

Postpuesta de diseño de un entorno de realidad virtual en el Metaverso aplicado a los sistemas de información en el sector agrícola

Postponed design of a virtual reality environment in the Metaverse applied to information systems in the agricultural sector (AgroVerso)

Luis Tonatiuh Castellanos Serrano

*Estudiante Doctorado en Sistemas de Información en
La Universidad de las Américas y del Caribe
Universidad Autónoma Chapingo
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio
en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCINACyC).
Chapingo, Edo. México. México
procesoslce@hotmail.com*

<https://orcid.org/0000-0002-1071-3923>

Pedro Damián Reyes

*Universidad de las Américas y del Caribe
Colima, Colima, México
damian@uacol.mx*

<https://orcid.org/0000-0003-1114-9612>

Ricardo Acosta Diaz

*Universidad de las Américas y del Caribe
Colima, Colima, México
acosta@uacol.mx*

<https://orcid.org/0000-0002-0179-2906>

María Victoria Gómez Águila

*Universidad Autónoma Chapingo
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio
en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCINACyC).
Chapingo, Edo. México. México
mvaguila@hotmail.com*

<https://orcid.org/0000-0001-9603-2856>

Resumen

El artículo propone la creación de un entorno virtual en el metaverso, llamado "AgroVerso", con el objetivo de optimizar los sistemas de información en el sector agrícola mediante tecnología de realidad virtual (VR). Este entorno busca facilitar el acceso, análisis y visualización de datos agrícolas en un espacio inmersivo, permitiendo la capacitación y experimentación sin riesgos físicos ni costos elevados. La metodología se basa en el diseño de un prototipo modular que utiliza interfaces de VR, integrando simulaciones para la interacción humano-computadora, evaluadas mediante cuestionarios aplicados a estudiantes de ingeniería agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo. Los resultados preliminares demuestran que el AgroVerso mejora significativamente la experiencia del usuario, facilitando el acceso a información clave y fomentando una mejor comprensión de las prácticas agrícolas avanzadas. En conclusión, el proyecto representa un avance hacia una agricultura más eficiente y sostenible, proporcionando una base sólida para futuras expansiones en el ámbito de la agricultura digital.

Palabras clave: Ecosistema-Virtual; RA, Interfaz Hombre-Computadora; Agricultura-Digital; Mundo-Virtual.

Abstract

The article proposes the creation of a virtual environment in the metaverse, called "AgroVerse", with the aim of optimizing information systems in the agricultural sector through virtual reality (VR) technology. This environment seeks to facilitate access, analysis and visualization of agricultural data in an immersive space, allowing training and experimentation without physical risks or high costs. The methodology is based on the design of a modular prototype that uses VR interfaces, integrating simulations for human-computer interaction, evaluated through questionnaires applied to agricultural engineering students at the Autonomous University of Chapingo. Preliminary results demonstrate that the AgroVerse significantly improves the user experience, facilitating access to key information and fostering a better understanding of advanced agricultural practices. In conclusion, the project represents a step towards more efficient and sustainable agriculture, providing a solid foundation for future expansions in the field of digital agriculture

Keywords: Ecosystem-Virtual; AR, Human-Computer Interface; Poultry-Digital; Virtual-World.

Introducción

El Metaverso en la Agricultura ofrece un espacio digital inmersivo que puede simular entornos agrícolas para la experimentación, la capacitación y la gestión de recursos, sin los riesgos o costos asociados al mundo real. Esta tecnología, emergente de la ciencia ficción, ha encontrado aplicaciones prácticas gracias a avances en RV, IA, y blockchain, ofreciendo un gran potencial para la innovación agrícola (Khan, *et al* 2019).

La Realidad Aumentada (RA) y su Aplicación en Agricultura superpone información digital al entorno físico, mejorando la toma de decisiones y la eficiencia operativa en el sector agrícola. Desde su introducción en aplicaciones industriales, la RA ha evolucionado para soportar la visualización de datos críticos de cultivos, análisis de terrenos, y formación avanzada (Jakobsen, *et al* 2018).

