

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



MOOC MOBILE LEARNING

MÓDULO 4. Realidad extendida (XR) y sus posibilidades en educación.

4. 1 Realidad Aumentada

1. Introducción

La revolución tecnológica en la que nos hemos visto envueltos ha propiciado una progresiva introducción de tecnologías emergentes en el contexto educativo, entre las que cabe considerar la Realidad Aumentada (RA) (Roig-Vila et al., 2019), del inglés “*Augmented Reality*” (AR).

A partir de distintas investigaciones, se ha podido comprobar que la AR está ganando terreno en diferentes contextos, gracias a los beneficios que aporta. Uno de los ámbitos en los que más está destacando es en el campo educativo. Su implementación en las distintas etapas educativas ha sido posible gracias a la diversidad de aplicaciones y software de AR que existen (Montecé-Mosquera et al., 2017).

Si analizamos el impacto significativo que la AR ha tenido en la educación, comprobaremos que ha propiciado un cambio profundo en los paradigmas educativos.

2. Delimitación conceptual

La AR es una tecnología que introduce elementos virtuales en un escenario real a través de un dispositivo (Lorenzo y Scagliarini, 2018), se combinan elementos que vemos con otros que no existen, generando una dimensión paralela y complementaria a la realidad (Aznar et al., 2018; De la Horra, 2017). Además, “posibilita la interacción en tiempo real entre los usuarios y los contenidos aumentados creando una realidad mixta a través de un registro tridimensional generado a partir de imágenes reales, capaces de añadir nueva información visual a la ya existente” (Villalustre, 2020, p. 172).

A partir de lo anteriormente expuesto, cabe considerar las tres características principales, de la AR (Cozar et al., 2015):

1. Superpone elementos virtuales sobre la imagen real.
2. Interacción en tiempo real.
3. Las imágenes se proyectan en 3D.

Otro aspecto a tener en cuenta es el proceso de la realidad aumentada, como se puede apreciar en el siguiente diagrama (Figura 1).

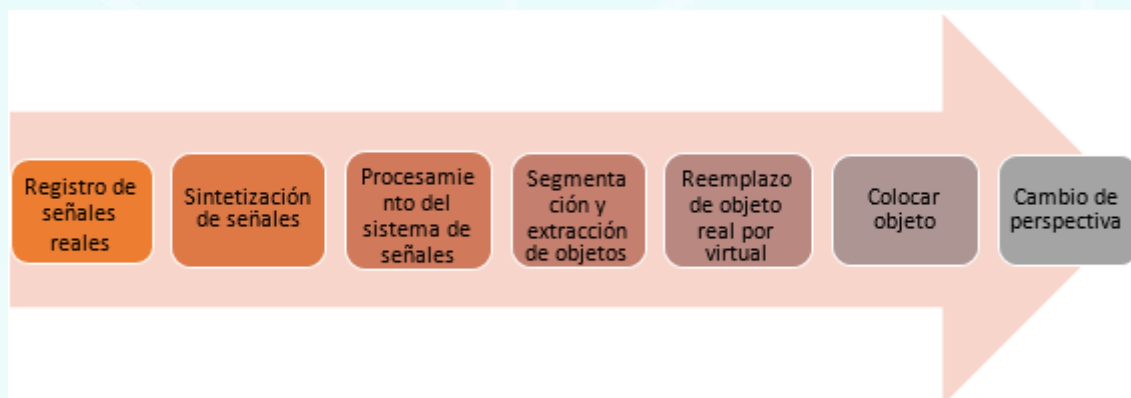
MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Figura 1

Proceso de la realidad aumentada



Fuente. Elaboración propia a partir de Rigueros (2017, p. 259).

Según Roig-Vila et al. (2019) y Barroso-Osuna (2018) para que este proceso pueda llevarse a cabo se necesitan determinadas tecnologías y recursos:

1. Un elemento (pantalla de ordenador, videoconsola o un teléfono móvil) que capture las imágenes reales que están observando los usuarios.
2. Un dispositivo para proyectar la combinación de las imágenes reales con las virtuales (pueden ser los citados anteriormente).
3. Un procesador que permita interpretar la información del contexto real, producir la información virtual y mezclarlas para que pueda ser visualizada en un dispositivo.
4. Software específico para la producción del programa.
5. Activador de AR (códigos QR, GPS, objetos físicos...)
6. Servidor de contenidos para almacenar la información virtual que se quiere añadir a la realidad.

2.1 Tipos y Niveles de AR

Según Dede (2009), citado en Pedraza et al. (2017), existen dos formas de AR que cabe considerar en el contexto educativo: la AR sensible a la ubicación y la AR basada en la visión.

1. “La AR sensible a la ubicación”, presenta medios digitales, mientras el usuario se desplaza por un lugar físico, sin tener que usar marcadores solo el entorno. Para poder ponerlo en práctica es necesario utilizar el componente de un smartphone (Ej. Brújula digital, acelerómetro y GPS).

2. “La AR basada en la visión” muestra medios digitales a los usuarios usando la cámara del teléfono móvil sobre un objeto (Ej. Código QR o con objetivo 2D).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



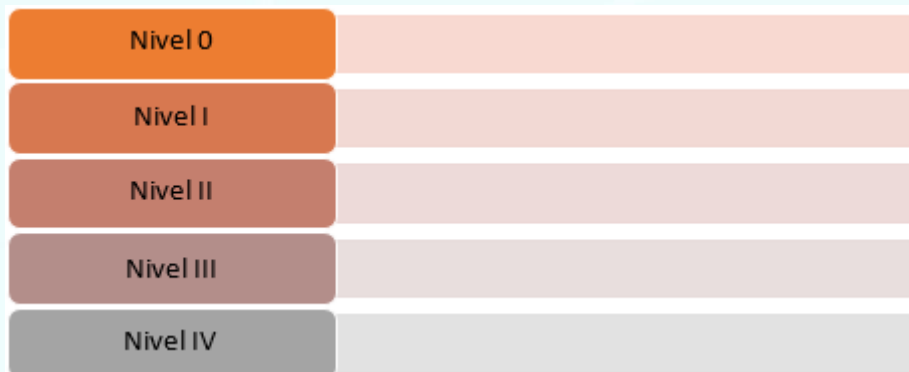
La AR basada en la ubicación tiene un papel relevante en el medio físico, mientras que la AR centrada en la visión ofrece un enorme potencial para los docentes, en todas las etapas educativas (Pedraza et al., 2017).

Basándonos en los estudios de Barroso y Gallego (2017) y Villalustre et al. (2019), en la AR se establecen distintos niveles (Figura 2):

- Nivel 0: hipervínculos con el entorno físico mediante códigos QR.
- Nivel I: utilización de marcadores. Con la superposición de modelos 3D se pueden convertir elementos en activadores.
- Nivel II: AR utilizando imágenes y objetos como activadores.
- Nivel III: visión aumentada con gafas especiales o lentillas biónicas
- Nivel IV: huellas termales.

Figura 2

Niveles en la AR



Fuente. Elaboración propia a partir de Barroso y Gallego (2017) y Villalustre et al. (2019)

2.2 Técnicas de visualización de AR

Existen tres técnicas principales para mostrar la AR (Informática, 2015):

1. Display en la cabeza

Se trata de una pantalla que se coloca en la cabeza (HMD Head-Mounted Display) y muestra imágenes tanto del mundo real, donde nos encontramos, como de objetos virtuales situados en el lugar donde estamos mirando en ese momento. Los HMD permiten ver la AR a través de una lente (Imagen 1). Este dispositivo necesita ser rastreado con un sensor y, es este seguimiento el que permite al sistema informático añadir al mundo físico la información virtual. “Una de las

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



principales ventajas del HDM es que integra perfectamente la información virtual dentro del mundo físico para el usuario y la información gráfica está ligada a la vista de los usuarios” (s.p.).

Imagen 1

Gafas para ver en AR



Imagen obtenida de Pixabay (<https://pixabay.com/es/>)

1. Display de mano

Dispositivo informático, normalmente un teléfono móvil o cualquier otro que tenga pantalla. Con este tipo de dispositivo, se enfoca la cámara hacia el mundo real y se generan las imágenes que tendrán un determinado color dependiendo de la imagen enfocada. A continuación, se sustituyen las zonas de ese color por la imagen grabada (elemento virtual), dando la sensación de AR. Este dispositivo tiene la ventaja que es pequeño y puede ser transportado fácilmente, además de lo sencilla que es su aplicación ya que puede ser utilizado con cualquier aparato que tenga cámara y pantalla.

2. Display espacial

Esta técnica, también llamada Realidad Aumentada espacial (SAR), utiliza proyectores digitales para mostrar sobre objetos físicos información gráfica. La diferencia con los dispositivos anteriores se encuentra en que la pantalla no está en contacto con los usuarios del sistema, lo que permite que un grupo de personas puedan utilizarlo a la vez y coordinarse entre ellos, favoreciendo el trabajo colaborativo. No es necesario que el usuario lleve el equipo encima, como es el caso de las dos técnicas anteriores, siendo más cómoda su utilización y más sana ya

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



que evita el contacto continuo de la lente o pantalla con los ojos. Además, el sistema de proyección permite añadir otros proyectores por lo que se ve ampliada el área de visualización.

2.3 Ventajas y desventajas de la AR en el ámbito educativo

Numerosos autores como Saltan y Arslan (2017) y Chang (2016), afirman que el uso de la AR puede contribuir en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje. En la tabla 1 se pueden apreciar algunas de estas ventajas.

Tabla 1

Ventajas de la AR en el ámbito educativo

Fuente	Ventajas
Mullen (2012)	- Ofrece la posibilidad de disfrutar del mundo que nos rodea de una manera más profunda y mejorada.
Fabregat (2012)	- Con la AR la formación del alumnado no tiene límite. - La participación de los estudiantes es más activa.
Cabero (2013); Gómez (2013); Ireache et al. (2014) Cabero y Barroso- (2015); Cabero et al. (2016)	- Favorece la adquisición de conocimiento y el aprendizaje por descubrimiento. - La AR ha producido una intensa y dilatada línea de trabajo. - Fomenta la adquisición y la calidad de la información. - Da la oportunidad de conocer lugares fantásticos e históricos. - Permite la interacción con lugares y objetos que no se encuentran a nuestro alcance. - La información se suele presentar en libros de texto con un formato especial, las imágenes son en 3D.
Moreno, Leiva y- López (2016)	- Implica el desarrollo de actividades que fomenten un aprendizaje más inclusivo, colaborativo. - Favorece la programación y el diseño de materiales para diferentes áreas y etapas educativas. - Favorece el aprendizaje por descubrimiento y el trabajo de campo de los docentes. - Ofrece un papel más activo en el proceso de aprendizaje del alumnado.
Moreno, Leiva y- López (2017)	- Complementa, potencia, amplifica, refuerza y enriquece los escenarios educativos. - Implica adaptar el contexto educativo a las características y necesidades de los estudiantes, desde un enfoque inclusivo.
Fernández (2018); Cabero y Roig- (2019)	- Ofrece facilidades para trabajar con temas abstractos y de difícil acceso.
Regueiro (2021)	- La AR favorece el aprendizaje emocional, significativo, digital, visual, cooperativo e interactivo.

Fuente. Elaboración propia a partir de Lorenzo y Scagliarini (2018); Martínez-Pérez et al. (2021); Rivas-Rebaque et al. (2021).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Como se ha podido comprobar la AR presenta una gran diversidad de ventajas, pero, al igual que cualquier otro recurso tecnológico, también presenta inconvenientes (Tabla 2).

Tabla 2

Desventajas de la AR en el ámbito educativo

Fuente	Desventajas
(Akçayır & Akçayır, 2017)	- Problema de usabilidad por una tecnología inadecuada, errores de diseño de la interfaz, problemas técnicos o la falta experiencia del docente en el manejo de tecnología. - Requiere de tiempos excesivos de lectura y genera cansancio en los estudiantes. - Costos muy elevados cuando se manejan grupos grandes y las sesiones de trabajo pueden no ser exitosas para implementar algunas aplicaciones de realidad aumentada.
(Fombona et al., 2017)	- Cuando se usa la RA en forma sistemática en planes de estudio las actitudes y las motivaciones de los estudiantes podrían no ser tan positivas. - Dificultad en el uso de interfaces, aunque con el avance de la tecnología esto puede mejorar. - Aspectos legislativos hasta ahora inexplorados, donde surgen nuevos retos y cuestiones para la aceptación plena de la tecnología de RA. - El factor novedad que ha despertado la motivación de todos, con el tiempo puede disminuir.
(Yılmaz & Batdı, 2016)	- Requerimientos tecnológicos muy elevados. - Causa problemas oculares cuando se utiliza demasiado. - No sentir la configuración experimental con el sentido del tacto. - Se genera un proceso virtual y deja de lado la experimentación en el ambiente real.
(Prendes, 2015)	- Elevado coste de implementaciones de RA en los centros educativos por el acceso a la tecnología requerida.
(Santos et al., 2014)	- Problemas de usabilidad y acceso a los recursos tecnológicos No existe una metodología desarrollada.
(Radu, 2014)	- Dificultades de usabilidad por la disponibilidad de los equipos que se necesitan. - Integración no apropiada en el aula clase , genera despiste. - No considera las diferentes formas de aprendizaje de los estudiantes.
(Phon, Ali, & Halim, 2014)	- Problemas técnicos (cámara, internet, GPS). - La RA incorporando teléfonos móviles o PDA los limita a pequeñas pantallas, esto genera dificultades para explorar y ver los contenidos virtuales 3D.
(Bacca, et al., 2014)	- Diseñado para un conocimiento específico 3.13% - Los profesores no pueden crear un nuevo aprendizaje 3.13% - Dificultades para mantener la información 9.38% - Prestar demasiada atención a la información virtual 6.25%

Fuente. Gavilanes et al. (2018, p. 14-15)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



3. Aplicaciones de Realidad Aumentada en educación

La AR presenta numerosas aplicaciones en distintos ámbitos, entre los que se encuentra el ámbito educativo, destacando por su potencial para fomentar el aprendizaje significativo (Prendes, 2015). A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones más utilizadas:

Chromville: conjunto de aplicaciones para distintas etapas educativas. Cada aplicación contiene sus correspondientes láminas imprimibles que pueden ser coloreadas por el alumnado y cuyos dibujos cobrarán vida gracias a la aplicación. Fusiona arte y tecnología para promover el fomento de la creatividad y la motivación en los usuarios, a partir de sus necesidades. Asimismo, desarrolla las ocho inteligencias múltiples que establece Gardner: Musical, Naturalista, Corporal-Cinestésica, Verbal-lingüística, Lógico-Matemática, Interpersonal, Visual-Espacial e Intrapersonal (Chromville, s.f).

