

LA APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA Y LA REALIDAD VIRTUAL PARA LA MEJORA DE LA COMUNICACIÓN EXPRESIVA: UN ESTUDIO EXPLORATORIO

The application of robotics and virtual reality for the enhancement of expressive communication: an exploratory study

Gonzalo Lorenzo Lledó,
Eliseo Andreu Cabrera,
Asunción Lledó Carreres,
Alejandro Lorenzo-Lledó,
Elena Pérez-Vázquez,
Alba Gilabert-Cerdá
Universidad de Alicante
glledo@gcloud.ua.es

Vol. 17 N.º 2; diciembre 2024

Fechas recepción: 14/05/2024

Fecha Aceptación: 30/11/2024

Como citar este artículo:

Lorenzo-Lledó, G.; Andreu Cabrera, E.; Lledó Carreres, A.; Lorenzo-Lledó, A.; Pérez-Vázquez, E. y Gilabert-Cerdá, A. (2024) La aplicación de la robótica y la realidad virtual para la mejora de la comunicación expresiva: Un estudio exploratorio. *Revista de Educación Inclusiva*. Vol 17, nº 2, pp. 97-119.

Resumen:

Las tecnologías emergentes se han incorporado con toda celeridad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los niveles educativos obligatorios. Una de las razones de su utilización es la versatilidad que presentan para adaptarse a las necesidades educativas del alumnado. De manera específica nos referimos en este estudio, al alumnado con trastorno del espectro autista (TEA), presente hoy en día en las aulas, Por ello, este estudio, tiene como objetivo realizar un estudio comparativo para analizar las mejoras en la comunicación expresiva del alumnado con trastorno del espectro autista en función de la robótica y la realidad virtual inmersiva. El estudio desarrollado ha utilizado la metodología cuasi-experimental y un diseño pretest-posttest mediante un enfoque cuantitativo. El instrumento de evaluación ha sido el cuestionario Denver. Mientras que para la robótica se utilizó el robot NAO y las gafas Oculus Quest 2 para la realidad virtual. La intervención se desarrolló de septiembre a noviembre de 2023. Se planificaron 11 sesiones con ambas tecnologías para trabajar áreas como el juego simbólico, el aprendizaje de normas o el reconocimiento de emociones. En los resultados obtenidos se ha podido constatar mejoras con ambas tecnologías a pesar de que la robótica es la que ha conseguido unas puntuaciones mas altas. Como futura línea de trabajo, se plantea la posibilidad de añadir mas situaciones para trabajar en las aulas escolares y la incorporación de una inteligencia artificial que pueda ajustar las actividades en tiempo real a las características de los niños.

Palabras clave: dificultades en el aprendizaje, educación, recursos educacionales, robótica

Abstract:

Emerging technologies have been rapidly incorporated into the teaching and learning processes at compulsory educational levels. One of the reasons for their use is their versatility in adapting to the educational needs of students. Specifically, we refer in this study to students with autism spectrum disorder (ASD), present today in the classroom. Therefore, this study aims to conduct a comparative study to analyze improvements in the expressive communication of students with autism spectrum disorder in terms of robotics and immersive virtual reality. The study has used a quasi-experimental methodology and a pretest-posttest design using a quantitative approach. The evaluation instrument

was the Denver questionnaire. While for robotics, the NAO robot and the Oculus Quest 2 glasses were used for virtual reality. The intervention was developed from September to November 2023. Eleven sessions were planned with both technologies to work on areas such as symbolic play, learning rules and recognition of emotions. . In the results obtained, improvements have been observed with both technologies, although robotics is the one that has achieved higher scores. As a future line of work, the possibility of adding more situations to work in school classrooms and the incorporation of an artificial intelligence that can adjust the activities in real time to the characteristics of the children is proposed.

Keywords: *learning disabilities, education, educational resources, robotics,*

1.Introducción

En las aulas escolares existe un incremento del alumnado que presenta una gran variedad de necesidades educativas en sus procesos de aprendizaje. En los últimos años el alumnado con Trastorno del Espectro Autista está muy presente en las aulas de los centros escolares. El TEA tiene una prevalencia aproximada del 1% en la población mundial (Zeidan et al., 2022). Se caracteriza por déficits persistentes en la comunicación y la interacción sociales en múltiples contextos y por la presencia de patrones de comportamiento, intereses o actividades restringidos y repetitivos (Bosseti et al., 2023). Sin embargo, al ser un espectro, esta condición también se caracteriza por un alto nivel de heterogeneidad de las manifestaciones fenotípicas, asociadas a una amplia variabilidad en los niveles de desarrollo intelectual, del lenguaje y discrepancias intraindividuales en los perfiles cognitivos (Nevill et al., 2019). En las etapas iniciales de su desarrollo, el niño con TEA no responde a las señales sociales (Dahiya et al., 2020), lo que provoca dificultades en áreas como la coordinación de la mirada, las expresiones faciales, los gestos y los sonidos, el procesamiento de las caras, la atención conjunta, la orientación social y la imitación (Delbruck et al, 2019). Las dificultades en la atención conjunta es uno de los elementos centrales en el déficit social del alumnado autista y uno de los indicadores más tempranos de autismo (Mundy et al., 2009). El alumno con TEA no comprende las emociones y el estado mental de otra persona a través de las expresiones faciales o la atención del habla (Talaat et al., 2024). Estos autores añaden que también manifiestan problemas en la anticipación de las acciones de otras personas analizando sus estados emocionales. Asimismo, el alumnado con TEA adolece de la capacidad de dividir la atención y concentrarse en la información facial pertinente es necesaria para el reconocimiento de las emociones. Sin embargo, este alumnado manifiesta una serie de fortalezas en su proceso de aprendizaje como por ejemplo expresan un razonamiento extremadamente específico, lógico y no abstracto, con una excelente memoria en la recogida de datos y movimientos repetitivos (Vanmarcke, et al. 2018). Además , poseen un aprendizaje basado en la información visual lo que provoca que entiendan, asimilen, y retengan mejor la información utilizando ayudas visuales (Adjorlu et al., 2017).

