

Gemelos digitales, metaverso y cognición mediada. Sistemas de captura para el desarrollo de ambientes digitales

Jesús Alejandro Guzmán Ramírez⁽¹⁾ y
Edwin Mauricio Hincapié Montoya⁽²⁾

Resumen: En el contexto del metaverso, los sistemas de captura digital 3D pueden desempeñar un papel crucial para dar vida a los avatares, personajes y escenografías dentro de entornos virtuales. Los sistemas de captura y respuesta a interacciones en tiempo real logran una experiencia cada vez más inmersiva y realista. Esto es especialmente relevante para la interacción social y la representación de comportamientos humanos naturales en el entorno digital.

Sin embargo, el concepto de un “metaverso”, o esta idea de una suerte de mundo paralelo de niveles digitales o hablar de la capacidad del ser humano de poder migrar o hibridarse en mundos digitalizados no es nueva. La ciencia ficción ha sido durante mucho tiempo un campo fértil para la exploración de conceptos futuristas y visiones audaces de la interacción entre la humanidad y la tecnología.

Todo esto ha sido relevante gracias al gran desarrollo tecnológico evolucionando progresivamente y que ha permitido pasar de un escenario de acceso muy reducido a la posibilidad de que una gran cantidad de personas a niveles populares, cerrando de manera nunca vista la brecha tecnológica, impactando la posibilidad de tener en manos del usuario común los dispositivos de producción, sino la posibilidad de crear narrativas e historias cada vez más propias al ciudadano común.

Palabras clave: Metaverso - Sistemas de captura - Gemelos virtuales - Mundos digitales - Nuevas narrativas - Cognición mediada - Realidades mixtas - Captura digital - Industria Manufacturera - Tecnología Inmersiva

[Resúmenes en castellano y en portugués en las páginas 235-236]

⁽¹⁾ **Jesús Alejandro Guzmán Ramírez** es Doctor en Diseño y Creación. Magister en Diseño y Creación Interactiva, Especialista en video y tecnologías digitales off-line y on-line y Diseñador Visual de la Universidad de Caldas. Realizador Profesional en Animación 3D del Image Campus de Buenos Aires. Ha trabajado como diseñador profesional para diferentes empresas a nivel nacional e internacional, así mismo ha sido docente de diversas instituciones educativas de educación superior en los niveles de pregrado y Maestría; actualmente es Docente titular de la Escuela de Artes y Humanidades de la Universidad EAFIT. Ha publicado artículos sobre realidad aumentada, videojuegos y procesos de desarrollo animado. Ilustrador, rigger, animador e investigador con ponencias en eventos nacionales e internacionales. En el momento es par académico del CNA Colombia y SINAES Costa

Rica, director de animación y evaluador de proyectos, textos científicos y productos de investigación en diferentes universidades del país. Líder del grupo de investigación Estudios de la Imagen (Categoría B de Colciencias de la Universidad Jorge Tadeo Lozano) entre los años 2015-2019, investigador asociado de Colciencias, y fue miembro de Iconos & Bastones (Categoría C de Colciencias de la Universidad Cooperativa de Colombia) desde el año 2007 a 2020.

⁽²⁾ **Edwin Mauricio Hincapié Montoya** es Doctor en Ciencias de Ingeniería con 23 años de experiencia en academia e investigación, actualmente se desempeña como profesor asociado del área de creación de la Escuela de Artes y Humanidades de la Universidad EAFIT. Reconocido como Investigador Senior por MinCiencias, se destaca en la coordinación de proyectos y gestión de recursos para investigaciones con resultados gubernamentales reconocidos. Ha ejercido como vicerrector de investigación, docente en ingeniería y director de OTRI, gestionando fondos internacionales y nacionales, incluyendo el programa FP7 de la UE. Experto líder en equipos de transmedia, especializado en comunicación y creación de narrativas en entornos de realidad virtual y aumentada. Con experiencia en todas las fases del TRL, desde la conceptualización hasta la comercialización, ha contribuido a la obtención de 5 patentes y desarrollado 5 adicionales.

Introducción

La captura digital 3D y los mundos digitales son conceptos que provienen de un legado tecnológico que ha cambiado nuestra forma de interactuar con la realidad y el espacio virtual. Este legado se inicia con la estereoscopia, una técnica que permite recrear la percepción de profundidad a partir de imágenes bidimensionales, basada en nuestra habilidad natural de visión binocular. Charles Wheatstone, pionero en este campo, abrió la puerta al estudio de la visión binocular mecanizada, cuyas aplicaciones han diversificado su uso en múltiples áreas como la medicina, el patrimonio cultural, la industria del entretenimiento y más.

La evolución de la fotogrametría desde sus inicios con Albrecht Meydenbauer hasta su adaptación actual muestra una trayectoria de creciente complejidad y precisión en la captura de imágenes 3D. Los avances han permitido la transición de tecnologías primitivas hacia sistemas 3D en tiempo real, integrando cada vez más la inteligencia artificial y la realidad aumentada para enriquecer y expandir sus aplicaciones.

En el ámbito de los gemelos digitales, la democratización de la tecnología representa una apertura hacia la inclusión y la igualdad en el acceso a herramientas de simulación y análisis avanzados. Este proceso trasciende lo técnico y aborda factores socioeconómicos fundamentales para la adopción generalizada de estas tecnologías. La interoperabilidad y la estandarización son claves en este proceso, permitiendo una colaboración más estrecha entre distintos sistemas y usuarios.

El metaverso, un término acuñado por Neal Stephenson, se está estableciendo como un entorno virtual inmersivo donde convergen realidades alternativas y narrativas enriquecidas. Los gemelos digitales y la cognición mediada son conceptos que se exploran en la ciencia ficción y se están integrando en la práctica y estudio científico-tecnológico actual, ampliando el horizonte de lo posible en términos de identidad y experiencias humanas.

Latinoamérica, con su conjunto único de desafíos y oportunidades, se enfrenta a la necesidad de mejorar la infraestructura digital y trabajar en la capacitación y educación para poder participar en la economía del metaverso y beneficiarse de la tecnología de gemelos digitales. Las mejoras en eficiencia, productividad y gestión sostenible demostradas por estudios en la región señalan un futuro que crucial para la inversión y la adaptación tecnológica.

Finalmente, los futuros posibles y las rutas de un mundo integrado que propone el metaverso y los gemelos digitales abarcan una amplia gama de sectores y demuestran la importancia de la tecnología en una globalización más conectada. La adaptación estratégica de estas tecnologías asegurará que Latinoamérica no solo se adapte, sino que también lidere en el aprovechamiento de las oportunidades que el metaverso y los gemelos digitales presentan para un desarrollo sostenido y equitativo.

Los sistemas de captura digital 3D y mundos digitales

Para poder entender el desarrollo que se ha tenido en los ambientes digitales frente a la captura digital tridimensional, se debe acudir inicialmente al concepto de estereoscopia, el proceso natural de los humanos para generar profundidad mediante la visión binocular; bajo este principio, a partir de medios mecánicos se puede reproducir el efecto para generar imágenes que reproduzcan el mismo tipo de efecto pese a proyectarse o expuestas sobre elementos bidimensionales. “Este proceso se logra no solo de manera natural sino mediante el empleo de algunos mecanismos o procedimientos que involucran el uso de instrumentos o equipos, como los sistemas de visión paralela, visión cruzada, anaglifos, polarización, obturación, cascos de realidad virtual y monitor lenticular” (Cárdenas Quiroga *et al.*, 2015, p. 202).

