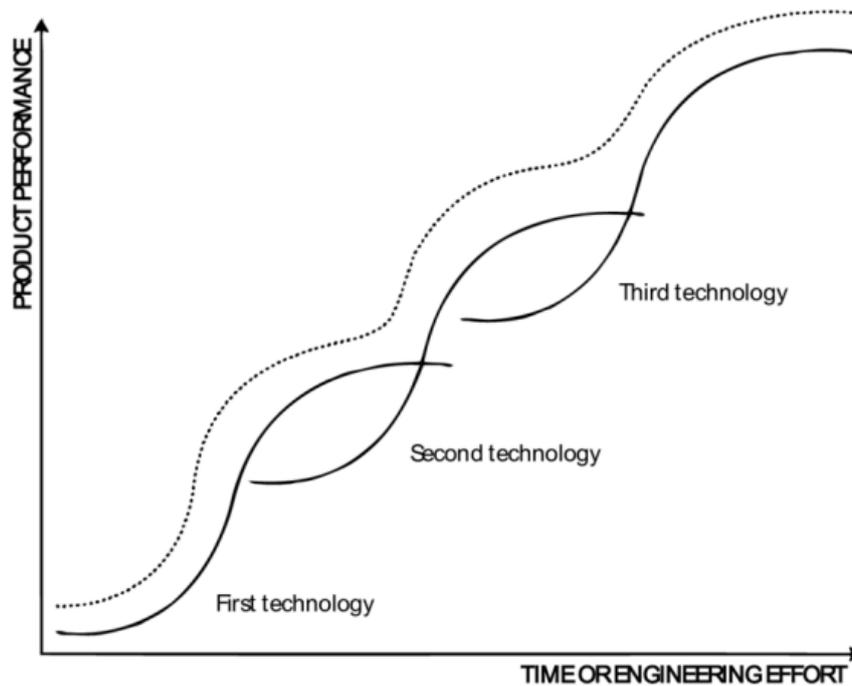


ILUSTRACIÓN 52 - S-CURVES ⁵⁴

La *S-Curve* es una herramienta útil para comprender la dinámica de adopción y crecimiento a lo largo del tiempo. Se utiliza para prever el ciclo de vida de una tecnología o producto, lo que permite a las empresas y a los inversores tomar decisiones estratégicas sobre inversiones, marketing y desarrollo. También es relevante para los investigadores y analistas que estudian la evolución de las industrias y tecnologías. La comprensión de en qué punto se encuentra una tecnología en su curva S puede ser esencial para tomar decisiones informadas y planificar estrategias a largo plazo.

ESTRATEGIA DEL OCÉANO AZUL

La estrategia del océano azul es un concepto desarrollado por W. Chan Kim y Renée Mauborgne en su libro "*Blue Ocean Strategy*" (Estrategia del Océano Azul). Esta estrategia se centra en la creación de nuevos mercados o la redefinición de mercados existentes, en lugar de competir en mercados saturados y altamente competitivos, a menudo denominados "océanos rojos". La idea principal es que, en lugar de competir en un espacio donde las empresas luchan por la misma audiencia y recursos limitados, se pueden encontrar oportunidades de crecimiento y rentabilidad en mercados inexplorados y sin competencia (Chan Kim, y otros, 2005).

⁵⁴ Fuente: <https://bit.ly/3tyVcJD>

Los océanos rojos representan mercados en los que las empresas compiten ferozmente y buscan ganar cuota de mercado a expensas de sus competidores. En contraste, los océanos azules son mercados inexplorados o redes definidas de manera diferente en los que una empresa puede crear un espacio propio y único.

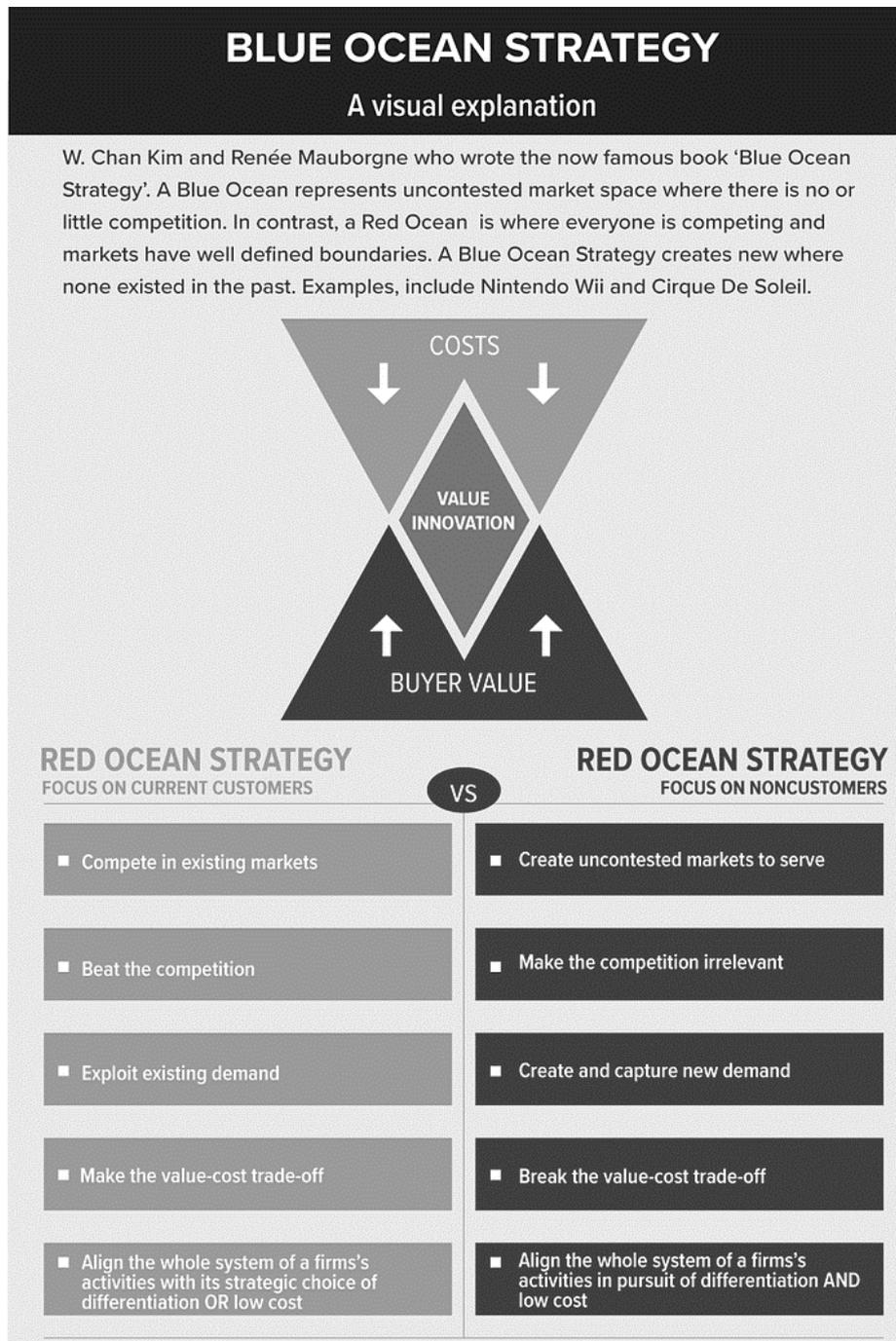


ILUSTRACIÓN 53 - ESTRATEGIA DEL OCÉANO AZUL ⁵⁵

⁵⁵ Fuente: <https://ibit.ly/JYPyo>

Algunos conceptos clave asociados con la estrategia del océano azul:

