



Realidad aumentada para favorecer la comprensión de conceptos básicos en personas con Trisomía 21

Augmented reality to promote understanding of basic concepts in people with Trisomy 21

Díaz-Ortíz Alberto de Jesús
Universidad NovaUniversitas
Academia de Informática, México
Correo: ajesus@novauniversitas.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5969-2975>

Rodríguez-Suarez Josiane Jaime
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
Academia de Informática, México
Correo: josiane.rodriguez@uacm.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9950-3091>

Resumen

Con el presente trabajo se busca demostrar la viabilidad del uso de la realidad aumentada como herramienta tecnológica para ayudar a las personas con síndrome de Down en la comprensión de conceptos básicos. La idea surge de la suposición de que al visualizar objetos en el mundo real a través de un dispositivo tecnológico (celular o tableta electrónica) las condiciones propias de la Trisomía 21 y en particular, la percepción visual, se ve aprovechada, facilitando la interpretación de ideas al presentar información gráfica dentro del entorno que le rodea. La metodología aplicada para el proceso de investigación y desarrollo explora los métodos de enseñanza-aprendizaje diseñados para las personas en situación de discapacidad y analiza la morfología de este grupo para enlistar las características y requerimientos que debe contener la aplicación de realidad aumentada. Dando como resultado un entorno que aborda la enseñanza de conceptos básicos aprendidos en las etapas tempranas de la educación básica, presentando un prototipo en su versión inicial con 10 objetos relacionados con conceptos opuestos; agrupados en conceptos temporales, espaciales, cualitativos y cuantitativos. Independiente de la funcionalidad, la prueba piloto se vio dificultada en su implantación, ya que algunos tutores de los integrantes del grupo objetivo no permitieron la autorización para la instalación y uso de la aplicación, limitando los alcances al negar el acceso y uso de sus dispositivos personales a las personas con trisomía 21. Es importante resaltar que se persigue la integración social lograda por el desarrollo individual de cada persona en situación de discapacidad, fortaleciendo el conocimiento abstracto y desarrollando las habilidades adaptativas.

Descriptores: Aplicación móvil, conceptos opuestos, discapacidad, estrategia didáctica, habilidades adaptativas.

Abstract

The research attempts to demonstrate the feasibility of using augmented reality to help people with Down syndrome understand basic concepts. The idea arises from the assumption that when visualizing objects in the real world through a technological device (smartphone or electronic tablet) the understanding of ideas is facilitated, people with Trisomy 21 have the ability to learn by seeing. The methodology applied to the research and development process explores the teaching-learning methods designed for people with disabilities and analyzes the morphology of this group to list the characteristics and requirements that the augmented reality application must have. Resulting in an environment that presents concepts learned in the early stages of basic education, the prototype in its initial version has 10 objects related to opposite concepts; grouped into temporal, spatial, qualitative and quantitative concepts. In the implementation of the pilot test, its use was limited since some tutors of the members of the target group did not give authorization for the installation of the application, they limited the scope by denying access to their personal devices by people with trisomy 21. With the results obtained, social integration is achieved, contributing to the individual development of each person with disabilities, strengthening abstract knowledge and developing adaptive skills.

Keywords: Mobile application, opposite concepts, disability, didactic strategy, adaptive skills.

INTRODUCCIÓN

La situación de discapacidad en las personas ha evolucionado a lo largo del tiempo, es hasta el siglo XXI cuando se concibe a la sociedad con esta condición como seres independientes, con habilidades, destrezas y aptitudes propias para ser productivos y participar activamente en la sociedad; aminorando las condiciones de discapacidad al recibir apoyos de manera constante y oportuna.

El acceso a la educación es un derecho y forma parte fundamental para el desarrollo de las personas, influye directamente en la construcción del conocimiento, formación de habilidades y desarrollo de competencias. Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía revelan que aproximadamente 19 % de las personas en situación de discapacidad no saben leer ni escribir (INEGI, 2021); las barreras estructurales sustentan estos datos.

Con la intención de influir en la educación inicial de las personas en situación de discapacidad e impactar en el ámbito social y laboral, resultado de la desigualdad de conocimientos y habilidades, se presenta la propuesta de una estrategia pedagógica visual y tecnológica, en donde a través de la realidad aumentada se aprovecha la habilidad visual de las personas con síndrome de Down al presentar conceptos básicos para que puedan ser asimilados de una manera más efectiva. Se busca facilitar el aprendizaje de nuevos conceptos y mejorar la memoria a largo plazo, aminorando la dificultad para asimilar y retener información. Para conseguirlo, es necesario reconocer las habilidades cognitivas de las personas con trisomía 21 y la forma en que se les debe presentar información con base en su morfología, al conseguirlo, se influye en el progreso de las habilidades adaptativas y se aporta al desarrollo del conocimiento abstracto.

PANORAMA SOBRE LA DISCAPACIDAD

La discapacidad es un fenómeno complejo, dinámico y multidimensional (Organización Mundial de la Salud & Banco Mundial, 2011), que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y el entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás (Asamblea general de las Naciones Unidas, 2008).