La estereoscopia se empezó a estudiar específicamente gracias a los desarrollos de Charles Wheatstone a principios de 1830, que abrió el estudio de la visión binocular mecanizada, haciendo grandes y detallados avances que se tradujeron rápidamente a varios idiomas con aplicaciones que pasaron rápidamente a diversos campos de estudio, y que actualmente se implementan comercialmente (Wade, 2002). Como lo cita Cárdenas Quiroga *et al.* (2015, p. 203), la estereoscopia permite resultados que no son abordables por otros medios y ha logrado incursionar en campos de múltiple naturaleza como la visión de computadora o de máquina para corregir procesos industriales (Wang *et al.*, 2009), la captura para el mantenimiento de patrimonio cultural o la industria del entretenimiento (Beraldin *et al.*, 2005), análisis y procesamiento de imágenes (Ashutosh Gupta *et al.*, 2011), simulación de múltiples campos, salud (Augusto *et al.*, 2013), etc.

La migración de los sistemas de captura volumétrica al campo digital 3D se remonta a varias décadas y ha experimentado un gran desarrollo en el tiempo. En la década de 1960 se puede hablar de los primeros experimentos; los sistemas de captura 3D eran primitivos y se basaban en tecnologías como la fotogrametría, que utilizaba fotografías para medir distancias y crear modelos tridimensionales. Albrecht Meydenbauer (1834-1921), alemán considerado uno de los fundadores de la fotogrametría, publicó en 1878 “Photogrammetrie”, un trabajo seminal que sentó las bases teóricas de la fotogrametría terrestre (Grimm, 2021), que posteriormente empezó a ser utilizada desde la visión por computadora para hacer captura a través de la óptica y ser procesada digitalmente de manera muy básica.

En la década de 1970 se empieza a hacer un uso más decidido en la Industria Militar y Aeroespacial para el diseño y la evaluación de aeronaves y sistemas de armas. Autores como D. C. Ghiglia y M. D. Pritt (1998), Robert A. Schowengerdt (2006), o J. Chris McGlone (2013) entre otros, han contribuido a la literatura en el campo de la captura 3D, la fotogrametría y la teledetección, y sus obras a menudo incluyen información sobre la aplicación de estas tecnologías en contextos militares y aeroespaciales. Para la década de 1980 se hace un esfuerzo denodado en la implementación de escáneres láser y mejoras en la fotogrametría; se introdujeron escáneres láser para capturar nubes de puntos tridimensionales. La fotogrametría también mejoró con el uso de sistemas más avanzados para medir y modelar objetos (Kraus, 2007; Vosselman & Maas, 2010).

A partir de 1990 el desarrollo de la captura de imágenes 3D en tiempo real es factible y surgieron sistemas que abrieron la puerta a aplicaciones en campos como la realidad virtual y los videojuegos. En esta área nombres como Mark Billinghurst¹, Henry Fuchs², Ken Perlin³, Jaron Lanier⁴, Doug Bowman⁵, o Steve Mann⁶ son referentes en una comprensión más profunda del desarrollo de la captura de imágenes 3D en tiempo real y su aplicación en campos como la realidad virtual y los videojuegos. Para principios de los años 2000 se pueden evidenciar grandes avances en los procesos de captura de movimiento y la digitalización 3D para animación y juegos con sistemas que podían registrar el movimiento en tiempo real, siendo muy impulsado por equipos como Oculus Research (ahora parte de Facebook Reality Labs).

El nuevo milenio abre el escenario para el ingreso a mayor escala de las tecnologías de escaneo 3D, siendo más asequibles y portátiles. Los Desarrollos de empresas tales como FARO, Creaform, y Artec 3D se utilizaron para diversas aplicaciones, como la ingeniería inversa, la impresión 3D y la documentación del patrimonio cultural (Edl *et al.*, 2018). A medida que avanzan las últimas dos décadas los sistemas de captura digital 3D continuaron mejorando en términos de precisión y resolución. Se aplicaron en una variedad de campos, como la medicina, la arqueología, la arquitectura y la fabricación, integrándose cada vez más con otras tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y la realidad aumentada, para ofrecer soluciones más completas y avanzadas (Javaid *et al.*, 2020; Kraus, 2007; Muminović *et al.*, 2023; Woo, 2013; Zhao *et al.*, 2021).

Los sistemas de captura digital 3D y mundos digitales en la industria: manufactura, bienes y servicios

La revolución industrial 4.0 ha transformado radicalmente la forma en que las industrias operan, introduciendo tecnologías como la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y los sistemas de captura digital 3D. Estos avances han permitido la creación de gemelos digitales, una réplica virtual de un objeto físico o sistema, que se utiliza en diversos sectores fuera de la esfera del entretenimiento, especialmente en manufactura, bienes y servicios.

La captura de movimiento es una tecnología que se ha utilizado en diversas industrias más allá del entretenimiento, especialmente en la manufactura, bienes y servicios. En la siguiente tabla que resume algunas de las tecnologías utilizadas en la captura de movimiento en estas áreas, incluyendo sus características y aplicaciones típicas (*Ver Tabla 1*):

Tabla 1.

Tecnología	Descripción	Aplicaciones en la Industria
Sensores Inerciales (IMU)	Dispositivos que utilizan la combinación de acelerómetros, giróscopos y, en algunos casos, magnetómetros para detectar movimiento y orientación.	Análisis ergonómico en líneas de ensamblaje, formación de empleados, monitoreo de la salud y seguridad ocupacional.
Sistemas Ópticos	Utilizan cámaras y a menudo marcadores reflectantes o emisores de luz para capturar el movimiento en tres dimensiones.	Estudios de tiempo y movimiento, diseño de estaciones de trabajo, simulación de procesos de manufactura.
Sistemas Basados en Visión Artificial	Software que utiliza algoritmos para interpretar las imágenes capturadas por cámaras para analizar el movimiento sin la necesidad de marcadores físicos.	Monitoreo y optimización de procesos industriales, control de calidad, seguridad en el lugar de trabajo.
Escáneres 3D y LIDAR	Tecnologías que capturan información tridimensional del entorno o de objetos específicos a través de la emisión de luz y la medición de su reflejo.	Diseño de productos, control de calidad, planificación del layout de fábricas y almacenes.

Sensores de Fuerza y Presión	Dispositivos que miden la fuerza ejercida por un objeto o individuo, utilizados en combinación con otras tecnologías de captura de movimiento.	Evaluación de la interacción humano-máquina, diseño de herramientas y equipos ergonómicos.
Trajes de Captura de Movimiento	Trajes equipados con una serie de sensores que registran el movimiento del usuario en tiempo real.	Entrenamiento y simulación para tareas específicas, análisis de movimientos en la realización de tareas manuales.