Innovación de valor: La estrategia del océano azul se basa en la innovación de valor, que implica la creación de productos o servicios que ofrezcan a los clientes un valor significativamente superior a lo que ya existe en el mercado.

Redefinición de fronteras del mercado: En lugar de competir en el mismo espacio de mercado que otros, la estrategia del océano azul busca redefinir las fronteras del mercado, a menudo combinando características de diferentes industrias o eliminando elementos innecesarios.

Eliminación y reducción de factores de competencia: La estrategia del océano azul busca eliminar o reducir elementos de competencia, como características superfluas o costos innecesarios, para crear una ventaja competitiva sostenible.

Creación de un mercado nuevo: En última instancia, el objetivo es crear un mercado nuevo y, a menudo, aprovechar nuevas oportunidades que otros aún no han descubierto.

LEY DE MOORE

La Ley de Moore, no es una ley física, sino económica. Se trata de una ley empírica, formulada por el cofundador de Intel, Gordon E. Moore el 19 de abril de 1965.

Esta ley, es un principio observacional que establece que la densidad de transistores en microprocesadores se duplica aproximadamente cada dos años. Esto ha resultado en un crecimiento exponencial en la capacidad de procesamiento de la tecnología de los semiconductores. A lo largo de las décadas, la Ley de Moore ha sido un indicador confiable del progreso tecnológico en la industria de la informática, permitiendo avances significativos en el rendimiento de los dispositivos electrónicos.

La Ley de Moore, en su forma original, ha continuado siendo válida durante gran parte de la historia de la computación, impulsando la miniaturización y la potencia de cálculo. Sin embargo, en las últimas décadas, el ritmo de duplicación de transistores se ha desacelerado, lo que plantea preguntas sobre su aplicabilidad en el futuro. A pesar de esto, su influencia perdura, ya que la búsqueda constante de mejoras en la eficiencia y la innovación en la industria de los semiconductores sigue siendo un motor clave para el progreso tecnológico.

En 1965, Gordon Moore afirmó que la tecnología tenía futuro, que el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se duplicaba cada año y que la tendencia continuaría durante las siguientes dos décadas. Más tarde, en 1975, modificó su propia ley al corroborar que el ritmo bajaría, y que la capacidad de integración no se duplicaría cada 12 meses sino cada 24 meses aproximadamente.

Esta progresión de crecimiento exponencial, duplicar la capacidad de los circuitos integrados cada dos años, es lo que se denomina ley de Moore. Sin embargo, en 2007 el propio Moore determinó una fecha de caducidad: «Mi ley dejará de cumplirse dentro de 10 o 15 años»,⁶ según aseguró durante la conferencia en la que afirmó, no obstante, que una nueva tecnología vendrá a suplir a la actual.

Según la doctora Ann Kelleher la ley aún está vigente y la compañía planea llegar al billón de transistores para el 2030 (Dra. Kelleher, 2022).

ANEXO 2 – ENCUESTA

Para la elaboración del trabajo, conducimos una encuesta pública y libre en la que exploramos el conocimiento actual de la gente sobre la materia y tratamos de investigar cómo estos posibles usuarios ven el futuro del Metaverso y la Realidad eXtendida.

Este enfoque cualitativo nos permitió entender el comportamiento humano y su percepción del objeto de estudio. Mediante el análisis de los datos enriquecimos nuestra propia investigación y logramos confirmar lo que el mercado internacional, mediante otras encuestas públicas, está vislumbrando a futuro.

Basados en la “Metodología de la Investigación” (Hernández Sampieri, y otros, 2014), nuestra muestra será no probabilística, o muestra dirigida, con voluntarios de la zona de AMBA extendido. Nuestro objetivo inicial era contar con al menos 200 respuestas. Hemos logrado un total de 213 respuestas únicas.

A continuación, se replica el cuestionario utilizado para la encuesta.

FORMULARIO DE ENCUESTA

SECCIÓN 1 – DATOS DEMOGRÁFICOS

Los datos recopilados son anónimos y se utilizarán solo para clasificar la información. Esta información es para un trabajo académico de investigación sobre el impacto futuro del Metaverso en nuestras vidas.

1. ¿Podrás indicarnos tu género?
 - Masculino
 - Femenino
 - No binario
 - Otro

2. ¿Podrás indicarnos tu rango de edad?
 - Hasta 24 años
 - Entre 25 y 34 años
 - Entre 35 y 54 años
 - Entre 55 y 74 años
 - Más de 75 años

3. ¿Podrás indicarnos tu máximo nivel de educación?
 - Primario
 - Secundario en curso o incompleto
 - Secundario
 - Superior en curso o incompleto
 - Superior
 - Postgrado incompleto
 - Postgrado

SECCIÓN 2 – DATOS DEL RELEVAMIENTO

Aquí recopilaremos información referente al presente y futuro del Metaverso.

4. ¿Podrás indicarnos el tipo de servicio de Internet que posees? (marca todas las que correspondan)

- Por cable
- Por fibra óptica
- Móvil

5. ¿Qué formas de uso le das hoy a Internet? (marca todas las que correspondan)

- Educación
- Entretenimiento (películas, videos, música, etc.)
- Juegos
- Socialización
- Trabajo
- Otras

6. ¿Cómo valorarías tu conocimiento acerca de los siguientes conceptos?

	No lo conozco	Alguna vez lo escuché, pero no se bien de qué se trata	Se que es	Lo conozco bastante	Lo conozco y uso regularmente
Metaverso					
Realidad extendida					
Realidad virtual					
Realidad Aumentada					

7. ¿Qué dispositivos posees en tu hogar? (selecciona todos los que poseas).