El impacto tecnológico en la sostenibilidad agrícola integra el metaverso y la RA, en la agricultura promete abordar desafíos críticos como la seguridad alimentaria y el cambio climático, mediante la optimización de recursos y la promoción de prácticas sostenibles (Vairinhos, 2014).

Existen algunas barreras y oportunidades para la implementación, aunque el potencial de estas tecnologías es vasto, su adopción enfrenta barreras como el acceso tecnológico y la resistencia al cambio. Superar estos obstáculos requiere no solo avances técnicos, sino también estrategias de capacitación y un marco regulatorio adecuado (Jakobsen, *et al* 2018).

Si bien han existido con anterioridad tecnologías que en su momento se vieron adelantados a su época y como tal conllevaron a fracasos financieros para algunas industrias, un ejemplo puede ser la tablet, tecnología que hoy en día es altamente aceptada por los usuarios, de igual forma el concepto de metaverso se encuentra en su etapa cronológica de maduración, los usuarios aceptan más las interfaces de VR a sus actividades diarias, al igual que los softwares que se desarrollan para estas tecnologías, si bien, el proyecto en el ámbito de la agricultura representa un nicho de investigación de la antesala de un Agroverso más complejo, al cual se pueden agregar con el tiempo diferentes herramientas para potencializar sus prestaciones, por el momento el

objeto de estudio se delimita a la incursión de los sistemas de información en la agricultura en los ecosistemas del metaverso, pero no por ello se delimita únicamente a esa aplicación.

Diseñar un prototipo de ecosistema espacial en el metaverso utilizando tecnologías de la realidad virtual a partir de simulaciones inmersivas con visores VR que pueden mejorar la experiencia de los usuarios para perfeccionar las prácticas de consulta de sistemas de información agrícola.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un prototipo de ecosistema espacial en un universo virtual que utilice tecnología de realidad virtual (VR) para facilitar y mejorar el acceso a los sistemas de información agrícola. AgroVerso tiene como objetivo proporcionar una plataforma que mejore las capacidades de consulta de datos en tiempo real, planificación de recursos y análisis de escenarios de los usuarios a través de una simulación integral, proporcionando así herramientas innovadoras para la toma de decisiones agrícolas. Este entorno virtual nos permitirá superar las limitaciones físicas y los riesgos asociados con la experimentación en el mundo real, proporcionando un espacio controlado y seguro que permite a los profesionales de la industria ver y manipular información de formas que antes eran imposibles.

El presente trabajo de investigación no se limita a la creación de AgroVerso como plataforma de consultoría. Su diseño modular y adaptable permite una futura expansión de su aplicación mediante la integración de herramientas adicionales para ampliar su funcionalidad y adaptarse a las necesidades cambiantes de la industria agrícola. Por lo tanto, AgroVerso es el primer paso en el desarrollo de un ecosistema agrícola digital con enfoque en la sostenibilidad, la educación y la eficiencia operativa. En última instancia, esta investigación ayuda a sentar las bases para un marco teórico y metodológico para el metaverso de la explotación agrícola que proporcione una propuesta de valor que responda a los desafíos técnicos y sociales de la agricultura moderna.

Objetivo

Diseñar un prototipo de ecosistema espacial en el metaverso utilizando tecnologías de la realidad virtual a partir de simulaciones inmersivas con visores VR que pueden mejorar la experiencia de los usuarios para perfeccionar las prácticas de consulta de sistemas de información agrícola

Método

Bajo una perspectiva general, en el presente trabajo se aborda bajo el uso del método científico, para ello se traza la siguiente metodología que se muestra en el Tabla 1.

Tabla 1. Método científico aplicado al desarrollo de sistemas computacionales

Observación	Proceso analítico de la problemática desde el punto de vista de la ingeniería, el cual permite cuantificar y cualificar el escenario de la problemática
Inducción	Proceso de razonamiento técnico que permite analizar el problema desde lo general a lo particular, permitiendo así trazar la ruta crítica de la posible solución y organizar el flujo de las parcialidades que componen la problemática
Hipótesis	Formulación de las premisas y preguntas de ingeniería de la problemática
Probar hipótesis	Haciendo uso del método científico se debe cuantificar los resultados para corroborar la falsedad, acierto o nulidad de las hipótesis planteadas. Para ello se deberán generar los instrumentos o métricas que permitan las evaluaciones
Demostración	De las hipótesis verdaderas se deberán diseñar los registros que sirvan de evidencia y acervo de la ruta técnica y metodología correcta que dio solución a la problemática
Conclusiones	Se deben estructurar las fases técnicas de la ruta de conocimiento que permitieron dar solución a la problemática

Fuente. Elaboración propia.