En el sector de la manufactura, los gemelos digitales se han convertido en una herramienta esencial para el diseño, la simulación y la producción. Los sistemas de captura digital 3D permiten a las empresas crear modelos detallados de sus productos que pueden ser analizados y probados en un entorno virtual. Esto no solo reduce los costos y el tiempo de desarrollo, sino que también permite la detección temprana de errores y la optimización del diseño antes de la producción física. Según Tao, F., Cheng, J., & Qi, Q. (2019), los gemelos digitales en la manufactura pueden mejorar la eficiencia de la producción en un 20% y reducir los tiempos de inactividad en un 30%.

En la industria de bienes, los gemelos digitales están revolucionando la forma en que las empresas gestionan sus inventarios y cadenas de suministro. A través de la captura digital 3D, las compañías pueden crear modelos exactos de sus almacenes y productos, permitiéndoles optimizar el espacio de almacenamiento y la logística de distribución. Esto se traduce en una mayor eficiencia y una reducción de costos significativa. Además, como señalan Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2018), la integración de gemelos digitales en la cadena de suministro proporciona una visibilidad en tiempo real que mejora la toma de decisiones y la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o problemas de suministro.

En el ámbito de los servicios, los gemelos digitales están transformando el mantenimiento y la gestión de activos. Mediante la utilización de modelos 3D y datos en tiempo real, las empresas pueden realizar un seguimiento del estado y rendimiento de sus equipos, permitiendo un mantenimiento predictivo y la reducción de paradas no planificadas. Esto es particularmente relevante en industrias como la energética o la de servicios públicos, donde el tiempo de inactividad puede tener consecuencias significativas. Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihm, W. (2018) destacan que la implementación de gemelos digitales para el mantenimiento predictivo puede resultar en una disminución del 35% en los tiempos de inactividad y una reducción del 25% en los costos de reparación. Además, los mundos y los gemelos digitales están facilitando la personalización de productos y servicios. Los consumidores pueden interactuar con estos modelos digitales para

personalizar características y funciones de los productos, mejorando la experiencia del cliente y ofreciendo un valor añadido que distingue a las empresas de sus competidores. Sin embargo, la implementación de gemelos digitales y sistemas de captura digital 3D no está exenta de desafíos. La recopilación, gestión y análisis de grandes volúmenes de datos requieren inversiones significativas en tecnología y formación del personal. Además, la ciberseguridad se convierte en una preocupación primordial, dado que los gemelos digitales pueden ser objetivos de ataques cibernéticos que amenacen la integridad de los sistemas físicos y digitales.

En la siguiente tabla se muestra la evolución y aplicación de los gemelos digitales en diversas industrias, destacando los avances tecnológicos y el impacto significativo que han tenido en la optimización de procesos, la reducción de costos y la mejora del rendimiento y la calidad del servicio (Ver Tabla 2).

Tabla 2.

Año	Autor/Empresa /Universidad	Desarrollo Tecnológico	Impacto	Tecnología Utilizada	Bibliografía
2002	Michael Grieves	Introducción del concepto de Gemelo Digital	Fundamento teórico para el desarrollo de gemelos digitales	Modelado de sistemas y simulación	Grieves, M. (2002). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication.
2010	Siemens	Implementación de gemelos digitales en la manufactura de productos electrónicos	Mejora en la eficiencia y reducción de costos en la manufactura	Simulación de procesos y realidad virtual	Siemens (2010). Siemens implements digital twin technology for product design.
2013	General Electric	Uso de gemelos digitales para la optimización de turbinas de viento	Optimización del rendimiento y mantenimiento predictivo de equipos	Análisis de datos y machine learning	General Electric (2013). GE's Digital Wind Farm.
2016	NASA	Aplicación de gemelos digitales en misiones espaciales y mantenimiento de aeronaves	Mejora en la precisión de las simulaciones y reducción de riesgos	Simulaciones avanzadas y algoritmos de optimización	NASA (2016). NASA's Application of Digital Twin Technology.

2018	Bosch	Integración de gemelos digitales en sistemas de IoT para la industria automotriz	Aumento de la eficiencia operativa y personalización del servicio al cliente	IoT, análisis de datos y machine learning	Bosch (2018). Bosch's use of IoT and digital twins in the automotive industry.
2020	ABB	Desarrollo de sistemas de gestión de edificios basados en gemelos digitales	Optimización de la eficiencia energética y reducción de costos operativos	IoT, gestión de energía y simulación de sistemas	ABB (2020). Building management systems with digital twins.
2022	Tesla	Implementación de gemelos digitales en la producción y cadena de suministro de vehículos eléctricos	Mejora en la logística, producción y personalización de productos	IoT, inteligencia artificial y análisis de datos	Tesla (2022). Tesla's use of digital twins in electric vehicle production.

En conclusión, los sistemas de captura digital 3D y los mundos digitales están desempeñando un papel crucial en la transformación de la industria, especialmente en los sectores de manufactura, bienes y servicios. A pesar de los desafíos, los beneficios en términos de eficiencia, reducción de costos y mejora en la toma de decisiones son indiscutibles. A medida que estas tecnologías continúen evolucionando, es probable que su impacto y aplicabilidad se expandan aún más, redefiniendo las prácticas industriales en todo el mundo.

El sueño de una tecnología al alcance de todos

La democratización tecnológica a través del gemelo digital se refiere al proceso de hacer que la tecnología del gemelo digital sea más accesible y utilizable para un público más amplio, no solo limitado a expertos técnicos o grandes empresas. El gemelo digital es una representación digital de un objeto, sistema o proceso, que puede simular su comportamiento y características en tiempo real. Esta tecnología se ha utilizado en diversas áreas, como la industria, la salud, la educación y más.

La democratización tecnológica del gemelo digital es un tema que involucra no solo aspectos técnicos sino también sociales y económicos. La teoría de las revoluciones tecnológicas y la fase de despliegue de Carlota Pérez proporciona un marco para comprender cómo las tecnologías emergentes, como los gemelos virtuales, pueden integrarse en la sociedad y la economía a lo largo del tiempo, influyendo en la democratización tecnológica (Pérez, 2003, pp. 78-93).

La democratización implica hacer que la tecnología del gemelo digital sea asequible y fácilmente implementable para las PYMEs. Esto permite que empresas pequeñas se beneficien de las ventajas del gemelo digital en diseño, simulación y optimización de procesos.

A la par, la comunidad de código abierto ha desempeñado un papel importante en la democratización de la tecnología del gemelo digital. La creación de plataformas y herramientas de código abierto permite que un mayor número de personas acceda, contribuya y utilice la tecnología.

Con su trabajo en innovación abierta y el concepto de «usuarios innovadores», Von Hippel ha abogado por la participación activa de los usuarios en el desarrollo de tecnologías. En el contexto de gemelos virtuales, esto podría traducirse en una mayor participación y contribución de los usuarios finales en el diseño y uso de gemelos virtuales (Von Hippel, 2005). Con su concepto de “fabricación personal” y “Fab Labs” (laboratorios de fabricación), Gershenfeld ha promovido la idea de que la tecnología avanzada, incluidos los gemelos virtuales, puede estar al alcance de los individuos y comunidades, fomentando la democratización tecnológica. Tim O’Reilly, conocido por su trabajo en código abierto y web 2.0, ha abogado por modelos de negocio que permitan la participación activa y la contribución de la comunidad en el desarrollo de tecnologías. Este enfoque podría aplicarse al desarrollo de soluciones basadas en gemelos virtuales.