Página oficial: <https://chromville.com>

Vídeo explicativo: <https://www.youtube.com/watch?v=zoX5QE0AZcY>

Arloon: paquete de aplicaciones enfocadas a distintas materias y etapas educativas. Estas aplicaciones con AR son un complemento ideal para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las diferentes asignaturas. Al igual que con la aplicación anterior, los usuarios pueden colorear unas láminas y, posteriormente, descubrir cómo cobran vida con la aplicación (Arloon, s.f.). Es de factoría española y permite que los estudiantes aprendan de una forma lúdica.

Página oficial: <http://www.arloon.com/>

Vídeo tutorial. Cómo usar AR con Arloon: <https://www.youtube.com/watch?v=uYGdJ5Cwu5I>

Vídeo: testimonio de docentes sobre el uso de Arloon en el aula:

<https://www.youtube.com/watch?v=F7gHslogZM4>

Vídeo: niños trabajando AR a través de ArloonKids:

<https://www.youtube.com/watch?v=vTQkklFzUo>

Blog sobre AR con Arloon: <https://www.rauldiego.es/realidad-aumentada-con-arloon/>

Plickers: a través de esta plataforma se pueden realizar actividades en grupo basadas en la AR. Con la utilización de marcadores los estudiantes pueden contestar a las preguntas formuladas.

Página oficial de Plickers: <https://get.plickers.com/>

Vídeo tutorial. Cómo usar Realidad Aumentada: Plickers - Aprende a diseñar de manera profesional: <https://www.youtube.com/watch?v=aTgv7KIkN64>

ARFlashcards: con esta aplicación los estudiantes de edad temprana podrán aprender inglés de una forma divertida. Asimismo, les resultará más fácil aprender a pronunciar correctamente.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Página oficial. <https://arflashcards.com/>

Vídeo tutorial. <https://www.youtube.com/watch?v=aTgv7KIkN64>

Zookazam: esta aplicación está centrada en el estudio del mundo animal, conocer sus características físicas, hábitat y costumbres. Los estudiantes pueden escuchar las explicaciones a través de audios.

Página oficial. <http://www.zookazam.com/>

Vídeo. Aplicando Zookazam en clase de Ciencias Naturales.

<https://www.youtube.com/watch?v=LikSIVsbNDA>

Anatomy 4D: aplicación con la que se puede estudiar el cuerpo humano de manera sencilla y detallada a través de un cauce atractivo como la AR (Casado-Berrocal, Pérez-Pueyo y Hortigüela-Alcalá, 2016) (Imagen 2).

Página oficial. <https://apps.apple.com/us/app/ar-anatomy-4d/id1315392436>

Vídeo. Viaje por el interior de cuerpo con Anatomy 4D AR.

<https://www.youtube.com/watch?v=sWxG7RTXSDk>

Imagen 2

Estudio de anatomía con AR.

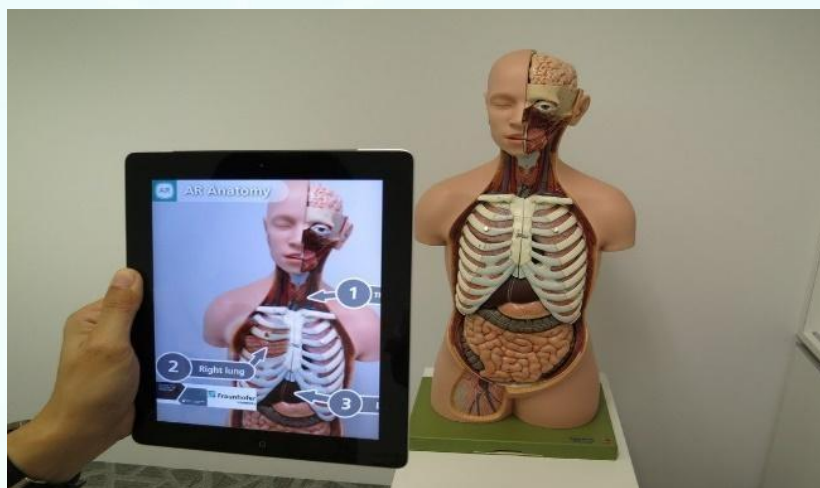


Imagen obtenida de Pixabay (<https://pixabay.com/>)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



SpaceCraft 3D: esta aplicación desarrollada por la NASA permite que el alumnado pueda conocer el universo a través de las misiones llevadas a cabo por la propia NASA. Se pueden observar vehículos, cohetes y satélites a través de la cámara del teléfono móvil (Imagen 3).

Página oficial:

https://play.google.com/store/apps/details?id=gov.nasa.jpl.spacecraftAR&hl=es_CL

Vídeo tutorial. SPACECRAFT 3D APP - Tutorial de uso

<https://www.youtube.com/watch?v=dPqXII0VjCE>

<https://www.youtube.com/watch?v=oCwDTk3WvcY>

Imagen 3

Despegue de un cohete espacial en AR



Imagen obtenida de Pixabay (<https://pixabay.com>)

Metaverse: plataforma que permite crear contenido interactivo en AR. Está diseñada para ser utilizada en distintas áreas de conocimiento.

Página oficial: <https://studio.gometa.io/landing>

Vídeo tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=EJhJFE7s-wE>

Arloopa. Aplicación con tres funciones principales de AR: “escaneo basado en marcadores, rastreo sin marcadores, experiencias basadas en ubicación geográfica. Disponible en 6 idiomas: inglés, armenio, ruso, alemán, español y checo” (Arloopa, 2022, s.p).

Página oficial:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arloopa.arloopa&hl=es&gl=US>

Vídeo tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=SN2BOnMjICY>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



4. Usos educativos de la Realidad Aumentada

Dentro del ámbito educativo, la AR es una de las tecnologías emergentes con más proyección de futuro, es por ello que, en los últimos años son numerosas las investigaciones llevadas a cabo, en diferentes contextos y etapas educativas, en relación al uso de esta tecnología (Moreno y Leiva, 2017). A modo de ejemplo, presentamos experiencias llevadas a cabo en Educación Primaria (Tabla 3).

Tabla 3

Experiencias apoyadas en AR para abordar contenidos científicos en Educación Primaria

Curso y objetivo de la experiencia	Metodología didáctica adoptada	Contenidos abordados	Uso de la Realidad Aumentada
1º a 6º. Comprender el ciclo del agua y sus estados.	Aprendizaje basado en Proyectos (AbP) en escuela rural: internivelar e interdisciplinar.	Ciclo del agua, flotabilidad, consumo responsable.	Programa <i>HP Reveal</i> y <i>Quiver-ed</i> para crear recursos multimedia e interactivos.
1º y 2º. Identificar los rasgos de los animales vertebrados e invertebrados.	Apoyo a la metodología tradicional.	Animales vertebrados e invertebrados.	Utilización de Códigos QR para ampliar información. Láminas <i>Chromville Science</i> .
2º. Conocer el proceso de elaboración de la mantequilla.	AbP en el aula bilingüe. AICLE.	Proceso químico en la elaboración de la mantequilla.	Diseño de Códigos QR con enlaces a vídeos que explican su elaboración.
3º. Analizar el ciclo del agua	Apoyo a la metodología tradicional.	Fases y proceso del ciclo del agua.	Utilización de Códigos QR para ampliar información.
3º. Analizar los elementos que intervienen en el magnetismo.	AbP y experimentación en el aula bilingüe. AICLE.	Magnetismos: explicación y funcionamiento.	Diseño de Códigos QR por parte de los alumnos para la creación de un mural.
4º. Conocer los árboles y arbustos del colegio.	AbP para la creación de itinerarios.	Flora del entorno próximo al colegio	Integración de Códigos QR en itinerarios interactivos por parte de los alumnos.
5º. Identificar la flora de la región.	Apoyo a la metodología tradicional en el aula bilingüe. AICLE.	Flora de la región.	Utilización de Códigos QR para ampliar información sobre la flora del entorno.
5º. Analizar la flora y fauna del Parque Isabel la Católica (Gijón).	AbP para la creación de itinerarios.	Flora y fauna del parque.	Diseño de Códigos QR por parte de los alumnos para crear itinerarios. Láminas <i>Chromville Science</i> .
5º. Conocer cómo funcionan las redes de comunicación.	AbP en el aula bilingüe. AICLE.	Bases de las redes de comunicación.	Creación de recursos con Códigos QR y <i>HP Reveal</i> .

Fuente. Villalustre et al. (2019, p. 7).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Asimismo, Cabero-Almenara et al. (2016) presentan los resultados de una experiencia llevada a cabo en el Secretariado de la Universidad de Sevilla, que consistió en la producción de objetos de AR para ser aplicados en distintas áreas de conocimiento. Se presentaron 16 proyectos pero fueron aprobados 8, utilizando cada uno de ellos una o varias aplicaciones de AR para su desarrollo (Tabla 4).

Tabla 4

Proyectos de la Convocatoria de Producción de Realidad Aumentada 2014-15.

5º. Identificar y conocer las máquinas del centro.	AbP y experimentación en el aula bilingüe. AICLE	Máquinas del centro.	Diseño de Códigos QR por parte del alumnado para elaborar materiales.
5º. Distinguir las diferentes etapas de la historia.	AbP	Etapas: Prehistoria, Edad Antigua y Media.	Elaboración de Códigos QR para ampliar y completar la información.
6º. Reconocer las plantas y pájaros de la localidad.	AbP para crear itinerarios	Flora y fauna del entorno inmediato	Diseño de Códigos QR por parte de los alumnos para crear itinerarios. Láminas <i>Chromville Science</i> .
6º. Diseñar experimentos ligados a la electricidad y el magnetismo.	AbP	Electricidad y magnetismo.	Creación de Códigos QR ligados a vídeos e imágenes de los experimentos.

Fuente. Cabero-Almenara et al. (2016, p.4)

Los resultados muestran la utilidad de la AR como recurso didáctico, fomentando la motivación en los estudiantes. Asimismo, “el uso de materiales enriquecidos con realidad aumentada ha generado en los estudiantes un mejor progreso en distintas variables como la autonomía, participación, flexibilidad del aprendizaje, interacción del alumnado con el docente y con sus iguales” (López-Belmonte et al., 2020, p. 74).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



5. Referencias

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Arloon (s.f). APPS educativas con realidad aumentada. <http://www.arloon.com/>
- Arloopa (2022). Arloopa: AR Realidad Aumentada. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arloopa.arloopa&hl=es&gl=US>
- Aznar, I., Romero, J.M. y Rodríguez-García, A.M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(1), 256-274. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149.
- Barroso, J. y Gallego, Ó.M. (2017). Producción de recursos de aprendizaje apoyados en Realidad Aumentada por parte de estudiantes de magisterio. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 23-38. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i1.5806>
- Cabero, J. (2013). La formación virtual en el nuevo entramado 2.0: el e-learning 2.0. En I. Aguaded, J. Cabero (eds.). *Tecnologías y medios para la educación en la en la sociedad*. Alianza
- Cabero, J. y Barroso, J. (2015). Realidad Aumentada: posibilidades educativas. En J. Ruiz, J. Sánchez, J. y E. Sánchez (eds.) *Innovaciones con tecnologías emergentes*. Universidad de Málaga.
- Cabero, J. y Roig, R. (2019). The motivation of Technological Scenarios in Augmented Reality (AR): Results of different experiments. *Applied Sciences*, 9, 2907. <http://dx.doi.org/10.3390/app9142907>
- Cabero, J., Leiva, J., Moreno, N., Barroso, J. y López, E. (2016). *Realidad aumentada y Educación. Innovación en contextos formativos*. Octaedro.
- Cabero-Almenara, J., García-Jiménez, F. y Barroso-Osuna, J. (2016). La producción de objetos de aprendizaje en “Realidad Aumentada”: la experiencia del SAV de la Universidad de Sevilla. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 6, 110-123
- Casado-Berrocal, O.M., Pérez-Pueyo, A. y Hortigüela-Alcalá, D. (2016). Anatomy 4D. *Tándem: Didáctica de la educación física*, (54), 79-80.
- Chang, Pan. (2016). Design and Application of Multiscreen VR Technology in the Course of Art Painting. *IJET. International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(9), 56-60. <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v11i09.6126>
- Chromville (s.f). *Chromville en educación*. <https://chromville.com/education/>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



- Cozar, R., De Moya, M. d. V., Hernández, J. A. y Hernández, J. R. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las Ciencias Sociales. Una experiencia con el uso de Realidad Aumentada en la formación inicial de maestros. DER, Digital Education Review, (27), 138-153. <https://doi.org/10.1344/der.2015.27.138-153>
- De la Horra, I. (2017). Realidad aumentada, una revolución educativa. EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC, 6(1), 9-22. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v6i1.5762>
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. Science, 323(5910), 66-69. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1167311>
- Fabregat, R. (2012). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento, 9(2), 69-78.
- Fernández, B. (2018). La utilización de objetos de aprendizaje de realidad aumentada en la enseñanza universitaria de educación primaria. International Journal of Educational Resarch and Innovation, 9, 90-104.
- Fombona, J., Pascual-Sevillana, Á. & González-Videgaray, M. (2017). M-learning and Augmented Reality: A Review of the Scientific Literature on the WoS Repository. Comunicar, 25(52), 63-72. <https://doi.org/10.3916/C52-2017-06>
- Gavilanes, W., Abásolo, M.J. y Cuji, B. (2018). Resumen de revisiones sobre Realidad Aumentada en Educación. Revista Espacios, 39(15), 27-28.
- Gómez, M. (2013). Educación Aumentada con Realidad Aumentada. 3er Congreso Internacional sobre Buenas Prácticas con TIC en la Investigación y la Docencia. Málaga: Universidad de Málaga
- Ierache, J. Mangiarua, N., Bevacqua, S. et al. (2014). Sistema de catálogo para la Asistencia a la Creación, Publicación, Gestión y Explotación de Contenidos Multimedia y Aplicaciones de Realidad Aumentada. XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 1-10. Buenos Aires: Universidad Nacional de la Matanza.
- Informática (2015). Técnicas de visualización de Realidad Aumentada. <http://informaticanatalau.weebly.com/62/tecnicas-de-visualizacion-de-realidad-aumentada>
- López-Belmonte, J., Pozo, S., Fuentes, A. y Romero, J.M. (2020). Eficacia del aprendizaje mediante flipped learning con realidad aumentada en la educación sanitaria escolar. Journal of Sport and Health Research, 12(1), 64-79.
- Lorenzo, G. y Scagliarini, C. (2018). Revisión bibliométrica sobre la realidad aumentada en Educación. Revista general de información y documentación, 28(1), 45-60. <https://doi.org/10.5209/RGID.60805>
- Martínez-Pérez, S., Fernández-Robles, B. y Barroso-Osuna, J. (2021). La realidad aumentada como recurso para la formación en la educación superior. Campus Virtuales, 10(1), 9-19.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