Este enfoque guía cómo se formula la pregunta de investigación, se recolectan y analizan los datos y se interpretan los resultados. En el contexto de un sistema de Realidad Aumentada (RA) para la agricultura digital, el enfoque investigativo es de naturaleza aplicada, interdisciplinaria y basada en el diseño, dado que se enfoca en la creación y evaluación de una herramienta tecnológica con un propósito práctico específico.

I. Aplicado

- a. La investigación se orienta hacia la solución de un problema concreto: mejorar la educación y el entrenamiento en la agricultura a través de la RA (Stokes, 1997).
- b. El trabajo se estructura en torno al desarrollo y evaluación de una herramienta tecnológica que tiene una aplicación directa en el campo agrícola.

II. Interdisciplinario

- a. Integra conocimientos de diversas disciplinas: informática, pedagogía, diseño gráfico, realidad aumentada y ciencias agronómicas (Repko, 2008).
- b. Fomenta la colaboración entre expertos de diferentes campos para crear una solución más completa y eficiente.

III. Basado en el Diseño (Design-Based Research, DBR)

- a. Se centra en el desarrollo y análisis sistemático de soluciones educativas en contextos reales (Barab & Squire, 2004).
- b. Iterativo: ciclos de diseño, implementación, análisis y rediseño para perfeccionar continuamente la aplicación de RA
- c. Pragmático: combina teoría y práctica para producir conocimiento útil y validar teorías en acción (Herrington, Reeves, Oliver, & Woo, 2004).

Por otro lado, una metodología válida para llevar a cabo el proceso de diseño de proyectos de software es basarse en los principios metodológicos de la *ingeniería de software*, la cual se puede resumir en los siguientes pasos:

I. Análisis de Requisitos

- a. Recolección de Requisitos: Interacciones usuarios finales para acopiar necesidades.
- b. Especificación de requisitos: Documento detallado de requisitos funcionales y no funcionales.

II. Diseño del Sistema

- a. Diseño Arquitectónico: Crear la estructura general del sistema.
- b. Diseño detallado: Definir la lógica de procesamiento y algoritmos específicos.

III. Implementación

- a. Codificación: Escribir el código fuente basado en el diseño detallado.
- b. Integración: Combinar diferentes módulos y realizar la integración de sistemas.

IV. Pruebas

- a. Pruebas Unitarias: Verificar cada módulo por separado.
- b. Pruebas de Integración: Asegurar que los módulos combinados funcionen juntos.
- c. Pruebas de Sistema: Evaluar el sistema completo.
- d. Pruebas de Aceptación: Confirmar que el sistema cumple con los requisitos del usuario.

V. Despliegue

- a. Implementación Inicial: Lanzamiento de una versión del sistema para su uso operacional.
- b. Despliegue Progresivo: Liberaciones incrementales en un entorno de producción.

VI. Mantenimiento

- a. Corrección de errores.
- b. Mejoras y optimización.
- c. Actualizaciones para cumplir con nuevos requisitos.

VII. Retiro del Sistema

- a. Planificación del fin de vida útil.
- b. Migración de datos y funcionalidades a nuevos sistemas (Pressman, 2010).

El presente trabajo al ser un prototipo de diseño arquitectura de software para crear un ecosistema espacial en el Metaverso, se aborda desde un enfoque cuantitativo donde las personas a través de la experiencia de usuario con la interfaz de interacción humano - computadora, evalúan el funcionamiento del proyecto, por ello los datos de obtención para evaluación empujan de forma nativa a formular datos de estudios a través de un instrumento de recolección.

En el proceso de selección de investigaciones cuantitativas se desglosa en 3 pasos importantes:

1. Definir cuál es el tipo de diseño más apropiado para la investigación: experimental, no experimental o múltiple.
2. Precisar el diseño específico.

