

Combinación de Realidad Aumentada con Control Gestual de Manos para Apoyar el Aprendizaje de las Letras en Niños de Preescolar

**Combining Augmented Reality with Hand Gesture Control to Support Letter
Learning in Preschool Children.**

Maria Antonieta Abud Figueroa¹

Raúl de Jesus Sánchez Martínez¹

Ulises Juárez Martínez¹

Lisbeth Rodríguez Mazahua¹

Hilarián Muñoz Contreras¹

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba

Resumen—El conocimiento de las letras es el primer paso para lograr la capacidad para leer y escribir adecuadamente, por lo que es de suma importancia en el proceso enseñanza-aprendizaje desarrollar actividades que capten la atención y el interés del niño por aprender. Actualmente el uso de las tecnologías de la información (TICs) ofrece la posibilidad de ampliar las estrategias didácticas que se pueden utilizar para el mejoramiento del quehacer educativo. El uso de la Realidad Aumentada es una de las tecnologías de mayor aplicación en el área educativa, por lo que en este trabajo se presenta el desarrollo de una herramienta que combina el uso de Realidad Aumentada con un control de interfaz a través del movimiento de las manos para introducir a los niños en el conocimiento de las letras. Esta aplicación despliega modelos tridimensionales de las letras y objetos que las utilizan y permite a los usuarios interactuar con ellos a través de movimientos de las manos. Su aplicación con niños de preescolar demostró ser una herramienta entretenida que ayudó de forma positivo al aprendizaje de las letras.

Palabras clave: Aprendizaje de letras; Interacción Humano-Máquina; Realidad Aumentada; Control Gestual de Manos;

Abstract—Knowledge of letters is the first step towards acquiring the ability to read and write properly, making it of utmost importance in the teaching-learning process to develop activities that capture the child's attention and interest in learning. Currently, the use of Information Technologies (IT) offers the possibility to expand didactic strategies that can be used for the improvement of educational practices. Augmented Reality is one of the most widely applied technologies in the educational field. This paper presents the development of a tool that combines the use of Augmented Reality with hand motion interface control to introduce children to letter knowledge. This application displays three-dimensional models of letters and objects that use them, allowing users to interact with them through hand movements. Its application with preschool children proved to be an entertaining tool that positively contributed to letter learning.

Keywords: Letter learning; Human-Machine Interaction; Augmented Reality; Hand Gesture Control.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las letras es básico en los niños ya que además de mejorar su capacidad de comunicación influye positivamente en su desarrollo cerebral. Al aprender los sonidos de las letras se estimulan conexiones neuronales en distintas áreas del cerebro que intervienen en el desarrollo del lenguaje. De igual forma se estimula la representación mental de conceptos abstractos, la concentración y la memoria. Lo cual es indispensable para el aprendizaje de la lectoescritura.

Tradicionalmente para que un estudiante aprenda las letras se le ponen ejercicios repetitivos de trazo y reconocimiento de la letra (a veces se incluye la mayúscula y la minúscula simultáneamente), lo que supone que el estudiante después de realizar estos ejercicios será capaz de identificar dicha letra sin embargo, esto puede conducir a dificultad para reconocer la letra ya que su representación puede variar en múltiples formas cambiando su tamaño, color, rotación, volumen y forma, entre otros. Para evitar estas complicaciones el uso de las tecnologías de información ofrece nuevas formas atractivas a los niños para realizar este aprendizaje. Dentro de las nuevas tecnologías útiles para este objetivo se encuentra la Realidad Aumentada (RA) ya que permite superponer imágenes virtuales sobre la realidad física lo que ofrece grandes oportunidades en el ámbito del aprendizaje recreando escenarios del mundo real en un entorno virtual, lo que influye en su rápida adopción en sectores de industria y educación. Otra de las tecnologías que hoy en día impacta en el uso de la computadora como medio didáctico es la inclusión de cámaras infrarrojas capaces de detectar gestos del usuario, *LeapMotion Controler* es una cámara infrarroja que permite identificar los movimientos de las manos a gran detalle con lo que se logra una manipulación de elementos de la computadora realizando gestos libres con las manos.