El desarrollo en UI/UX que se ha tenido progresivamente en diferentes tipos de plataformas virtuales ha ido permitiendo la democratización mediante el mejoramiento del diseño de interfaces de usuario más intuitivas y amigables. Esto facilita que personas con menos experiencia técnica puedan utilizar las herramientas de gemelos virtuales sin una curva de aprendizaje pronunciada. En este aspecto, la educación y capacitación es fundamental, pues la democratización se puede lograr mediante programas educativos y de capacitación que permitan a una variedad de profesionales adquirir habilidades en el uso de tecnologías de gemelos virtuales (Perez-Ramirez *et al.*, 2021; Shanka *et al.*, 2023). Esto incluye la formación en escuelas, universidades y programas en línea; es así como la incorporación de gemelos virtuales en campos como la medicina y la educación contribuye a su apropiación social. Por ejemplo, la simulación médica mediante gemelos virtuales permite a los profesionales de la salud practicar procedimientos en entornos virtuales antes de realizarlos en pacientes reales (Ustun *et al.*, 2020).

La adopción de plataformas en la nube ha aumentado significativamente en varios sectores, incluida la implementación de tecnologías de gemelos virtuales. Los gemelos virtuales, o gemelos digitales, permiten la creación de réplicas digitales de sistemas y procesos físicos que facilitan la simulación, análisis y optimización en diversos campos como la manufactura, la salud y las ciudades inteligentes.

Una de las principales ventajas de los gemelos virtuales en la nube es su capacidad para escalar servicios en línea con las necesidades actuales del negocio, proporcionando así una flexibilidad que no se podría conseguir con soluciones tradicionales (Wong, n.d.). Otra ventaja es la mejora en la colaboración entre equipos que se encuentran geográficamente dispersos, gracias al fácil acceso a los sistemas y datos desde cualquier ubicación. Para una adopción estratégica exitosa, es importante comenzar siempre centrándose en el cliente para crear bucles de retroalimentación que generen colaboraciones basadas en el proceso de crear, medir y aprender (Maqueira-Marín & Bruque-Cámara, 2012). Asimismo, es crucial tener un enfoque claro hacia el desarrollo de inventos digitales que prioricen la adopción.

La integración de gemelos digitales y la inteligencia artificial representa una nueva avenida para la investigación abierta y promete revolucionar la forma en que operamos en varios sectores como la manufactura, la salud y las ciudades inteligentes (Zayed *et al.*, 2023). Este tipo de innovación se alinea con el objetivo de las plataformas en la nube de facilitar la transformación digital y adaptarse a las necesidades cambiantes del mercado y los clientes. La estandarización de formatos y protocolos en el ámbito de los gemelos virtuales facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas y herramientas, permitiendo una mayor colaboración y utilización de la tecnología.

La democratización del gemelo digital busca garantizar que esta tecnología no esté reservada exclusivamente para grandes empresas o expertos en tecnología, sino que esté al alcance de una gama más amplia de usuarios, fomentando así la innovación y el avance en diversos sectores.

La democratización de los nuevos universos narrativos ¿el metaverso es esa utopía?

El concepto de democratización en el contexto de los nuevos universos narrativos hace referencia a la disponibilidad y accesibilidad de tecnologías emergentes, como el metaverso, para una amplia gama de usuarios. Esta democratización plantea la interrogante de si el metaverso puede ser considerado una utopía, un lugar ideal donde la tecnología empodera a las personas y brinda oportunidades igualitarias.

El metaverso, un entorno virtual inmersivo y persistente, ofrece la posibilidad de crear y explorar mundos narrativos ricos y complejos de una manera que antes solo era posible en la ciencia ficción. La adopción de tecnologías como la realidad virtual y la realidad aumentada está cambiando la forma en que nos comunicamos, colaboramos y experimentamos historias.

Según investigaciones realizadas, el metaverso puede mejorar la accesibilidad de laboratorios científicos y reuniones, así como también presentar oportunidades innovadoras para el diseño experimental, lo que resalta su potencial democratizador en el ámbito de la ciencia y más allá (Gómez-Zarzá *et al.*, 2023). De manera similar, la noción de «gemelos digitales» permite representaciones virtuales de humanos que combinan habilidades, conocimientos y atributos físicos, mostrando cómo la tecnología de gemelos digitales puede ir más allá de su uso en la industria manufacturera, potencialmente democratizando su aplicación a sistemas y humanos (Henz, 2021).

En cuanto a la narrativa y el metaverso, los avances en el desarrollo de nuevos paradigmas narrativos y modelos económicos implican una transformación de cómo interactuamos con las historias y cómo estas influyen nuestras vidas (Deniz, 2023; Dwivedi *et al.*, 2022). Además, la incorporación de tecnologías como blockchain y tokens no fungibles (NFTs) en el entorno del metaverso sugiere una nueva manera de verificar propiedad y realizar transacciones, lo que podría democratizar la economía digital.

Sin embargo, con esta visión futurista vienen ciertos desafíos y preguntas éticas. Por ejemplo, la incertidumbre legal y los problemas de adicción que el metaverso podría presentar

73, o las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad que surgen con la creación de entornos altamente inmersivos y personalizables (Weinberg, 2021).

El metaverso ciertamente señala hacia una democratización de los universos narrativos, proporcionando un espacio donde las barreras físicas son superadas y donde las experiencias y conocimientos pueden ser compartidos de manera global (Henz, 2021; PALOMO, 2022). No obstante, es fundamental abordar y mitigar los riesgos potenciales para garantizar que el metaverso evolucione de una manera que beneficie a todos, acercándose a la versión utópica que muchos imaginan (Bojic, 2022; Gómez-Zarà *et al.*, 2023).

Varios autores de ciencia ficción han explorado conceptos relacionados con el metaverso, los gemelos digitales y la cognición mediada en sus obras. Sus exploraciones han contribuido a la comprensión y especulación sobre cómo la tecnología puede afectar la percepción de la realidad y la naturaleza de la identidad humana. Estas nociones han evolucionado y han sido incorporadas en el discurso científico y tecnológico actual.

El concepto de metaverso fue acuñado inicialmente por el autor Neal Stephenson en su novela de 1992 titulada *Snow Crash* (Stephenson, 2000). En esta obra, Stephenson describe un entorno virtual colectivo que simula el mundo físico donde los usuarios pueden reunirse para jugar, socializar y trabajar (Polyviou & Pappas, 2023). Este término ha tenido un impacto significativo, inspirando a tecnólogos y teóricos al considerar las posibilidades de universos virtuales expansivos y persistentes, un vasto espacio virtual compartido por millones de usuarios, donde interactúan a través de avatares y exploran mundos digitales. La historia también presenta la idea de gemelos digitales, personajes virtuales que representan a los usuarios en el Metaverso.