3. Justificar el diseño elegido o desarrollado (Hernández *et al.*, 2014).

De este modo entre las categorías de tipos de investigaciones, el objeto de estudio se acota para realizar el diseño de la investigación en:

Figura 1. Estructura general de la investigación



Fuente. Elaboración propia.

Tipo de estudio

Hipótesis: ¿El diseño de un entorno espacial de realidad virtual en el metaverso para los sistemas de información en la agricultura, mejoraran la experiencia del usuario?

Variable dependiente (VD): Usuario e Interfaz Humano-Computadora

Variable Independiente (VI): Entorno espacial de realidad virtual en el Metaverso

Enfoque no experimental: Conocer a través de una encuesta de satisfacción la opinión de los usuarios sobre la experiencia de implementar un entorno espacial de realidad virtual en el metaverso como herramienta de soporte para los sistemas de información en la agricultura.

Población y Muestra

La Universidad Autónoma Chapingo, escuela líder en Latinoamérica especialista en temas agrícolas, que busca formar profesionales, docentes, investigadores y técnicos altamente

capacitados, con juicio crítico, nacionalista, democrático y humanístico; que como la propia UACH, respondan a un aprovechamiento racional, económico y social de los recursos agropecuarios, forestales y otros recursos naturales, a elevar la calidad de vida en los aspectos económico y cultural, especialmente de la población rural, y contribuir así, al desarrollo nacional soberano y sustentable (UACH, 2023)

Análisis de resultados; Métodos y modelos de análisis de los datos según tipo de variables

El universo poblacional para el entorno espacial del metaverso a estudiar se delimita bajo los siguientes aspectos:

- **Unidad de muestreo/análisis:** Universidad Autónoma Chapingo
- **Delimitación de la muestra:** Alumnos de la carrera de Ingeniería Mecatrónica Agrícola de 5to, 6to y 7mo año
- **Tipo de muestra:** Muestra Probabilística

Ordenando los datos y estableciendo en los criterios estadísticos los valores de cuantificación quedaron de la siguiente manera:

- **Tamaño del universo:** 234 alumnos
- **Error máximo aceptable:** 5%
- **Porcentaje estimado de la muestra:** 50%
- **Nivel deseado de confianza:** 95%

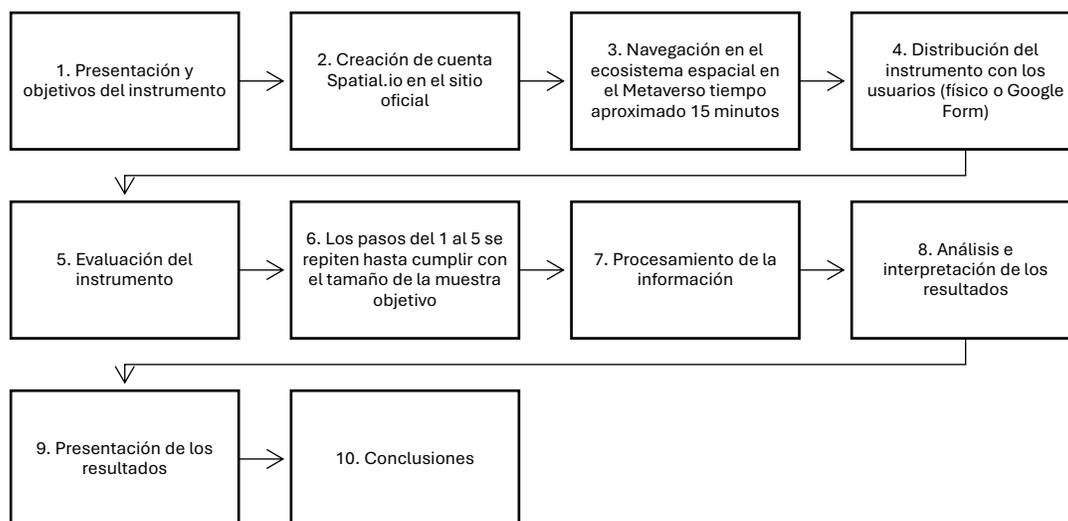
Empleando el software STATS®, un programa gratuito para analizar decisiones estadísticas, este software cuenta con la opción de “Sample Size Determination”, en el cual podemos computar los criterios anteriores. El tamaño de la muestra que el software STATS® nos indica es de 145 personas, dado que la población relativamente es pequeña, lo cual requiere aplicar el instrumento de evaluación a casi la mitad de los estudiantes, para así, evaluar la factibilidad del entorno virtual en el metaverso orientado a la agricultura.