También, el desarrollo de nuevas formas de interfaces de usuario permite una interacción directa con los escenarios virtuales, lo que facilita su análisis, posibilitando una efectiva comunicación entre el entorno virtual y el usuario.

En este artículo se presenta el desarrollo un software que incorpora el uso de Realidad Aumentada con una interfaz humano-máquina que permite la interpretación de los movimientos de la mano del usuario por medio de la cámara *LeapMotion* y un traductor integrado que permite la manipulación de las letras con gestos manuales. En la sección 2 Metodología se presenta primeramente una revisión de trabajos relacionados con el proyecto, seguido del diseño y desarrollo del sistema propuesto. Posteriormente describen los resultados obtenidos, las conclusiones y trabajo futuro.

2. METODOLOGÍA

En esta sección se presenta la metodología empleada en el desarrollo del Proyecto, iniciando con la revisión de los principales trabajos relacionados con el tema, para continuar con la propuesta de arquitectura, desarrollo del mismo.

2.1 Trabajos Relacionados

Antes del inicio del proyecto se realizó una revisión de trabajos relacionados con el mismo. En esta sección se presentan aquellos que tienen mayor relación con el proyecto.

El aprendizaje de geometría es importante dentro del área de matemáticas, sin embargo, muchos estudiantes presentan problemas al trabajar este tema. Con el objetivo de brindar una herramienta de apoyo al estudio de la geometría (H. Q. Le and J. I. Kim, 2017) propusieron un marco de trabajo para su aprendizaje basado en RA y una interacción humano-máquina a través de reconocimiento de gestos manuales. En su investigación, para la detección de gestos emplearon el dispositivo *Leap Motion* utilizando marcadores de posición y la biblioteca ARToolkit para la renderización de los modelos tridimensionales que se obtenían con una cámara.

(S. Schutera et al., 2021) presentaron el desarrollo de una aplicación para dispositivos Android orientada a la enseñanza de geometría vectorial a la cual denominaron *cleARmaths*. Para su desarrollo incluyeron tecnología de realidad aumentada utilizando el SDK *Vuforia* para el seguimiento de marcadores de imagen y *Unity* para la captura y renderización de imágenes en tiempo real.

En el estudio de (Karambakhsh et al., 2019), presentaron el desarrollo de una aplicación para el aprendizaje de anatomía basada en una red neuronal convolucional capaz de reconocer expresiones humanas y utilizarlas como instrucciones. Se utilizó la cámara de profundidad *RealSense* para detectar la forma de los objetos escaneados generando un modelo 3D mediante su proyector láser infrarrojo. Utilizaron además la biblioteca *TensorFlow* de *Python* para visualizar los modelos generados por la red neuronal. Para el estudio utilizaron el dispositivo *HoloLens*, que permite rastrear los movimientos de las manos utilizando una cámara integrada y una pantalla interactiva que permite superponer a la imagen del fondo la red neuronal.

(Y. et al., 2019) desarrollaron la herramienta *MagicHand* la cual permite el control de dispositivos del Internet de las Cosas (IoT) usando RA y gestos manuales. En este trabajo utilizaron la interacción que permite la RA con el objetivo de mejorar la manipulación visual de los objetos interactivos en los dispositivos IoT. Se incluye un programa que permite la interacción con los sistemas de IoT a través de sonido e iluminación. Ofrece además el reconocimiento de códigos QR con lo que se pueden crear objetos virtuales e identificar figuras geométricas.

Otra aplicación importante de la RA es en el área de la telemedicina. En el estudio de (P. Bifulco et al, 2014) emplearon la realidad aumentada para desarrollar una aplicación de telemedicina con el objetivo de entrenar a usuarios sin experiencia en la realización de electrocardiogramas. Este sistema utilizó un maniquí para simular al paciente, sobre este maniquí se colocaron puntos de control los cuales fueron conectados al dispositivo, con lo que utilizando una cámara se logró reconocer los objetos. Se incluyeron, además audios y texto para dar instrucciones al usuario.