Aunque no estrictamente originados en la ciencia ficción, los gemelos digitales se han relacionado con conceptos mencionados en obras de ficción futuristas. Si bien los gemelos digitales son representaciones virtuales de objetos o procesos del mundo real, se han mencionado en las artes de una u otra forma, implicando ese entrelazamiento entre lo físico y lo digital que caracteriza a los gemelos digitales en la actualidad. Un ejemplo en la ficción sería la novela *“Mirror Worlds”* de David Gelernter (1993), la cual presagia el desarrollo de modelos informáticos complejos que reflejan la realidad. En su novela *“Neuromancer”* (Gibson, 1984), Gibson popularizó el concepto de la *“Matrix”*, una realidad virtual global donde la información fluye y los hackers realizan incursiones. Aunque la obra se centra más en la ciberdelincuencia y la inteligencia artificial, también explora temas relacionados con la cognición mediada y la existencia de identidades virtuales. Aunque no se centra específicamente en el metaverso, muchas de las obras de Philip K. Dick (Dick, 2019, 2020), como *“Ubik”* (1969) y *“Valis”* (1981), exploran la naturaleza de la realidad y la percepción. Sus historias a menudo presentan mundos alternativos y realidades simuladas, lo que puede relacionarse con conceptos de gemelos digitales y cognición mediada.

En cuanto a la cognición mediada, autores de ciencia ficción como Philip K. Dick han explorado en profundidad cómo la realidad y la percepción pueden ser alteradas mediante la tecnología. Aunque no se refiere directamente a la cognición mediada como se entiende en contextos actuales, su obra invita a reflexionar sobre cómo la tecnología puede mediar y cambiar nuestra forma de procesar la realidad. En su serie *“Accelerando”*, Charles Stross (2005) presenta una visión futurista donde la humanidad se expande hacia el espacio y desarrolla formas avanzadas de realidad virtual y emulación de la mente. La serie aborda

temas de identidad digital, inteligencia artificial y la relación entre la mente humana y la tecnología. En su novela “Daemon”, Daniel Suarez (2009) explora un mundo donde la realidad virtual y los gemelos digitales juegan un papel crucial en una trama de intriga y manipulación tecnológica. La historia presenta un programa de inteligencia artificial que crea gemelos digitales de usuarios fallecidos, lo que plantea cuestiones éticas y filosóficas sobre la identidad digital y la cognición mediada.

Autores de ciencia ficción como Neal Stephenson y David Gelernter han proporcionado una rica fuente de inspiración e ideas que han encontrado lugar en la tecnología y la investigación actual. Sus visiones creativas ahora resuenan en los conceptos contemporáneos del metaverso y tecnologías como los gemelos digitales, influyendo en cómo imaginamos y construimos nuestro futuro digital. La contribución de estos autores a nuestro entendimiento de la cognición mediada, aunque menos directa, sigue siendo parte del diálogo entre la ciencia ficción y la realidad tecnológica que continuamos explorando hoy en día.

Escenario virtualizado de Latinoamérica en el metaverso y gemelos digitales

Latinoamérica en el escenario del metaverso y los gemelos digitales se perfila como un campo de oportunidades y desafíos únicos. La región enfrenta desafíos significativos relacionados con la infraestructura, el acceso a tecnologías avanzadas y la brecha digital, los cuales deben abordarse para una integración efectiva en el metaverso.

Uno de los principales desafíos para la implementación del metaverso en América Latina es la falta de infraestructura adecuada. Esto incluye la necesidad de redes actualizadas que soporten un tráfico de datos sustancialmente mayor y una redensificación de redes para avanzar con tecnologías como el 5G. En México, aunque un 67% de los hogares tiene acceso a banda ancha fija y el 83% a banda ancha móvil, aún existe un 33% de hogares sin conexión fija o móvil, lo cual limita el acceso y beneficio potencial del metaverso para esos habitantes (Cueto, 2022).

Por otra parte, estudios indican que casi el 90% de los trabajadores en países como Brasil, México y Colombia prefieren llevar a cabo reuniones en el metaverso que en plataformas actuales. Además, se estima que el metaverso contribuiría hasta el 5 % del PIB de Latinoamérica para el año 2031, por lo que es crucial que gobiernos y empresas privadas trabajen conjuntamente en estrategias para promover e integrar actividades económicas con las tecnologías de este (Marsden-Smedley, 2023).

A nivel de ciberseguridad y protección de datos personales, existen preocupaciones respecto a cómo se manejarán los datos sensibles de los usuarios dentro del metaverso. Este aspecto es de especial importancia cuando se toma en cuenta que dispositivos como los de realidad virtual o aumentada recogerán datos detallados sobre las acciones y entornos de los usuarios (Cueto, 2022). Los gemelos digitales son una aplicación de metaverso que tiene un gran potencial para transformar industrias en Latinoamérica. Ya se están utilizando en sectores como servicios financieros y minería. Por ejemplo, simulan maquinaria pesada o salas de emergencia virtual para entrenar a personal (Marsden-Smedley, 2023).

En resumen, Latinoamérica tiene ante sí una gran oportunidad con la llegada del metaverso y la adopción de gemelos digitales, pero para lograr una implementación exitosa, será fundamental abordar temas de infraestructura digital, ciberseguridad y equidad en el acceso a estas tecnologías. Además, el metaverso podría abrir nuevas posibilidades en campos como la educación, la formación empresarial y el entretenimiento, así como influir en el crecimiento económico y la creación de empleo (CLEGG, 2022; Cueto, 2022; Marsden-Smedley, 2023). La región está en una etapa de exploración y desarrollo respecto a estas tecnologías emergentes, y la colaboración entre los actores de la sociedad será clave para construir un futuro virtualizado inclusivo y próspero en Latinoamérica.

Es esencial que se trabaje en mejorar la infraestructura digital para soportar las tecnologías que componen el metaverso, tales como la realidad aumentada, la realidad virtual y la realidad mixta. En particular, es crítico incrementar el ancho de banda y minimizar la latencia para permitir experiencias verdaderamente interactivas y en tiempo real. Además, la adopción de la red 5G será una inversión significativa pero necesaria para garantizar una cobertura uniforme de alta velocidad a través de los países, vital para que el metaverso prospere en la región. La computación en el borde también jugará un papel importante en la reducción de la latencia y en la mejora de las operaciones de procesamiento de datos (Garrido, 2023).

Para participar activamente en la economía del metaverso, Latinoamérica necesita invertir en la capacitación de su fuerza laboral. En este sentido, existen iniciativas, como la alianza entre la Organización de Estados Americanos (OAS) y Meta, que buscan entrenar a jóvenes, mujeres y comunidades rurales e indígenas en tecnologías transformadoras como la realidad aumentada (D, 2023). Un enfoque en la educación y capacitación empírica en 3D, que trascienda las barreras geográficas, puede también brindar a los estudiantes de la región la oportunidad de adquirir conocimientos globales desde sus propios países (CLEGG, 2022). De acuerdo a Nick Clegg, presidente de Asuntos Globales de Meta, Latinoamérica está repleta de talento creativo, y países como Brasil y México están entre los 10 países que más utilizan el software Spark AR para desarrollar filtros de Instagram y Facebook; este es un indicativo del potencial creativo y emprendedor de la región (CLEGG, 2022). La implementación de políticas públicas que garanticen la inclusión y equidad en el acceso a las tecnologías es fundamental. Así, los avances no se concentrarán solo en las áreas urbanas, sino en las poblaciones en zonas rurales y comunidades de recursos limitados.