Técnicas e instrumentos

En cuanto al instrumento de investigación se utilizó un cuestionario para estudiar la factibilidad del objeto de estudio.

El proceso para la aplicación del instrumento como se describe en el figura 2.

Figura 2. Estructura global del diseño del cuestionario



Fuente. Behar (2008).

Resultados y Discusiones

El en figura 3. Se muestra un mapa de la estructura general del proyecto de Agroverso, el cual está compuesto por 6 salas principales y un auditorio, las sala con los objetivos particulares de cumplir funciones específicas, ofrecen a los usuarios diferentes experiencias para cumplir de forma inmersiva o aptica según propósito de diseño:

Figura 3. Mapa general del proyecto de Agroverso



Fuente. Propia.

En el diseño del entorno virtual inmersivo se hizo uso de la interfaz Oculus Meta Quest 2, y como IDE de programación y diseño de ecosistema virtual Unity en su versión de 2021.3.37 para la coincidencia de todos los paquetes usados en la sinergia colaborativa del proyecto, en la siguiente tabla se describen los paquetes más importantes:

Tabla 2. Contenido del proyecto de Unity

Proyecto en Unity versión de 2021.3.37		
Paquete	Plugin	Versión
Packages – Unity	XR Plugin Management	4.4.0
	XR Interaction Toolkit	2.5.2
	Oculus XR Plugin	3.4.0
Packages – Asset Store	Meta XR All-in-One SDK	63.0.0
	Meta XR Interaction SDK OVR Samples	63.0.0
Packages – tlabaltoh	TLabVKeyborad	0.0.0
	TLabWebView	0.0.0

Fuente. Elaboración propia.

Resultados de realidad virtual en el metaverso

El proyecto se renderizó para ser probado desde la instalación de una APK (directamente en el visor) o haciendo uso de Meta Quest Link para vincularlo directamente con clave USB y Unity, en las figura 4 se puede observar una captura de imagen del entorno de realidad virtual en tiempo real.

Figura 4. Capturas de imagen de renderizado del Agroverso en el Oculus Quest 2



Fuente: Elaboración y autoría propia

Las líneas rojas que se observan son los XR Controller que interactúa con los mandos de Oculus Rift (Oculus, 2024), permitiendo al usuario moverse con los joysticks y botones habilitados para la navegación espacial.

En la figura 5 se logra observar las salas que componen al palacio del Agroverso, mismas que se describieron en la figura 3 con mayor detalle.

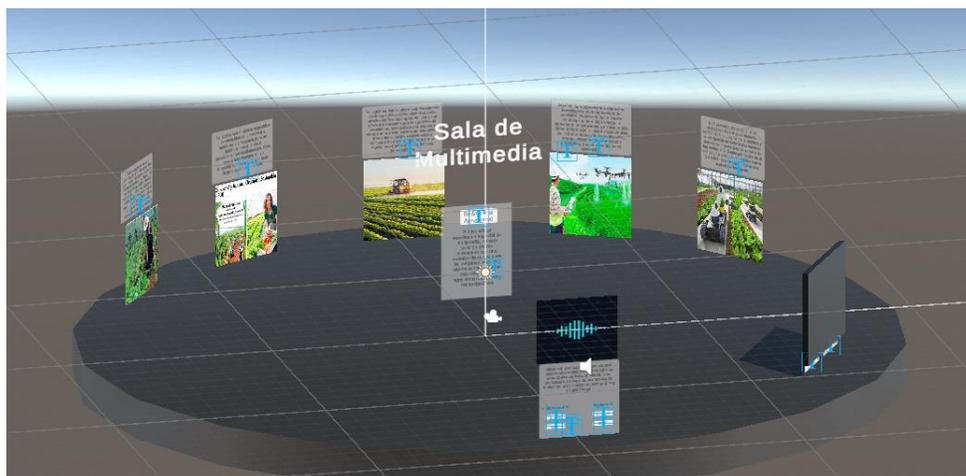
Figura 5. Seis salas que componen las subdivisiones del Agroverso



Fuente: Elaboración y autoría propia

Por otro lado, la figura 6 muestra una perspectiva isométrica de “Sala Multimedia”, el cual es su prototipo cuenta con carteles con información, un reproductor de video y también un reproductor de música.