- Anteojos de realidad aumentada
- Casco de realidad virtual
- Consola de juegos
- Notebook
- Parlantes inteligentes
- PC de escritorio
- Smartwatch
- Teléfono móvil
- Tablet

8. ¿Cuán de acuerdo estás en que, en los próximos 10 años, el desarrollo de las siguientes aplicaciones del Metaverso cambiarán significativamente la forma en que viven las personas?

Nos referimos al metaverso como a un conjunto de espacios digitales interconectados, que incluyen experiencias inmersivas de Realidad eXtendida que combinan el mundo digital y el físico, en los cuales las personas pueden moverse fácilmente entre diferentes espacios y experiencias, así como interactuar y colaborar con otras personas que no se encuentran en el mismo espacio físico.

Las tecnologías de Realidad eXtendida (XR) incluyen a la Realidad Virtual y a la Realidad Aumentada.

	Muy en desacuerdo	Algo en desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Algo en acuerdo	Muy de acuerdo
Comercio tradicional					
Comercio de activos digitales (NFTs, arte, coleccionables)					
Educación					
Entretenimiento digital					
Eventos deportivos					
Eventos musicales					
Industria y manufactura					
Juegos virtuales					
Medicina virtual (consultas remotas, cirugías remotas)					
Socialización (chats, citas, reuniones)					
Trabajo (reuniones, presentaciones, etc.)					
Turismo virtual					

9. Indícanos tu nivel de interés en el uso de las diferentes tecnologías del Metaverso

Entre las diferentes tecnologías podemos mencionar cascos de Realidad Virtual, gafas de Realidad Aumentada, y sitios como Meta Workspaces, Roblox, etc.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No me interesa								Me interesa mucho		

10. ¿Crees que esta tecnología será de uso común como es hoy Internet o los teléfonos móviles? ¿En cuánto tiempo consideras que esto sucederá?

- En los próximos 5 años
- Entre 6 y 10 años
- Entre 11 y 20 años

- Nunca

11. ¿Qué probabilidades hay de que pagues un abono extra a tu proveedor de Internet por un servicio dedicado al Metaverso?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada probable								Muy probable		

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

SECCIÓN 1 – DATOS DEMOGRÁFICOS

1. ¿Podrás indicarnos tu género?

[Más detalles](#)

● Masculino	139
● Femenino	73
● No binarie	0
● Otro	1



ILUSTRACIÓN 54 - DISTRIBUCIÓN POR GENERO

2. ¿Podrás indicarnos tu rango de edad?

[Más detalles](#)

● Hasta 24 años	23
● Entre 25 y 34 años	39
● Entre 35 y 54 años	139
● Entre 55 y 74 años	10
● Más de 74 años	2



ILUSTRACIÓN 55 - DISTRIBUCIÓN POR EDAD

3. ¿Podrás indicarnos tu máximo nivel de educación?

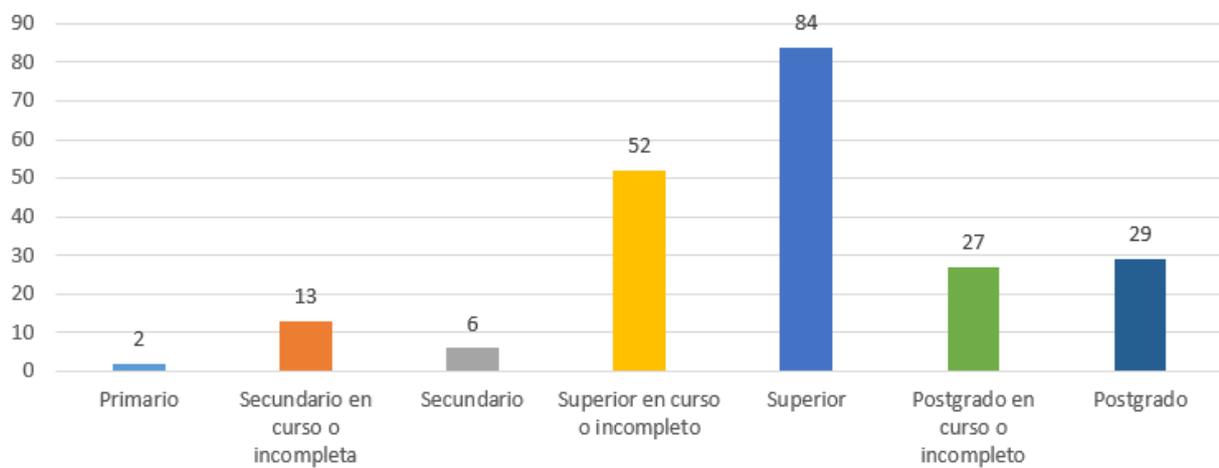


ILUSTRACIÓN 56 - DISTRIBUCIÓN POR NIVEL EDUCATIVO

SECCIÓN 2 – DATOS DEL RELEVAMIENTO

4. ¿Podrás indicarnos el tipo de servicio de Internet que posees?

[Más detalles](#)

● Por cable	151
● Por fibra óptica	65
● Móvil	73



ILUSTRACIÓN 57 - DISTRIBUCIÓN POR SERVICIO DE INTERNET

5. ¿Qué formas de uso le das hoy a Internet?

[Más detalles](#)

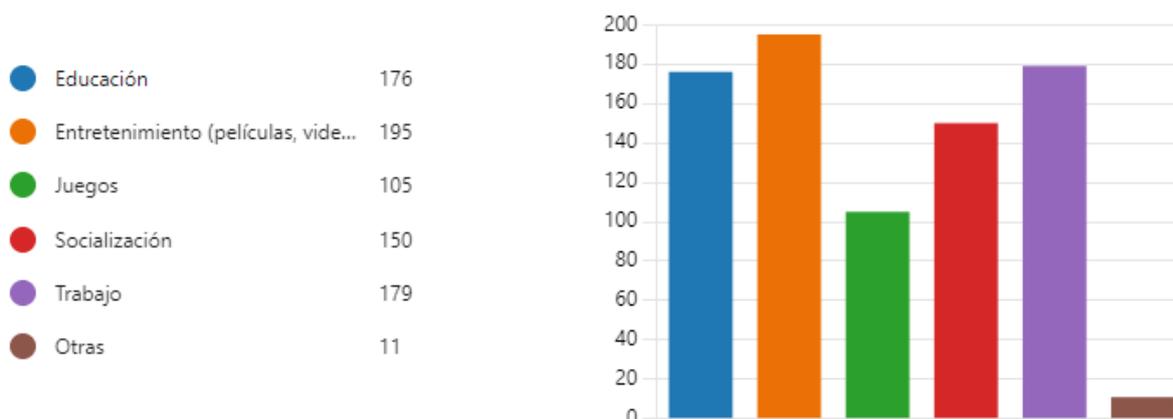


ILUSTRACIÓN 58 - USOS DE INTERNET ACTUALES

6. ¿Cómo valorarías tu conocimiento acerca de los siguientes conceptos?