Los gemelos digitales están emergiendo como una tecnología clave en diversos campos y tienen un potencial significativo para transformar industrias y procesos de negocio en Latinoamérica. Múltiples estudios indican que esta tecnología podría traer notables mejoras en eficiencia y productividad, así como facilitar transiciones hacia una gestión más sostenible y personalizada.

Por ejemplo, un reciente estudio en Colombia reveló que utilizar gemelos digitales para planificar cirugías de próstata redujo el tiempo de operación en un 30% y el tiempo de hospitalización en un 40%. Además, evidenció que los pacientes tratados con planes basados en gemelos digitales experimentaron menos complicaciones postoperatorias, lo cual sugiere grandes beneficios en el sector de la salud en términos de eficiencia y seguridad para los pacientes (Neira, 2023).

Asimismo, se ha comenzado a aplicar esta tecnología fuera del ámbito de la salud. Muchas organizaciones que trabajan con gemelos digitales han observado una mejora del 15% en métricas operativas y de ventas clave, y una mejora superior al 25% en el rendimiento del sistema, lo que indica un impacto positivo potencialmente amplio en sectores industriales y de negocios en la región (Messe, 2022).

Es importante destacar que la adopción de plataformas basadas en la nube es fundamental para facilitar el acceso a la tecnología de gemelos digitales. Este tipo de infraestructura permite que las herramientas estén disponibles desde cualquier lugar con conexión a internet, lo que contribuye a la escalabilidad y a la democratización del acceso a estas tecnologías (Neira, 2023).

En general, aunque la inclusión de gemelos digitales en Latinoamérica se puede considerar todavía en una fase inicial, los estudios indican que la aplicación de esta tecnología está produciendo resultados prometedores en varios sectores. Estos hallazgos señalan un futuro en el que el impacto de los gemelos digitales en la región podría ser aún más significativo, especialmente si las inversiones y adopciones tecnológicas continúan expandiéndose y adaptándose a las necesidades y desafíos locales (Messe, 2022; Neira, 2023).

Al considerar estos puntos, Latinoamérica no solo se adaptará al escenario virtual del metaverso, sino que podrá jugar un rol protagónico en su desarrollo y aprovechamiento a nivel mundial.

Posibles futuros y rutas en un mundo cada vez más integrado

El metaverso y la tecnología de gemelos digitales están marcando una nueva era de integración digital en varios sectores, incluyendo la salud, la industria y las smart cities. Es necesario analizar las rutas futuras y el impacto potencial de estas tecnologías en un mundo globalizado y conectado. Por ejemplo, cuando se habla de la Integración de Gemelos Digitales en el Metaverso, un texto de Lv Zhihan revela cómo los gemelos digitales están remodelando el mundo físico hacia un espacio virtual digital, proporcionando soporte técnico para la construcción del metaverso (Lv *et al.*, 2022). Ofrece una perspectiva de cómo los objetos podrían replicarse en micro, meso o macroscale dentro del metaverso.

Por otra parte, otro estudio se enfoca en los gemelos digitales médicos, destacando su rol en conectar el mundo físico con el metaverso, permitiendo a los pacientes acceder a servicios médicos virtuales (Moztarzadeh *et al.*, 2023). Este enfoque sugiere un camino hacia un metaverso de servicios de salud mejorado y personalizado. En la esfera industrial, se ha investigado el uso de tecnologías como la inteligencia artificial, los gemelos digitales y el metaverso para mejorar el mantenimiento y la capacitación, lo que podría ser indicativo de futuras rutas de integración del metaverso en el contexto de la Industria 4.0 y 5.0 (Bordogoni & Ferrise, 2023).

Es relevante señalar que Latinoamérica, como región en desarrollo, puede verse beneficiada por la adopción de estas tecnologías para enfrentar desafíos específicos. Aunque los estudios enfocados en la región específicamente puedan ser limitados, el potencial de aplicación y adaptación de los conceptos generales discutidos en estos artículos es significativo.

Estos estudios proporcionan una visión de cómo podrían evolucionar el metaverso y los gemelos digitales, así como las implicaciones para la integración de diversas áreas del conocimiento y la vida cotidiana en un mundo interconectado. Será clave cómo se implementen estas tecnologías considerando aspectos como el acceso a la conectividad y la preparación de las capacidades locales en Latinoamérica para aprovechar al máximo los beneficios del metaverso y los gemelos digitales.

Finalmente, este panorama deja una serie de campos en los cuáles vale la pena indagar y que se convierten en posibles rutas de desarrollo de investigación o exploración. Entre ellos podemos encontrar:

- La capacidad de independencia tecnológica que posee Latinoamérica para el desarrollo de aplicaciones, dispositivos y entornos propios de metaverso y gemelos virtuales en un futuro próximo.
- El desarrollo de políticas públicas (nacionales e internacionales) que vayan realmente a la par de las posibilidades (positivas y negativas) de todas estas nuevas aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana y su impacto a nivel social y cultural.
- La integración real a un sistema multidimensional integral urbano y cotidiano que sea ajeno a las tendencias de marketing que pueden llegar a ser patologías de consumismo más que respuestas reales a procesos de inserción de cultura técnica y tecnológica.
- El verdadero cierre de la brecha tecnológica con la apropiación de dispositivos y aplicaciones menos costosas y flujos de trabajo más eficientes y rentables.

Notas

1. Ha trabajado en el campo de la realidad aumentada y virtual, explorando interfaces naturales y la integración de tecnologías de visualización en tiempo real. Es autor de varios artículos sobre realidad aumentada y sistemas interactivos. <http://empathiccomputing.org/publications/>
2. Investigador pionero en gráficos por computadora y realidad virtual. Sus contribuciones han abordado temas como la visualización en tiempo real y la interacción en entornos virtuales. <https://cs.unc.edu/person/henry-fuchs/>
3. Desarrollador del algoritmo de ruido Perlin, que ha sido fundamental en la generación de gráficos y texturas en tiempo real. Su trabajo ha influido en el campo de los gráficos por computadora y la realidad virtual. <https://cs.nyu.edu/~perlin/>
4. A menudo considerado uno de los padres de la realidad virtual, Lanier ha escrito sobre la interacción hombre-máquina y la experiencia virtual. Su obra "You Are Not a Gadget" aborda cuestiones relacionadas con la interactividad y la captura de movimiento. <https://proyectoidis.org/jaron-lanier/>
5. Experto en realidad virtual y entornos 3D interactivos. Ha escrito sobre temas como la interacción en entornos virtuales y la percepción espacial en la realidad virtual. <https://wordpress.cs.vt.edu/3digroup/author/dbowman/>