En el estudio del idioma inglés es muy importante el aprendizaje de la fonética ya que el no comprender los sonidos lingüísticos genera errores en su pronunciación que, a su vez, afectan la comunicación oral y escrita. Con la finalidad de facilitar el aprendizaje de la fonética en inglés (I. Nugraha et al, 2019) presentaron un modelo de enseñanza basado en realidad aumentada. En este proyecto utilizaron la herramienta *Aurasma*, actualmente conocida como *HP Reveal*, la cual permite combinar objetos virtuales y videoclips en un entorno simultáneamente real y virtual. Para el manejo de la RA se utilizaron tarjetas con imágenes que sirvieron de marcadores. Al enfocar estas imágenes con la cámara del dispositivo móvil, aparece un objeto 3D correspondiente a la imagen que contiene la tarjeta y se escucha una grabación con la pronunciación correcta mostrando las palabras.

En la misma temática del aprendizaje del inglés como segundo idioma, (V. Lin, et al, 2020) exploraron el aprendizaje referente a las habilidades de escritura. Se desarrolló una aplicación de RA orientada a la práctica de escritura ubicua consciente del contexto, buscando incrementar la motivación y reforzando la memoria a largo plazo. Los autores compararon trabajos escritos producidos por los estudiantes mientras utilizaban la aplicación frente a los mismos escritos obtenidos mediante el método tradicional de enseñanza, encontrando en la percepción de los estudiantes diferencias significativa, con lo que se demostró que la aplicación desarrollada ayudó a incrementar el recuerdo a largo plazo, ya que se presentó un incremento en la motivación mejorando la percepción del proceso de escritura. En el desarrollo de la aplicación se utilizó el software *Unity*.

En el estudio de (N. SyafiqahSafiee and A. Wanis Ismail, 2018) presentaron la creación de un entorno virtual dentro del cual es posible manipular los objetos a través de gestos manuales en RA. Para lograrlo utilizaron el dispositivo *LeapMotion* para la captura de los gestos manuales del usuario que posibilitaron manipular los objetos en la aplicación de RA desarrollada. Para la implementación de la RA, se utilizó el SDK *Vuforia*.

Después del análisis de estos trabajos se concluye que en la mayoría de los mismos utilizaron RA a través de la plataforma de desarrollo *Unity*, utilizando el dispositivo *LeapMotion* como herramienta para la interacción con los objetos virtuales debido a su menor costo comparado con otros dispositivos como *Google Lens* y *HoloLens*. También, al momento de esta revisión, no se encontró reportado algún trabajo aplicado al aprendizaje de las

letras por lo que se consideró un área de oportunidad trabajar en esta área. Además, se consideró desarrollar la aplicación como un videojuego debido a que estará orientado a niños de preescolar.

2.2 Arquitectura Propuesta

En esta sección se presenta la arquitectura propuesta para el desarrollo de la aplicación de RA con control gestual de manos que apoye el aprendizaje de las letras.

Como primer paso se realizó un análisis de diferentes tecnologías disponibles para el desarrollo del proyecto, considerando las siguientes necesidades:

- Un kit de desarrollo de software que soporte RA.
- Un dispositivo de control capaz de identificar el movimiento de las manos.
- Un motor de videojuegos con las capacidades de integrar la RA con el control gestual.

Después de realizar un análisis de diferentes opciones se eligió *Vuforia Engine* como kit de desarrollo para RA, *LeapMotion* para la identificación del movimiento de las manos y *Unity3D* como motor de videojuegos. A continuación, se describe cada uno.

2.2.1 Software Development Kit (SDK) de Realidad Aumentada (RA)

Un SDK es un conjunto de herramientas de desarrollo específicas para una plataforma y sistema operativo que a menudo incluyen bibliotecas de funciones para un lenguaje de programación específico.

Para el caso del desarrollo de aplicaciones con RA, la plataforma *Vuforia Engine* es ampliamente utilizada debido a que es compatible con gran parte de los dispositivos móviles disponibles en el mercado. Permite integrar de forma fácil funcionalidades para la captura de imágenes de la cámara para desplegar los objetos de RA. Además, ofrece una gran variedad de imágenes, objetos y entornos de trabajo para el uso de marcadores. Ofrece también una biblioteca de imágenes que pueden utilizarse en las aplicaciones. Cuenta también con un *plugin* para su integración con los motores de videojuegos *Unity3D* y *Unreal Engine*. Ofrece una versión gratuita, aunque con limitaciones en cuanto al uso de la lectura de marcadores y áreas (Shamsee et al., 2015).