[Más detalles](#)

■ No lo conozco
 ■ Alguna vez lo escuché, pero no se bien de que se trata
 ■ Se que es
 ■ Lo conozco bastante
 ■ Lo conozco y uso regularmente

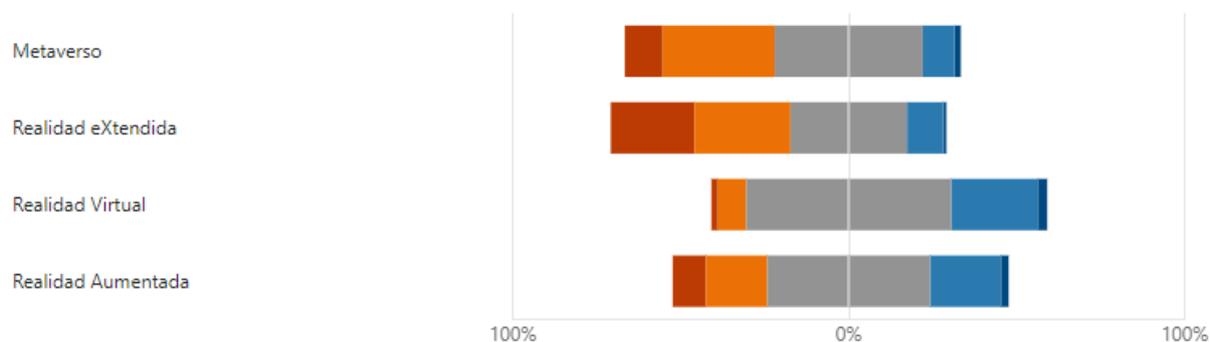


ILUSTRACIÓN 59 - AUTOVALORACIÓN DE CONOCIMIENTO

	No lo conozco	Alguna vez lo escuché, pero no se bien de qué se trata	Se que es	Lo conozco bastante	Lo conozco y uso regularmente
Metaverso	24	71	94	20	4
Realidad eXtendida	53	61	74	23	2
Realidad Virtual	4	18	130	55	6
Realidad Aumentada	21	39	103	45	5

7. ¿Qué dispositivos posees en tu hogar?

[Más detalles](#)

Anteosjos de realidad aumentada	13
Casco de realidad virtual	21
Consola de juegos	120
Notebook	202
Parlantes inteligentes	94
PC de escritorio	134
Smartwatch	109
Teléfono móvil	212
Tablet	151

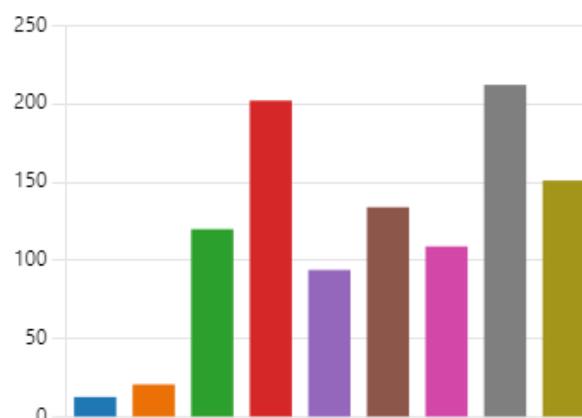


ILUSTRACIÓN 60 - DISTRIBUCIÓN DE DISPOSITIVOS HOGAREÑOS

8. ¿Cuán de acuerdo estás en que, en los próximos 10 años, el desarrollo de las siguientes aplicaciones del Metaverso cambiarán significativamente la forma en que viven las personas?

[Más detalles](#)

■ Muy en desacuerdo
 ■ Algo en desacuerdo
 ■ Ni en acuerdo ni en desacuerdo
 ■ Algo en acuerdo
 ■ Totalmente de acuerdo