Tomando como referencia las características de aprendizaje del alumnado con TEA, las TIC son las herramientas que mejor se adaptan a sus necesidades. Las razones son diversas por ejemplo las TIC pueden realimentar con refuerzo positivo los avances de aprendizaje del alumnado (Takeo et al., 2007) lo que da lugar a un aumento de la

motivación. Asimismo, generan una mejora en la atención y reducen la frustración asociada a los errores en la realización de tareas (Ingersoll y Wainer, 2013). De igual manera, las TIC dan lugar a un aumento del trabajo autónomo y el desarrollo del autocontrol (Pérez-Vázquez et al., 2020). En los últimos años la realidad virtual (RV) y la robótica son las herramientas TIC que más aplicación están teniendo en alumnado con TEA. La RV permite la creación de entornos reales mediante animaciones realistas en formato 3D donde los alumnos pueden explorar y perfeccionar sus habilidades en distintos contextos (Moon et al., 2023). Además, estos entornos actualizan el punto de vista del usuario ante los distintos movimientos que realiza (Lorenzo et al., 2023). De esta forma la RV permite la creación de entornos de aprendizaje personalizados con un control de los estímulos para poder aprender mediante la repetición una habilidad necesaria para resolver distintas situaciones sociales (Bradley y Newbutt, 2018). Además, la presentación de la información en formato visual se alinea con una de las fortalezas de este alumnado que es el aprendizaje visual (Lorenzo et al., 2016). Asimismo, la RV permite la adaptación de los entornos a las características cognitivas y sensoriales del alumnado con TEA (Moon et al., 2023). A partir de estas razones que justifican su uso, existen investigaciones como las de Lorenzo et al. (2013), Lorenzo et al., (2016) que constatan las mejoras que genera la RV en las distintas áreas de comunicación e interacción social en el alumnado con TEA. Sin embargo, en trabajos como los de Lorenzo et al. (2023) se afirma los problemas de generalización que presenta estos alumnos en el aprendizaje de las habilidades. Con la finalidad de solucionar los problemas de generalización que sufren los alumnos con TEA al trabajar con la RV, se decide la aplicación de la robótica como una herramienta que pueda ayudar a los alumnos en entornos reales en la realización de las actividades (Feil-Seifer y Mataric, 2005). Para estos autores el robot tiene dos propósitos en el alumnado con TEA: en primer lugar, la asistencia en la realización de las tareas. Mientras que, en segundo lugar, el robot interactúa socialmente con el usuario proporcionando señales emocionales, cognitivas y sociales adecuadas para promover el desarrollo, el aprendizaje y la terapia de las personas. A partir de la finalidad que tiene la robótica se pueden analizar una serie de razones que justifican su uso en el alumnado con TEA. En primer lugar, y quizá el motivo que justifica su uso combinado con la RV es que, en entornos reales, el robot puede ayudar al alumnado con TEA a entender cómo debe comportarse en los distintos contextos sociales (Scassellati et al., 2012). Además, puede ayudar a la expresión de las emociones y los deseos. En segundo lugar, los robots son capaces de recibir información del medio y responder ante los distintos estímulos que reciben de manera similar a un humano (Lorenzo et al., 2024). En tercer lugar, la interacción con el robot reduce el estrés debido a la simplicidad de sus comportamientos (Anzalone et al., 2019). En este sentido existen diversas investigaciones que han provocado mejoras en las habilidades del alumnado autista. Por ejemplo, Cao et al., (2022) implementaron un estudio con el robot NAO y cinco niños con TEA para comprobar si NAO producía un incremento en la atención social. A lo largo de las actividades, el profesor miraba o señalaba diferentes juguetes que estaban colocados estratégicamente en la habitación y pedía al robot y al niño que le dijeran qué objeto estaba mirando. El robot era el encargado de ayudar al niño en la actividad. Los resultados mostraron que los participantes estaban atentos y motivados

para interactuar con el robot NAO, respondiendo adecuadamente a las preguntas que éste les hacía. Posteriormente, Takata et al., (2023) plantearon actividades de Role Play con 14 niños autistas cuya edad media era de 17 años. La primera parte de la actividad consistía en que el niño tenía que observar cómo los dos robots actuaban cuando ocurría una situación social. Además, de aprender las preguntas y respuestas asociadas. En la segunda parte de la actividad, el niño debía interactuar con el robot imitando los comportamientos que había observado. Los hallazgos constataron un incremento de los comportamientos asociados al inicio de la interacción social y la imitación. En esta línea Soleiman et al., (2023) con 6 niños autistas plantearon el uso del robot para el trabajo del reconocimiento de las emociones. Para ello, plantearon diversas situaciones sociales entre dos robots y observó las emociones expresadas por cada uno de ellos. Las emociones fueron felicidad, tristeza, enfado y miedo. La finalidad es que el niño pudiera asociar una emoción con un contexto determinado. Los hallazgos constataron una mejora en la identificación de las emociones y una transferencia de las habilidades de reconocimiento a entornos reales.

Tomando como referencia el marco teórico previo, se establece como objetivo de la investigación analizar las mejoras en la comunicación expresiva del alumnado con trastorno del espectro autista y la realidad virtual. Del objetivo general se puede establecer las siguientes preguntas de investigación.

- ¿Qué sujeto ha tenido una mejora más elevada en la puntuación tras aplicar la robótica?
- ¿Qué sujeto ha tenido una mejora más elevada de la puntuación tras aplicar la RV?
- ¿Qué herramienta ha provocado las mejoras menos elevadas con respecto al pretest?
- ¿En qué ítems la robótica ha tenido las puntuaciones más elevadas con respecto al pretest?

2.Método

Para el desarrollo de la investigación se ha escogido un enfoque cuantitativo. Este enfoque tiene como principal rasgo la posibilidad de medir de manera numérica las variables y utilizar la estadística para fijar patrones de comportamiento (Vega-Malagón et al., 2014). De esta forma se pueden evaluar las mejoras que ha tenido el participante a partir de la presencia o ausencia de un determinado comportamiento que será cuantificado con una escala Likert que oscila entre 1-5. Asimismo, se ha escogido un diseño cuasi-experimental porque permite obtener un control sobre los posibles estímulos (Muse y Baldwin, 2021). Esto se adapta a las posibilidades de la robótica y la realidad virtual que ofrecen entornos sencillos y controlados. De igual manera, el diseño cuasi-experimental se aplica porque en las ciencias sociales no es posible la implementación de los experimentos aleatorios para analizar las situaciones que ocurren en el entorno (Muse y Baldwin, 2021).