- Montecé-Mosquera, F., Verdesoto-Arguello, A., Montecé-Mosquera, C. y Caicedo-Camposano, C. (2017). Impacto De La Realidad Aumentada En La Educación Del Siglo XXI. *European Scientific Journal*, 13(2), 129-137. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n25p129>
- Moreno, N. y Leiva, J. (2017). Experiencias formativas de uso didáctico de la realidad aumentada con alumnado del grado de educación primaria en la universidad de Málaga. *Edmetec*, 6(1), 81-104. <https://doi.org/10.21071/edmetec.v6i1.5809>
- Moreno, N., Leiva, J. y Matas, A. (2016). Mobile learning, Gammificación y Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje de idiomas. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 6(1), 16-34.
- Moreno, N., Leiva, J. y Meneses, E. (2017). La realidad aumentada como tecnología emergente para la innovación educativa. *Revista Notandum. Revista Semestral de Estudios Academicos*, 44(55), 125-140.
- Mullen, T. (2012). *Realidad aumentada. Crea tus propias aplicaciones*. Anaya.
- Pedraza, C.E., Amado, O.F., Lasso, E. y Munévar, P.A. (2017). La experiencia de la realidad aumentada (RA) en la formación del profesorado en la universidad nacional abierta y a distancia UNAD Colombia. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (51), 111-131. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i51.08>
- Phon, D. N. E., Ali, M. B., & Halim, N. D. A. (2014). Collaborative Augmented Reality in Education: A Review. In *2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering* (pp. 78–83). IEEE.
- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Regueiro, J. (2021, February 11). Realidad aumentada en educación y sus ventajas en el aprendizaje. *ined21.com*. <https://ined21.com/realidad-aumentada-en-educacion/>
- Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *TIA*, 5(2), 257-261.
- Rivas-Rebaque, B., Gértrudiz-Barrio, F. y Gértrudiz-Barrio, M. (2021). Análisis sistemático sobre el uso de la Realidad Aumentada en Educación Infantil. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (76), 53-73. <https://doi.org/10.21R556/edutec.2021.76.2053>
- Roig-Vila, R.R., Lorenzo-Lledó, A. y Mengual-Andrés, S. (2019). Utilidad percibida de la realidad aumentada como recurso didáctico en Educación Infantil. *Campus Virtuales*, 8(1), 19-35.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



- Saltan, F. & Arslan, O. (2017). The Use of Augmented Reality in Formal Education: A Scoping Review. *EURASIA. Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 503-520. <http://dx.doi.org/10.12973/eurasia.2017.00628a>
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2014). Augmented Reality Learning Experiences: Survey of Prototype Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(1), 38–56.
- Villalustre, L. (2020). Propuesta metodológica para la interacción didáctica de la realidad aumentada en Educación Infantil. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 9(1), 170-187. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v9i1.11569>
- Villalustre, L., Del Moral, M.E. y Neira-Piñeiro, M. R. (2019). Percepción docente sobre la realidad aumentada en la enseñanza de Ciencias en Primaria. Análisis DAFO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(3), 1-20. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3301
- Yilmaz, Z. A., & Batdı, V. (2016). A Meta-Analytic and Thematic Comparative Analysis of the Integration of Augmented Reality Applications into Education. *Education and Science*, 41(188), 273–289. <https://doi.org/10.15390/EB.2016.6707>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



MÓDULO 4. Realidad extendida (XR) y sus posibilidades en educación.

4. 2 Realidad Virtual

1. Delimitación conceptual

El desarrollo y aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), trae consigo profundas transformaciones de naturaleza social, económica y cultural. En el ámbito educativo, la tecnología no es inocua. Como sostiene Williamson (2019), la elección de los recursos y su implementación curricular contribuye a determinar lo que la sociedad elige recordar sobre su pasado, lo que cree sobre su presente y lo que espera y desea para el futuro.

Campos et al. (2020, p. 48) define la Realidad Virtual como “diversas secuencias multimedia que simulan la realidad de forma casi fidedigna, generado por seres humanos mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación, siendo requisito para su utilización hardware específico”.

La Realidad Virtual proporciona la posibilidad de adentrarse en un entorno virtual para interactuar con escenas, avatares u objetos de apariencia real. La inmersión completa es la principal ventaja que la Realidad Virtual posibilita a través de dispositivos, como las gafas HMD, o del diseño informático de mundos virtuales.

1.1 Vinculación de la Realidad Virtual con otras tecnologías anexas

La Realidad Virtual forma parte de la Realidad Extendida, que es una tecnología educativa emergente. Su presencia en contextos socio-educativos recomienda realizar un análisis de sus posibilidades didácticas. Pero antes, es necesario aclarar los conceptos que engloba esta expresión. Cuando se alude a la Realidad Extendida, se está haciendo mención a tres tecnologías: Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta.

La Realidad Aumentada ofrece la visualización de capas virtuales que se superponen al mundo real. Para ello, es imprescindible la mediación de dispositivos que recojan la realidad y la combinen con datos o imágenes digitales. Los Smartphone, tabletas o las gafas son algunos de ellos.

La Realidad Mixta permite la combinación del mundo real y el virtual a partir del reconocimiento del entorno. Así, objetos virtuales se superponen en el entorno, en tiempo real, haciendo uso de la inteligencia artificial.

Las diferencias entre estas tres tecnologías se encuentran en la perspectiva en la que se coloca al usuario y en los dispositivos que son necesarios para su implementación (Tabla 1):

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



TABLA I. Diferencias entre Realidad virtual y tecnologías anexas

	Realidad Virtual	Realidad Aumentada	Realidad Mixta
Perspectiva	Inmersión total dentro de un mundo generado artificialmente.	Capa superpuesta al mundo real.	Incorporación de contenido virtual que reconoce el entorno e interactúa con él.
Dispositivos	Gafas de Realidad Virtual, también llamadas HMD o Head-Mounted Display. O mundo virtual diseñado para ordenador.	Móviles y tablets con aplicaciones específicas o gafas de Realidad Aumentada.	Gafas de Realidad Mixta

Fuente: elaboración propia

2. Aplicaciones de la Realidad Virtual en educación

En las sociedades actuales, las personas consumen crecientes volúmenes de información a través de diferentes soportes tecnológicos, y no solo eso, sino que también generan conocimiento y recursos que comparten a través de internet.

El sector educativo se nutre de usuarios con este doble perfil: productor y consumidor. Muchos docentes diseñan sus propios recursos didácticos con enfoques flexibles, interactivos y que se adaptan a las características y preferencias de los estudiantes. En este punto analizamos las principales aplicaciones de las tecnologías de Realidad Virtual a la educación, y cuáles se adaptan mejor al papel de productor de contenidos del docente.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



2.1 Realizar visitas a otros lugares

Una de las posibilidades más extendidas en el aula es la visita virtual a espacios alejados, como museos o monumentos. Aplicaciones como *Google Earth* acercaron esta posibilidad al entorno de un aula. Las gafas de realidad virtual contribuyeron a mejorar el componente inmersivo. Y la aparición de gafas de bajo coste realizadas a partir de cartón contribuyeron a una gran extensión de este recurso. *Google Cardboard* es la aplicación más extendida en las escuelas, aunque existe una amplia variedad de posibilidades.

IMAGEN I. Google Cardboard.



Fuente: foto Creative Commons de Wikipedia

La visita virtual también puede ser a otras épocas históricas diferentes. De este modo, se facilita la comprensión del alumnado respecto al contexto de referencia para el contenido desarrollado. *Unimersiv* es una de las aplicaciones más extendidas para este uso: <https://unimersiv.com/>

2.2. Descubrir el cuerpo humano

Las facultades de medicina fueron de las primeras instituciones de formación en incorporar la Realidad Virtual como recurso didáctico. En un primer momento a través de entornos virtuales bajo la forma de videojuegos, que reproducen las condiciones ambientales de un quirófano. La experiencia resultó tan útil que incluso se ha comercializado para plataformas de videojuegos: *Surgeon Simulator: Experience Reality*.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Desde un punto de vista escolar, su utilidad está más ubicada en la realización de viajes por el interior del cuerpo humano. Así, el alumnado se acerca a estructuras biológicas que de otro modo no podría en funcionamiento. Un ejemplo de las muchas aplicaciones que lo hacen posible es: [AnatomyVR, La Realidad Virtual para la educación en anatomía | CTM \(ulpgc.es\)](#)

2.3. Comprender conceptos abstractos

El área de las matemáticas ha sido otra de las grandes beneficiadas de la incorporación de la tecnología de Realidad Virtual. La posibilidad de interactuar con cuerpos geométricos, por ejemplo, contribuye sobre medida a que el alumnado comprenda conceptos que suelen manejarse en el terreno de la abstracción.

[Geometría VR](#)

Vídeo del Centro del Profesorado de Málaga

2.4. Interaccionar con otras personas

Los entornos inmersivos de mundo virtual permiten una interacción de personas a través de avatares. Esto posibilita trabajar contenidos vinculados al ámbito de las habilidades sociales. También hace posible que las personas, separadas por la distancia, confluyan en una realidad digital que acorte distancias. En tiempo de confinamiento, esta aplicación fue utilizada en la Universidad Don Bosco de El Salvador, a través de *Second Life* <https://secondlife.com/>

3. La gamificación como método para la enseñanza con Realidad Virtual

La diversidad de los recursos se corresponde con la diversidad de necesidades y contextos. Sin embargo, hay una metodología de referencia en este ámbito: la gamificación. Los videojuegos enfocados al desarrollo de habilidades sociales, estrategias para la resolución de problemas y toma de decisiones en estudiantes de diferentes niveles educativos; se han revelado como un recurso idóneo para desarrollar competencias del siglo XXI e innovar en los ambientes de aprendizaje (Lozano-Abad et al., 2019).

Los recursos de tecnología educativa encajan muy bien con las metodologías activas. Esta complementariedad está vinculada con la necesidad de desarrollar competencias digitales entre el alumnado a través de estrategias que impliquen experimentar con recursos y generar experiencias. Es por ello, que la Realidad Virtual se encuentra en auge en contextos formativos (Rockstroh et al., 2019).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



La Realidad Virtual contribuye a la superación del espacio físico del aula y trasciende la presencialidad. Con ello, logra apoyar de forma efectiva el aprendizaje de los estudiantes y que favorece la mejora de la accesibilidad mediante la disposición de entornos más inclusivos (Nijman et al., 2019). Además, la realidad virtual puede proveer espacios de colaboración. Para ello, de acuerdo con Churchill et al. (2001), el mundo virtual generado debe:

1. Proporcionar espacios de encuentro colectivo.
2. Permitir la interacción entre participantes
3. Adaptarse a las diferentes perspectivas que adquiere cada individuo a lo largo de la experiencia.

Las potencialidades didácticas referidas explican que la Realidad Virtual se haya convertido en un recurso didáctico muy reconocido en el ámbito de la tecnología educativa.

3.1 Diseño de una experiencia didáctica gamificada

Gamificar es aplicar técnicas y elementos estructurales del juego a situaciones que no son juegos. Cuando se gamifica una situación pedagógica se pretende construir un aprendizaje significativo, a través de tareas que parecen juegos y, como tales, son divertidas, motivan e implican a sus participantes.

La pedagogía de la gamificación toma sus bases de los elementos estructurales y funcionales del juego. No es posible gamificar sin entender cómo se diseña un juego y cómo se desarrolla, más allá de la posición de los jugadores.

El modelo MDA (Mechanics-mecánicas, Dynamics-dinámicas y Aesthetics-estéticas) de Hunicke et al. (2004) ofrece una explicación sobre el funcionamiento de los juegos orientada a diseñadores. Para ello, descompone el juego en tres elementos:

- Las mecánicas. Son las normas en las que se basa el juego. En la práctica, las mecánicas se definen a partir de: sistemas de puntuaciones, niveles, desafíos, logros...
- Las dinámicas. Son las situaciones que se generan a partir de la aplicación de las normas. Se guían a través de una narrativa.
- La estética. Es la parte más emocional y tiene que ver con las sensaciones que se pretende despertar en los jugadores.

Estos tres elementos, que hemos definido desde la perspectiva del diseñador, se entienden mucho mejor cuando los observamos como lo haría un jugador:

MECÁNICAS = REGLAS DEL JUEGO

DINÁMICAS = SISTEMA DE JUEGO

ESTÉTICA = EMOCIÓN, DIVERSIÓN...

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



La gamificación a partir de la manipulación de los elementos de diseño descritos reporta entornos con gran aplicación didáctica. Algunas de las actividades más extendidas son el Escape room y el Breakout. Ambas se conjugan bien con la implementación de la Realidad Virtual.

3.2 Ejemplo de aplicación didáctica a través de *Second Life*

Existen diferentes plataformas para diseñar mundos de realidad virtual. Entre ellas, *Second Life* es la que se ha seleccionado para este ejemplo. Esta plataforma permite crear un mundo virtual que admite la exploración, simulación, juegos de roles, interacción y experimentación. Posibilita que los usuarios expresen sus características y preferencias a través de sus avatares.

En entornos educativos y formativos, *Second Life* es la plataforma de mundo virtual más utilizada por los docentes (Checa, 2011), ya que proporciona espacios constructivistas de descubrimiento y aprendizaje creativo. Dentro de esos espacios de trabajo colaborativos, los estudiantes pueden solucionar diferentes situaciones que se presentan en su entorno.