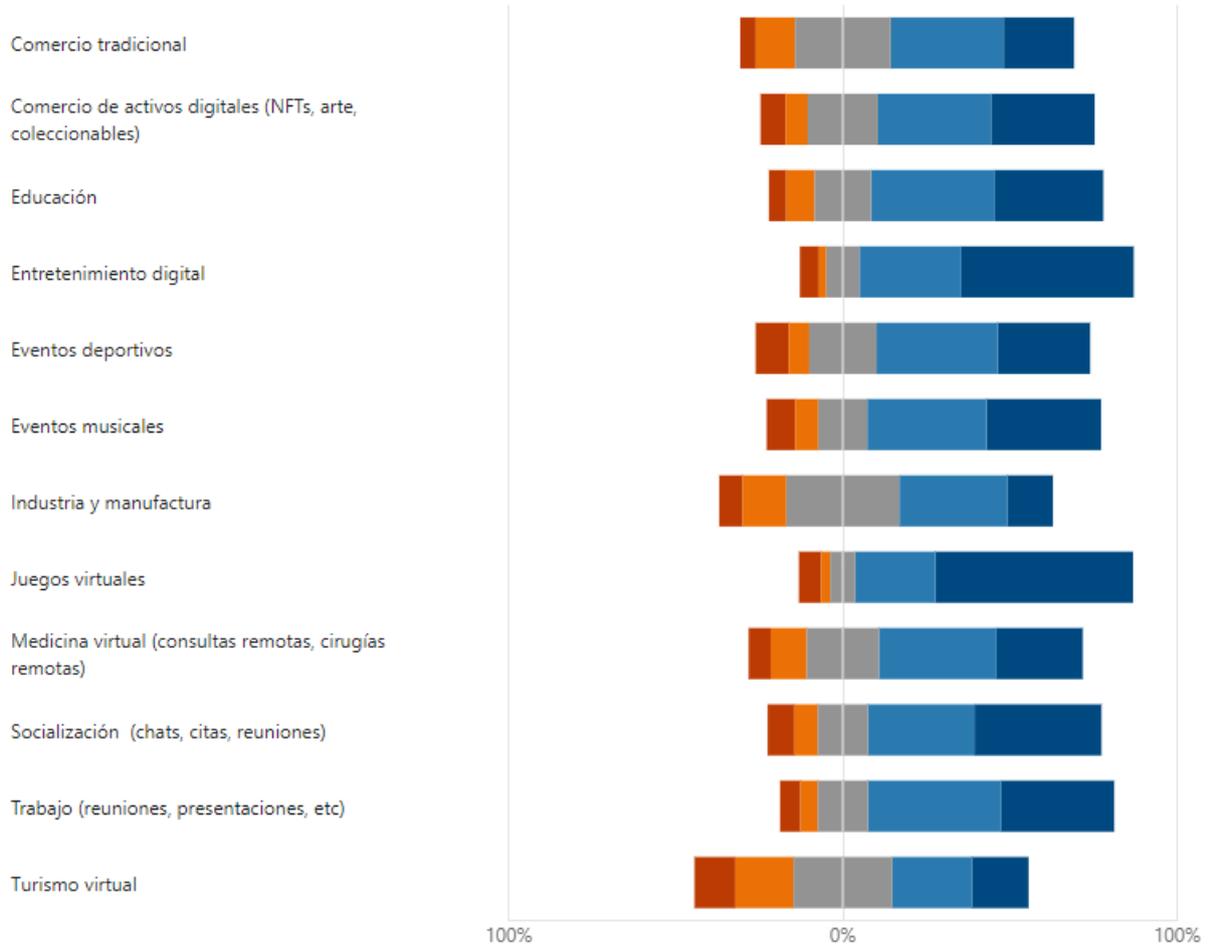


ILUSTRACIÓN 61 - IMPACTO DEL METAVERSO EN DIFERENTES INDUSTRIAS

	Muy en desacuerdo	Algo en desacuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Algo en acuerdo	Totalmente de acuerdo
Comercio tradicional	10	25	61	72	45
Comercio de activos digitales (NFTs, arte, coleccionables)	16	14	45	72	66
Educación	11	18	36	79	69
Entretenimiento digital	12	5	21	65	110
Eventos deportivos	21	13	43	77	59
Eventos musicales	18	15	31	76	73
Industria y manufactura	15	28	72	69	29
Juegos virtuales	14	6	16	51	126
Medicina virtual (consultas remotas, cirugías remotas)	14	23	46	75	55
Socialización (chats, citas, reuniones)	17	15	32	68	81
Trabajo (reuniones, presentaciones, etc.)	13	11	32	85	72
Turismo virtual	26	37	63	51	36

9. Indicanos tu nivel de interés en el uso de las diferentes tecnologías del Metaverso

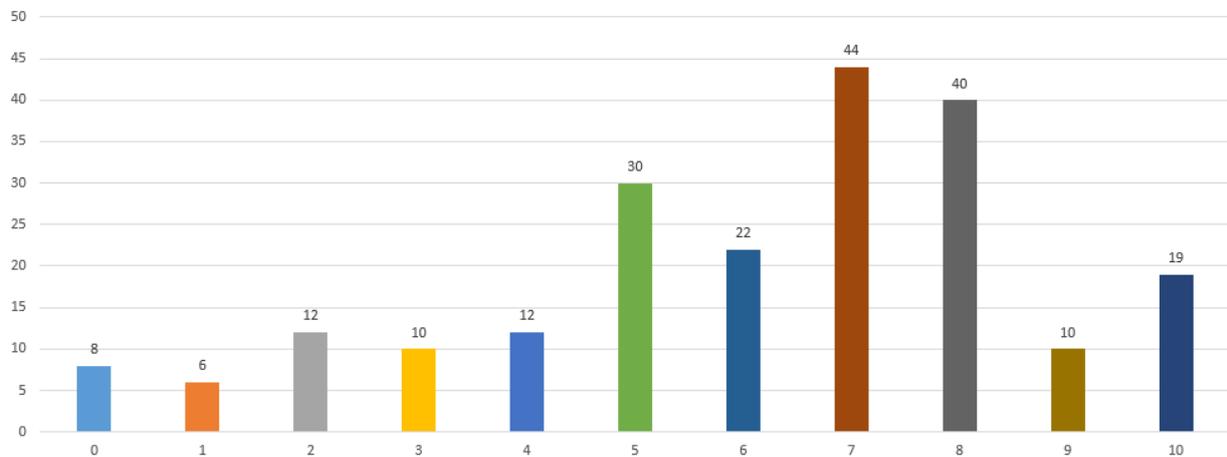


ILUSTRACIÓN 62 - INTERÉS DE USO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS DEL METAVERSO

10. ¿Crees que esta tecnología será de uso común como es hoy Internet o los teléfonos móviles? ¿En cuánto tiempo consideras que esto sucederá?

[Más detalles](#)

● En los próximos 5 años	66
● Entre 6 y 10 años	93
● Entre 11 y 20 años	50
● Nunca	4



ILUSTRACIÓN 63 - TIEMPO DE MASIFICACIÓN DE USO DE LAS TECNOLOGÍAS DEL METAVERSO

11. ¿Qué probabilidades hay de que pagues un abono extra a tu proveedor de Internet por un servicio dedicado al Metaverso?