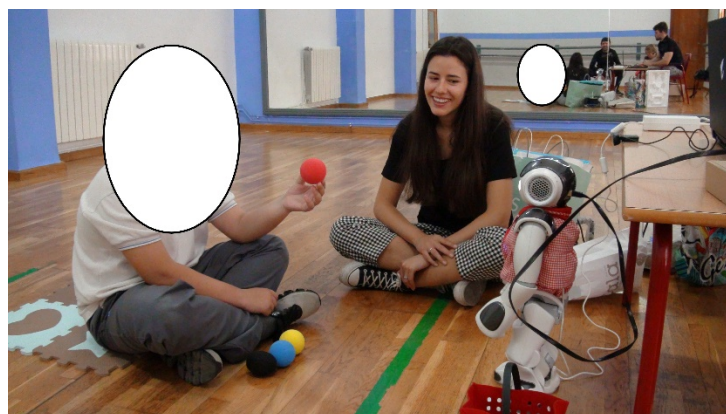
2.1.- Participantes

Los participantes de la investigación fueron tres niños diagnosticados con TEA cuya severidad era de grado 2 y que asistían a un colegio ordinario. La edad media de los alumnos era de 11.33 años, todo ellos tenían comunicación verbal siendo el sujeto 1 y el 2 los que disponen de una mayor riqueza de vocabulario. Asimismo, los sujetos 1 y 2 tenía un coeficiente intelectual más elevado. Los tres sujetos tienen un nivel de competencia curricular de primero de primaria. Además, ninguno de ellos asistía al aula ordinaria y el grado de apoyo que recibían era de grado 3.

2.2.- Instrumento

Para el análisis y desarrollo de la investigación se utilizaron cuatro instrumentos que son los que a continuación se detallan. El cuaderno de campo donde se registraron los comportamientos que realizaron los usuarios al interactuar con las gafas y con el robot NAO. Además, también se tomó nota sobre la frecuencia de aparición de los comportamientos. Otro de las herramientas fue el robot NAO (figura 1) que tiene 25 grados de libertad y cuatro articulaciones para cada brazo y una para poder controlar la cadera (Puglisi et al., 2022). Además, dispone de sensores para captar la información del entorno y emitir señales verbales y no verbales en función de las características de los participantes (Puglisi et al., 2022).

Figura 1. Robot NAO interactuando con un niño.



La siguiente herramienta son las gafas de realidad virtual inmersiva Oculus Quest 2 que según Lorenzo et al. (2023) dispone de una resolución de 1832x1890 pixeles de manera que en las interacciones se genere un mayor realismo. Además, dispone de un sistema de audio posicional para escuchar desde cualquier lugar la información. En este sentido, las gafas llevan un sistema de seis grados de libertad que permite el seguimiento

de los movimientos de la cabeza y el cuerpo de manera que se consigue una actualización del punto de vista del usuario en el entorno (Lorenzo et al., 2023). A continuación en la figura 2 se muestran las gafas Oculus Quest 2

Figura 2. Gafas Oculus Quest 2.



Origen. <https://acortar.link/HT7uYz>

Finalmente, se utiliza el cuestionario Denver (Rogers y Dawson ,2015) que sirve para medir las mejoras que se ha producido en la aplicación de la RV y la robótica. Este cuestionario tiene una escala Likert que ha oscila de 1-3 cuyos valores van desde no tiene la actividad hasta tiene la actividad pasando por habilidad en proceso. Los autores de la investigación cambiaron la escala del Denver original a una que variaba de 1-5. El cuestionario estaba dividido en dos partes, la primera de ellas donde se recogían las variables demográficas de los participantes que fueron nivel de TEA, tipo de comunicación, edad, nivel de competencia curricular, asistencia al aula ordinaria y grado de apoyo. La segunda parte estaba compuesta por cinco dimensiones que correspondían al tercer nivel y que fueron: comunicación receptiva (14 ítems), comunicación expresiva (18 ítems), Habilidades sociales adultos e iguales (15 ítems), cognición (10 ítems), Juego el resto de los ítems. A continuación, en la tabla 1 se muestran los 18 ítems que han sido analizados.

Tabla 1.

Ítems de la dimensión comunicación expresiva.

Ítems
Produce combinaciones de 2 ó 3 palabras para una variedad de intenciones comunicativas (ej. Pedir, saludar, conseguir la atención de alguien, rechazar, etc.)
Produce verbalizaciones de 2 o más palabras para hacer un comentario sobre algo a con otra persona
Denomina acciones en imágenes y libros
Comenta y pide en relación con una localización espacial (arriba, abajo, dentro, encima, etc.)
Comenta y pide utilizando formas posesivas sencillas (mío, tuyo)
Gesticula o vocaliza “no sé” en el contexto adecuado
Consistentemente usa el nombre de otras personas para conseguir su atención
Entrega un mensaje simple a otra persona (alguien le dice: “dí hola a mamá”)
Dice “hola” y “adiós” apropiadamente, en ambos casos espontáneamente tanto iniciando como respondiendo a alguien
Usa pronombres de sí mismo y de otros (variaciones del “yo” y del “tú/vosotros”)
Usa palabras simples y gestos para describir experiencias personales
Nombra 1-2 colores
Responde apropiadamente a preguntas con “¿qué...?”
Responde apropiadamente a preguntas con “¿dónde...?”

Responde apropiadamente a preguntas con “¿quién...?”

Hace preguntas simples de tipo “sí/no” utilizando entonación (pueden ser producciones de una palabra con entonación)

Pregunta utilizando “¿qué...?” y “¿dónde...?”

Contesta a preguntas de información simple: nombre, edad, color de la camiseta, etc.

2.3.- Diseño

Tanto en la robótica como en la RV se plantearon 11 actividades. El objetivo es conseguir favorecer la generalización de los entornos virtuales a los entornos reales. En ambos casos el robot está presente como un elemento de apoyo en el desarrollo de las actividades (figura 3, figura 4).