El Banco Mundial calcula que las personas en situación de discapacidad comprenden alrededor de 1,000 millones de personas, acumulando 15 % de la población mundial (Banco Mundial, 2022). Este sector de la sociedad forma parte de la Agenda 2030 para el Desa-

rollo Sostenible (United Nations, 2015) y la promoción de este grupo se vio acelerado a partir de la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Asamblea general de las Naciones Unidas, 2008). La Organización Mundial de la Salud en 2001 clasifica la discapacidad en cuatro familias: física o motora, sensorial, intelectual y psíquica; evolucionando el trato de las discapacidades con un modelo de Derecho que plantea dos fundamentos para comprender la discapacidad, primero dando el mismo valor a la vida de todos los seres humanos, y segundo, garantizando los mismos derechos y oportunidades a todas las personas (Castillo *et al.*, 2010).

Datos de la Asociación para personas con Síndrome de Down revelan que el síndrome de Down es la alteración genética humana más común y representa la principal causa de discapacidad intelectual en el mundo (ASSIDO, 2023).

CARACTERÍSTICAS DE APRENDIZAJE EN NIÑOS CON SÍNDROME DE DOWN

Cada individuo con tres copias de los genes del cromosoma 21 presenta características muy particulares e individuales, la variabilidad con que aparecen los rasgos fenotípicos entre los distintos individuos es grande (Flores & Dierssen, 2006). En el síndrome de Down la capacidad intelectual es inferior al promedio, la discapacidad cognitiva forma parte de sus características en la mayoría de los casos; estos presentan dificultades para relacionar ideas y generalizar resultados, lo que origina problemas para mejorar funciones ejecutivas y limitaciones en el desarrollo del conocimiento abstracto.

La fundación Iberoamericana Down 21 (Flórez, 2024), el colectivo Down sin mitos (Down sin mitos, 2020), la Dra. Libby Kumin (Kumin, 2008) y un meta-análisis realizado por Yingying Yang, Frances A. Conners y Edwards C. Merrill (Yang *et al.*, 2014) destacan el procesamiento visual sobre el auditivo en las personas con trisomía 21, y sabiendo que las cualidades sensoriales más influyentes sobre la cognición son la visual y auditiva, se debe aprovechar el procesamiento visual para adaptar la enseñanza y hacer uso de herramientas como pictogramas, imágenes, símbolos, o cualquier medio visual, ya sea impreso o visto a través de un dispositivo tecnológico para generar conocimientos.

REALIDAD AUMENTADA COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA

Tom Caudell y David Mizell, investigadores de Boeing Aerospace, propusieron en 1992 como concepto tecnológico la realidad aumentada (RA), definiéndola como "la superposición de elementos virtuales sobre una vi-

sión de la realidad, de manera que aporten información adicional a dicha visión” (Caudell & Mizell, 1992); la idea ya se concebía desde años atrás en proyectos visionarios, pero a partir de esa década se populariza el concepto para usarlo en diferentes aplicaciones como son: medicina, deporte, arquitectura, publicidad, educación, entre otros. Si se trata de la RA en la educación, surge el término de pedagogías emergentes (Adell & Castañeda, 2012), en donde con el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) se ofrecen nuevos enfoques académicos; es común ver cuadernos que contienen marcadores personalizados u objetos localizados dentro del aula que al activar la cámara de un dispositivo tecnológico y apuntarla hacia el marcador reaccionan dotando de imágenes, videos y/o sonidos, ya sea planos o en 3D con los que el usuario puede complementar su entorno y transformar su realidad.

Ejemplos de estas implementaciones tiene Smile and Learn, plataforma educativa dirigida a niños y niñas de 3 a 12 años que pone la tecnología al servicio de la educación (Smile & Learn Digital Creations, S.L, 2024), y que como parte de sus proyectos de investigación en educación primaria e infantil destaca por el objetivo de estudio tres aplicaciones móviles implementadas durante un periodo de 3 meses a 26 niños con Síndrome de Down, Bubbles (atención selectiva), Pairs and Learn (memoria visoespacial a corto plazo) y Tangram (procesamiento visoespacial); mostrando resultados que demuestran la mejora significativa a través del entrenamiento (Herrero *et al.*, 2019). También un proyecto de investigación llamado Poseidón demuestra la contribución de las aplicaciones visuales y tácticas en la contribución a la independencia en relación con las actividades cotidianas de las personas con Síndrome de Down (Grimstad, 2024). Otro más es 3D Sandplay, sistema que a través de una caja de arena permite la interacción del usuario con el mundo virtual para crear escenarios y comprender conceptos abstractos, demostrando por medio de un estudio aplicado a un grupo de personas y evaluando tres actividades distintas la contribución a aspectos cognitivos y motores en niños, adolescentes y adultos con Síndrome de Down (dos Santos *et al.*, 2019).

METODOLOGÍA

El uso de la realidad aumentada para favorecer la comprensión de conceptos e ideas en las personas con síndrome de Down surge después de identificar la problemática relacionada con el retraso en el desarrollo intelectual y conocer sus capacidades visuales. Con la intención de ofrecer una estrategia didáctica a través de la tecnología se exploran los métodos funcionales de

enseñanza-aprendizaje en las personas con discapacidad intelectual y se revisa el estado del arte del uso de tecnología con enfoque en este sector de la sociedad; con esta información se describen los aspectos relevantes de la RA para conseguir la interacción del grupo objetivo y su entorno a favor de la educación.