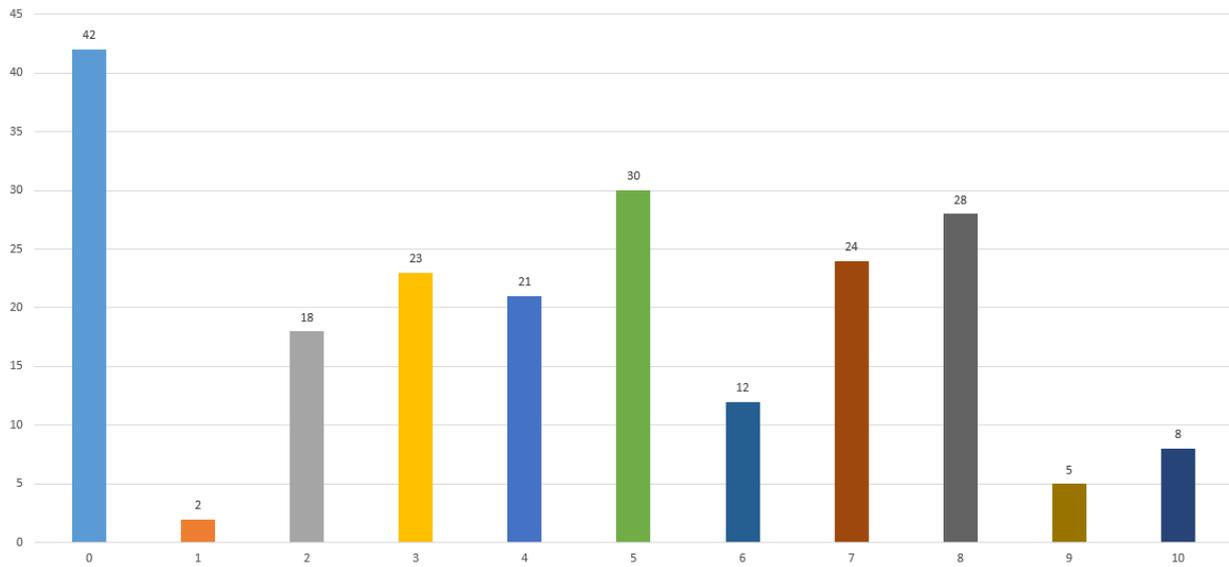
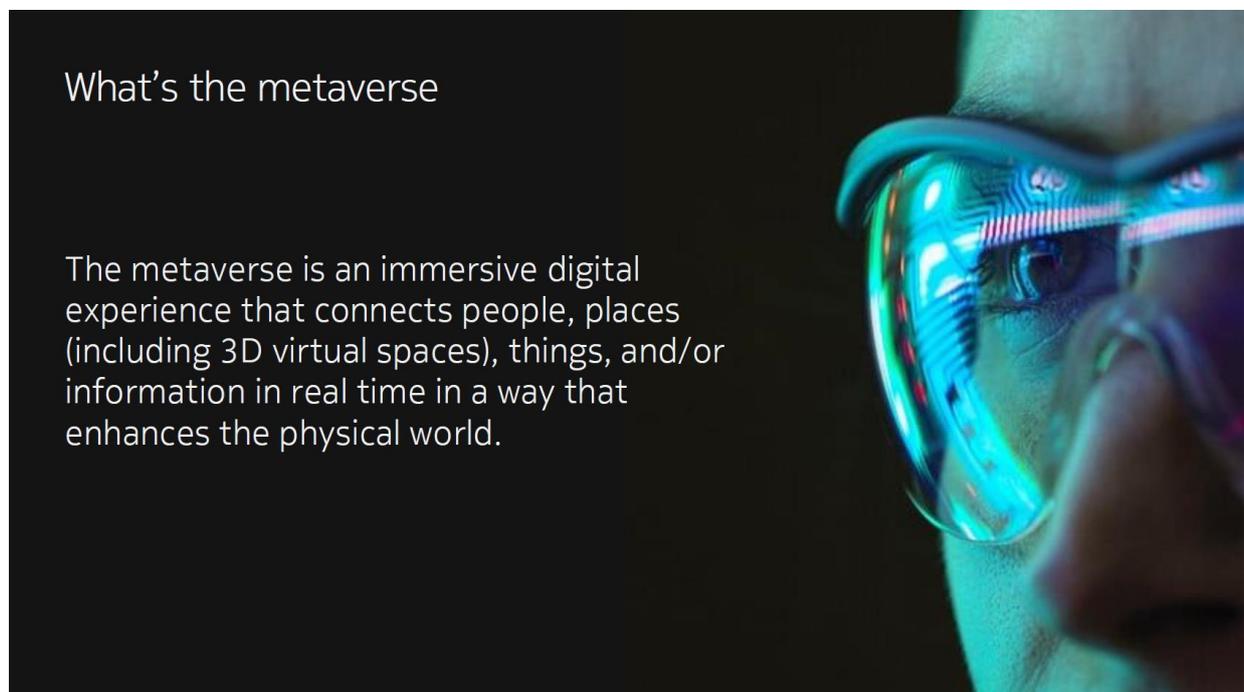


ILUSTRACIÓN 64 - PROBABILIDAD DE PAGO EXTRA AL ISP

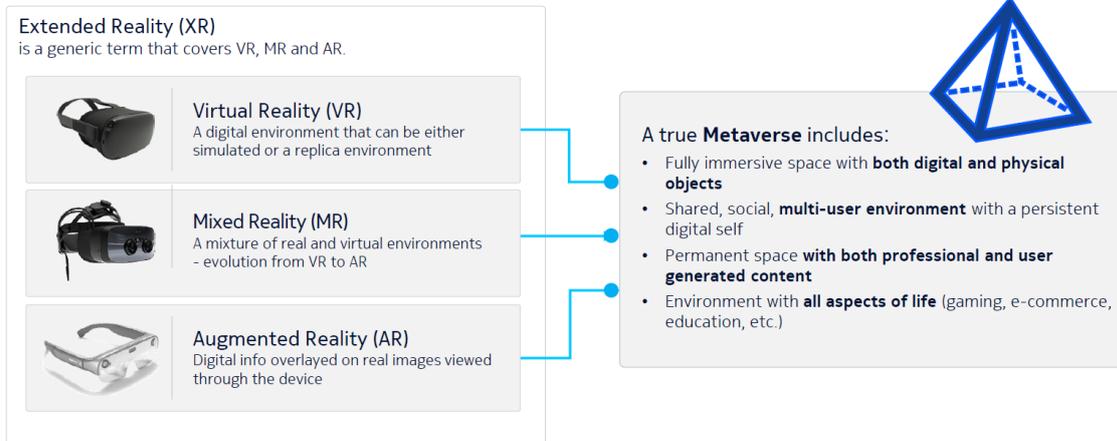
ANEXO 3 – METAVERSE ERA MARKET TRENDS

En el mes de mayo de 2023, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Nokia organizó un evento a cerca del Metaverso y su visión de futuro (Cardoso, 2023). La charla técnica fue dada por Wilson Cardoso (PhD) quien es el CTO de América Latina de Nokia.

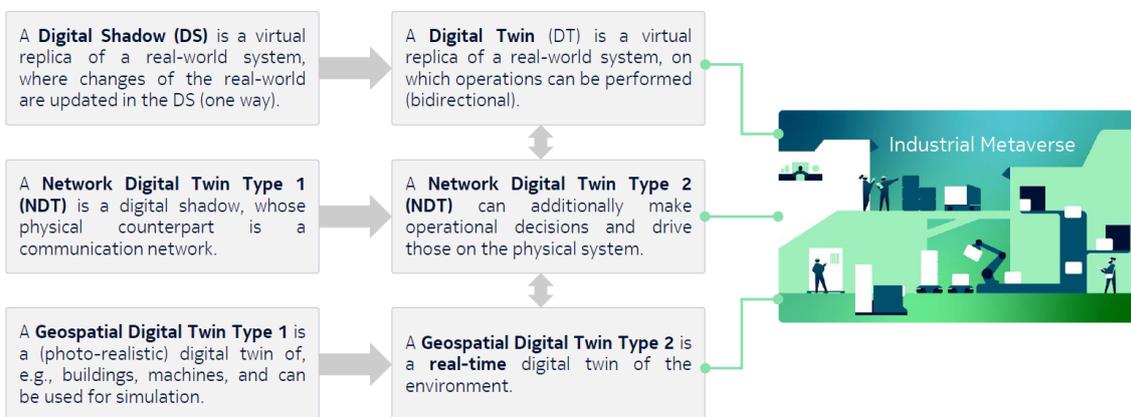
Incluimos una copia de la presentación a modo de referencia ya que ha sido citada a lo largo del trabajo.



Metaverse, often confused with XR, is much wider in scope



Digital Twins evolutions to support the Metaverse



Why Industrial metaverse is ahead of the consumer?