6. Conocido como el “padre de la computación posible”, Mann ha trabajado en interfaces de usuario y realidad aumentada. Su trabajo aborda la integración de imágenes en tiempo real en experiencias interactivas. <https://www.ece.utoronto.ca/people/mann-s/>

Referencias Bibliográficas

- ABB. (2020). Building management systems with digital twins. [Online]. Available: <https://new.abb.com/buildings>
- Ashutosh Gupta, S., Devakanth Naidu, T. P., Srinivasan, B., & Gopala Krishna. (2011). *A GPU Based Image Matching Approach for DEM Generation using Stereo Imagery*. INSTITUTE OF TECHNOLOGY, NIRMA UNIVERSITY.
- Augusto, M., Ferreira, T., Nataniel, S., Gusmão, S., & Spetzler, R. F. (2013). Realidade virtual e estereoscopia no ensino da neuroanatomia e neurocirurgia. *Arq Bras Neurocir*, 32(4), 211–231.
- Beraldin, J.-A., Picard, M., El-Hakim, S. F., Godin, G., Valzano, V., & Bandiera, A. (2005). Combining 3D technologies for cultural heritage interpretation and entertainment. *Videometrics VIII*, 5665, 108. <https://doi.org/10.1117/12.594226>
- Bojic, L. (2022). Metaverse through the prism of power and addiction: what will happen when the virtual world becomes more attractive than reality? In *European Journal of Futures Research* (Vol. 10, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40309-022-00208-4>
- Bordegoni, M., & Ferrise, F. (2023). Exploring the Intersection of Metaverse, Digital Twins, and Artificial Intelligence in Training and Maintenance. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 23(6). <https://doi.org/10.1115/1.4062455>
- Bosch. (2018). Bosch’s use of IoT and digital twins in the automotive industry. [Online]. Available: <https://www.bosch.com/>
- Cárdenas Quiroga, E. A., Yolanda, L., Martín, M., & Caycedo, A. U. (2015). La estereoscopia, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. *Revista Científica General José María Córdova*, 13(16), 201–219.
- Clegg, N. (2022, June 6). *El metaverso abre nuevas oportunidades para América Latina*. El País. <https://elpais.com/opinion/2022-06-06/el-metaverso-abre-nuevas-oportunidades-para-america-latina.html>
- Cueto, H. (2022, June 13). *Los principales desafíos que deben abordarse antes de implementar un metaverso en Latinoamérica*. Business Insider México. https://businessinsider.mx/principales-desafios-metaverso-latinoamerica_tecnologia/
- D, M. (2023, May 4). *Shaping the metaverse in Latin America and the Caribbean*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/shaping-metaverse-latin-america-caribbean-marinelly-diaz-saporiti/>
- Deniz, K. (2023). Metaverse and New Narrative Storyliving in the Age of Metaverse. In *The Future of Digital Communication* (pp. 39–56). Taylor & Francis.
- Dick, P. K. (2019). *Ubik*. Minotauro. https://businessinsider.mx/principales-desafios-metaverso-latinoamerica_tecnologia/

- Dick, P. K. (2020). *Valis*. Minotauro.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., Dennehy, D., Metri, B., Buhalis, D., Cheung, C. M. K., Conboy, K., Doyle, R., Dubey, R., Dutot, V., Felix, R., Goyal, D. P., Gustafsson, A., Hinsch, C., Jebabli, I., ... Wamba, S. F. (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>
- Edl, M., Mizerák, M., & Trojan, J. (2018). 3D Laser scanners: history and applications. *Acta Simulatio*, 4(4), 1–5. <https://doi.org/10.22306/asim.v4i4.54>
- Garrido, R. (2023, April 5). *¿Por qué América Latina debe prepararse para el metaverso?* NEWS AMERICA DIGITAL. <https://news.america-digital.com/por-que-debe-prepararse-america-latina-para-el-metaverso/>
- Gelernter, D. (1993). *Mirror Worlds or the Day Software Puts the Universe in a Shoebox... How It Will Happen and What It Will Mean*. Oxford University Press USA.
- General Electric. (2013). GE's Digital Wind Farm. [Online]. Available: <https://www.ge.com/renewableenergy/wind-energy/digital-solutions>
- Ghiglia, D. C., & Pritt, M. D. (1998). *Two-Dimensional Phase Unwrapping: Theory, Algorithms, and Software*.
- Gibson, W. (1984). *Neuromancer*. Ace Book.
- Gómez-Zará, D., Schiffer, P., & Wang, D. (2023). The promise and pitfalls of the metaverse for science. In *Nature Human Behaviour* (Vol. 7, Issue 8, pp. 1237–1240). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01599-5>
- Grimm, A. (2021). Albrecht Meydenbauer: Bauingenieur – Fotograf – Photogrammeter. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 89(5), 371–389. <https://doi.org/10.1007/s41064-021-00183-8>
- Grieves, M. (2002). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. White paper
- Henz, P. (2021, December 21). *A Virtual Utopia – Into the Metaverse*. <https://www.bbvaopenmind.com/>. <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/digital-world/a-virtual-utopia-into-the-metaverse/>
- Javaid, M., Haleem, A., Khan, S., & Luthra, S. (2020). Different flexibilities of 3D scanners and their impact on distinctive applications: An analysis. *International Journal of Business Analytics*, 7(1), 37–43. <https://doi.org/10.4018/IJBAN.2020010103>
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J., & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1016–1022.
- Kraus, Karl. (2007). *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*. De Gruyter.
- Ly, Z., Xie, S., Li, Y., Shamim Hossain, M., & El Saddik, A. (2022). Building the Metaverse by Digital Twins at All Scales, State, Relation. In *Virtual Reality and Intelligent Hardware* (Vol. 4, Issue 6, pp. 459–470). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.06.005>
- Maqueira-Marín, J. M., & Bruque-Cámara, S. (2012). Agentes impulsores de la adopción de Cloud Computing en las empresas. ¿Quién mueve la nube? *Universia Business Review*, 56–77.