Figura 6. Sala de Multimedia



Fuente: Elaboración y autoría propia

La Figura 4 muestra una vista isométrica de la “Sala de Prácticas Agronómicas”, donde se han instalado diversos dispositivos “XR Grab Interactable”, “Socket’s”, objetos de Canvas de formulario, etcétera, para generar una experiencia interactiva entre el usuario y los diferentes recursos que permitan vivir una experiencia dinámica de las prácticas más importante de la agronomía.

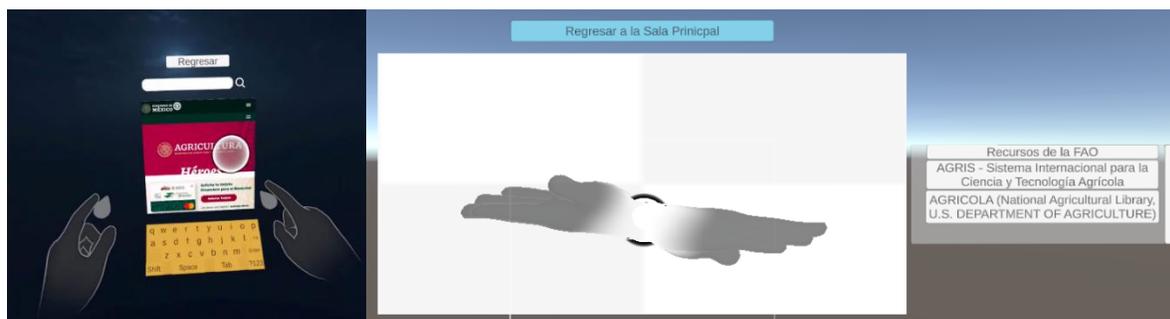
Figura 7. Sala de prácticas en la agronomía



Fuente: Elaboración y autoría propia

Finalmente, la figura 8 muestra la “Sala de base de datos en la agricultura”, en donde el entorno cambia para realizar un proceso háptico haciendo uso de la realidad virtual mixta al activar el Seguimiento de manos del Oculus (RedUSERS, 2019), esto permite al usuario estar en un entorno sin movimiento, donde puede interactuar si el uso de los Riff, permitiéndole realizar búsquedas web y también búsquedas predeterminadas de la información más importante que se encuentra en internet en materia de Agricultura.

Figura 8. Sala de bases de datos en la agricultura



Fuente: Elaboración y autoría propia

La configuración de la sala anterior se copia para las 3 salas restantes del ecosistema virtual y se ajustan en el backend y los forms a sus necesidades.

En el siguiente link se deja un enlace para descargar el video .MP4 comprimido en archivo ZIP donde se explica mejor los resultados:

- https://www.mediafire.com/file/e20fsuua0amozcz/Video_Proyecto_Final_LTCS_Agroverso.rar/file

Conclusión

La investigación en el desarrollo de AgroVerso muestra el gran potencial de los universos virtuales y la realidad virtual (VR) como herramientas innovadoras para optimizar los sistemas de información agrícola. El prototipo de ecosistema espacial desarrollado para el proyecto proporciona un entorno visual donde los usuarios pueden interactuar con información agrícola clave de manera integral, facilitando así la toma de decisiones informadas y mejorando la educación de la industria. A través de simulaciones interactivas y dispositivos de realidad virtual, los usuarios pueden superar las limitaciones del entorno físico y acceder a espacios controlados, lo que permite la exploración y manipulación de datos en tiempo real sin los riesgos asociados con los experimentos del mundo real.