Metaverse for industry : an appealing cost VS benefits trade-off

- Several use-cases with immediate RoI
- Affordable prices for industries
- Increased safety and optimization



Closer to deployments at scale



Metaverse for consumer : still in early adopters phase

- Gaming centric initially
- Price, QoE and form factors require further improvements for mass scale deployments



Still need a technological and usage breakthrough

5 © 2023 Nokia



Metaverse platform deployment roadmap	Pre-Metaverse 2020-2024	Industry & Enterprise Metaverse – 2024+	Consumer Metaverse 2026+	Universal Metaverse 2030+
Experience	Basic maintenance and remote applications	Digital-Twin augmented applications	Cross-Domain applications	Universal Metaverse – devices and services proliferation.
	VR Gaming and static AR services	Immersive real-time AR communications services	Seamless MR services in mobility	
	Bulky form factor	Bearable form factor	Light and Disruptive form factors	Seamless human experience
Infrastructure	Physical controls, Hands/Eyes tracking	Multi-sensors interface, possibly with haptics		
	5G, 25G PON, Wi-Fi 5/6	5G-NPNs, 25/50G PON, Wi-Fi 6/7	5GA, 50G PON, Wi-Fi 6/7, L4S	5GA/6G, 100G PON, Wi-Fi 7/8, L4S
Network reqs.	Centralised clouds, some hw acceleration (incl GPUs)	Enterprise edge with GPUs and other hw acceleration	Metro edge with GPU and other hw acceleration	Mix of far and metro edge, cloud aware networks
	5-10 Mb/s 50-125ms latency	10-25Mb/s Up to 30ms latency	25-100Mb/s Up to 50ms latency	More than 100Mb/s Less than 30ms latency
Offload vs Local	Local device offload (PC, smartphone)	Local edge server offload (on-prem cloud)	Metro edge offload (hyperscalers)	Local capabilities + dynamic offload (from local to far edge)
	A/V encode/decode (HW)	XR specific hardware acceleration		
Digital-Twin	Siloed digital twins (IoT focused)	Federation of small twins, Geospatial and NDT	Fully federated twins with semantic support	Fully digitalized world
Immersion	VR	17 PPD, 80% of FOV	40 PPD, 80% of FOV	
	AR	30% of FOV	45% of FOV	
Content Complexity	Same as low-end games, real world capture	Same as AAA games, medium vertex density with partial ray-tracing		Photorealistic, high vertex density, full ray tracing