2.2.2 Dispositivo de control

Un dispositivo de control permite la interacción humano-computadora a través de la manipulación de objetos virtuales. Estos dispositivos incluyen controladores físicos, cámaras para seguir movimiento, elemento para el reconocimiento de voz y gestos. El uso de estas interfaces tiene como objetivo que el usuario interactúe de forma intuitiva con el entorno virtual.

Para el desarrollo de este proyecto se eligió el dispositivo *LeapMotion Controller* el cual ofrece un rastreo avanzado de manos y dedos, lo cual permite una interacción natural con los objetos digitales. Este dispositivo se basa en un modelo del esqueleto humano, ofreciendo una representación detallada de las manos. Ofrece compatibilidad con motores de desarrollo como *Unity3D* y *Unreal Engine*. Soporta lenguajes de programación como *C#*, *C++*, *Java*, *JavaScript*, *Python* y *Objective-C*. La empresa que distribuye el dispositivo es *Ultra Leap* y para el uso del dispositivo ofrece una licencia personal, que es gratuita para uso no comercial, lo que lo hace una buena opción para el desarrollo de proyectos de realidad aumentada y virtual. (UltraLeap, 2022).

2.2.3 Motor de videojuegos

Los motores de videojuegos proveen un marco de trabajo para desarrollar aplicaciones interactivas y videojuegos, que incluyen las siguientes funcionalidades que permiten al desarrollador centrarse en la creación del juego sin programar todo desde cero (J. Atherton and G. Wang, 2018):

1. **Renderizado:** componente que dibuja y renderiza los gráficos 2D y 3D en la pantalla, manejando los elementos visuales como son la iluminación, sombras, y otros efectos visuales.
2. **Motor de física:** elemento encargado de simular las leyes de la física en el juego, como son gravedad, colisiones, fricción entre otros elementos.
3. **Animación:** componente encargado de dar vida a los objetos y personajes que son parte del juego, de manera que su forma de actuar sea realista.

4. Inteligencia Artificial (IA): este componente es el encargado de que los elementos que intervienen en el juego presenten un comportamiento creíble respondiendo de forma inteligente a las acciones que realiza el jugador.
5. Escenarios gráficos: herramienta que permite diseñar y crear los escenarios en los cuales se desarrolla el juego.
6. Codificación: lenguaje de programación que acepta el motor de videojuego; puede ser un lenguaje de programación propio o un lenguaje de programación popular.

Para el presente proyecto se eligió el motor de videojuegos Unity3D debido a su popularidad que a que proporciona una gran cantidad de funcionalidades para crear experiencias interactivas y multimedia [14]. Uno de sus puntos fuertes es su capacidad para exportar los juegos desarrollados a varias plataformas como *Windows*, *Mac*, *iOS*, *Android*, consolas de videojuegos y dispositivos de realidad virtual entre otros. Originalmente admitía como lenguajes de programación C y C++, actualmente sólo utiliza C# (J. Haas,2014).

2.2.4 Módulos de la aplicación

El software desarrollado cuenta con tres módulos: el Traductor de Gestos Manuales, El motor de Juego y la Biblioteca SDK distribuidos en una arquitectura en capas como se muestra en la Figura 1.