La investigación es correlacional, se analiza la relación entre dos fenómenos: las habilidades visuales de las personas con trisomía 21 junto con su manera de aprender y asimilar las cosas y la forma en que la tecnología puede presentar información visual a través de dispositivos tecnológicos. El instrumento de investigación es a través de investigación de archivos y análisis de datos existentes, con un enfoque de investigación cualitativo. La población objetivo son personas con trisomía 21 que tienen entre 2 y 12 años de edad, abarcando dos etapas que Piaget describe como parte del desarrollo cognitivo: periodo pre-operacional (2-7 años, uso de objetos con carácter simbólico) y periodo de operaciones concretas (antes de los 12 años) (Berger, 2007). La muestra para la implantación de la prueba piloto en cuanto al uso de la RA en entornos reales es no probabilística y el método de recolección de datos es a través de la observación y la encuesta.

Las variables consideradas para responder la pregunta de investigación relacionada con los beneficios del uso de la realidad aumentada para aprovechar las capacidades visuales de las personas con trisomía 21 y con las que se busca influir en la educación inicial al ampliar su conocimiento e impactar a largo plazo en el ámbito social y laboral son las variables demográficas, de discapacidad, de grado de dependencia, de conocimientos de las tecnologías de información y comunicación, de experiencia de usuario y las relacionadas con los aspectos cognitivos. Cada variable consta de la dimensión y los indicadores mostrados en la Tabla 1.

Se considera importante describir cómo se distribuyen las personas en la población estudiada según las características de edad, sexo y escolaridad. También se debe identificar el tipo de discapacidad con la que cuenta la personas con trisomía 21, ya que cada individuo tiene particularidades que lo hacen diferente a los demás, no existe un diagnóstico o pronóstico contundente que describa a toda la población más allá del cromosoma extra en el par 21. La asistencia o nivel de dependencia puede ser variable y debe identificarse entre técnica, personal o ambas. Debido a que la propuesta es un sistema tecnológico, se hace relevante conocer las habilidades técnicas en cuanto al uso de sistemas de tecnologías de la información y comunicación, pudiendo ser un impedimento para la prueba del sistema con RA. Asimismo, se requiere conocer el conjunto de percepciones y respuestas que el usuario tiene

Tabla 1. Variables, dimensión e indicadores de estudio

Variable	Dimensión	Indicador
Demografía	Estructura	Edad
		Sexo
		Escolaridad
Discapacidad	Sensorial y de la comunicación	Capacidad para ver
		Capacidad para oír
		Capacidad para hablar
		Comprensión del lenguaje
	Motriz	Condiciones de las extremidades inferiores, tronco, cuello y cabeza Condiciones de las extremidades superiores
Dependencia	Técnica	Necesidades de dispositivos mecánicos Necesidades de dispositivos electrónicos especializados
	Personal	Capacidad para realizar actividades
	Tecnologías de la información y comunicación	Conocimiento
Habilidades de búsqueda de información por Internet		
Aptitud para instalación de aplicaciones en dispositivos móviles		
Experiencia de usuario (UX)	Accesibilidad	Facilidad de acceso a los elementos del menú
		Facilidad de navegación en el entorno de realidad aumentada
	Diseño	Tiempo de carga de elementos 3D
		Comprensión de instrucciones
	Usabilidad	Nivel de satisfacción del usuario con el uso de la aplicación
Aspectos cognitivos	Rendimiento	Nivel de atención
		Involucramiento de la sensopercepción
		Memoria a corto plazo
		Ampliación del lenguaje

al interactuar con la aplicación, proponiendo mejoras y la eventual aprobación. Por último, es esencial comparar el nivel cognitivo después del uso de la propuesta para su posible validación, poniendo énfasis en el nivel de atención logrado, el involucramiento de la sensopercepción, la memoria a corto plazo y la ampliación del lenguaje.

DESARROLLO

La aplicación de realidad aumentada en las personas con síndrome de Down se prueba con la enseñanza de conceptos opuestos, se trata de una serie de imágenes y palabras relacionadas con su contraria en significado, la intención es promover el aprendizaje, asociar ideas y ampliar el lenguaje. Los pares de imágenes y palabras se deciden segmentar en conceptos espaciales, temporales, cualitativos y cuantitativos. Se presentan 10 pares

Tabla 2. Conceptos opuestos contenidos en la aplicación de RA

Concepto	Opuestos	Aprendizaje
Espaciales	Arriba-abajo	Ubicación de los objetos y localización personal
	Delante-detrás	
	Dentro-fuera	
Temporales	Día-noche	Gestión del tiempo
	Joven-anciano	
Cualitativos	Alto-bajo	Caracterización de objetos en cualidades
	Blanco-negro	
	Grande-pequeño	
Cuantitativos	Lento-rápido	Caracterización de objetos en números
	Muchos-pocos	

de conceptos relacionados a los temas mostrados en la Tabla 2.

Cada par de palabras opuestas tiene la imagen que la representa, estas a través de percepciones claras y sencillas deberán permitir la abstracción de la idea que lo acompaña. La imagen debe permitir que se entienda el concepto independientemente de que el integrante del grupo objetivo no sepa leer ni escribir, debe invitar a prestar atención en los detalles conectando de esta manera con lo que la imagen representa. Cada tarjeta diseñada para representar dicha palabra se estructura como se observa en la Figura 1; en la parte superior aparece la palabra en color rojo y en la parte inferior la correspondiente imagen.