El desarrollo actividades que implican el estudio de casos concretos, reales o simulados, la elaboración de proyectos, la toma de decisiones, las habilidades personales, el liderazgo, la capacidad para trabajar en equipo interdisciplinario, la resolución de problemas, etc., son algunas competencias que se pueden fortalecer a través de un escenario de realidad virtual.

El desarrollo de la planificación didáctica, *Second Life* ofrece un gran potencial para diseñar e integrar actividades tridimensionales para promover un aprendizaje por descubrimiento, a través de la colaboración entre iguales sin necesidad de la presencialidad, porque la realidad virtual se proyecta como un sistema de comunicación e interacción con distintos niveles de inmersión. Es por ello, que la realidad virtual, paulatinamente, ha venido tomando relevancia en el ámbito educativo, como una herramienta didáctica que logra motivar e interactuar en los aprendizajes de los estudiantes, al brindar esquemas más naturales de aprendizaje que impactan positivamente en el proceso de enseñanza aprendizaje (Cantón, Arellano, Hernández y Nieva, 2017).

Partiendo de las posibilidades que ofrecía *Second Life*, se recreó un campus universitario real. Los espacios no solo tenían aulas en las que se impartían clases, también se diseñaron espacios comunes, como pasillos, tableros informativos, etc. De esta manera, el alumnado de esta universidad tuvo una experiencia más cercana a la realidad de la docencia virtualizada por obligación del confinamiento obligado por la pandemia mundial.

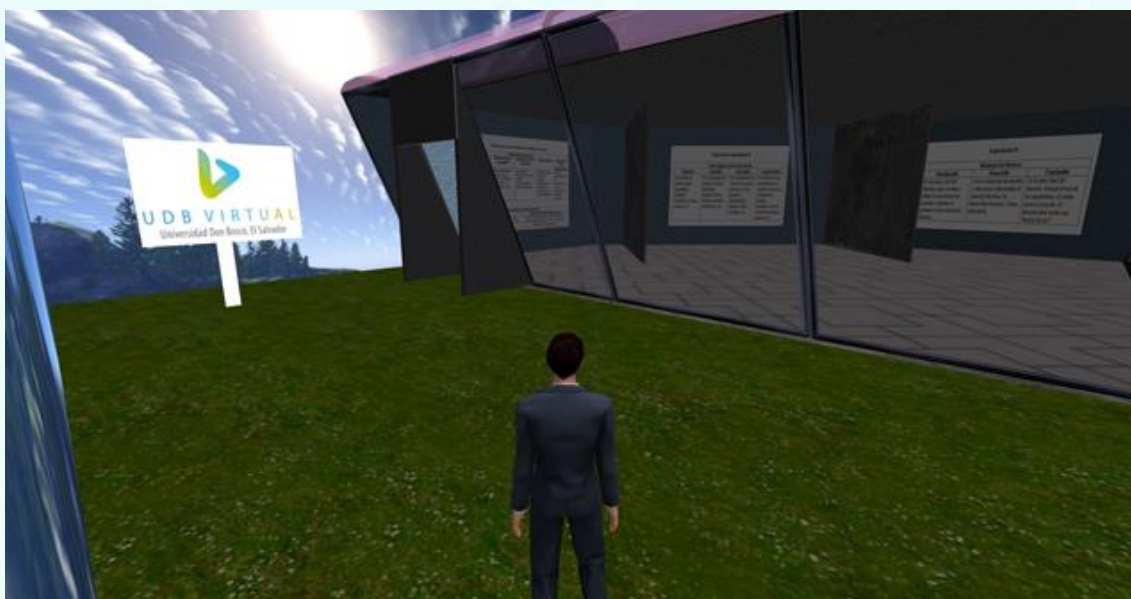
MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



A continuación, se muestran imágenes del mundo virtual creado para la experiencia de Educación Superior que tuvo lugar en la Universidad Don Bosco de El Salvador.

IMAGEN II. Imagen de acceso al campus universitario.



Fuente: elaboración propia

IMAGEN III. Imagen de las zonas comunes de la facultad



Fuente: elaboración propia

A collage of educational icons on a blue background. The icons include a smartphone displaying 12:45, a graduation cap, a magnifying glass, a stack of books, a calculator, a globe, an hourglass, and a backpack. A white wireframe cube is positioned in the upper right, with a yellow egg inside it. The letters 'a', 'b', and 'c' are placed near the cube's vertices. At the bottom, the formula $V=a \cdot b \cdot c$ is written in white.

Singularity Viewer (8598) - EduardoMenjivar12

Archivos Editar Ver Mundo Herramientas Ayuda Singularity Advanced

19:55 PST

Actividad 11

El Proceso de procesamiento de datos en 3 partes

Identificación del tema	Planteamiento del conflicto	Significado de la información	Clasificación de la información
Identificación de los temas de la información	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?
Identificación de los temas de la información	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?
Identificación de los temas de la información	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?	¿Qué información se necesita para resolver el conflicto?

Chat local

EduardoMenjivar12: de gracias

EduardoMenjivar12: Listo

The screenshot shows a virtual classroom environment. The room has a blue carpet, wooden walls, and large windows. A large screen at the front displays a presentation titled "TALLER IMMERSIVE EDUCATION 3D". Several avatars are seated at desks, and a few are standing. The interface includes a top bar with navigation links and a bottom bar with a chat window.



MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Esta experiencia se desarrolló en seis etapas (Sanz, Zangara y Escobar, 2014):

Etapas 1. Evaluación de conocimientos previos de los participantes. Se realizó una encuesta online para conocer y evaluar los conocimientos previos del mundo virtual.

Etapas 2. Introducción al mundo virtual. Esta etapa se vinculó con la introducción al mundo virtual de *Second Life*. Se proporcionó material que facilitó el uso de este entorno y su participación en las actividades programadas. Se realizó una sesión de entrenamiento en SL.

Etapas 3. Actividad Principal. Se realizó la conferencia “Uso del entorno 3D *Second Life* en el ámbito educativo” y una prueba de herramientas educativas preparadas en *Second Life*, todo dentro de un espacio en *Second Life* creado ad-hoc.

Etapas 4. Actividad Exploratoria. Esta etapa se vinculó a la exploración de un ambiente en *Second Life*, que presentó diferentes proyectos educativos. Los docentes con sus propios avatares realizan el recorrido.

Etapas 5. Docencia en mundo virtual. El alumnado asistió a sesiones de clase y tuvo la posibilidad de interactuar a través de sus avatares con el docente y con el contenido formativo.

Etapas 6. Encuesta Final. Se envió a través del correo electrónico el enlace para que los participantes realicen una encuesta online para evaluar todo el proceso.

4. Aportaciones de la Realidad Virtual a la educación

La investigación ha demostrado que las implementaciones de recursos didácticos de tecnología educativa en procesos de formación generan cambios metodológicos que el alumnado universitario percibe como positivos respecto a una situación de enseñanza y aprendizaje tradicional (Sánchez-Rivas, Ruiz-Palmero, et al., 2019; Sánchez-Rivas, Sánchez-Rodríguez, et al., 2019).

En el campo de la Realidad Virtual, investigaciones enfocadas a la percepción del alumnado respecto a la didáctica ponen de manifiesto que el uso de la Realidad Virtual puede tener un efecto muy positivo en el proceso de enseñanza aprendizaje. El alumnado la suele percibir como un recurso didáctico favorecedor de su proceso formativo que tiene el poder de estimular su aprendizaje (Calderón et al., 2020).

En el plano didáctico, la incorporación de recursos didácticos basados en la Realidad Virtual se relaciona con mejoras en importantes componentes pedagógicos, como son: el aprovechamiento de clase, la participación, la motivación y el rendimiento académico

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



La mejora de la didáctica conduce a la mejora de la satisfacción del alumnado (Díaz et al., 2017). El alumnado se reconoce más satisfecho con el desarrollo de actividades en realidad virtual con *Second Life* en comparación con quienes desarrollan actividades tradicionales. Así lo demuestra el estudio de Cambra & Viniegra (2016), que también concluye que la Realidad Virtual mejora la satisfacción, las expectativas y el interés en el alumnado.

5. Referencias

Calderón, S. J., Tumino, M. C., & Bournissen, J. M. (2020). Realidad virtual: Impacto en el aprendizaje percibido de estudiantes de Ciencias de la Salud. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 0(16), 65-82.

Cantón, D., Arellano, J. J., Hernández, M. Á., y Nieva, O. S. (2017). Uso didáctico de la realidad virtual inmersiva con interacción natural de usuario enfocada a la inspección de aerogeneradores. *Apertura: Revista de Innovación Educativa*, 9(2), 8-23.

Cambra, U. C., & Viniegra, L. M. (2016). Integración de la realidad virtual inmersiva en los Grados de Comunicación. *Revista ICONO14 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 14(2), 1-21. <https://doi.org/10.7195/ri14.v14i2.953>

Campos Soto, M. N., Navas-Parejo, M. R., Moreno Guerrero, A. J., Campos Soto, M. N., Navas-Parejo, M. R., & Moreno Guerrero, A. J. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 15(1), 47-60. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>

Checa García, F. (2011). El uso de metaversos en el mundo educativo: Gestionando conocimiento en *Second Life*. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 8(2), 147-160. <https://doi.org/10.4995/redu.2010.6200>

Churchill, E. F., Snowdon, D. N., & Munro, A. J. (Eds.). (2001). *Collaborative Virtual Environments: Digital Places and Spaces for Interaction*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0685-2>

Díaz, Z. S. L., Moreno, L. Á., & Socarrás, E. M. B. (2017). The graduates satisfaction with the development of the teaching-educational process in master's degree courses with the broad-access modality. *Revista Cubana de Educacion Medica Superior*, 31(3). Scopus

Hunicke, R., Leblanc, M. & Zubek, R. (2004). MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. AAAI Workshop - Technical Report. 1.

Lozano-Abad, Y. C., Rosales-Doria, A. M., & Giraldo-Cardozo, J. C. (2019). Competencias del siglo XXI, ¿Cómo desarrollarlas mediante el uso de un videojuego multigrado? - 21st century competencies: how to develop them through the use of video games in a multigrade context? *Revista Panorama*, 12(23), 6-17. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v12i23.1191>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Nijman, S. A., Veling, W., Greaves-Lord, K., Vermeer, R. R., Vos, M., Zandee, C. E. R., Zandstra, D. C., Geraets, C. N. W., & Pijnenborg, G. H. M. (2019). Dynamic Interactive Social Cognition Training in Virtual Reality (DiSCoVR) for social cognition and social functioning in people with a psychotic disorder: Study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Psychiatry*, 19(1), 272. <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2250-0>

Rockstroh, C., Blum, J., & Göritz, A. S. (2019). Virtual reality in the application of heart rate variability biofeedback. *International Journal of Human-Computer Studies*, 130, 209-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.06.011>

Sánchez-Rivas, E., Ruiz-Palmero, J., & Sánchez-Rodríguez, J. (2019). Gamification of Assessments in the Natural Sciences Subject in Primary Education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 19(1). <https://doi.org/10.12738/estp.2019.1.0296>

Sánchez-Rivas, E., Sánchez-Rodríguez, J., & Ruiz-Palmero, J. (2019). Percepción del alumnado universitario respecto al modelo pedagógico de clase invertida. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 11(23), 151-168. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m11-23.paur>

Sanz, C., Zangara, A. y Escobar, M. L., (2014). Posibilidades Educativas de Second Life. Experiencia docente de exploración en el metaverso. *Revista Iberoamericana de tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 13, junio.

Williamson, B. (2019). *El futuro del currículum*. Morata.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



MÓDULO 4. Realidad extendida (XR) y sus posibilidades en educación.

4.3 Realidad Mixta

1. Conceptualización de la Realidad Mixta

La llegada de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) al ámbito de la educación ha traído consigo una serie de iniciativas innovadoras, que facilitan la enseñanza de contenidos abstractos o complejos (Cavazos-Salazar y Suárez-Escalona, 2020). Los avances tecnológicos sobre la realidad virtual, aumentada y mixta han generado numerosos recursos innovadores, que permiten modificar la educación tradicional, para dar paso a una forma de educación más activa y experimental, en la cual se pueden recrear distintas situaciones, con la finalidad de desarrollar diferentes habilidades y formas de visualización (Tello-Beltrán, 2018).

La Realidad Mixta o Híbrida (MR) se define como la tecnología que abarca y contiene los extremos del conjunto de la virtualidad y del mundo real (Figura 1). De tal forma que combina la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada (Milgram y Kishino, 1994; Sánchez, 2017). Se trata, por tanto, de una experiencia inmersiva, que se sirve de apoyos adicionales (Martín-Erro et al., 2014).

Resulta importante destacar las diferencias que existen entre las distintas tecnologías que se encuentran en plena evolución y que contienen varios puntos en común, los cuales pueden crear confusión (figura 2):

-La Realidad Virtual (VR) es la tecnología que, mediante un visor, introduce a la persona en otra realidad o espacio diferente al real. De esta forma, se deja de ver el lugar donde se encuentra ubicado el individuo, sustituyéndolo por otro espacio, en el que se puede interaccionar con elementos virtuales, simulando una experiencia sensorial completa (Gómez-García et al., 2018).

-Por su parte, la Realidad Aumentada (AR) se define como la tecnología que incluye información enriquecida o virtual a la realidad, de forma que coexisten ambas realidades al mismo tiempo (Moreno-Guerrero et al., 2020).