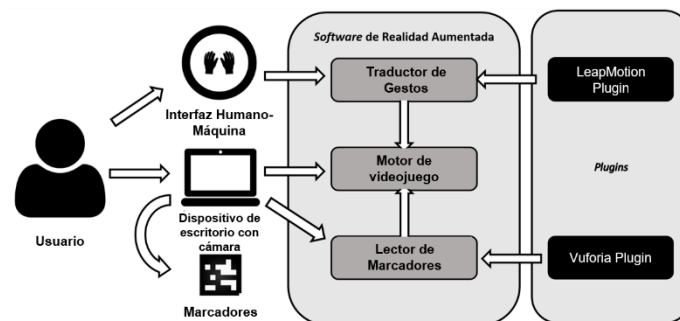


Figura 1. Arquitectura de la aplicación

El módulo Traductor de Gestos recibe desde la interfaz y en tiempo real la información de los movimientos de las manos del usuario y los envía al Motor de Juego, el cual es el encargado de obtener los modelos tridimensionales que se van a desplegar y traduce en forma inmediata los movimientos de las manos del usuario enviándolos al Motor de Juego desde donde se obtienen y manipulan los objetos obtenidos de la biblioteca SKD, en la cual se encuentra la información de los marcadores y modelos a desplegar.

Para el uso de la RA se desarrollaron los marcadores para lo cual fue necesario modelar diferentes figuras tridimensionales. Ejemplo de un marcador se observa en la Figura 2.



Figura 2. Marcador de la letra O

Para lograr el funcionamiento de la aplicación se requiere una computadora, que puede ser de escritorio o portátil, una cámara Web instalada en un tripié, los marcadores de las letras y la cámara infrarroja *LeapMotion*, distribuidas físicamente como se muestra en la Figura 3.

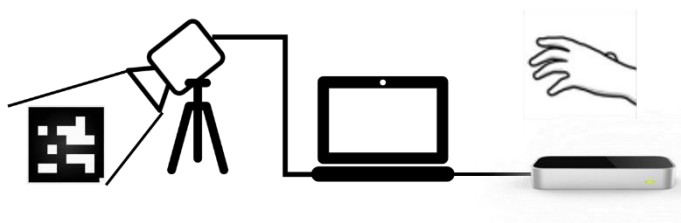


Figura 3. Disposición física del hardware

2.3 Resultados

La aplicación desarrollada tiene como objetivo ser una herramienta en apoyo al aprendizaje de las letras. Para lograr el objetivo se diseñaron varias escenas con las siguientes opciones: menú principal, menú de niveles, video de ayuda y sección de créditos como se observa en la Figura 4. Debido a que es una aplicación principalmente dirigida a niños de preescolar se sugiere que su uso sea bajo la supervisión de un adulto, preferentemente del profesor o profesora del niño.



Figura 4. Menú de niveles

Al ingresar a cada uno de los niveles del juego se escucha un audio de bienvenida con las instrucciones. El usuario deberá colocar frente a la cámara el marcador de la letra que se va a estudiar, al hacerlo aparecerá encima del marcador el modelo tridimensional del objeto relacionado con el marcador y se reproduce un audio indicando que se debe tomar el objeto, sostenerlo y repetir lo que escucha. Por ejemplo, si está repasando la letra 'o', aparece un oso escuchándose el audio "o de oso". Una vez que el niño repite la frase, debe soltar el objeto sobre el marcador, y el sistema se comporta de acuerdo al nivel de acuerdo a lo siguiente:

- Nivel uno: cuando el niño suelta el objeto sobre el marcador, aparecerán otros tres objetos con nombres que inician con la misma letra del objeto del marcador, y aparece en la esquina inferior derecha un número que corresponde a la cantidad de intentos de resolver el juego. Se reproduce al audio con las instrucciones indicando que se deben sujetar cada uno de los objetos y soltarlo sobre el marcador. Cada vez que se lleva el objeto al marcador se incrementa el contador de puntos y se reproduce el audio con el nombre respectiva del objeto. Cuando el usuario termina de colocar los tres objetos aparece un mensaje de felicitación y regresa al menú de niveles. La Figura 5 muestra la pantalla nivel 1 para la letra o.



Figura 5. Funcionamiento del nivel uno

- Nivel dos: Tiene un funcionamiento similar al del nivel uno, con la diferencia que aparecen cinco objetos en lugar de tres. Los dos objetos nuevos tienen un nombre que no inicia con la letra que se está estudiando. De modo que cuando uno de estos es sujetado y arrastrado por el usuario se le indica al usuario que es erróneo y todo el conjunto de objetos se reacomoda aleatoriamente. Esto se repite hasta que se eligen sólo aquellos objetos que inician con la letra correcta. La Figura 6 muestra el marcador de la letra E en este nivel.