Aa



Figura 1. Estructura de cada tarjeta para representar conceptos

Las tarjetas empleadas son únicas en diseño y funcionan como marcadores para su lectura a través de la cámara de un dispositivo tecnológico y así crear la realidad aumentada. Al ser personas menores de 12 años se hace uso de colores llamativos y formas lo más parecidas a la realidad. En la Figura 2 se muestra un fragmento del material de apoyo con pares de imágenes representativas de opuestos relacionadas a cada uno de los conceptos descritos en la Tabla 2. Todos los marcadores se encuentran disponibles en el siguiente enlace: https://drive.google.com/file/d/1acZ8Hqd4zZ4x6gvLlfxEQNnboo_ZGij.

Las imágenes tienen la capacidad de evocar sentimientos, pueden provocar el recuerdo de experiencias y emociones; de ser así, serían de gran ayuda para conseguir la transmisión del conocimiento. Una vez esta-



Figura 2. Fragmento del material de apoyo que contiene palabras e imágenes (marcadores para la RA) que representan elementos opuestos

blecidos los marcadores responsables de posicionar los objetos tridimensionales se propone el contenido digital 3D lo más realistas posible, buscando que la mente de los integrantes del grupo objetivo pueda establecer conexiones con el mundo que le rodea; el pensamiento de las personas con menos de 12 años suele ser concreto, necesita ver las imágenes como parte de su realidad para poder plasmar ideas en su mente. En la Figura 3 se presentan objetos 3D representativos de cada una de los conceptos opuestos mostrados en la Figura 2, en donde a cada marcador le corresponde un específico elemento tridimensional.

La aplicación encargada de responder a los estímulos del usuario y la interacción con el entorno no necesita autenticación, las condiciones de los usuarios obligan a que el diseño sea lo más minimalista posible. Se emplea una paleta de colores llamativa, armoniosa y que se complementa con su respectivo contraste e intensidad; manteniendo una alta saturación en las tonalidades. En la Figura 4 se aprecia el conjunto de colores

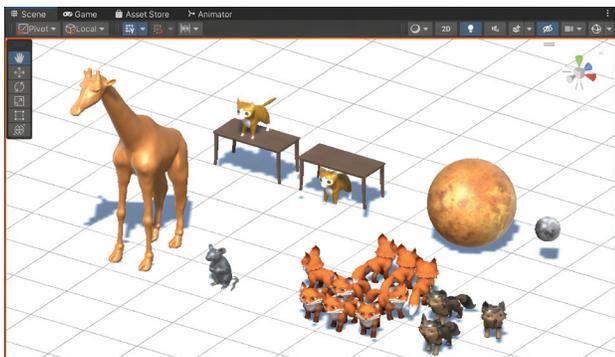


Figura 3. Fragmento del contenido digital tridimensional para mostrar en la realidad aumentada

que rigen el diseño de la aplicación, acercando la tonalidad a los tres colores primarios; a decir de los expertos y datos arrojados por diferentes investigaciones, son colores que sirven para captar mejor la atención de las personas de corta edad, debido a la pregnancia que poseen.



Figura 4. Paleta de colores empleada en la aplicación móvil

Se opta por establecer los botones rectangulares, partiendo de que es una de las 3 figuras básicas que por su simplicidad lo hace un elemento atractivo, fácil de re-

cordar y se tiende a relacionar y suponer su utilidad de acuerdo con su forma. Para la tipografía se toman las bases establecidas por Rosemary Sassoon, quien investigó sobre los efectos de los modelos y métodos de enseñanza sobre cómo los niños aprenden a escribir y fue galardonada con un doctorado por el departamento de Tipografía y Comunicación Gráfica por la universidad de Reading, justificando una tipografía con trazos sencillos, con espacio entre letras que permita su lectura y con rasgos en cada carácter que guíen al ojo durante la lectura. A cada elemento textual presente en los botones mostrados en la pantalla principal de la aplicación (Figura 5) se le acompaña un elemento visual, representando de esta manera con pictogramas la acción del elemento; esto para el caso en el que el usuario no cuente aún con las habilidades lectoras.

Los elementos de visualización necesarios para conseguir los objetivos con la aplicación de realidad aumentada son: Inicio, Visor RA, Instrucciones, Referencias y Ayuda. Desde la pantalla de Inicio se puede acceder a tres elementos: Visor RA, Instrucciones y Referencias, mientras que a la opción de Ayuda solo se puede acceder directamente desde el Visor RA. En la Tabla 3 se describen las funcionalidades de la interfaz.



Figura 5. Pantalla principal (inicio) de la aplicación

Tabla 3. Funcionalidades de cada elemento en la interfaz de la aplicación móvil

Pantalla	Funcionalidad
Inicio	Muestra el menú principal de la aplicación y proporciona acceso a tareas específicas: visor de RA, Instrucciones y Referencias Permite cerrar la aplicación
Visor RA	Activa la cámara del dispositivo electrónico para que al ser posicionada frente a un marcador se visualicen a través de la pantalla objetos tridimensionales Proporciona acceso a Ayuda y permite regresar al menú principal
Instrucciones	Proporciona la liga para la descarga del material con los marcadores y describe el proceso a seguir para observar la animación en 3D a través del dispositivo electrónico Permite regresar al menú principal
Referencias	Describe los derechos de autor y patrocinadores del desarrollo Permite regresar al menú principal
Ayuda	Muestra las instrucciones para capturar el marcador con la cámara del dispositivo electrónico y observar el objeto tridimensional Permite regresar al visor de RA o al menú principal