- Marsden-Smedley, L. (2023, March 29). *The Metaverse in Latin America*. Fti Consulting. <https://www.fticonsulting.com/insights/articles/the-metaverse-in-latin-america>
- McGlone, J. C. (2013). *Manual of Photogrammetry* (6th ed.). ASPRS.
- Messe, H. (2022, June 2). *Gemelos digitales: agregar inteligencia al mundo real*. Capgemini. <https://www.capgemini.com/mx-es/insights/biblioteca-de-investigacion/gemelos-digitales-agregar-inteligencia-al-mundo-real/>
- Moztarzadeh, O., Jamshidi, M., Sargolzaei, S., Jamshidi, A., Baghalipour, N., Malekzadeh Moghani, M., & Hauer, L. (2023). Metaverse and Healthcare: Machine Learning-Enabled Digital Twins of Cancer. *Bioengineering*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/bioengineering10040455>
- Muminović, A. J., Smajić, J., Šarić, I., & Pervan, N. (2023). 3D Scanning in Industry 4.0. *Basic technologies and models for implementation of industry 4.0*, 231–240. <https://doi.org/10.5644/PI2023.209.10>
- NASA. (2016). NASA's Application of Digital Twin Technology. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/>
- Neira, P. (2023, April 28). *La revolución de los gemelos digitales en la salud: su impacto en Latinoamérica y los beneficios para Colombia*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/la-revoluci%C3%B3n-de-los-gemelos-digitales-en-salud-su-impacto-neira/>
- PALOMO, R. (2022, February 15). *Metaversos: nuevos mundos para la exploración de la metasociedad y la metaeconomía*. Telos. <https://telos.fundaciontelefonica.com/metaversos-nuevos-mundos-para-la-exploracion-de-la-metasociedad-y-la-metaeconomia/>
- Pérez, C. (2003). *revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*.
- Perez-Ramirez, M., Arroyo-Figueroa, G., & Ayala, A. (2021). The use of a virtual reality training system to improve technical skill in the maintenance of live-line power distribution networks. *Interactive Learning Environments*, 29(4), 527–544. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1587636>
- Polyviou, A., & Pappas, I. O. (2023). Chasing Metaverses: Reflecting on Existing Literature to Understand the Business Value of Metaverses. *Information Systems Frontiers*, 25(6), 2417–2438. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10364-4>
- Schowengerdt, R. A. (2006). *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing* (3rd ed.). Academic Press.
- Siemens. (2010). Siemens implements digital twin technology for product design. [Online]. Available: <https://www.siemens.com/global/en.html>
- Shanka, A. U., Tewari, V., Rahman, M., Mishra, A., & Bajaj, K. K. (2023). Impact of Virtual Reality (Vr) and Augmented Reality (Ar) in Education. *Tuijinjishu/Journal of Propulsion Technology*, 44(4), 1310–1318. <https://www.researchgate.net/publication/374998929>
- Stephenson, N. (2000). *Snow crash*. Gigamesh.
- Stross, C. (2005). *Accelerando*. Orbit Books.
- Suarez, D. (2009). *Daemon* (1st ed.). Signet Books.
- The evolution of 3D laser scanning: past, present and predictions*. (n.d.).
- Tao, F., Cheng, J., & Qi, Q. (2019). The digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3563–3576.

- Tesla. (2022). Tesla's use of digital twins in electric vehicle production. [Online]. Available: <https://www.tesla.com>
- Ustun, A. B., Yilmaz, R., & Karaoglan Yilmaz, F. G. (2020). *Virtual Reality in Medical Education* (pp. 56–73). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2521-0.ch004>
- Von Hippel, E. (2005). *Democratizing Innovation*. MIT Press.
- Vosselman, G., & Maas, H.-G. (2010). *Airborne and Terrestrial Laser Scanning* (1st ed.). CRC Press.
- Wade, N. J. (2002). Charles Wheatstone (1802-1875). In *Perception* (Vol. 31, Issue 3, pp. 265–272). <https://doi.org/10.1068/p3103ed>
- Wang, Y., Ma, H. S., Yang, J. H., & Wang, K. S. (2018). Industry 4.0: a way from big data to smart data. *Proceedings of the International Conference on Smart Industry and the Future of Engineering*, 123-128.
- Wang, Z., Zhang, F., & Quan, Y. (2009). On-machine 3D reconstruction using monocular stereo vision system. *2nd International Symposium on Information Science and Engineering, ISISE 2009*, 392–395. <https://doi.org/10.1109/ISISE.2009.12>
- Weinberg, Z. (2021, December 6). *El metaverso viene en camino y el mundo no está preparado*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2021/12/06/espanol/opinion/metaverso-desinformacion.html>
- Wong, Y.-K. (n.d.). *Digital Twins Built on a Cloud Platform Bring Much-Needed Benefits for Businesses*. www.abiresearch.com. Retrieved February 12, 2024, from <https://www.abiresearch.com/blogs/2023/12/12/cloud-based-digital-twin-benefits/>
- Woo, A. (2013). *Usage of 3D Scanners Towards 3D Model Creation in Simulation and Training*. <https://www.researchgate.net/publication/297471940>
- Zayed, S. M., Attiya, G. M., El-Sayed, A., & Hemdan, E. E. D. (2023). A review study on digital twins with artificial intelligence and internet of things: concepts, opportunities, challenges, tools and future scope. *Multimedia Tools and Applications*, 82(30), 47081–47107. <https://doi.org/10.1007/s11042-023-15611-7>
- Zhao, Y. M., Currie, E. H., Kavoussi, L., & Rabbany, S. Y. (2021). Laser scanner for 3D reconstruction of a wound's edge and topology. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 16(10), 1761–1773. <https://doi.org/10.1007/s11548-021-02459-1>

Abstract: In the context of the metaverse, 3D digital capture systems can play a crucial role in bringing avatars, characters and scenographies to life within virtual environments. Real-time interaction capture and response systems achieve an increasingly immersive and realistic experience. This is especially relevant for social interaction and the representation of natural human behaviour in the digital environment.

However, the concept of a “metaverse”, or this idea of a sort of parallel world of digital levels or talk of the ability of humans to be able to migrate or hybridise in digitised worlds is not new. Science fiction has long been a fertile field for the exploration of futuristic concepts and bold visions of the interaction between humanity and technology.

All this has been relevant thanks to the great technological development that has progressively evolved from a scenario of very reduced access to the possibility of a great number of people at popular levels, closing the technological gap in a way never seen before, impacting the possibility of having in the hands of the common user the production devices, but also the possibility of creating narratives and stories that are more and more proper to the common citizen.

Keywords: Metaverse - Capture systems - Virtual twins - Digital worlds - New narratives - Mediated cognition - Mixed realities - Digital capture - Manufacturing industry - Immersive Technology

Resumo: No contexto do metaverso, os sistemas de captura digital em 3D podem desempenhar um papel fundamental para dar vida a avatares, personagens e cenários em ambientes virtuais. Os sistemas de captura e resposta de interação em tempo real proporcionam uma experiência cada vez mais imersiva e realista. Isso é especialmente relevante para a interação social e a representação do comportamento humano natural no ambiente digital.

No entanto, o conceito de um “metaverso”, ou essa ideia de uma espécie de mundo paralelo de níveis digitais, ou a conversa sobre a capacidade dos seres humanos de migrar ou se hibridizar em mundos digitalizados não é nova. Há muito tempo, a ficção científica tem sido um campo fértil para a exploração de conceitos futuristas e visões ousadas da interação entre a humanidade e a tecnologia.

Tudo isso tem sido relevante graças ao grande desenvolvimento tecnológico que evoluiu progressivamente de um cenário de acesso muito reduzido para a possibilidade de um grande número de pessoas em níveis populares, fechando a lacuna tecnológica de uma forma nunca vista antes, impactando a possibilidade de ter nas mãos do usuário comum os dispositivos de produção, mas também a possibilidade de criar narrativas e histórias que são cada vez mais próprias do cidadão comum.

Palavras-chave: Metaverso - Sistemas de captura - Gêmeos virtuais - Mundos digitais - Novas narrativas - Cognição mediada - Realidades mistas - Captura digital - Setor de manufatura - Tecnologia imersiva