Figura 3. Visión en el entorno de 3D con el robot NAO en su interior

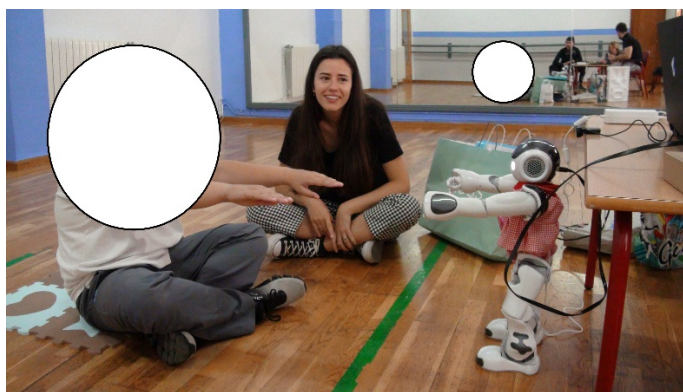


Figura 4. El robot NAO ayudando al niño en el desarrollo de la actividad



En la primera sesión con el robot NAO se van a desarrollar tres tipos de tareas a lo largo de la sesión. En primer lugar, el robot NAO le propone al usuario una serie de juegos de imitación. En segundo lugar, el robot plantea una interacción social donde debe darle unas pelotas de colores (figura 5). Finalmente, existe un juego de preguntas y respuestas con el participante. Con respecto a la realidad virtual, el alumno contemplará una escena donde la profesora le dará una reprimenda a los alumnos por hablar. Posteriormente, El robot NAO se dirige al alumno para que este pueda repasar en su agenda aquellas tareas que puede hacer y no puede hacer en el aula. Tras realizar el repaso, el participante debe completar una ficha con aquello que puede y no puede hacer en el aula.

Figura 5. Alumno realizando las tareas de imitación con el robot NAO.



En la segunda sesión con el robot NAO, este le cuenta al niño una historia donde aparece una serie de acciones que se pueden y no se pueden hacer en el aula. Tras la historia, el participante se le presenta una ficha donde aparecen una serie de actividades que se puede hacer o no en el aula para que el usuario pueda determinar cuáles son correctas o incorrectas. La sesión termina con una tarea donde el participante clasifica las reglas según sean o no correctas. Con respecto a la realidad virtual, el participante debe identificar las distintas emociones que muestra un avatar (figura 6). Este le preguntará al usuario como se encuentra. Para ello, dispone de una serie de cubos con las palabras SI y NO (figura 7) para responder a las preguntas.

Figura 6. Avatar para identificar las emociones

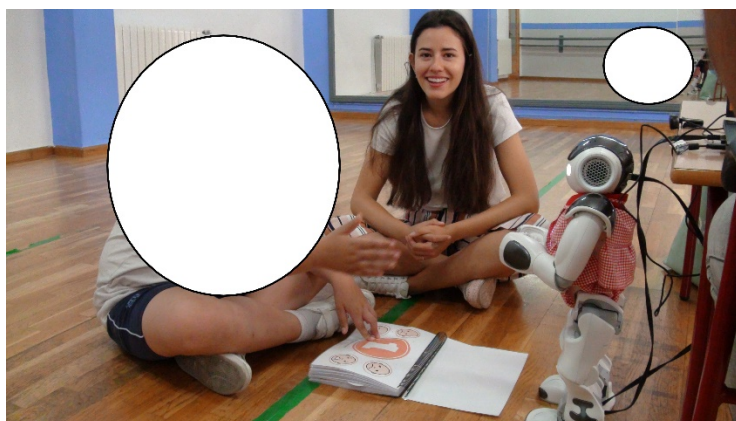


Figura 7. Cubos para responder a los estados de ánimo.



En la tercera sesión de trabajo con el robot NAO se va a desarrollar el trabajo de las emociones. Para ello, en la primera tarea el participante debe aprender la asociación de una emoción con un color que muestra el robot NAO en sus ojos. A continuación, en cuatro fichas diferentes y con la ayuda de NAO la estudiante práctica la asociación entre pictograma-pictograma, pictograma imagen, la identificación de una emoción en una situación social y la causa que produce una emoción (figura 8). En la RV, se lleva a cabo la asociación entre un pictograma y una emoción. De esta forma se le pregunta al participante que identifique entre diversas emociones una de las que le pregunta el robot.

Figura 8. El participante interactuando con el robot en la asociación emoción-pictograma.



En la cuarta sesión con el robot NAO, este le plantea algunas situaciones sociales para que el participante le diga cómo se siente a ante ellas. El usuario debe ir poniendo sus sentimientos con unas tarjetas en el termómetro de las emociones. Posteriormente, se le explica la forma de actuar en las situaciones planteadas. A continuación, el usuario debe identificar las acciones en los pictogramas y situarlas en las hojas de respuestas (figura 9). En la RV, va a realizar actividades similares al robot NAO ya que se le van a presentar diversas imágenes reales en una ficha y debe asociar una emoción con la imagen correspondiente.

Figura 9. Participante realizando la actividad con el termómetro de las emociones.



En la quinta sesión, el niño debe adivinar cuáles son las emociones expresadas por las imágenes de los monstruos de los colores. De esta forma se trabaja la asociación pictograma con imagen. Cada vez que el participante realiza la asociación le debe preguntar al robot NAO si es correcta la identificación. El robot le contestará de la manera adecuada. Finalmente en un escenario social planteado por NAO, el participante le debe enseñar cuál es el monstruo que expresa la emoción adecuada al contexto. En la RV, el usuario debe identificar la emoción que se ha generado en un determinado contexto (figura 10).

Figura 10. Alumno intentando identificar la emoción con una situación en el entorno de RV.