El grupo de estudio fue formado por 36 personas en situación de discapacidad, dividido a su vez en dos grupos: de control y experimental; 18 integraron el grupo de control y 18 el grupo experimental, ambos cumpliendo con el criterio de elegibilidad oscilando entre los 2 y 11 años de edad. Por el rango de edad y para fines del estudio se obtuvo el consentimiento por los tutores para el manejo de la información. En cuanto a la integración de los grupos se realizó con base en la clasificación que hace un centro psicoeducativo que brinda atención educativa de especialización y calidad a niños y adolescentes con síndrome de Down, y específicamente a los que forman parte del grupo entre 5 y 8 años de edad, que son los que estudian el tema de Opuestos como parte de su formación. En cada grupo se consideran 14 estudiantes matriculados al centro psicoeducativo y 4 más dentro de los mismos criterios de elegibilidad, pero que no asistían a una instancia escolarizada. Toda la población descrita, ya ha pasado por el proceso de adaptación al ambiente académico, que implica seguir órdenes, mantener la concentración y respetar las normas de conducta relacionadas con la puntualidad, el respeto y la interacción; ya sea que adquirieron estas habilidades en el centro psicoeducativo o en algún otro entorno controlado. En ambos grupos y de una manera equilibrada existía aproximadamente un 22 % de perso-

nas con 5 años de edad, 28 % con 6 años de edad, 28 % con 7 años de edad y 22 % con 8 años de edad. La exposición de los integrantes del grupo de estudio a la pantalla de un dispositivo tecnológico no superó los 30 minutos, tal como recomienda la Organización Mundial de la salud para el rango de edades. En la Tabla 4 se describen los datos recopilados de la población objetivo.

Los porcentajes en las características descritas en la Tabla 6 no representan algún impedimento para el uso de la aplicación, incluso las personas que no han tenido contacto con un dispositivo tecnológico se desenvuelven bien en su manejo debido a su desarrollo neurotípico relacionado con la imitación.

PRUEBAS Y RESULTADOS

Se hizo imprescindible realizar una evaluación diagnóstica que permitiera ver la situación actual de ambos grupos en relación con el tema de opuestos para después analizar los resultados y determinar si existen diferencias significativas de conocimientos antes de la intervención. En la Tabla 5 se describen los resultados obtenidos de las pruebas previas a estudiar, dicho tema de manera grupal. Estas pruebas fueron guiadas e individuales, y consistían en relacionar los conceptos opuestos con imágenes planas con el acompañamiento de un facilitador,

Tabla 4. Características de la población en situación de discapacidad con quienes se realizó la prueba de la aplicación

Característica	Porcentaje
Limitación o dificultad en las extremidades superiores	8.3 %
Limitación o dificultad en las extremidades inferiores	2.8 %
Limitación o dificultad en la comprensión del lenguaje	0 %
Limitación o dificultad intelectual	58.3 %
Limitación o dificultad para hablar	83.3 %
Limitación o dificultad conductual	33.3 %
Limitación o dificultad para escuchar	13.9 %
Recibe terapias en algún centro especializado	97.2 %
Ha tenido contacto con dispositivos tecnológicos para uso personal	89 %
Siempre o casi siempre le cuesta trabajo comprender instrucciones	14 %
Asiste a la escuela	78 %

Tabla 5. Resultados de la evaluación diagnóstica obtenida por el grupo de control y el grupo experimental, ambos antes de abordar el tema en clase

Concepto	Pares de elementos	Grupo			
		control		experimental	
		errores	aciertos	errores	aciertos
Espacial	2	97.2 %	2.8 %	100 %	0 %
Temporal	2	94.4 %	5.6 %	94.4 %	5.6 %
Cualitativo	2	100 %	0 %	100 %	0 %
Cuantitativo	2	94.4 %	5.6 %	97.2 %	2.8 %

se asignaron 24 minutos por estudiante y se les presentaron 8 imágenes representativas de los 4 conceptos estudiados: espacial, temporal, cualitativo y cuantitativo, evaluando 2 imágenes por concepto.

Aplicando la prueba t de Student para comparar las medias de ambos grupos: de control y experimental, con los datos de aciertos recolectados en la Tabla 5 y bajo la Hipótesis Nula que formula que no hay diferencia significativa entre las medias de los dos grupos ($\mu_1=\mu_2$), se obtiene lo siguiente:

MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

- Media del grupo de control

$$\bar{x}_1 = \frac{0.28 + 0.56 + 0 + 0.56}{4} = 0.35$$

- Desviación estándar del grupo de control

$$s_1 = \sqrt{\frac{(0.28 - 0.35)^2 + (0.56 - 0.35)^2 + (0.035)^2 + (0.56 - 0.35)^2}{4 - 1}} = 0.268$$

- Media del grupo experimental

$$\bar{x}_2 = \frac{0 + 0.56 + 0 + 0.28}{4} = 0.21$$

- Desviación estándar del grupo experimental

$$s_2 = \sqrt{\frac{(0 - 0.21)^2 + (0.56 - 0.21)^2 + (0 - 0.21)^2 + (0.28 - 0.21)^2}{4 - 1}} = 0.268$$

- Estadístico t

$$SED = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} = \sqrt{\frac{0.268^2}{4} + \frac{0.268^2}{4}} = 0.189$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{SED} = \frac{0.35 - 0.21}{0.189} = 0.738$$

- Nivel de significancia = 0.05
- Grados de libertad = 6

Con los datos anteriores en donde el valor t calculado de 0.738 es menor que el valor crítico descrito en la tabla t de Student de ± 2.447 , se puede aceptar la hipótesis que supone que no existe una diferencia significativa entre el grupo de control y el experimental antes de realizar la intervención.