MOBILE LEARNING

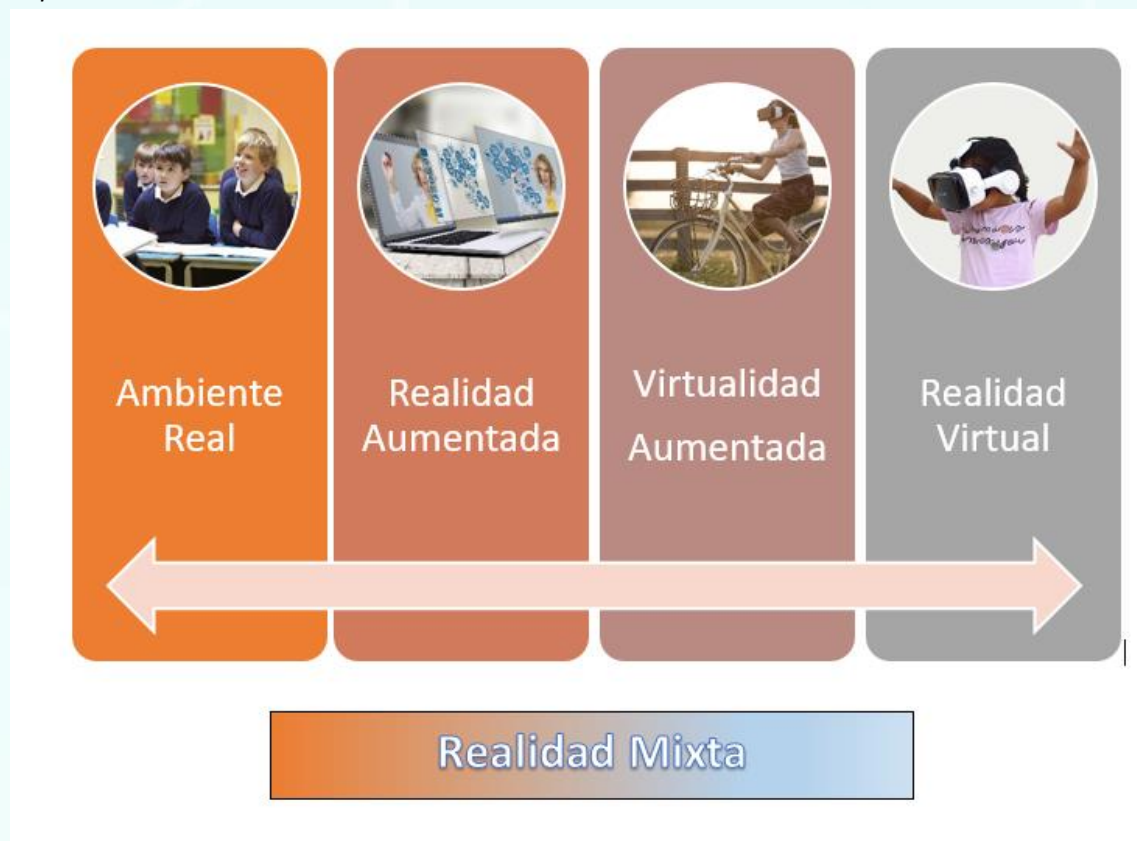
CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Por tanto, la Realidad Mixta no consiste únicamente en añadir elementos virtuales a la realidad (en este caso se hablaría de AR), sino que se combinan las distintas realidades, creando nuevos espacios, en los que los elementos virtuales y reales se encuentran en un mismo plano, interactuando entre sí durante un tiempo real (Juca-Maldonado et al., 2020; Encarnación-De Jesús y Ayala-Ramírez, 2021).

Figura 1

Representación del continuo Realidad-Virtualidad



Fuente: elaboración propia a partir de Sánchez (2017)

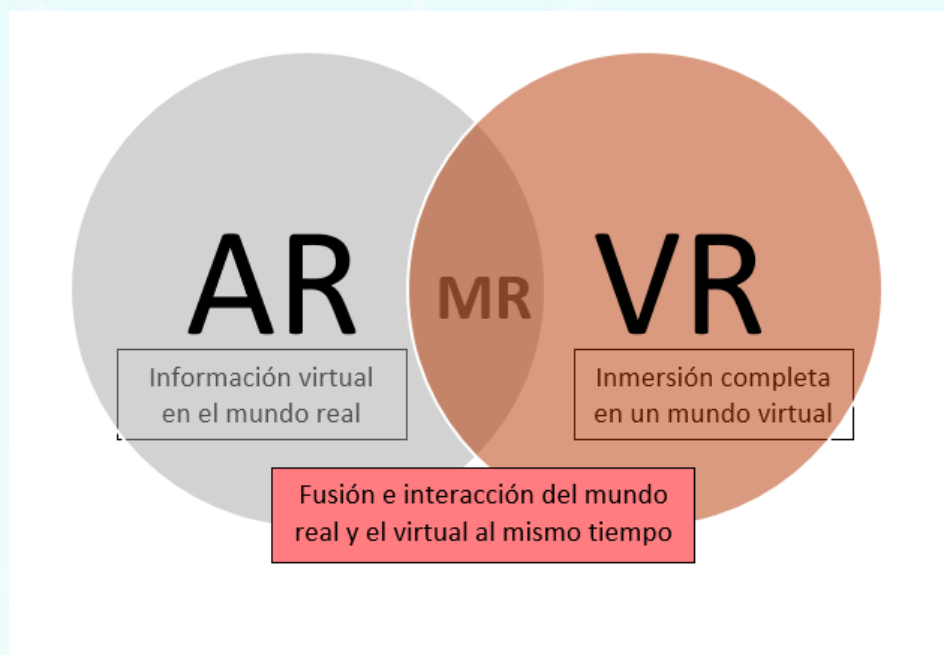
MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Figura 2

Diferencia entre las tres realidades



Fuente: elaboración propia a partir de Sánchez (2017)

La VR y la AR se crearon en un principio con un fin lúdico, pero más adelante se comenzaron a utilizar como medios para mejorar la comunicación, el aprendizaje y la investigación dentro de distintas áreas y contextos. En el ámbito educativo se utilizan cada vez más, puesto que son numerosas las experiencias de buenas prácticas educativas que utilizan estas tecnologías.

La RM se presenta como una evolución de estas dos tecnologías, que abarca la combinación de ambas dentro de una misma experiencia, donde el mundo real y el virtual se unen, creando un entorno nuevo con elementos de ambos espacios que coexisten e interaccionan en tiempo real (Palomo-Beltrán, 2020).

Por tanto, se trata de una nueva etapa dentro del continuo de la realidad virtual. Esta mezcla de estímulos virtuales y reales que se obtienen al mismo tiempo, permite al alumnado poder interactuar con ambos, de forma que en una experiencia formativa se realizan acciones naturales, dentro del entorno de trabajo habitual, cuyas consecuencias son virtuales (López et al., 2021). Gracias a esta característica la MR se considera una herramienta muy efectiva para la educación, puesto que consigue que los estudiantes se involucren en la exploración del mundo real de forma activa, profundizando en sus investigaciones, sin salir del aula y alcanzando un

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



aprendizaje más completo y significativo que el que se logra con el uso exclusivo de los libros de texto.

La MR aporta al aprendizaje numerosas ventajas, como la obtención de una mayor retroalimentación y la apertura a numerosas opciones y experiencias del mismo objeto de conocimiento. También permite operar, medir y manipular objetos virtuales en 3D en un contexto real, con el objetivo de facilitar la comprensión de las relaciones espaciales complejas y abstractas. En definitiva, propicia el aprendizaje práctico y experimental, mejorando el entendimiento de los contenidos (Rodríguez-Grimaldo y Vargas-Chaparro, 2019).

Azuma (1997) afirma que un sistema de RM debe cumplir con tres requisitos fundamentales, para que pueda considerarse como tal:

- 1) Resulta necesario que combine la realidad y la virtualidad. Dentro del mundo real se integran elementos sintéticos, que pueden ser visuales, como textos u objetos en 3D, sonoros o táctiles.
- 2) Debe ser interactivo en tiempo real. De esta forma el participante ve, al mismo tiempo, un mundo real que contiene elementos virtuales agregados que le ayudan a interactuar con la escena.
- 3) Las imágenes se registran en espacios 3D. La información virtual tiene que estar conectada espacialmente y de forma coherente con el mundo real. Por este motivo, se hace necesario conocer en cada momento la posición del usuario, consiguiendo así que la mezcla de información se registre de manera adecuada.

2. Beneficios que aporta la Realidad Mixta a la educación

En general las metodologías activas que utilizan las tecnologías inmersivas suponen una fuente importante de motivación para los estudiantes. Por su carácter innovador, también son idóneas para romper con las lecciones magistrales tradicionales, que no dan respuesta a las demandas del alumnado del siglo XXI (Moreno-Guerrero et al., 2021).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



La MR es una herramienta muy efectiva para el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier etapa educativa y área de estudio (Villa-Montoya, 2018). En la tabla 1 se enumeran los principales beneficios que se obtienen con su uso (Loup-Escade et al., 2016).

Beneficios de la MR en Educación	
Mejora del proceso cognitivo	Facilita el aprendizaje de conceptos abstractos y complejos
Puede servir de acogida social	Por su poder de contextualización
Mejora el aprendizaje emocional	A través de simulaciones se pueden experimentar distintas emociones
Mejora de la conducta	Desencadena la empatía
Supone un entorno seguro	Se practican y perfeccionan habilidades sin salir del aula
No se sobrecarga con la información	Se genera un mayor razonamiento abstracto y pensamiento crítico
Ayuda a reducir la brecha digital	Se brinda la oportunidad de acceder a la tecnología a todo el alumnado, contribuyendo a la inclusión educativa
Permite experiencias colaborativas	Mejora de las relaciones sociales entre el alumnado
Se consiguen experiencias contextualizadas, que no siempre son alcanzables de forma real	Se rompe con la barrera del espacio/ tiempo
El alumnado adquiere una mayor concienciación del entorno	El aprendizaje se contextualiza
Se desarrollan habilidades y aptitudes	Por medio del contacto directo con situaciones reales

Fuente: elaboración propia a partir de Loup-Escade et al. (2016)

Existen numerosas aplicaciones con las que se puede utilizar la MR en educación. Algunos ejemplos de ellas son los siguientes, que se presentan a continuación acompañados de un vídeo demostrativo:

-VR Frog Dissection: Ribbit-ing Discoveries. Se trata de una experiencia de MR muy útil para el contexto educativo, mediante la cual el alumnado puede diseccionar una rana.

<https://www.youtube.com/watch?v=6nVn8sGbAp8>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-HoloTour. Consiste en una aplicación de navegación 3D creada por la plataforma Windows Mixed Reality, que combina un vídeo de 360 grados, sonido y paisajes holográficos.

<https://www.youtube.com/watch?v=QwRjD10M3ow>

Un ejemplo de esta misma aplicación es Holo-Human; a través de esta experiencia se puede explorar en 3D, de forma colaborativa, el cuerpo humano.

<https://vimeo.com/293951798>

-EngageEduSharedExperience_3.0 de Kabel es una aplicación que permite una experiencia compartida entre un docente y uno o varios estudiantes, en la que se puede interactuar con los objetos virtuales todos al mismo tiempo, siendo testigos de lo que cada uno edita en cada momento.

<https://youtu.be/fyYssHTsTb4>

A la luz de las numerosas ventajas que esta tecnología innovadora ofrece a la educación y comprobando, a través de algunos ejemplos, cómo se utilizan en el aula, se puede confirmar que la MR frente a las lecciones tradicionales teóricas, aporta al ámbito de la educación una reducción de la carga cognitiva, aumentando la retención de conocimientos contextualizados y la posibilidad de desarrollar competencias y habilidades a través de la experimentación colaborativa, en un clima de motivación e innovación (Loup-Escade et al., 2016).

3. Tipos de tecnología empleados en la Realidad Mixta

La tecnología que se utiliza para crear MR se compone de distintos dispositivos que se encuentran en el mercado (Tello-Beltrán, 2018):

-Casco de VR, gafas de VR, visor de VR o también llamado HMD es un dispositivo de salida que permite reproducir imágenes y sonidos creados por ordenador (Figura 3). El hecho de que la proyección de las imágenes esté tan próxima a los ojos, consigue que se pueda englobar todo el campo visual y que acompañe a los movimientos del usuario. De esta forma, la experiencia es mucho más inmersiva (Gutiérrez-Maldonado, 2002).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Figura 3

Casco de Realidad Virtual



Imagen obtenida: Pixabay (<https://pixabay.com/es/>)

Para más información sobre las posibilidades que ofrecen estos dispositivos, se recomienda entrar en el siguiente enlace:

<https://www.xataka.com/basics/windows-mixed-reality-que-que-funciones-tiene-que-dispositivos-compatibles>

Vídeo ejemplo de MR con uso de Cascos VR:

<https://youtu.be/2MqGrF6JaOM>

-Hololens son las gafas holográficas de Microsoft, que proyectan delante del usuario imágenes en 3D. Se trata de dos lentes inteligentes de MR, que suelen llevar incorporados altavoces y micrófonos (Figura 4). Este ordenador holográfico portátil de peso ligero (578 g) hace que las imágenes se puedan ver desde el punto de vista del portador a través de una pantalla panorámica estereoscópica, formada por lentes holográficas tintadas, una cámara de profundidad y cuatro cámaras adicionales con sensores para la detección del entorno y la luz ambiental (Hanna et al., 2018).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Figura 4

Dispositivo Hololens



Imagen obtenida: Pixabay (<https://pixabay.com/es/>)

Desde el siguiente enlace se puede ver un ejemplo del uso del dispositivo Hololens para la MR:

<https://www.microsoft.com/es-es/hololens>

Y a través de este enlace se puede acceder a distintos ejemplos de aplicaciones y tutoriales de creación de contenido MR para Hololens:

<https://docs.microsoft.com/es-es/windows/mixed-reality/develop/features-and-samples?tabs=unity>

-Googlecardboard es un dispositivo creado por Google sobre una base de cartón plegable que funciona colocando en su interior un teléfono móvil inteligente (Figura 5). Este concepto se presentó por primera vez en la conferencia de desarrolladores de Google I/O de 2014. En 2015, Google lanzó un kit pensado directamente para los centros educativos, en los que se incluía este dispositivo para los estudiantes. Por primera vez la VR se dirigió directamente al alumnado (Craddock, 2018). El Googlecardboard se utiliza mucho en educación por su bajo coste y facilidad de acceso

(Aznar-Díaz et al., 2018).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Figura 5

Dispositivo Googlecardboard



Imagen obtenida: Pixabay (<https://pixabay.com/es/>)

Desde el siguiente enlace se puede obtener el dispositivo Googlecardboard, ver ejemplos, descargar aplicaciones y crear contenidos propios:

<https://arvr.google.com/cardboard/>

4. Desarrollo de la Realidad Mixta

Para la creación de la MR, se necesita generar un mapa en 3D de la realidad, el cual hará de base donde se superponen los elementos virtuales. Así se combinan las dos realidades. Una de las técnicas consiste en escanear en tiempo real el espacio, generar un mapa en 3D, desde el cual se puedan analizar las superficies para que el dispositivo pueda colocar los objetos en los lugares habilitados para ello.

Para introducir elementos virtuales, el sistema crea un interfaz con marcas para que un ordenador realice una lectura previa con una cámara. Esta información hace de código con el que el ordenador genera las imágenes virtuales y las sitúa en la escena en función de la ubicación y rotación de las marcas.