Figura 6. Funcionamiento del nivel 2

- Nivel tres: Este nivel funciona de forma similar que el nivel dos, sólo que aquí en lugar de que los objetos sean figuras ahora representan la palabra del nombre del objeto. En la Figura 7 se muestra la pantalla de este nivel.



Figura 7. Funcionamiento del nivel 3

- Nivel cuatro: En este caso aparece una palabra con la diferencia de que incluye una o varias veces la letra que se está repasando en diferentes posiciones. El usuario deberá tomar cada letra y arrastrarla sobre el marcador. En caso de que la letra seleccionada sea errónea, ésta reaparece colocada en donde se tomó. Una vez que dicha palabra se ha limpiado de la letra correcta, las letras restantes desaparecen. La figura 8 muestra el funcionamiento de este nivel para la letra A en el nivel 4.



Figura 8. Diseño y funcionamiento del nivel 4

2 Resultados Obtenidos

El sistema desarrollado se probó en un Jardín de Niños privado de la ciudad de Orizaba, Veracruz a cargo de la directora de la institución y la maestra de preescolar. Para el estudio se contó con la participación de diez niños:

- Dos niños de Primer grado de preescolar.
- Cuatro niños Segundo grado de preescolar.
- Cuatro niños de Tercer grado de preescolar.

Los niños se eligieron considerando que la mitad fueran alumnos con rezago en su aprendizaje de las letras y la otra mitad niños con un nivel avanzado.

En el estudio se realizaron cuatro rondas de pruebas, realizando a los participantes unas preguntas de control antes de la prueba y después de la misma.

Previo a la prueba se realizaron las siguientes acciones:

1. Se mostró a cada niño el objeto del marcador para que identificara de qué objeto se trataba preguntándole ¿Cómo se llama esto?
2. Se le pidió que mencionara con qué letra empieza.
3. Finalmente, se le mostró la letra para que la identificara.

Al terminar cada prueba se cuestionó al niño sobre

1. Si le gustó el juego.
2. Si consideraba difícil
3. Se le pidió que mencionara que más le gustó o qué le disgustó
4. Finalmente, se le pidió que indicara si le gustaría volver a jugarlo.

Estas preguntas de control permitieron evaluar el grado en que el programa ayuda al estudiante a aprender las letras. En la Figura 9 se visualiza a un niño jugando con la aplicación.



Figura 9. Estudiante durante aplicación de prueba

Tomando en cuenta las respuestas a estas preguntas y las observaciones realizadas durante las pruebas se concluyen los siguientes resultados:

- De los diez estudiantes que participaron, nueve demostraron amplio interés por utilizar el software.
- En tres de los niños que presentan problemas de déficit de atención diagnosticada se mostró que la herramienta fue útil en el aprendizaje de las letras.
- Los niños presentaron gran interés en el uso de la RA, mostrándose emocionados al ver que los objetos que aparecían en pantalla.
- Otro aspecto que agradó a los niños fue la capacidad del sistema de poder agarrar los objetos con sus manos.
- Se demostró que, con el uso del programa, los niños con rezago académico en el aprendizaje de las letras pudieron identificar letras y palabras.
- El programa mostró ser útil también en el aprendizaje de nuevas palabras.
- Lo que más gustó a los niños fue el poder tomar los objetos con sus manos.
- Se identificó que el dispositivo LeapMotion presenta algunos problemas para detectar manos muy pequeñas, por lo que se recomienda explorar otras opciones de detección de manos.

3 Conclusiones

El software desarrollado ayuda al aprendizaje de las letras a través de la identificación del sonido con el símbolo respectivo, y su asociación con un objeto específico que contiene dicha letra. Por ser un software orientado a niños de preescolar, el niño debe estar acompañado de un adulto que lo oriente en su uso, evalúe los resultados y promueva la interacción entre los niños después de su aplicación. En el caso de estudio se trabajó con niños de preescolar supervisados por su profesora y se comprobó que el uso de RA y control gestual de manos a través de la herramienta *LeapMotion* fue exitoso puesto que se logró captar la atención de los niños ya que mostraron gran interés en la capacidad de tocar los objetos, palabras y letras con sus manos. Para lograr la evaluación del impacto en el proceso cognitivo de los niños se propone realizar pruebas con un grupo mayor de niños.