Una vez recolectado el nivel de conocimiento por parte de los participantes en el tema de opuestos y ya verificada la inexistencia de diferencias significativas entre ambos grupos, se le invita al grupo experimental y al grupo de control a que interpreten información después de recibir acompañamiento y orientación con dos estrategias didácticas diferentes. Al grupo de control se le muestra la información con una estrategia didáctica tradicional, se apoya el tema con material impreso como el mostrado en la Figura 2, en donde a través de imágenes y palabras se persigue asimilar diez conceptos diferentes. Al grupo experimental se le aplica una prueba moderada en donde con un guía se explica el uso del dispositivo tecnológico y la interacción con la realidad aumentada, de la misma manera que con el grupo de control se les presenta el acercamiento a los mismos diez conceptos diferentes, pero empleando una estrategia didáctica visual y tecnológica. El proceso de ambos grupos se realizó de manera individual, evitando el desarrollo neurotípico de los niños, relacionado con la imitación. En la Tabla 6 se enlista de manera general el tiempo promedio empleado por cada integrante de ambos grupos para cada una de las actividades.

Las pruebas sobre la interacción con la aplicación en las personas con situación de discapacidad se analizaron en cuanto al uso y la funcionalidad; la primera tiene que ver con la experiencia de usuario y la segunda con el conocimiento adquirido como resultado del acercamiento con la realidad aumentada. Se hizo imprescindible el uso de pruebas moderadas por las características

Tabla 6. Tiempo promedio invertido por cada integrante de ambos grupos: experimental y de control, para facilitar el respectivo proceso de enseñanza-aprendizaje

Actividad	Grupo			
	control		experimental	
	Mín al día	Días	Mín al día	Días
Evaluación diagnóstica	24	1	24	1
Proceso enseñanza-aprendizaje con estrategia didáctica tradicional	15	5	-	-
Guía moderada sobre el uso del dispositivo tecnológico	-	-	8	2
Proceso enseñanza-aprendizaje con estrategia didáctica visual y tecnológica			10	5
Evaluación relacionada al conocimiento concreto	10	1	10	1
Evaluación relacionada al conocimiento abstracto	8	1	8	1

de la población objetivo, guiando en el proceso para la aceptación de los permisos sobre el uso de la cámara y la disposición de la misma para la captura de los marcadores. Con los datos recolectados del grupo de control y del grupo experimental se puede valorar la funcionalidad del uso de la realidad aumentada en la adquisición de conocimiento en las personas con situación de discapacidad, tomando el grupo de control como parámetro base y el grupo experimental como referente para futuros estudios. En la Figura 6 se muestra la realidad aumentada con las tarjetas como marcadores usados por el grupo experimental.



Figura 6. Realidad aumentada presentada al grupo experimental

En la prueba moderada relacionada con el uso de la aplicación se encomendaron diferentes tareas como son: apertura de la aplicación, habilitación del visor de RA, observar la ayuda presentada para la captura de marcadores, fijar un marcador con la cámara del dispositivo, regresar al menú principal, acceder al apartado de instrucciones, abrir las referencias y cerrar la aplicación. El tiempo promedio y el esfuerzo predominante en el grupo para la realización de cada actividad se muestran en la Tabla 7, tomando como referencia que el esfuerzo se decide dividir en 3 rangos: bajo, medio y alto; siendo esfuerzo bajo cuando una misma persona pregunta como máximo una vez por el mismo procedimiento, en el es-

fuerzo medio se pregunta por fragmentos del procedimiento o el procedimiento completo de dos a 4 veces, y el esfuerzo alto cuando se consulta por más de 5 veces en el procedimiento para la misma actividad.

Es importante resaltar que la moderación de las actividades fue de manera visual, ejemplificando cada uno de los procedimientos a seguir y mostrando los resultados, buscando la replicación de los mismos; esto para aprovechar las características de aprendizaje visuales propias de las personas con trisomía 21.

Para validar la funcionalidad se hicieron pruebas de aprendizaje en el grupo de control y el grupo experimental, estas pruebas pretendían descubrir el conocimiento adquirido por el método tradicional y el propuesto con el uso de la realidad aumentada. A ambos grupos se le presentaron los mismos conceptos asimilados en cada una de las dos didácticas diferentes en donde para reconocer su aprendizaje se tomaron elementos reales que se pudieran palpar y sentir dentro de un ambiente controlado; se valoró el acierto en las respuestas a las 10 situaciones relacionadas al respectivo concepto espacial, temporal, cualitativo o cuantitativo. También se presentaron conceptos opuestos relacionados con los diez conceptos estudiados, pero empleando imágenes y objetos diferentes para valorar la interpretación de las ideas y por consiguiente el desarrollo del conocimiento abstracto. La Tabla 8 muestra los resultados de las pruebas que acreditan la adquisición del conocimiento concreto, y en la Tabla 9 se verifica el desarrollo del conocimiento abstracto; en ambas tablas, la columna de errores y aciertos por grupo en cada concepto expresa el porcentaje obtenido en cada grupo de estudio.