El flujo de funcionamiento de un sistema de MR, consta de varias partes:

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Primero se debe capturar el escenario. Para lo cual se parametriza el software de MR para que sea capaz de reconocer un marcador de MR que se encuentra en la escena. Después se graba todo con una cámara de vídeo.

-En una segunda fase se debe identificar la escena. Para ello el programa de MR recibe las imágenes de vídeo obtenidas y se procede a identificar el marcador de MR en la escena.

-Fusión de la realidad con los elementos virtuales. Cuando se detecta el marcador se inicia el proceso de mezcla de realidades, para lo que se añaden los componentes sintéticos en la ubicación del marcador dentro de la escena real.

-Para finalizar ya se puede visualizar la escena enriquecida, conforme la señal de vídeo se procesa y combina con los elementos virtuales.



Imagen obtenida: Pixabay (<https://pixabay.com/es/>)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Para crear espacios de MR se hace necesario contar con una serie de recursos, algunos de los cuales se muestran en la tabla 2:

Tabla 2

Recursos para la creación de espacios de RM

Plataforma	Características
MRTK	Kit de herramientas de código abierto, apoyada por Microsoft, que permite el desarrollo de aplicaciones de Realidad en Unity para Windows 10. Proporciona prototipos y modelos prefabricados para que las creaciones sean más rápidas. Es compatible con: Acer Windows Mixed Reality, HP Windows Mixed Reality, Lenovo Explorer, Asus Windows Mixed Reality y HoloLens.
OpenHMD	Para el desarrollo de Software multiplataforma. Compatible con: Oculus Rift, HTC Vive, Sony PSVR, Deepoon E2
Build Wagon	Es un entorno de desarrollo basado en web para el uso exclusivo de HoloLens
MixCast	Sirve para el diseño de aplicaciones y vídeos de MR desde una realidad virtual. Su software crea una salida de vídeo del mundo real sobre el que se añaden los elementos virtuales

Fuente: elaboración propia a partir de Rodríguez-Verdera (2019)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



5. Referencias

Aznar-Díaz, I., Romero-Rodríguez, J.M., y Rodríguez-García, A.M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. . EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC, 7(1), 256-274.

<https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence Teleoperators Virtual Environ, 6(4), 355–85.

Cavazos-Salazar, R. L., y Suárez-Escalona, R. (2020). Desarrollo de recursos didácticos basados en realidad mixta en el bachillerato a distancia. Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia, 12(23). <http://dx.doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2020.23.75155>

Craddock, M. I. (2018). Realidad virtual inmersiva, Google Expeditions y aprendizaje del idioma inglés. Informes de tecnología de bibliotecas, 54 (4), 7-9.

Encarnación-De Jesús, L., y Ayala-Ramírez, S. (2021). Estrategias didácticas a través de la realidad mixta para el aprendizaje teórico-práctico en estudiantes de educación media superior. RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.922>

Gómez-García, G., Trujillo-Torres, J.M., Aznar-Díaz, I., y Cáceres-Reche, M.P. (2018). Augment reality and virtual reality for the improvement of spatial competences in Physical Education. Journal of Human Sport and Exercise, 13(2), 189- 198.

Gutiérrez-Maldonado, J. (2002). Aplicaciones de la realidad virtual en psicología clínica. Aula médica psiquiátrica, 4(2), 92-126.

Hanna, M. G., Ahmed, I., Nine, J., Prajapati, S., y Pantanowitz, L. (2018). Tecnología de realidad aumentada con Microsoft HoloLens en patología anatómica. Archivos de patología y medicina de laboratorio, 142 (5), 638-644. <https://doi.org/10.5858/arpa.2017-0189-OA>

Juca-Maldonado, F., Lalangui-Ramírez, J., y Bastidas-Andrade, M. I. (2020). Rutas inmersivas de realidad virtual como alternativa tecnológica en el proceso educativo. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 3(1), 48-56.

López, M. A., Ruiz, M.D., y Álvarez, D. (2021). DesignMe-MR: Caja de herramientas para la creación de escenarios de aprendizaje para la formación en prevención de riesgos laborales con realidad mixta. 2021 XVI Congreso Ibérico de Sistemas y Tecnologías de la Información CISTI, 1-6, <https://doi.org/10.23919 / CISTI52073.2021.9476417>

Loup-Escande, E., Jamet, E., Ragot, M., Erhel, S., y Michinov, N. (2016). Effects of Stereoscopic Display on Learning and User Experience in an Educational Virtual Environment. International Journal of Human– Computer Interaction, 1-8.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Martín-Erro, A., Espinosa-Escudero, M.M., y Dominguez, M. (2014). Aplicaciones de entornos de realidad mixta en el diseño y fabricación de productos. DYNA, 89(4), 382-386.

<https://doi.org/10.6036/6989>

Milgram, P., y Kishino, F. (1994). Una taxonomía de presentaciones visuales de realidad mixta. Transacciones IEICE sobre información y sistemas, 77 (12), 1321-1329.

Moreno-Guerrero, A. J., Rodríguez-Jiménez, C., Ramos-Navas-Parejo, M., y Sola-Reche, J. M. (2020). Interés y Motivación del Estudiantado de Educación Secundaria en el uso de Aurasma en el Aula de Educación Física. Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación, 38, 333-340.

Moreno-Guerrero, A. J., Rodríguez-García, A. M., Rodríguez-Jiménez, C., y Ramos-Navas-Parejo, M. (2021). Competencia digital docente y el uso de la realidad aumentada en la enseñanza de ciencias en Educación Secundaria Obligatoria. Revista Fuentes, 23(1), 108-124.

<https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.12050>

Palomo-Beltrán, C. (2020). Percepción y desplazamiento en el espacio híbrido con realidad mixta. Academia XXII, 11(21), 187-214.

<http://dx.doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2020.21.76680>

Rodríguez-Grimaldo, A. C., y Vargas-Chaparo, E. M. (2019). Diseño y Desarrollo de un Sistema de Realidad Mixta para la enseñanza-Aprendizaje de la física de Agujeros Negros. Actas de la Multiconferencia Internacional LACCEI de Ingeniería, Educación y Tecnología, julio 2019.

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.427>

Rodríguez-Verdera, A. (2019). Diseño y desarrollo de una aplicación de realidad mixta.

Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/127249>

Sánchez, P. (2017). La realidad que viene: la realidad virtual y aumentada se funden en un nuevo concepto, la realidad mixta, que va a revolucionar el mundo del marketing y la comunicación. Ipmark: Información de publicidad y marketing, (840), 34-37

Tello-Beltrán, D. C. (2018). Realidad Mixta/Híbrida para la Enseñanza de Animación. Diseño y Creación Foro Académico Internacional, 398.

Villa-Montoya, M. I. (2018). Narrativas inmersivas para comunicadores. Realidad virtual, aumentada y mixta en propuestas audiovisuales de ficción y no ficción. Comunicación, (39), 7-12. <http://dx.doi.org/10.18566/comunica.n39.a01>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



MÓDULO 4. Realidad extendida (XR) y sus posibilidades en educación.

4. 4 TECNOLOGÍA HÁPTICA

1. Introducción

El desarrollo de las tecnologías ha conseguido integrar una serie de recursos didácticos innovadores en la mayoría de las disciplinas, logrando contextualizar los contenidos a través de entornos virtuales, nunca antes vistos, mucho más seguros y con un alto grado de realismo. Estos recursos se han desarrollado muy rápidamente y están disponibles en todas las etapas y ámbitos educativos, lo que genera la necesidad de adecuación y preparación para saber hacer uso de las mismas de forma efectiva (Quenta-Silva, 2019).

Autores como González-Carrasco (2020) defienden que las TIC y las tecnologías 3D han irrumpido en la sociedad para quedarse, con la finalidad de facilitar a los estudiantes la adquisición de sus competencias, del mismo modo que en su día el PowerPoint sustituyó a los acetatos y estos antes sustituyeron a la tiza y la pizarra.

En los sistemas de realidad virtual comunes, la información llega al usuario a través de la visión, por medio de pantallas y gafas estereoscópicas. Sin embargo, si no se completa con los estímulos propios del resto de canales, como son el táctil, el olfativo, el gustativo o el sonoro, la inmersión no resulta íntegra. En muchas ocasiones esta información puede resultar imprescindible para la comprensión global de un objeto de estudio (Mirolí, 2018). Por lo tanto, un sistema virtual produce un alto grado de interacción e inmersión, si cuenta con una interfaz multimodal, que envíe y reciba información a través de diferentes vías sensoriales, aproximándose en todo lo posible al contexto real que simula (González, 2011). Con el objetivo de aumentar la sensación de inmersión, a comienzos de los años 90 se empezaron a desarrollar los primeros dispositivos hápticos (Abtahi, 2021).

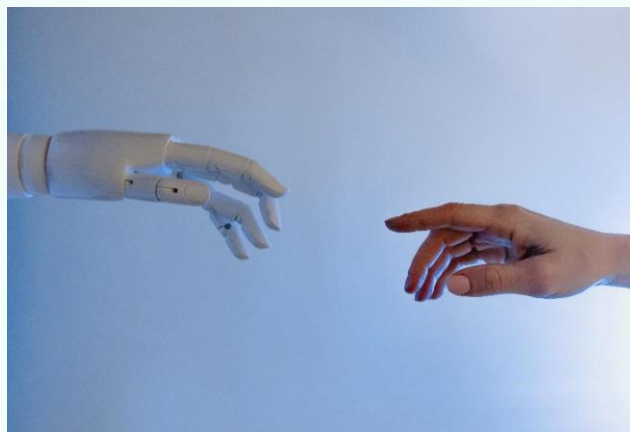


Imagen obtenida: Pexels (pexel-tara-winstead-8386434)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



De forma que la implementación de hápticos en la realidad virtual produce una mejora de la experiencia inmersiva, atribuyendo mayor valor al aprendizaje. Esta tecnología se encuentran ya dentro de la vida doméstica cotidiana en sus formas más básicas y en el campo de las simulaciones médicas, estudios de diseño y telecirugía robótica entre otras, en sus formas más avanzadas. En el campo de la medicina, son muy válidos para la formación de cirujanos (Figuerola y Medina-Cortés, 2020).

Los estudios hápticos comenzaron en la rama de la psicología. Ya en los años 60 Marshall McLuhan predijo que la nueva era de la tecnología se caracterizaría por el sentido del tacto, en lugar de por la visión. Robert Jütte, escritor de la obra *Historia de los Sentidos*, afirmó que seguramente estemos inmersos en una “edad háptica”, identificable por la cantidad de interfaces preparadas para ser tocadas, como los teléfonos móviles, tabletas, dispositivos de lectura digital, etc. (Arri, 2019).

2. Conceptualización de la Tecnología Háptica

La palabra háptico se refiere en general a todo lo relacionado con el estudio del sentido del tacto y la capacidad del ser humano para interactuar a través del mismo. Cuando se emplea dentro de un contexto tecnológico, se habla de dispositivos hápticos, los cuales hacen alusión a la posibilidad de interactuar en un medio virtual por medio del contacto físico, con la finalidad de percibir un intercambio simultáneo de información. De esta forma se establece una comunicación bidireccional con el medio virtual (Miroli, 2018).

Este término proviene del griego *haptesthai*, que significa “tocar”. González (2011) lo define como el adjetivo empleado para describir lo relacionado con el tacto, considerando que la información háptica contiene tanto estímulos propioceptivos (kinestésicos), táctiles como vestibulares. En la tabla 1 se ofrecen más detalles sobre estos sistemas perceptivos.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Tabla1

Sistemas de percepción que intervienen en la información háptica

Sistema de percepción	Definición
Sistema propioceptivo	La propiocepción es el sentido que transmite información al organismo relativa a la posición de los músculos. A través del mismo se puede sentir la posición de las partes corporales que se encuentran contiguas. Se trata de un sentido de interocepción por el que se conciencia del estado interno del propio cuerpo.
Sistema táctil	Se encuentra dentro de los seis sentidos de exterocepción, por los que se perciben los estímulos del exterior, junto con la visión, el olfato, la audición, el gusto y el equilibrio. Permite interactuar a través de las terminaciones nerviosas de la piel, obteniendo información sobre la temperatura, la presión y la textura.
Sistema vestibular	Relativo a la percepción de la posición de la cabeza, su aceleración y deceleración

Fuente: elaboración propia a partir de González (2011)

Hoy día, la tecnología y la robótica ofrecen a los usuarios una gran variedad de dispositivos generados para la mejora de la investigación, la ciencia, la industria y el ocio, que son capaces de simular con gran realismo las distintas sensaciones hápticas: propioceptivas, táctiles y vestibulares, ofreciendo contacto físico entre el ordenador y el usuario dentro de los entornos virtuales

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



3. Clasificación de los dispositivos hápticos

Los dispositivos hápticos más comunes y básicos son las pantallas táctiles de los teléfonos móviles. Estas pantallas son capaces de captar la posición del dedo del usuario, en función de la cual se realiza la acción. Estos interfaces hápticos son solo de entrada, puesto que la respuesta a la acción táctil es visual o sonora. En algunos casos, los dispositivos devuelven una respuesta háptica en forma de vibración, siendo la respuesta más básica dentro de la gama.