En la sexta sesión con el robot NAO, el participante va a jugar con NAO al bingo de los colores y las emociones. Antes de comenzar, el robot le explica las reglas del juego y le proporciona los cortones del bingo. En estos cartones aparecen diversos tipos de pictogramas. A continuación, el robot NAO comienza a cantar diversos pictogramas y el niño los debe encontrar en los cartones. Cuando los localiza, se debe colocar la ficha del monstruo de los colores sobre ellos. En el momento que el participante rellena un cartón debe cantar la palabra bingo. Para la RV, el usuario debe identificar cuál es la causa que produce una determinada emoción en un contexto social (figura 11)

Figura 11. Alumno en la RV identificando la causa que le genera alegría al niño



En la séptima sesión, se desarrolla el juego de la OCA entre el robot NAO y el participante. Previo al inicio, el robot NAO le explica al niño cuáles son las reglas del juego. En cada una de las casillas deberá responder a las preguntas de cada casilla. Cuando acierte la pregunta podrá mover la ficha a la siguiente casilla. En la sesión de RV, el robot NAO explica los ingredientes que necesita para la elaboración de una macedonia disponiendo de una lista de pictogramas con las cantidades. Las frutas van a estar

representadas por cubos con la imagen de la fruta. Estos deben ponerse en la banda de color rojo. (figura 12, figura 13)

Figura 12. Explicación sobre el lugar donde se deben dejar los cubos de las frutas.



Figura 13. Lista de frutas que necesitan para la elaboración de la macedonia.



Para la octava sesión, el robot NAO le explica al participante una historia para saber cómo respirar correctamente. Tras finalizar, se le indica al participante debe mirar unas tarjetas e imitar los movimientos para poder relajarse y respirar correctamente. En la realidad virtual, el participante debe poner los pictogramas de las emociones que dispone en la parte izquierda del entorno sobre su correspondiente estado en el monstruo de los colores de la parte derecha (figura 14)

Figura 14. Alumno asociando los estados de ánimo de los pictogramas con el monstruo de los colores.



En la novena sesión el robot NAO ayuda al niño a trabajar el juego simbólico. Para ello, el usuario debe identificar las frutas que van a componer la macedonia de frutas mediante tarjetas. A continuación, el robot le pide al niño distintas frutas de espuma para poner en un bol de manera como si estuviera realizando en la realidad una macedonia. En todo momento, el niño dispone de una tarjeta donde aparecen las cantidades de cada fruta de que debe coger. En referencia a la RV, el participante a lo largo de la sesión va a jugar a la oca de las emociones donde debe responder a las preguntas que la hará NAO en función de la casilla en la que se encuentre. El movimiento de la pieza y la tirada del dado se desarrollará de manera automática (figura 15)

Figura 15. Alumno jugando a la OCA de las emociones en la RV.



En la décima sesión, el robot NAO tiene que reproducir sonidos de varios animales y el niño se encarga de asociarlos con el pictograma correspondiente. El mismo procedimiento tiene lugar pero con los medios de transporte. En cuanto a la realidad

virtual, el niño debe guardar en una mochila los materiales que tienen encima de la mesa una vez finalizada la clase. El robot NAO y una agenda de pictogramas serán los elementos que le ayudarán en el desarrollo de la tarea (figura 16)

Figura 16. Alumno guardando la mochila en el entorno de RV..



En la última sesión, el robot NAO debe explicar al niño los pasos que debe seguir para guardar los materiales en la mochila una vez ha finalizado la clase. En este proceso dispone de una serie de ayudas visuales en la agenda. (figura 17) En cuanto a la RV, en la sesión al niño se le presentan diversas situaciones y se le pregunta como se siente. Al finalizar esta parte, el robot NAO en el entorno virtual le explica al niño como debe sentirse y actuar en las situaciones sociales anteriores. Además, la intensidad de la emoción viene determinada por el color

Figura 17. Alumno guardando la mochila con la ayuda de NAO



2.4.- Procedimiento

Con el objetivo de poder implementar la intervención, el equipo investigador llevó a cabo una reunión inicial para obtener una lista con la información de aquellos colegios que disponían de aulas específicas con alumnado con TEA. Con esta información se elaboró una base de datos con la localización de los centros y los teléfonos para poder contactar. Aquellos colegios que no disponían de medios para contactar con ellos o no

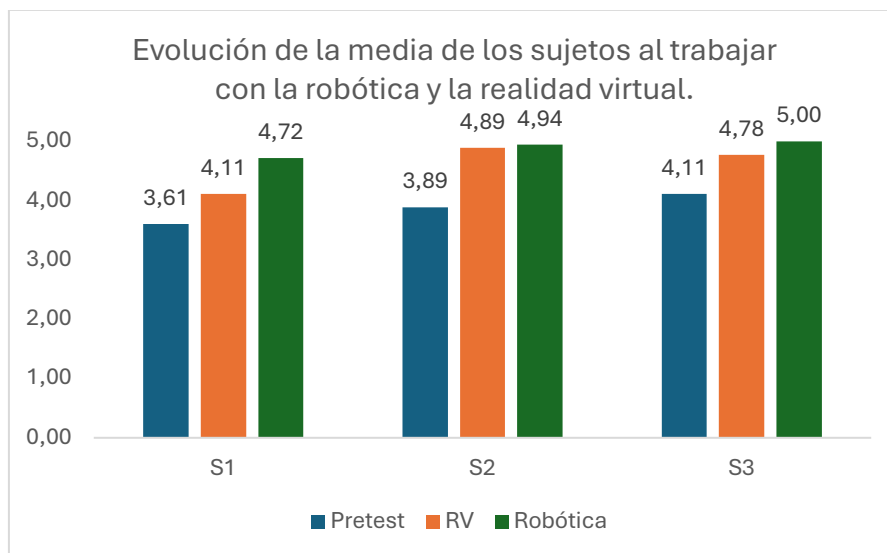
quisieron participar fueron eliminado de la lista. De esta forma, se concretó una reunión presencial con aquellos centros interesados. El equipo investigador tuvo que dividirse en grupos para poder acudir a las reuniones de varios centros. Asimismo, en esta reunión se presentaron los objetivos y actividades del proyecto además de una demostración con las herramientas que se iban a utilizar. Una vez el centro dio su aprobación a la participación entonces tuvo lugar una reunión entre las familias, los profesores de PT y AL y los investigadores para presentarles el proyecto y resolver sus dudas. Asimismo, se obtuvo información sobre las características de los alumnos que podían participar en la intervención. Para la obtención del consentimiento de las familias se siguió la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013) y el comité ético de la Universidad de Alicante (EXP UA 2022 05 01) aprobó el formato de la documentación. Los distintos miembros del equipo investigador estuvieron presentes durante el desarrollo de las actividades. Unos fueron los encargados de registrar los comportamientos del niño mientras que otros se encargaron de supervisar la realización de las actividades por parte del niño. También estuvieron presentes los profesores de PT y AL para supervisar los comportamientos que tenía el niño y aportar mejoras a las actividades.

