

# El uso de la robótica para mejorar la inclusión del alumnado con Trastorno del Espectro Autista (TEA)

## The robotics' use to improve the inclusion of students with Autism Spectrum Disorder (ASD)

Selene Caro-Via<sup>1</sup>, Xavi Canaleta<sup>1</sup>, Javier Herrero-Martin<sup>2</sup>, Rosario Valdivielso<sup>2</sup>, Henry Hasti<sup>1</sup>, César Horna-Saldaña<sup>1,3</sup>  
selene.caro@salle.url.edu, xavier.canaleta@salle.url.edu, j.herrero@lasallescampus.es, r.valdivielso@lasallescampus.es,  
henrygleason.hasti@salle.url.edu, chorna@esan.edu.pe

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería

La Salle, Universidad Ramon Llull

Barcelona, España

<sup>2</sup>Departamento de Educación Infantil y Primaria. Facultad de Educación.

La Salle Centro Universitario,

Universidad Autónoma de Madrid

Madrid, España

<sup>3</sup>Departamento de Operaciones y Tecnologías de Información

Universidad ESAN

Lima, Perú

**Resumen-** En el presente artículo se propone la utilización de la robótica social para ayudar en la inclusión del alumnado afectado por la brecha de la diversidad. Más concretamente a aquellos alumnos con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Varios estudios evidencian la mejora en el comportamiento social de este perfil de alumnado. Así pues, el objetivo primordial del artículo es presentar una nueva metodología para mejorar la inclusión del alumnado con TEA. Dicha metodología se ha desarrollado por La Salle Campus Barcelona (Universidad Ramon Llull), a nivel tecnológico y educativo, y La Salle Centro Universitario (Universidad Autónoma de Madrid), a nivel psicopedagógico. Se detalla el proceso de selección de los candidatos, la fase experimental, las sesiones, la recogida de datos y el diseño del escenario.

**Palabras clave:** *diversidad, Trastorno del Espectro Autista, inclusión, robótica.*

**Abstract-** In this article, the use of social robotics is proposed to aid in the inclusion of students affected by the diversity gap, specifically those with Autism Spectrum Disorder (ASD). Several studies have shown improvement in the social behavior of this group of students. Therefore, the main objective of the article is to present a new methodology to enhance the inclusion of students with ASD. This methodology has been developed by La Salle Campus Barcelona (Ramon Llull University) at a technological and educational level, and by La Salle Centro Universitario (Autonomous University of Madrid) at a psychopedagogical level. The article details the candidate selection process, the experimental phase, the sessions, the data collection, and the scenario design.

**Keywords:** *diversity, Autism Spectrum Disorder, inclusion, robotics.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es un trastorno del neurodesarrollo que se caracteriza por dificultades en la comunicación e interacción social, así como por patrones de comportamiento repetitivos o restrictivos. En el caso específico del área de comunicación y lenguaje, las personas con autismo pueden presentar una serie de desafíos que afectan su capacidad para comprender y utilizar el lenguaje de manera efectiva.

Actualmente, los casos de personas con Trastorno del Espectro Autista (TEA) han aumentado (Autismo España, 2019), hasta alcanzar un total de 2.116 personas registradas en 2019, siendo un aumento del 199% respecto al año anterior. Aun así, se estima que en la Unión Europea afecta a 1 de cada 100 personas (Autism Europe, s.f.). Esto implicaría que sólo en España podría haber más de 450.000 personas. Más concretamente, se ha detectado que casi un 80% de las personas con autismo identificadas son menores de 21 años. Esto implica que la gran mayoría aún está en etapa escolar, habiendo una gran cantidad en Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria (ESO).

Las dificultades en la comunicación y lenguaje pueden tener implicaciones significativas en la capacidad de adaptación de un niño con TEA al entorno académico. El lenguaje y la comunicación son habilidades fundamentales para interactuar con los demás, participar en las actividades del aula, desarrollar amistades y funcionar de manera efectiva en la sociedad. Los impedimentos en estas áreas pueden dificultar la capacidad del niño con TEA para expresar sus necesidades, comprender instrucciones o participar en conversaciones significativas.

Está demostrado que la robótica puede ayudar a este colectivo a mejorar dichas capacidades, siendo de gran utilidad la robótica social. Los orígenes de la reflexión científica y evaluativa sobre su significado se remontan a los trabajos iniciales propuestos por Ben Robins et al. (2004a; 2004b). Actualmente, él y su equipo están creando un robot llamado KASPAR especialmente diseñado para este colectivo (Wood et al., 2021). Desde entonces, no han sido pocos los estudios que han podido constatar la conexión entre el uso de robots sociales y TEA para la rehabilitación instrumental de competencias adaptativas. Así, Alabdulkareem et al. (Alabdulkareem et al., 2022), ponen de manifiesto, revisando el corpus investigador existente entre 2009 y 2022, que un 56% de los artículos analizados se especializan en el área social y emocional, un 20% en el desarrollo de la comunicación y la interacción, y un 12% al desarrollo cognitivo, constituyendo este el tercer factor por relevancia en cuanto a las necesidades potenciales de

intervención en el espectro autista, íntimamente vinculadas a las dos anteriores.