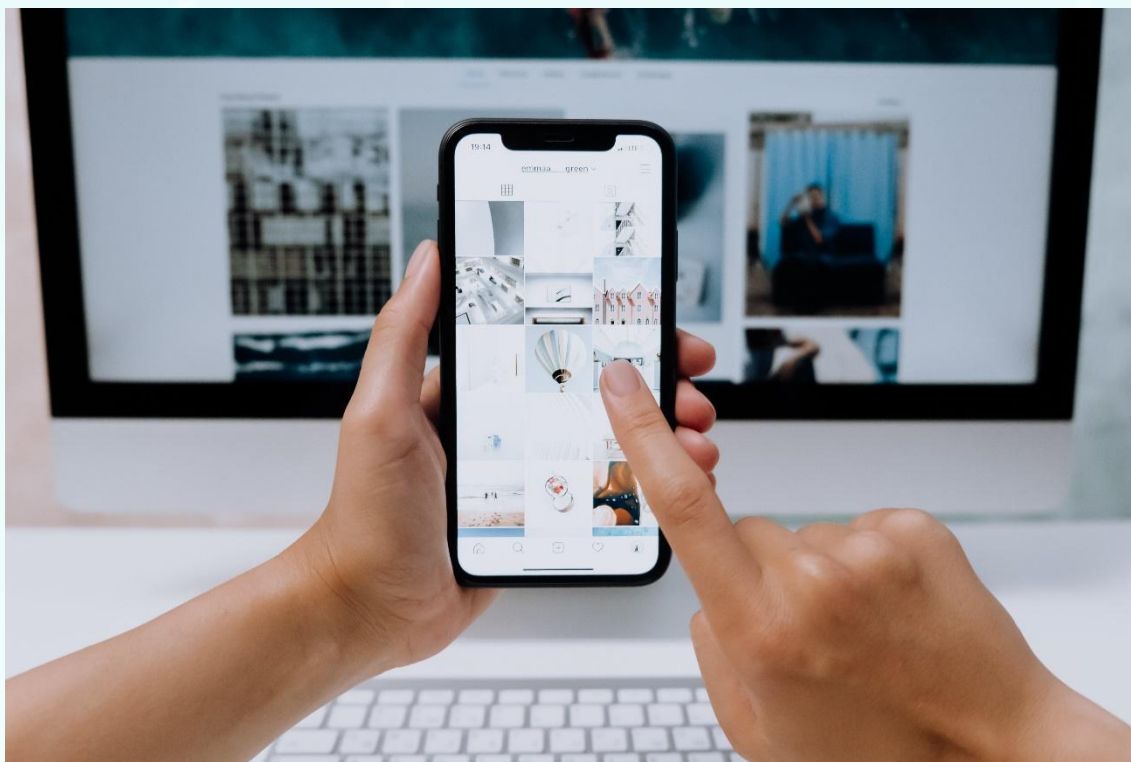


Imagen: obtenida de Pexels (pexels-cottonbro-5082579)

Para que el usuario perciba información háptica virtual, se hace necesario el uso de dispositivos más complejos y especializados, preparados para enviar y recibir información háptica en 3D. De esta forma se puede simular el choque con objetos virtuales sólidos y deformables y proporcionar diferentes texturas.

Existe una amplia gama de dispositivos hápticos en el mercado, los cuales se caracterizan por ofrecer interacción con un elemento virtual a través de un terminal, como un lápiz, dedo virtual o joystick. Esto permite el sentimiento de fuerza al impactar con un objeto virtual, poder apreciar la forma de una superficie al tocar con el stylus y orientar al individuo a través de diferentes

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



direcciones. En definitiva proporcionan retroalimentación de fuerza que percibe el sistema kinestésico o propioceptivo.

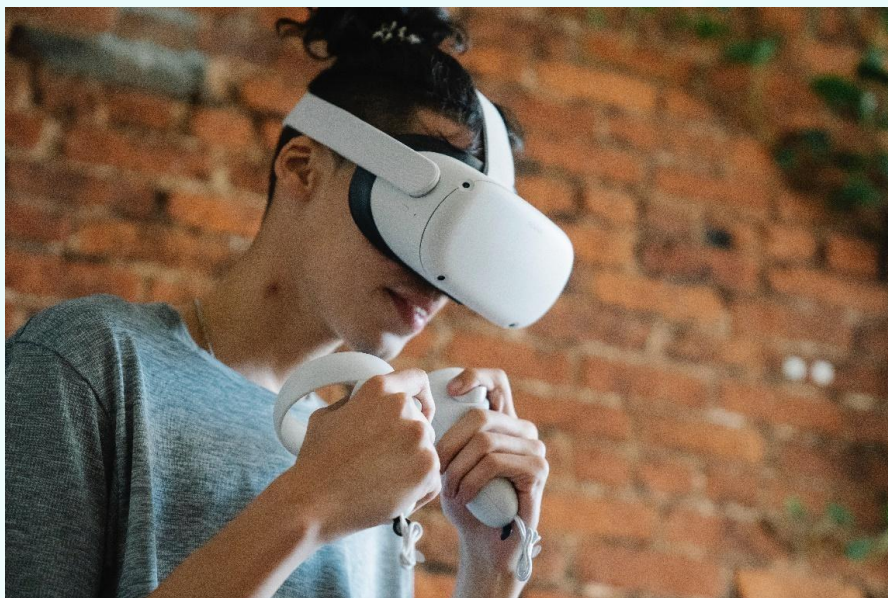


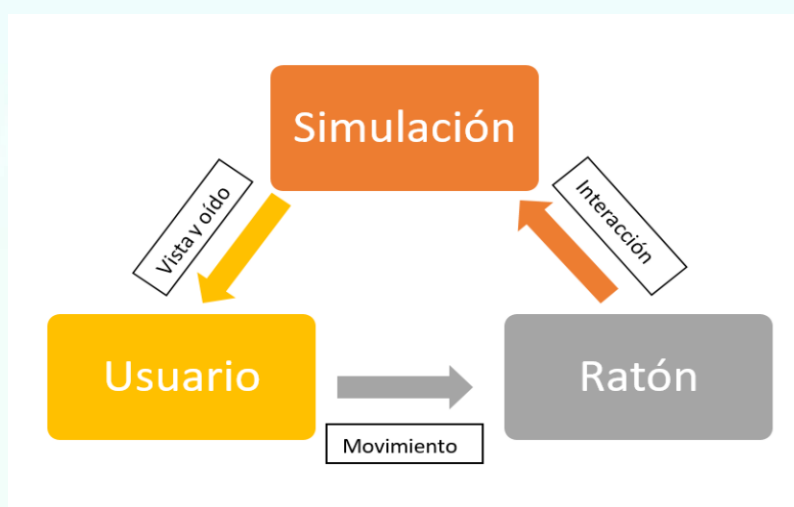
Imagen obtenida de Pexels (pexels-eren-li-7241655)

Los dispositivos hápticos se dividen en:

-Pasivos. Que son aquellos cuya interacción tangible supone retroalimentación para el usuario (Figura 1)

Figura 1.

Esquema del sistema de dirección del dispositivo háptico pasivo



Fuente elaboración propia a partir de Miroli (2018)

MOBILE LEARNING

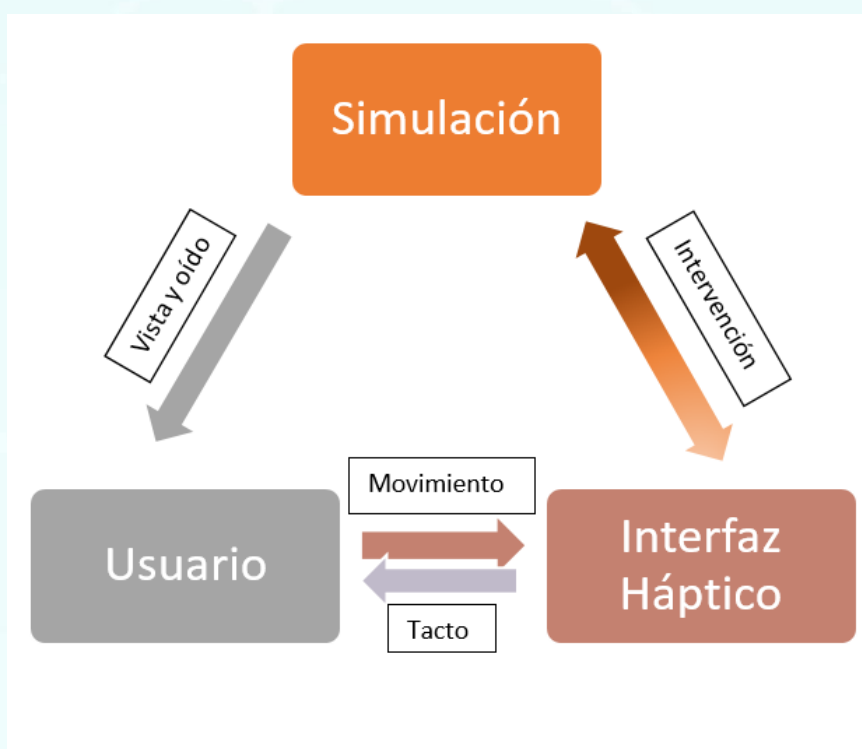
CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Activos. Que son los que generan una retroalimentación propia. Están basados en actuadores, sensores y software especializados para producir esta interacción háptica. A través del tacto activo la persona además de obtener sensaciones, obtiene una información esencial que sirve de apoyo para inferir y tomar decisiones, incluso si no puede contar con el resto de los sentidos; vista y oído, lo que favorece el ambiente inmersivo (Figuerola y Medina-Cortés, 2020).

Figura 2.

Esquema del sistema bidireccional de la interfaz háptica



Fuente elaboración propia a partir de Miroli (2018)

-Activos. Que son los que generan una retroalimentación propia. Están basados en actuadores, sensores y software especializados para producir esta interacción háptica. A través del tacto activo la persona además de obtener sensaciones, obtiene una información esencial que sirve de apoyo para inferir y tomar decisiones, incluso si no puede contar con el resto de los sentidos; vista y oído, lo que favorece el ambiente inmersivo (Figuerola y Medina-Cortés, 2020).

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Novint Falcon

Se manipula a través de una esfera que se puede desplazar hacia donde se desee. De esta forma el usuario ve en la pantalla el objeto que representa al dispositivo háptico en el entorno virtual. Este se mueve simultáneamente y se controla desde los movimientos del robot. Si la mano virtual toca una de las paredes virtuales el dispositivo devuelve al usuario una sensación de fuerza en 3D (posee tres grados de libertad), que se percibe de la misma manera que si la hubiese tocado realmente.



Imagen obtenida de Novint Falcon (<https://youtu.be/xe6yIFvJFKc>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de este dispositivo: <https://youtu.be/xe6yIFvJFKc>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Phantom Omni de Sensable

Este dispositivo devuelve la fuerza en tres direcciones (posee tres grados de libertad) y seis grados en orientación, puesto que el stylus puede rotar en tres direcciones y además desplazarse

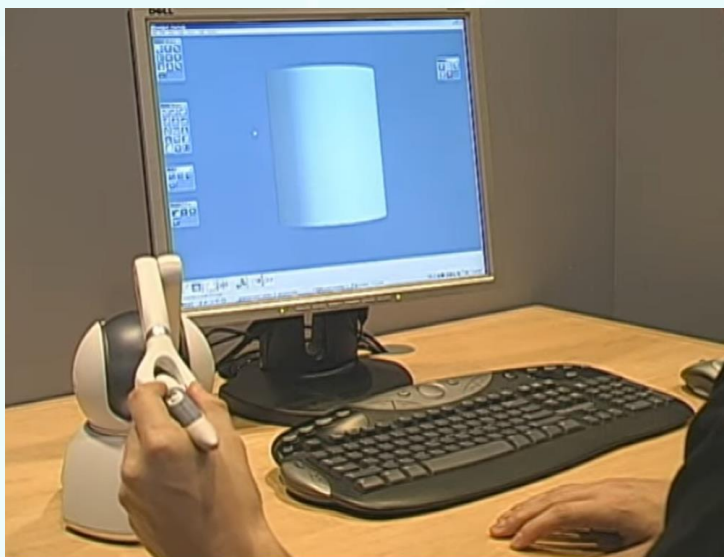


Imagen obtenida de Phantom Omni de Sensable (https://youtu.be/C_rHAbJggM)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de este dispositivo: https://youtu.be/C_rHAbJggM

-Dispositivos de mano: guantes hápticos

Este tipo de dispositivos permite la manipulación en numerosos puntos de contacto de una superficie, pudiendo percibirla en su totalidad y coger y manipular objetos virtuales.

Los guantes hápticos deben reunir tres características (Le y Nguyen, 2021), además de ser ergonómicos, livianos y compactos:

- No impedir el movimiento de los dedos mientras se palpan los diferentes objetos virtuales
- Deben conseguir que los elementos sólidos den sensación de firmeza
- Las limitaciones virtuales no deben saturarse con facilidad

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA

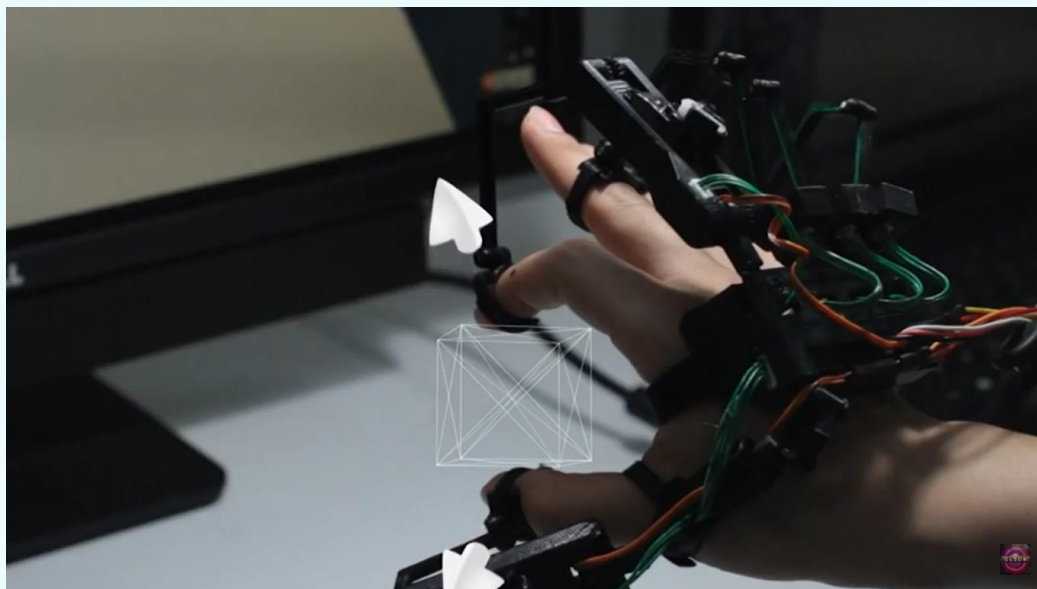


Imagen obtenida de Dexta Robotic (<https://youtu.be/Qkdld16Awu4>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de este dispositivo: <https://youtu.be/Qkdld16Awu4>

Algunos poseen una estructura exoesquelética, que se fija a la mano, controlando el movimiento de cada dedo con el objetivo de dar la sensación de choque con un elemento al usuario. Otros, con el fin de aportar al usuario información háptica del exterior, como la temperatura presión o textura, poseen forma de guantes táctiles. Estos son ligeros y utilizan vibradores electromagnéticos para obtener las sensaciones de las diferentes texturas. Además, tienen un diseño cómodo de utilizar. Un ejemplo de este tipo de guantes es el Cybertouch Immersion Co. Este guante táctil tiene seis vibradores electromagnéticos situados en los dedos y las palmas de las manos.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Los guantes hápticos más conocidos, que se pueden adquirir en el mercado, son los siguientes (González, 2021):

-Gloveone:

Son unos guantes parecidos a los que se utilizan los ciclistas, cuyo teclado se encuentra incluido dentro del logotipo detrás de la palma de la mano del usuario, por lo que no se puede mover. Posee controles en los dedos colocados de forma independiente, que los hace muy perceptivos, aumentando la sensación de realidad



Imagen obtenida del vídeo Gloveone: Feel Virtual Reality (https://youtu.be/RAZidk_mPc8)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de estos guantes hápticos: https://youtu.be/RAZidk_mPc8

-Manus VR:

A diferencia de otros guantes hápticos, estos permiten sentir la VR utilizando todo el brazo



Imagen obtenida del vídeo Hands-On Virtual Reality Gloves (<https://youtu.be/HjuPZkBOAbE>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de estos guantes hápticos: <https://youtu.be/HjuPZkBOAbE>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Dexmo

Este guante de VR es del tipo exoesqueleto, por lo que su cableado es externo y muy ligero. Proporciona un resorte que hace que se pueda responder a una sensación de fuerza que se aplica a los dedos del usuario.