3.- Resultados

3.1- Resultados relativos al comportamientos de los sujetos.

En el siguiente apartado se muestran cuáles han sido los resultados obtenidos desde el punto de vista descriptivo por los tres sujetos participantes al aplicar la realidad virtual y la robótica. En la figura 18 se puede ver que, tras la aplicación de la RV respecto al pretest, el sujeto 2 tiene una mejora del 25.89%, el sujeto 3 se incrementa un 16.30% mientras que el sujeto 1 solo el 13.85%. Una vez aplicada la robótica también se han producido mejoras con respecto al pretest y con respecto a la RV. En referencia al pretest, el sujeto 1 tiene le mejora más elevada con el 30.74%, siendo además el que obtiene un aumento en sus habilidades sociales mayor con respecto a la RV con una puntuación del 14.84%. El sujeto 2 consigue un 29.04% con el pretest, pero sin embargo solo mejora un 1.02% en referencia a la RV. Finalmente, el sujeto 3 crece un 21.65% en función del pretest a pesar de ello, el incremento con respecto a la RV es solo del 4.60%.

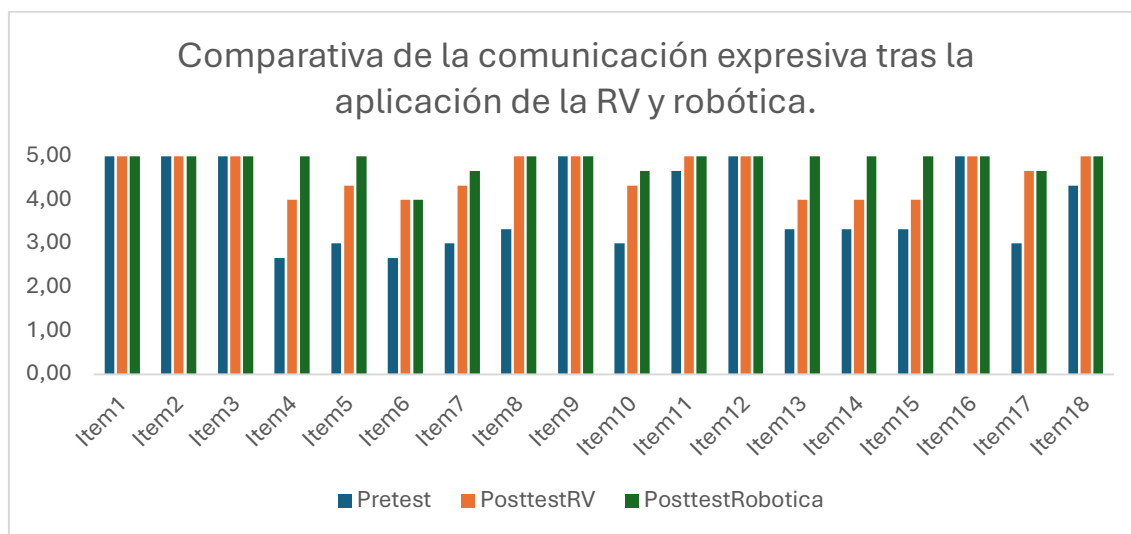
Figura 18. Evolución de la media de los sujetos al trabajar con la robótica y la realidad virtual.



3.2.- Resultados relativos a la comunicación expresiva.

En la figura 19, se muestra en que ítems se han producido mejoras en la puntuación media con respecto al pretest tras la aplicación de la RV y de la robótica. En los ítems 4,5,7,10,13,14,15 la robótica ha sido la que ha generado las mejoras más elevadas con respecto al pretest y la RV. Por el contrario, en los ítems 1,2,3,9,12,16 no se han desarrollado mejoras en la puntuación tras la aplicación de ambas tecnologías. Mientras que en los ítems 8,11,17,18, las mejoras generadas por la robótica y la RV han sido las mismas.

Figura 19. Comparativa de la comunicación expresiva tras la aplicación de la RV y la robótica.



4.- Discusión

En las dos primeras preguntas de investigación, los sujetos con mejor comunicación y coeficiente intelectual más elevado han obtenido las mejores puntuaciones. En el caso de la RV el motivo es que esta herramienta demanda experiencias de aprendizaje multimodales y de alta carga cognitiva (Alfalah, 2018) lo que demanda la necesidad de tener un coeficiente intelectual más elevado y mejor comunicación y vocabulario. Para el caso de la robótica, los altos niveles cognitivos de los participantes se ven favorecidos por los robots humanoides que producen actividades más complejas y realistas (Ricks y Colton, 2010). Existen investigaciones como las de Moon et al. (2023) o las Anzalone et al. (2014) que indica la gran demanda cognitiva que existe en los participantes tanto la robótica como la RV.

Con respecto a la tercera pregunta de investigación, la puntuación media de los tres sujetos es más elevada en la robótica que en la RV. Las razones por las que la RV obtiene peores puntuaciones son diversas entre las que destacan que la RV está fuertemente influenciada por factores como las características cognitivas y de personalidad del usuario (Hammick y Lee, 2014), la experiencia previa del usuario con la tecnología (Richardson et al., 2011) y sus expectativas con respecto a la tecnología (Garau et al., 2005). De manera más concreta, se puede afirmar que las diferencias individuales del alumnado son el elemento que puede condicionar el uso de la RV (Waller, 2000). No existen investigaciones previas que hayan realizado una comparativa a partir del análisis de los descriptivos sobre que herramienta (RV o robótica) produce una mejora en las habilidades sociales del alumnado con TEA.