Para el uso del sistema se requiere una inversión de aproximadamente 5 mil pesos por los costos del dispositivo *LeapMotion*, la cámara web y el tripié, por lo que se sugiere como trabajo futuro explorar el uso de técnicas de visión artificial para el reconocimiento de las manos y evitar la necesidad de utilizar dispositivos adicionales a los ya incluidos en las computadoras personales. Se sugiere también incluir niveles orientados al aprendizaje de las sílabas, y considerar las letras r, c, s, q, p, g, j y ñ, que debido a que se pueden combinar requieren enseñarse de forma especial.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento para la realización de este trabajo. También se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo otorgado.

Referencias

- [1] Atherton, J., & Wang, G. (2018). Chunity: Integrated Audiovisual Programming in Unity. New Interfaces for Musical Expression, Virginia, US. [Online], from http://www.nime.org/proceedings/2018/nime2018_paper0024.pdf
- [2] Bifulco, P., Narducci, F., Vertucci, R., Ambruosi, P., Cesarelli, M., & Romano, M. (2014). Telemedicine supported by Augmented Reality: An interactive guide for untrained people in performing an ECG test. *Biomed Eng Online*, 13(1), 1–16. doi: 10.1186/1475-925X-13-153.
- [3] Haas, J. (2014). *A History of the Unity Game Engine*, 44. [Online] from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:86824974>
- [4] Karambakhsh, A., Kamel, A., Sheng, B., Li, P., Yang, P., & Feng, D. D. (2019). Deep gesture interaction for augmented anatomy learning. *International Journal of Information Management*, 45, 328–336, doi: [10.1016/j.ijinfomgt.2018.03.004](https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.03.004)
- [5] Le, H. Q., & Kim, J. I. (2017). An augmented reality application with hand gestures for learning 3D geometry. *2017 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing, BigComp 2017*, 34–41. doi: 10.1109/BIGCOMP.2017.7881712.
- [6] Lin, V., Liu, G. Z., & Chen, N. S. (2020). The effects of an augmented-reality ubiquitous writing application: a comparative pilot project for enhancing EFL writing instruction. *Comput Assist Lang Learn*, 1–42. doi: 10.1080/09588221.2020.1770291.
- [7] Microsoft. (2022). Visual Studio Code. from <https://visualstudio.microsoft.com/es/>
- [8] Nugraha, I., Suminar, A. R., Octaviana, D. W., Hidayat, M. T., & Ismail, A. (2019). The application of augmented reality in learning English phonetics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(7). doi: 10.1088/1742-6596/1402/7/077024.
- [9] Salinas, D., De Moraes, C., & Schwabe, M. (2018). Programa Para La Evaluación Internacional De Alumnos (Pisa) Pisa 2018 - Resultados - Nota País México. Oede, I–III, 1–12. [Online]. from https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_MEX_Spanish.pdf
- [10] Schutera, S., et al. (2021). On the potential of augmented reality for mathematics teaching with the application cleARmaths. *Educ Sci (Basel)*, 11(8). doi: 10.3390/educsci11080368.
- [11] Shamsee, H., Klebenov, N., & Fayed, D. (2015). CCNA Data Center DCICT 640-916: Official Cert Guide. Cisco.
- [12] Sun, Y., et al. (2019). Manipulating IoT Devices in Augmented Reality Environment MagicHand : A Deep Learning Approach towards Manipulating IoT Devices in Augmented Reality Environment, *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* 0–9 doi: 10.1109/vr.2019.8798053.
- [13] SyafiqahSafiee, N., & Ismail, A. W. (2018). AR Home Deco: Virtual Object Manipulation Technique Using Hand Gesture in Augmented Reality. *Innovations in Computing Technology and Applications*, 1–6, 3.
- [14] UltraLeap (sf). Le motioncontroller/



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.