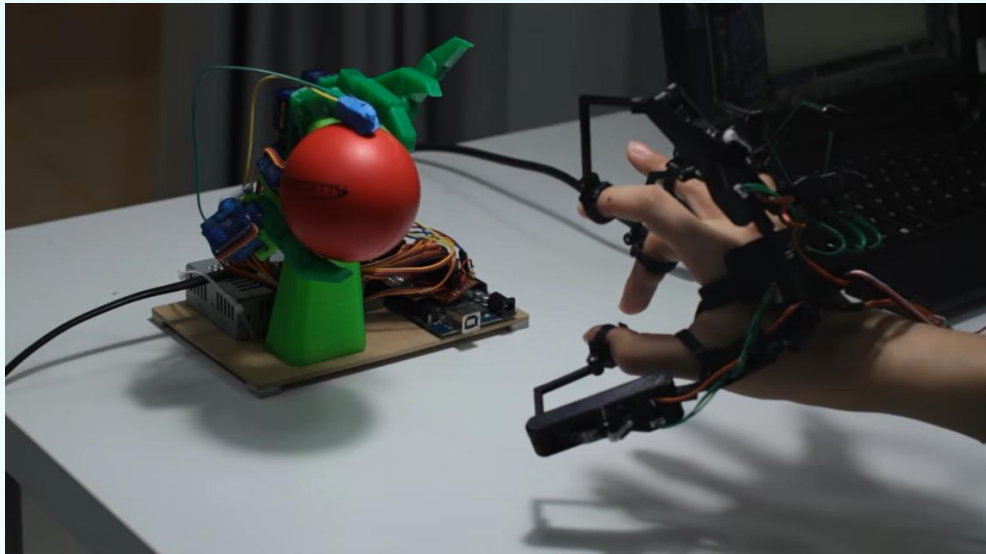


Imagen obtenida del vídeo Dexmo: an exoskeleton for you to touch the digital world (<https://youtu.be/TPW5OKoc7dQ>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de estos guantes hápticos: <https://youtu.be/TPW5OKoc7dQ>

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



-Hans Omni

Este guante se puede utilizar para interactuar con el entorno dentro de la VR, simulando el tacto de los objetos virtuales a través de globos expansibles que se encuentran dentro del guante, con la finalidad de aplicar compresión a los dedos y las manos.



Imagen obtenida del vídeo Rice Hands Omni VR Glove (<https://youtu.be/ZGdc3WxjXME>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de estos guantes hápticos: <https://youtu.be/ZGdc3WxjXME>

-Exoglove

Se trata de un producto inalámbrico de VR, con el que se puede explorar el entorno y sus elementos. Puede también ofrecer ayuda a las personas que tienen disminuida la movilidad de las manos, para favorecer la rehabilitación y su independencia.

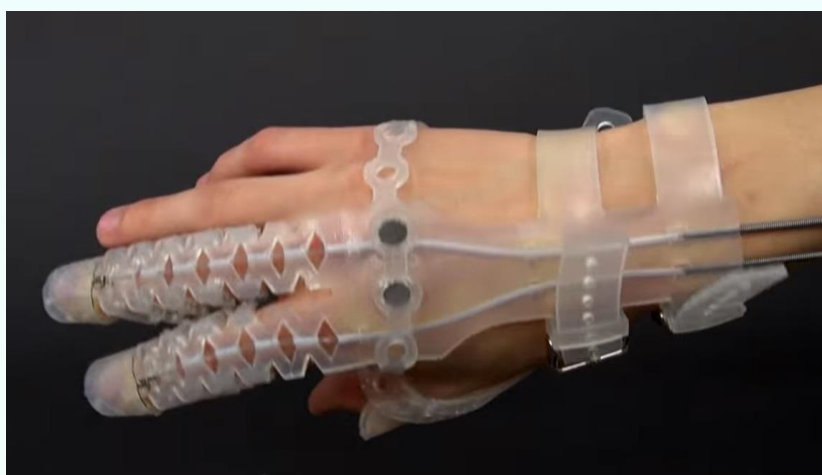


Imagen obtenida del vídeo Exo-Glove Poly (<https://youtu.be/oNEFXcWRIG8>)

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de estos guantes hápticos: <https://youtu.be/oNEFXcWRIG8>

-Perception Neuron

Captura gestos concretos, que se utilizan para controlar la VR. Posee tres sensores (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro), los cuales determinan los movimientos de las manos. Es compatible con cualquier dispositivo.

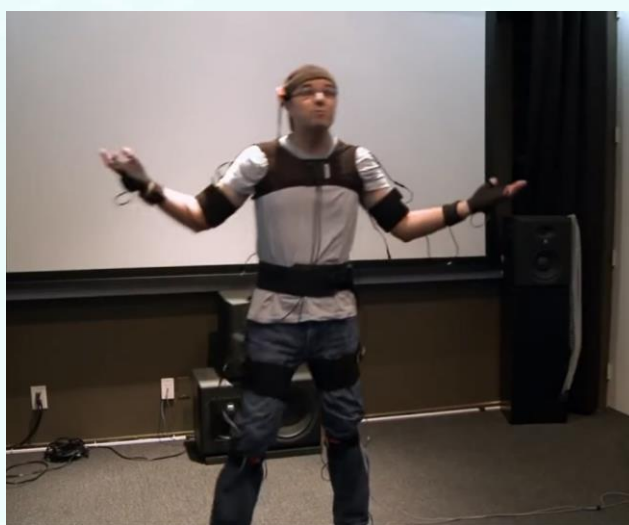


Imagen obtenida del vídeo Perception Neuron Unboxing (<https://youtu.be/cvqL2LQjBgQ>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de estos guantes hápticos: <https://youtu.be/cvqL2LQjBgQ>

Para obtener informas vestibular se hace necesario el uso de dispositivos más complejos. Como las plataformas Stewart, que se utilizan para realizar simulaciones de vuelo y automoción. Se trata de una estructura cinemática que controla el movimiento con seis grados de libertad. Está formado una plataforma fija conectada a otra móvil a través de brazos.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Imagen obtenida de Pexels (pexels-tima-miroshnichenko-6498290)

Existen otro tipo de dispositivos hápticos que recubren todo el cuerpo como los exoesqueletos hápticos, los cuales sirven para ampliar la fuerza o los movimientos del usuario (Yang et al., 2021).

Este tipo de tecnología se encuentra en plena expansión. Los últimos dispositivos innovadores hápticos que se están desarrollando en el mercado son los siguientes:

-Holotron:

Se trata de un nuevo sistema háptico que se está desarrollando para reproducir movimientos naturales, fuerzas y sensaciones del cuerpo, permitiendo percibir y dominar las fuerzas que siente nuestro avatar. Es un prototipo creado por el empresario alemán Marcel Reese. Este exoesqueleto imita la sensación de subir escaleras, caminar sobre piedras que se mueven, mantener el equilibrio subido en una tabla de skate, saltar sobre una colchoneta elástica y ser golpeado por una pelota. Registra los movimientos de los pies, piernas y pelvis, fundamentalmente, y los reproduce en RV en tiempo real.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA

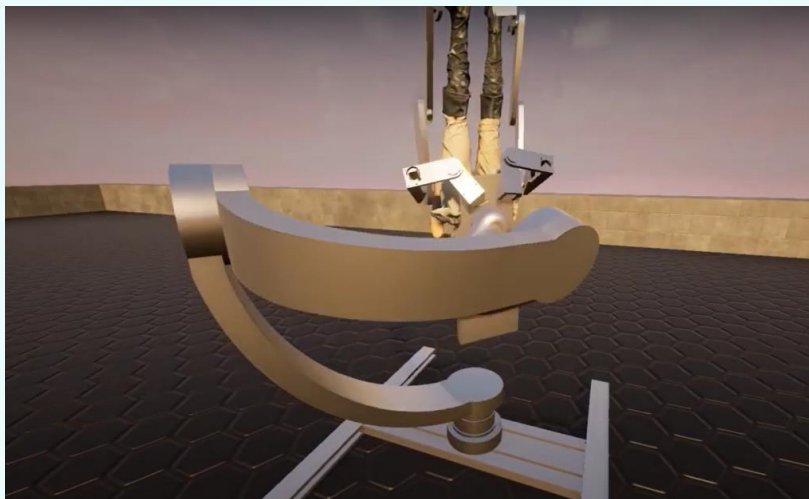


Imagen obtenida del vídeo *Life-like VR and Robot Teleoperation - Holotron Demo* (<https://youtu.be/IPGxLdpPec0>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de este dispositivo háptico: <https://youtu.be/IPGxLdpPec0>

-Hápticos químicos:

Consisten en una nueva clase de dispositivo háptico, la cual proporciona sensaciones a partir de la administración, en pequeñas dosis, de estimulantes químicos en la piel del usuario. De esta manera, los receptores de la piel se activan químicamente, generando diferentes sensaciones hápticas como (Lu et al., 2021):

-Hormigueo en la piel: a través del fármaco *Sanshool*, con el que se puede simular una descarga eléctrica

-Sensación de frío: utilizando *mentol*. Este estimulante se suministra a través de unos canales que se encuentran debajo de los auriculares de VR.

-Sensación de calor: para recrear la sensación de calor se utiliza *capsaicina*

-Adormecimiento: para conseguir reducir la percepción de sensaciones, se adormece la piel con el uso de *lidocaína*, un tipo de anestesia tópica que reduce la sensación táctil.

-Sensación de picadura: se consigue suministrando un cinamaldehído.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



Imagen obtenida del vídeo *Chemical Haptics: Rendering Haptic Sensations via Topical Stimulants*
(<https://www.youtube.com/watch?v=gQ3qBUlj7D4>)

A través del siguiente enlace se puede ver un vídeo que muestra las características de este dispositivo háptico: <https://www.youtube.com/watch?v=gQ3qBUlj7D4>

A la vista de los contenidos expuestos, se puede afirmar que la tecnología inmersiva avanza muy rápidamente hacia una simulación total que abarca todos los sentidos. Además de utilizarse para el ocio, las ventajas que ofrecen estos dispositivos son muy valiosas para la formación, especialmente, dentro de esas áreas donde la manipulación es importante y se hace necesario evitar riesgos. Como por ejemplo en el campo militar, el de la medicina, la odontología, la enfermería, etc.

MOBILE LEARNING

CLAVES PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL AULA



4. Referencias

- Abtahi, A. (2021). De las ilusiones a las interacciones más allá de lo real en la realidad virtual. En la publicación adjunta del 34º Simposio anual de ACM sobre software y tecnología de interfaz de usuario, UIST '21. Association for Computing Machinery, Nueva York, 153-157. <https://doi.org/10.1145/3474349.3477586>
- Arri, F. (2019). Leer con las manos. Una revisión sobre los estudios hápticos. In *Mediaciones de la Comunicación*, 14(1), 151-160.
- González-Carrasco, D. (2020). Las TICs y las nuevas tecnologías 3D hápticas aplicadas en la docencia de las ciencias de la salud en estado de alarma por Covid19. *Medicina balear*, 35(2), 9-11.
- Figuerola, P., y Medina-Cortés, F. (2020). Comparación entre controles hápticos y tradicionales en educación y entrenamiento para RV. *Revista Colombiana de Computación*, 21(2), 13-21. <https://doi.org/10.29375/25392115.4027>
- González, M. (2021). Los 6 mejores guantes para realidad virtual. Recuperado de: <https://filmora.wondershare.es/virtual-reality/top-vr-gloves.html>
- González, L. R. (2011). Visión global sobre tecnología háptica. *Manual formativo de ACTA*, (61), 115-122.
- Le, D. T. G., Nguyen, L. (2021). Un eficiente exoesqueleto de mano con retroalimentación de fuerza para aplicaciones hápticas. *Int J Intell Robot Appl* 5, 395–409. <https://doi.org/10.1007/s41315-021-00197-w>
- Lu, J., Liu, Z., Brooks, J., y Lopes, P. (2021). Chemical Haptics: Rendering Haptic Sensations via Topical Stimulants. In *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 239-257.
- Mioli, A. (2018). El espacio háptico: más allá de la razón visual. *Revista Tempos E Espaços Em Educação*, 11(25), 187-200. <https://doi.org/10.20952/revtee.v11i25.8471>
- Quenta-Silva, E. (2019). Simulación Clínica, Realidad Virtual Háptica (RVH): Herramienta docente para la enseñanza en estomatología. *Revista Estomatológica Herediana*, 29(2), 105-106. <https://doi.org/10.20453/reh.v29i2.3526>
- Yang, T.H., Kim, J.R., Jin, Gil, H., Koo, J.H., y Kim, H.J. (2021). Avances y oportunidades recientes de materiales activos para tecnologías hápticas en Realidad Virtual y Aumentada. *Materiales funcionales avanzados*, 31(39), 2008831. <https://doi.org/10.1002/adfm.202008831>