En referencia a la cuarta pregunta de investigación, existen 8 ítems en los cuales la robótica ha obtenido mejores resultados que la RV. Por ejemplo en los ítems 4 y 5 que hace referencia a la utilización de formas posesivas y la localización espacial mediante palabras, las ventajas de la robótica son debidas a que la estimulación de alto nivel que ofrece el robot como es la opción de señalar, vocalizar y mirar son elementos que favorecen el compromiso del niño con la realización de la tarea (Anzalone et al., 2014). Estos resultados concuerdan con los establecidos por Kumazaki et al., (2019) quienes pudieron comprobar mejoras en los adultos autistas con respecto a lo largo de distintos contextos de una entrevista como la atención, la mirada y la comunicación verbal mejoraba tras realizar la intervención con un robot. En el ítem 10 se obtiene puntuaciones mas elevadas por la robótica debido a que la interacción con robots humanoides permite una mejor generalización (Ricks y Colton, 2010) de cualquiera de las habilidades sociales planteadas. Esto provoca que en entornos reales sean capaces de llamar la atención de las personas por su nombre. Estos hallazgos siguen la línea establecida por Kim et al. (2013) quienes plantearon diversas actividades de interacción triádica con el robot y pudieron comprobar cómo se producía una mejora y transferencia del lenguaje.

5.- Conclusiones

El desarrollo del estudio ha constatado que tanto la realidad virtual como la robótica son herramientas que han despertado el interés en la interacción social por parte del alumnado con TEA. Como consecuencia, a partir del objetivo y de las preguntas de investigación se extraen las siguientes conclusiones.

- El sujeto 1 ha sido el que ha tenido un incremento más elevado con respecto al inicio de la intervención con la aplicación de la robótica.
- El sujeto 2 ha sido el que ha tenido un incremento más elevado con respecto al inicio de la intervención con la aplicación de la RV.
- La realidad virtual es la que ha provocado las mejoras menos elevadas con respecto al pretest.
- La robótica ha obtenido las puntuaciones elevadas en los ítems 4,5,7,10,13,14,15

Con la investigación, se ha podido constatar que la robótica presenta puntuaciones medias más elevadas para el desarrollo de habilidades sociales en alumnado con TEA. Además, facilita la interacción en entornos reales a diferencia del aislamiento de la RV. El estudio ha sufrido algunas limitaciones como el tamaño de la muestra o la ausencia de personalización de las actividades en tiempo real. Como futura línea de trabajo se plantea la posibilidad de conseguir implicar a las familias en el diseño de las actividades y seguimiento. Asimismo, se plantean algunas recomendaciones para la implementación como por ejemplo las explicaciones deben ser las más concretas posible y acompañadas por pictogramas. Es necesario el acompañamiento del tutor cuando el usuario está desarrollando las actividades para evitar distracciones del usuario. De igual manera, tanto en la RV como en la robótica resulta necesario algún sistema de refuerzo cuando realice las actividades correctamente.

Este artículo ha recibido apoyo del Programa Estatal de I+D+I Orientado a los Retos de la Sociedad del Ministerio de Ciencia e Innovación Español. PID2020-112611RB-I00/AEI/10.13039/501100011033 and the Agencia Estatal de la Investigación

6.- Referencias

- Adjorlu, A., Høeg, E.R., Mangano, L., Serafin, S. (2017). Daily living skills training in virtual reality to help children with autism spectrum disorder in a real shopping scenario. In *Proceedings of the 2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)* (pp.294-302). IEEE: USA.
- Alfalah, S. (2018) Perceptions toward adopting virtual reality as a teaching aid in information technology. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2633–2653. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9734-2>
- Anzalone, S., Tilmont, E., Boucenna, S., Xavier, J., Jouen, A., Bodeau, N., Maharatna, K., Chetouani, M. & Cohen, D. (2014). How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D + time) environment

- during a joint attention induction task with a robot. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(7), 814-826. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.03.002>
- Anzalone, S., Xavier, J., Boucenna, S., Billeci, L., Narzisi, A., Muratori, F., Cohen, D. & Choetouani, M. (2019). Quantifying patterns of joint attention during human-robot interactions: An application for autism spectrum disorder assessment. *Pattern Recognition Letters*, 118(1), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.03.007>
- Bradley, R. & Newbutt, N. (2018). Autism and virtual reality head-mounted displays: A state of the art systematic review. *Journal of Enabling Technologies*, 12(3), 101–113. <https://doi.org/10.1108/JET-01-2018-0004>
- Bosetti, C., Ferrini, L., Ferrari, A., Bartolini, E. & Calderoni, S. (2023). Children with Autism Spectrum Disorder and Abnormalities of Clinical EEG: A Qualitative Review. *Journal of Clinical Medicine*, 13(1), 279. <https://doi.org/10.3390/jcm13010279>
- Dahiya, A. V., McDonnell, C., DeLucia, E., & Scarpa, A. (2020). A systematic review of remote telehealth assessments for early signs of autism spectrum disorder: Video and mobile applications. *Practice Innovations*, 5(2), 150–164. <https://doi.org/10.1037/pri0000121>
- Delbruck, E., Yang, M., Yassine, A., & Grossman, E. D. (2019). Functional connectivity in ASD: Atypical pathways in brain networks supporting action observation and joint attention. *Brain Research*, 1706, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2018.10.029>
- Cao, H., Simut, R., Krepel, N., Vanderborght, B., & Vanderfaeillie, J. (2022). Could NAO robot function as model demonstrating joint attention skills for children with autism spectrum disorder? An exploratory study. *International Journal of Humanoid Robotics*, 19(4), 1–21. <https://doi.org/10.1142/S0219843622400060>
- Feil-Seifer, D. & Mataric, M. (2005). Defining socially assistive robotics. In *9th international conference on rehabilitation robotics, ICORR 2005* (pp. 465–468). IEEE. [10.1109/ICORR.2005.1501143](https://doi.org/10.1109/ICORR.2005.1501143)
- Garau, M., Slater, M., Pertaub, D. P. y Razaque, S. (2005). The responses of people to virtual humans in an immersive virtual environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 14, 104-116. <http://dx.doi.org/10.1162/1054746053890242>.
- Ingersoll, B. y Wainer, A. (2013). Initial efficacy of project ImPACT: A parent-mediated social communication intervention for young children with ASD. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(12), 2943–2952. <http://doi.org/10.1007/s10803-013-1840-9>