La cantidad de aciertos obtenidos por parte del grupo experimental cuando se interroga sobre el tema aprendido con objetos o situaciones reales supera en promedio los alcanzados por el grupo de control, esto sirve como base para evidenciar que el uso de la reali-

Tabla 7. Tiempo promedio y esfuerzo predominante para realizar las actividades relacionadas con el uso de la aplicación

Actividad	Tiempo [segundos]		Esfuerzo	
	Prueba moderada	Prueba libre	Prueba moderada	Prueba libre
Apertura de la aplicación	40	3	Alto	Bajo
Habilitación de visor RA	8	2	Medio	Bajo
Acceso al apartado de Ayuda	10	3	Medio	Bajo
Capturar marcador con la cámara	12	1	Medio	Bajo
Regresar al menú principal	11	2	Medio	Bajo
Acceso al apartado de Instrucciones	9	2	Medio	Bajo
Acceso al apartado de Referencias	8	2	Medio	Bajo
Cierre de la aplicación	10	3	Alto	Bajo

Tabla 8. Resultados de las pruebas relacionadas con el conocimiento concreto adquirido por el grupo de control y el grupo experimental, ambos con diferentes estrategias didácticas

Concepto	Pares de elementos	Grupo			
		control		experimental	
		errores	aciertos	errores	aciertos
Espacial	3	40.7 %	59.3 %	24.1 %	75.9 %
Temporal	2	80.6 %	19.4 %	36.1 %	63.9 %
Cualitativo	4	16.7 %	83.3 %	9.7 %	90.3 %
Cuantitativo	1	44.4 %	55.6 %	22.2 %	77.8 %

Tabla 9. Resultados de las pruebas relacionadas con el conocimiento abstracto adquirido por el grupo de control y el grupo experimental, ambos con diferentes estrategias didácticas

Concepto	Pares de elementos	Grupo			
		control		experimental	
		errores	aciertos	errores	aciertos
Espacial	2	61.1 %	38.9 %	47.2 %	52.8 %
Temporal	2	91.7 %	8.3 %	61.1 %	38.9 %
Cualitativo	2	55.6 %	44.4 %	30.6 %	69.4 %
Cuantitativo	2	61.2 %	38.9 %	33.3 %	66.7 %

dad aumentada para la obtención del conocimiento relacionado con ideas concretas es funcional. En cuanto a las habilidades adquiridas para realizar operaciones mentales y replicar el conocimiento adquirido en situaciones similares se observa un pequeño incremento en el desarrollo del pensamiento abstracto por parte del grupo experimental, corroborando a través del grupo de control la evidencia histórica sobre la dificultad para extender este tipo de pensamiento y demostrando a través del grupo experimental que el uso de una estrategia didáctica diferente implementando tendencias tecnológicas como la realidad aumentada acerca a la persona en situación de discapacidad a aminorar esta problemática.

La aplicación con realidad aumentada se puede descargar del siguiente enlace, que al ser de una fuente desconocida se deberán dar los permisos en el dispositivo para su instalación: https://drive.google.com/file/d/1plc__yyGK1iz7tyTLrOYz3iPif3Yc69m.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con la propuesta demuestran que el uso de la realidad aumentada como herramienta tecnológica para ayudar a las personas con síndrome de Down en la discapacidad intelectual como característica típica del cromosoma adicional presente en el par 21, ayuda a explotar las habilidades visuales en el proceso de asimilación de información. Se reconoce que se presentan en todo el grupo de estudio limitaciones cognitivas, y por consiguiente dificultades en el proce-

samiento de información; es por esto imprescindible el uso de una estrategia didáctica diferente a la tradicional como la propuesta, que suma a beneficio de este sector de la sociedad.

La asimilación de conceptos básicos relacionados con el tema de opuestos se considera importante, ya que permite comprender el mundo que nos rodea; este primer acercamiento con conceptos espaciales, temporales, cualitativos y cuantitativos es un paso que no se debe dejar pasar en el proceso de aprendizaje; y su interpretación se complica menos con el apoyo de la realidad aumentada.

Con el análisis de los resultados presentes en los dos grupos de estudio, el grupo de control y el grupo experimental, se puede observar que el grupo experimental mostró mayores avances en el aprendizaje por la implantación de un sistema de realidad aumentada al presentar conceptos visuales a través de un dispositivo tecnológico, dotando de objetos tridimensionales con líneas, colores y texturas lo más parecidas a la realidad, incluso con animaciones que proporcionan mayor información visual al usuario.

Todo el grupo experimental en los primeros acercamientos con la aplicación de realidad aumentada percibieron los objetos tridimensionales como parte de su entorno, en repetidas ocasiones intentaron tocar los objetos poniendo su mano frente a la cámara, pero tampoco se sorprendían al no sentirlos. Las instrucciones guiadas sobre el uso de la aplicación fueron comprendidas rápidamente y el hecho de poder rodear los objetos

para verlos desde diferentes ángulos les pareció atractivo. Algunos integrantes del grupo al rodear los objetos tridimensionales perdían con la cámara el enfoque de los marcadores, pero inmediatamente centraban la imagen y continuaban con la interacción. También era común que en el primer acercamiento a la tecnología y en la primera captura y recorrido de cada uno de los marcadores la atención se centrara en la experiencia más que en la interpretación de los conceptos presentados, pero pasada la asimilación de las nuevas emociones empezaban a prestar atención cumpliendo así la aplicación con sus objetivos.