Esta investigación proporciona un modelo inicial que aborda cuestiones de accesibilidad y alfabetización digital en una etapa temprana, y ofrece un enfoque modular que permite ampliar AgroVerso para incluir nuevas herramientas en el futuro. Su objetivo no sólo es mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad en la agricultura, sino también crear un marco que promueva la integración de tecnologías avanzadas en sectores clave de la seguridad alimentaria mundial. Como entorno agrícola virtual, AgroVerso es un paso hacia una Agricultura 5.0 más versátil y tecnológica y sienta las bases para futuras investigaciones en la intersección de los universos virtuales y la agricultura.

En general, este estudio avanza la viabilidad del uso de plataformas de realidad virtual en el entorno agrícola, proporcionando una propuesta innovadora y práctica para abordar los desafíos tecnológicos y de sostenibilidad que enfrenta la agricultura hoy en día.

Referencias

- Apple Corporation. Apps de productividad de Apple Vision Pro. (2024, febrero 22). Disponible en: <https://www.apple.com/mx/newsroom/2023/06/introducing-apple-vision-pro/>
- Barab, S. y Squire, K. (2004). Investigación basada en diseño: poner una apuesta en el suelo. *La Revista de Ciencias del Aprendizaje*, 13 (1), 1–14.
- Behar, D. (2008). Metodología de la investigación. Ed. Shalom. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1uSv7i8lpDSIVY19Grf-s0OiFEreLXJ3a/view>
- Doe, J. (2019). Aplicaciones de la realidad aumentada en la agricultura sostenible. *Revista de Innovación Tecnológica Agraria*, 11(2), 34–45.
- Galindo, H. (2020). Estadística para no estadísticos: una guía básica sobre la metodología cuantitativa de trabajos académicos. Volumen 59 de Economía, Organización y Ciencias Sociales. <https://drive.google.com/file/d/1HIU5TitPhQsL4gbWDUAKVohHRx3nk1jY/view>
- Hernández Sampieri, Roberto , Fernández Collado, Carlos , Baptista Lucio, María del Pilar (2014). Metodología de la investigación (6° ed.). México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. <https://drive.google.com/file/d/1Rzokzyh5HtqsceMTE9kq1-CTDhPlsgo/view>
- Jakobsen, C. L., Larsen, J. B., Nørlem, M. L., & Kraus, M. (2018). Improving user experience for lost heritage sites with a user-centered indirect augmented reality application. In A. L. Brooks, E. Brooks, & N. Vidakis (Eds.), *Interactivity, game creation, design, learning, and innovation* (Vol. 229, pp. 54–63). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76908-0_6. Issue June.
- Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Advances in Human-Computer Interaction*, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>
- Koutsabasis, P., Partheniadis, K., Gardeli, A., Vogiatzidakis, P., Nikolakopoulou, V., Chatzigrigoriou, P., & Vosinakis, S. (2021). Location-based games for cultural heritage: Applying the design thinking process. In *CHI Greece 2021: 1st international conference of the ACM Greek SIGCHI*. <https://doi.org/10.1145/3489410.3489419>.
- Oculus. (2024). Oculus.com. Recuperado el 26 de octubre de 2024, de https://www.oculus.com/rift-s/features/?locale=es_ES
- Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- RedUSERS. (2019). Oculus hará que las manos de los usuarios sean el único control necesario. (2019, septiembre 26). RedUSERS. <https://www.redusers.com/noticias/oculus-hara-las-manos-los-usuarios-sean-unico-control-necesario/>

- Repko, AF (2008). *Investigación interdisciplinaria: proceso y teoría*. Publicaciones sabias.
- Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México. McGRAW-HILL
- UACH. *Misión y Visión*. (2023, enero 1). Universidad Autónoma Chapingo. <https://chapingo.mx/mision-y-vision/>
- Vairinhos James, W. (1907). *Pragmatismo: un nuevo nombre para algunas viejas formas de pensar*. Nueva York: Longmans, Green y Co.
- Vargas Canales, J. M. (2022). El sector agroalimentario mexicano y las nuevas tecnologías. *E-Agronegocios*, 8(2), 89-113. <https://doi.org/10.18845/ea.v8i2.6156>