- Kim, E.S., Berkovits, L.D., Bernier, E.P., Leyzberg, D., Shic, F., Paul, R., & Scassellati, B. (2013). Social robots as embedded reinforcers of social behavior in children with autism. *Journal of Autism Development Disorder*, 43, 1038–1049. doi: 10.1007/s10803-012-1645-2.
- Kumazaki, H., Muramatsu, T., Yoshikawa, Y., Corbett, B., Matsumoto, Y., Higashida, H., Yuhi, T., Ishiguro, H., Mimura, M & Kikuchi, M. (2019). Job interview training targeting nonverbal communication using an android robot for individuals with autism spectrum disorder. *Autism*, 23(6), 1343-1608. <https://doi.org/10.1177/136236131982713>
- Lorenzo, G., Pomares, J. & Lledó, A. (2013). Inclusion of immersive virtual learning environments and visual control systems to support the learning of students with Asperger Syndrome. *Computers & Education*, 62(11), 88-101. 10.1016/j.compedu.2012.10.028
- Lorenzo, G., Lledó, A., Pomares, J. & Roig-Vila, R. (2016). Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Computers and Education*, 98(1), 192-205. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.018>
- Lorenzo, G., Lorenzo-Lledó, A., Lledó Carreres, A., & Pérez-Vázquez, E. (2023). Creación de un entorno de realidad virtual inmersiva para la comunicación e interacción social: estudio piloto en alumnado con trastorno del espectro autista. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(73). 1-47. <https://doi.org/10.6018/red.539141>
- Lorenzo, G., Lorenzo-Lledó, A. & Gilabert-Cerdá, A. (2024). Application of Robotics in Autistic Students: A Pilot Study on Attention in Communication and Social Interaction. *Technology, Knowledge, and Learning* <https://doi.org/10.1007/s10758-023-09718-x>
- Moon, J., Choi, G. & Seo, J. (2023). Revisiting multimedia learning design principles in virtual reality-based learning environments for autistic individuals. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00856-2>
- Mundy, P., Sullivan, L. & Mastergeorge, A. M. (2009). A parallel and distributed-processing model of joint attention, social cognition and autism. *Autism Research*, 2(1), 2–21. <https://doi.org/10.1002/aur.61>
- Muse, A. & Baldwin, J. (2021). Quasi-experimental research design. In J. Barnes & D. Forde (Eds.), *The encyclopedia of research methods in criminology and criminal justice* (pp. 307–310). USA: Wiley.
- Nevill, R., Hedley, D., Uljarevic, M., Sahin, E., Zadek, J., Butter, E. & Mulick, J. (2019). Language profiles in young children with autism spectrum disorder: a community

- sample using multiple assessment instruments. *Autism*, 23(1), 141-153. <https://doi.org/10.1177/136236131772624>
- Pérez-Vázquez, E., Lorenzo, G., Lledó, A. & Lorenzo-Lledó, A. (2020). Evolution and Identification from a Bibliometric Perspective of the Use of Robots in the Intervention of Children with ASD. *Technology, Knowledge, and Learning*, 25(1), 83–114. <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09415-8>
- Puglisi, A., Capri, T., Pignolo, L., Gismondo, S., Chilà, P., Minutoli, R., Marino, F., Failla, C., Arnao, A., Tartarisco, G., Cerasa, A., & Pioggia, G. (2022). Social humanoid robots for children with autism spectrum disorders: A review of modalities, indications, and Pitfalls. *Children*, 9(7), 953–967. <https://doi.org/10.3390/children9070953>
- Richardson, A. E., Powers, M. E., & Bousquet, L. G. (2011). Video game experience predicts virtual, but not real navigation performance. *Computers in Human Behavior*, 27, 552-560. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2010.10.003>
- Ricks, D.J., & Colton, M.B. (2010, May). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. In Robotics and Automation (ICRA), *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) International Conference* (pp. 4354–4359), IEEE:USA
- Rogers, S. & Dawson, G. (2015). *Modelo Denver de atención temprana para niños pequeños con autismo. Estimulación del lenguaje, el aprendizaje y la motivación social*. Autismo Avila: España.
- Soleiman, P., Moradi, H., Mehralizadeh, B., Ameri, H., Arriaga, R., Pouretamad, H., Baghbanzadeh, N., & Vahid, L. (2023). Fully robotic social environment for teaching and practicing affective interaction: Case of teaching emotion recognition skills to children with autism spectrum disorder, a pilot study. *Frontiers in Robotics and AI*, 10(1), 1–15. <https://doi.org/10.3389/frobt.2023.1088582>
- Takeo, T., Toshitaka, N. & Daisuke, N. (2007). Development application software on PDA for autistic disorder children. *IPSJ SIG technical report*, 12(1), 31-38.
- Takata, K., Yoshikawa, Y., Muramatsu, T., Matsumoto, Y., Ishiguro, H., Mimura, M., & Kumazaki, H. (2023). Social skills training using multiple humanoid robots for individuals with autism spectrum conditions. *Frontiers in Psychiatry*, 14, 1168837. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1168837>
- Talaat, F., Ali, Z., Mostafa, R. & El-Rashidy, N. (2024). Real-time facial emotion recognition model based on kernel autoencoder and convolutional neural network for autism children. *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09477-y>

- Vanmarcke, S., Noens, I., Steyaert, J. & Wagemans, J. (2018). Change detection of meaningful objects in real-world scenes in adolescents with and without autism spectrum disorder. *Autism*, 22(6), 728-739. doi: 10.1177/1362361317702559
- Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A. & Leo-Amador, G. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 523-528. [10.19044/esj.2014.v10n15p523](https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n15p523)
- Waller, D. (2000). Individual differences in spatial learning from computer-simulated environments. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6, 307. <http://dx.doi.org/10.1037/1076-898X.6.4.307>.
- Zeidan, J., Fombonne, E., Scolah, J., Ibrahim, A., Durkin, M.S., Saxena, S., Yusuf, A., Shih, A. & Elsabbagh, M. (2022). Global Prevalence of Autism: A Systematic Review Update. *Autism Research*, 15(5), 778–790. <https://doi.org/10.1002/aur.2696>