La mente del ser humano en los primeros años de vida necesita tener experiencias de aprendizaje basadas en lo concreto para llegar a la abstracción; en el caso de las personas con síndrome de Down el pensamiento abstracto es difícil de desarrollar, por eso la importancia de crear estrategias educativas que promuevan de manera natural pensamientos más complejos madurando la mente a través de la experiencia directa con el entorno cotidiano. Con un estudio más amplio sobre los beneficios del uso de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje, es factible encontrar las consecuencias en el desarrollo de habilidades adaptativas más concretas, colaborando en el estudio de las funciones ejecutivas necesarias para una vida profesional con mayores retos, buscando superar las expectativas tradicionales relacionadas con los alcances sociales de las personas en situación de discapacidad.

Trasladando los resultados obtenidos con el uso de la realidad aumentada en los conceptos de opuestos hacia otras áreas de estudio y aprendizaje, es posible permitir a las personas con síndrome de Down abstraer ideas con más facilidad, logrando establecer conexiones y relaciones entre los objetos y las personas de su entorno; entrenando al cerebro para que el pensamiento tenga un orden mental más claro y estructurado.

AGRADECIMIENTOS

El estudio se realizó con el consentimiento de participación por parte de los tutores responsables de las personas en situación de discapacidad y de manera consensuada sobre el tratamiento de los datos: recolección, registro, tratamiento, modificación, consulta, uso, divulgación y eliminación.

El desarrollo de la investigación es derivado del apoyo otorgado por la Convocatoria 2022 de "Apoyos Complementarios para Estancias Sabáticas Vinculadas a la Consolidación de Grupos de Investigación" patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

REFERENCIAS

- Adell, J., & Castañeda, L. J. (2012). *Tendencias emergentes en educación con TIC*. España: Espiral.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2008). *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad*. Derechos Humanos. 1-35. Nueva York: Naciones Unidas.
- ASSIDO. (2023). Asociación para las personas con Síndrome de Down. ¿Qué es el Síndrome de Down? Recuperado de <https://www.assido.org/que-es-el-sindrome-de-down/>
- Banco Mundial. (2022). La inclusión de la discapacidad. Banco Mundial. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/disability#:~:text=E1%2015%20%25%20de%201a%20poblaci%C3%B3n,que%20las%20personas%20sin%20discapacidad>
- Berger, K. S. (2007). *The developing person through the life span*. New York: Worth Publishers.
- Castillo, F. G., Martín, M. T., & Cabrero, J. R. (2010). *Fundamentos éticos para la promoción de la autonomía: hacia una ética de la interdependencia*. España, Universidad de Alicante: Departamento de Trabajo Social y Servicios Sociales. Recuperado de <https://doi.org/10.14198/ALTERN2010.17.3>
- Caudell, T., & Mizell, D. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 659-669. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Dos Santos-Dourado, G., Oberdan-Souza S. J., Calaça-Di Menezes, A., Rodrigues-Silva, K., De Souza-Hannum, J., & Gonçalves de Andrade-Barbosa, T. (2019). Un sistema AR Sandplay para personas con síndrome de Down. *EEE MIT Undergraduate Research Technology Conference (URTC)*, 1-4.
- Down sin mitos. (2020). Down sin mitos. Aprendizaje visual en el síndrome de Down. Recuperado de <https://downsinmitos.com/terapias-y-educacion/aprendizaje-visual-sindrome-down/>
- Flores, J., & Dierssen, M. (2006). La transcripción de genes en las personas con síndrome de Down: tan iguales y tan diferentes. *Revista Síndrome de Down*, 23, 78-83.
- Flórez, J. (2024). Fundación iberoamericana Down 21. La percepción en el síndrome de Down. Recuperado de <https://www.downciclopedia.org/psicologia/la-percepcion/3012-la-percepcion-en-el-sindrome-de-down.html#:~:text=Se%20ha%20demostrado%20numerosas%20veces,m%C3%A1s%20dif%C3%ADcil%20enfocar%20la%20cara>
- Grimstad, T. (2024). Poseidón. Inclusion of People with Down Syndrome in Society. Recuperado de <https://www.poseidon-project.org/>
- Herrero, L., Theirs, C., Ruiz, A., González, A., Sánchez, V., & Pérez-Nieto, M. (2019). Visuospatial processing improvements in students with Down Syndrome through the autonomous use of technologies. *British Journal of Educational Technology*, 50(4), 2055-2066. <https://doi.org/10.1111/bjet.12665>

- INEGI. (2021). Estadística a propósito del día internacional de las personas con discapacidad. Comunicado de prensa 913 (21), 1-5. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Kumin, L. (2008). *Helping children with Down Syndrome communicate better: speech and language skills for ages 6-14*. USA: Woodbine House.
- Organización Mundial de la Salud & Banco Mundial. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- Smile & Learn Digital Creations, S. L. (2024). Smile and Learn. Recuperado de <https://www.smileandlearn.com>
- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations: Sustainable Development Goals. Recuperado de <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981>
- Yang, Y., Conners, F., & Merrill, E. (09 de 2014). Visuo-spatial ability in individuals with Down syndrome: Is it really a strength? *Research in Developmental Disabilities*, 31, 1473-1500. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.04.002>

Cómo citar:

Díaz-Ortíz, A. de J., & Rodríguez-Suarez, J. J. (2025). Realidad aumentada para favorecer la comprensión de conceptos básicos en personas con Trisomía 21. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 26(02), 1-12. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2025.26.2.010>