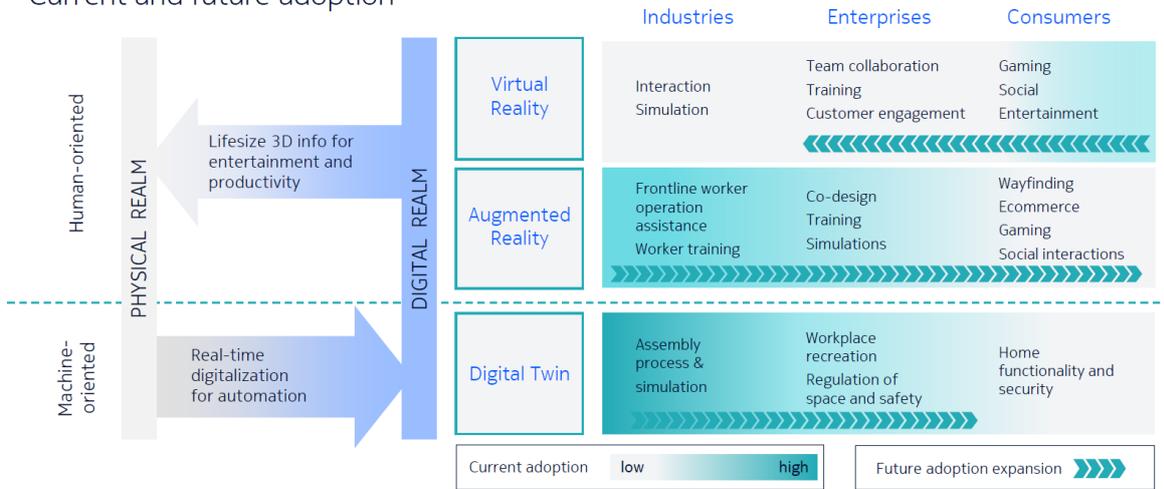
6 © 2023 Nokia

FOV: Field of View, PPD: Pixel per Degree



Consumer, enterprise and industrial Metaverse

Current and future adoption

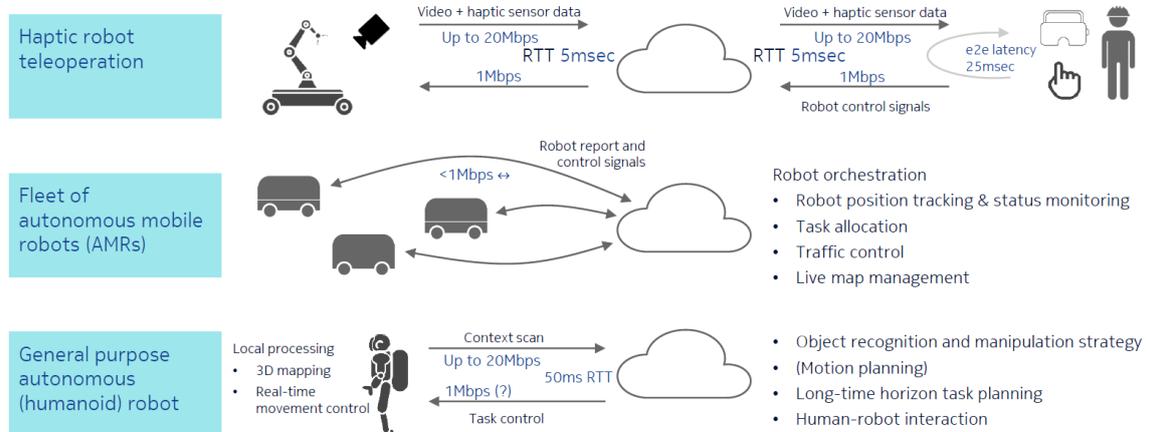


7 © 2023 Nokia



Industrial metaverse: robotics

Network requirements/ traffic patterns



Industrial metaverse: IoT Sensing

Network requirements/ traffic patterns



Demands of XR

A challenging mix of download surges with low latency high-bandwidth streams

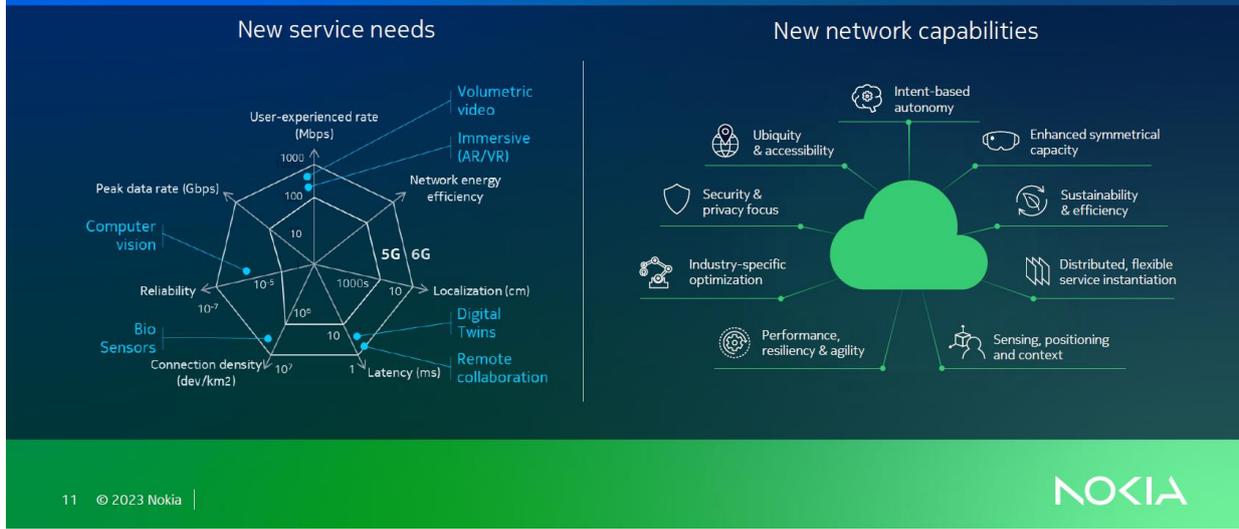
3D asset downloads	Up to 200 Mbps peak download	Download surges of 3D objects and avatars before rendering
Cloud rendering	20-70 Mbps Consistent 10-50 ms	For high-quality visuals in gaming, collaboration, ecommerce...
User synchronization	0.5 Mbps up and down 50 ms	Object and avatar interaction (including voice) ~ multi-user gaming
Streaming volumetric video	10-20 Mbps 50 ms	3D video of people: performances, fashion, presentations
Cloud processing for world understanding	1-20 Mbps upstream sessions of 1s-10min	Upload of captured environment for positioning & advanced semantics that are too complex for local processing.
API	<ul style="list-style-type: none"> Sandbox traffic simulation to elevate application performance before deployment Secure coordination between network and multi-cloud resources 	

Demands of digital twin & robots

Substantial upload traffic for sensing and ultra-low latency streams for control

Low power sensors	100 kbps UL connectionless	Smart city parking and garbage bins, air quality monitoring, rural sensing
Robot world understanding	1-20 Mbps UL 1 Mbps DL 50 ms	Object recognition, motion/grasp/task planning
High bandwidth sensors	5-20 Mbps UL 50ms	Security and monitoring cameras in cities, factories, ports
Autonomous mobile robot fleet orchestration	1 Mbps UL & DL 50 ms	Traffic control, task allocation, live map mgmt.
Low latency sensors	1-10 Mbps UL 1-5ms	Automation control loops Robot safety and equipment anomaly
Haptic robot teleoperation	5-20 Mbps UL 1 Mbps DL 1-5 ms	Remotely operated robots for inspections, production, emergencies, delivery
APIs	<ul style="list-style-type: none"> Bandwidth evaluation/reservation Latency-jitter evaluation/optimization Real-time connectivity performance/coverage Sandbox traffic simulation Precision location <10cm Device presence & connectivity mode Passive sensing of people/objects Energy consumption 	

Why does the Metaverse matter for network evolution? ...network will be key to realizing these opportunities



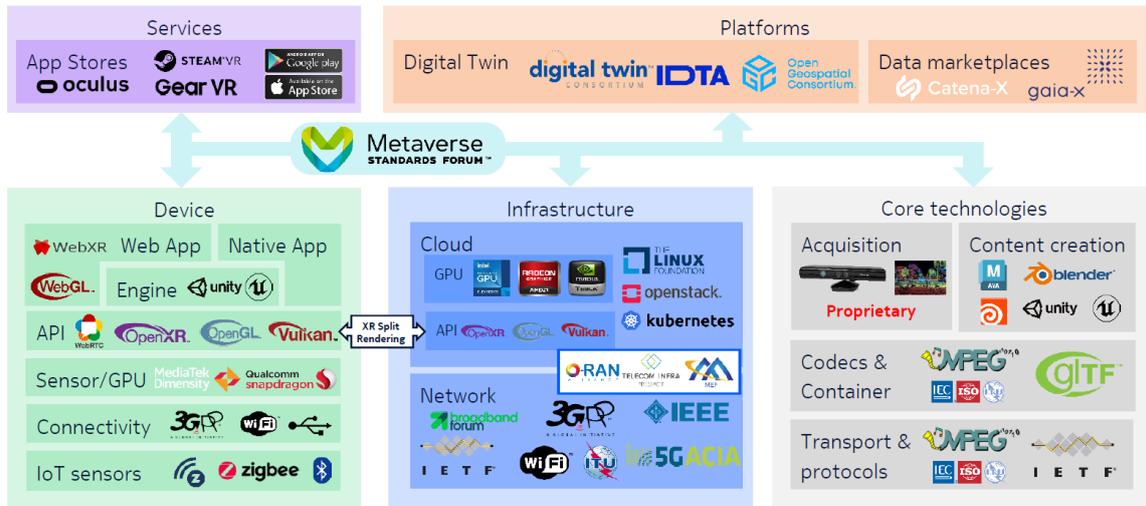
Metaverse is a long journey, 5G/5GA and the road to 6G

Examples only

Video 	High quality video	XR, a fully immersive user experience while on the move	Holographic
Digital twins 	Digital twin of an engine	Digital twin at a larger scale (e.g., a vertical farm)	Digital twin of cities and even humans with real-time synchronous updates
Localization & sensing 	Data communication & control	Provide precise location & timing services that complement GNSS	Network with a 6 th sense



Industry and ecosystem landscape for Metaverse



13 © 2023 Nokia



Recommendations for future work

<p>Increase our focus on Metaverse, building common understanding and having a vision for the future</p>	<p>Identify and promote existing work that's applicable for 5G enabled metaverse</p>	<p>Collect and study application and device requirements related to 5G and 5GA</p>	<p>Watch carefully standardization bodies</p>
--	--	--	---

14 © 2023 Nokia





NOKIA