El propósito de la presente investigación se centra en la potenciación de la competencia comunicativa y lingüística para favorecer el cambio instrumental y adaptativo de las personas con TEA mediante el empleo de la robótica social. En definitiva, la tecnología ha de ser un elemento de cohesión para crear entornos socioeducativos inclusivos.

## 2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

La Salle, como institución educativa, tradicionalmente ha otorgado especial relevancia a las propuestas inclusivas en educación, poniendo el foco en la diversidad a través de una personalización de la enseñanza (La Salle Distrito ARLEP, 2020). Además, La Salle, está impulsando actividades formativas donde se involucra la educación STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) utilizando la robótica educativa como instrumento de actuación (Jurado et al., 2019) (Fonseca et al., 2021). Dicho esto, el objetivo de La Salle es trabajar en la inclusión de todo el alumnado, también el afectado por la brecha de la diversidad, mediante tecnología y la robótica social en las aulas.

El proyecto DivInTech constituye un punto de encuentro para la reflexión transdisciplinar alrededor de la mejora de habilidades de la persona con TEA, combinando la reflexión científico-técnica con la pedagógica (metodológico y didáctica) y psicológica (conductual, comunicativo-lingüística y relacional (social y comunitaria)). En este ánimo, convergen los esfuerzos definidos por los campus universitarios de La Salle en Barcelona (Universidad Ramón Llull) y Madrid (Universidad Atónoma).

### A. Objetivos

El proyecto DivInTech tiene varios objetivos: (1) Mejorar la competencia comunicativo-lingüística del alumnado con TEA mediante el uso de la robótica social. (2) Crear una base de patrones y secuencias de programación adecuadas para la intervención comunicativo-lingüística en el espectro autista. (3) Crear un prototipo de intervención transferible y científicamente controlado.

En el primer punto, se crearán distintas interacciones cuyo objetivo es la mejora de dicha competencia comunicativo-lingüística. Para ello, se estudiarán los perfiles de nuestros centros, su organización, y las prácticas que ya existen para atender a esta diversidad. Esto nos permitirá encontrar las buenas prácticas para cada perfil de alumno con TEA.

En segundo lugar, una vez se haya obtenido y estudiado las distintas prácticas que realizan en los centros de La Salle para cada uno de los perfiles, se podrán generar modelos de interacción para cada uno de ellos, consiguiendo así una actuación más eficaz, eficiente y efectiva sobre nuestra diversidad. Del mismo modo, la creación de espacios singulares donde poder atender y trabajar la inclusividad es igual de importante, puesto que el alumnado de La Salle se tiene que sentir cómodo trabajando con las herramientas tecnológicas que van a utilizar.

La evaluación y validación de la propuesta de actividades desarrolladas es otro punto importante en el proyecto, a fin de detectar las buenas prácticas para cada tipo de perfil de diversidad. Una vez evaluados los modelos de interacción, la

parte fundamental del proyecto es la escalabilidad: aplicar los modelos de intervención validados a otros estudiantes con los mismos perfiles.

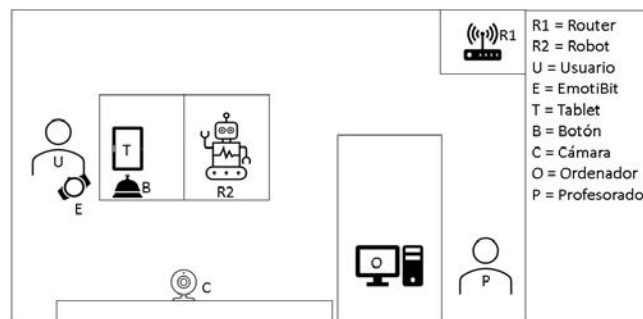
### B. Metodología

A nivel metodológico, se plantea lo siguiente:

- Identificación y selección de perfiles. No todas las personas con TEA son iguales, ni les funciona los mismos métodos para desarrollar capacidades. Por este motivo, es necesario saber cómo son a fin de poder encontrar un colectivo al que les ayuden elementos similares.
- Diseño de las secuencias de intervención. A partir de los conocimientos psicológicos sobre autismo, así como los tecnológicos sobre las limitaciones de la tecnología y robótica actual, se crea la propuesta de intervención. Es importante tener una comunicación con los centros educativos y familias de los usuarios, para poder personalizar las intervenciones.
- Implementación de las intervenciones. En este punto se centra toda la creación y programación de las actividades propuestas en la secuencia de intervención.
- Experimentación. Se buscará un centro La Salle de España que ya disponga de una atención a la diversidad y más concretamente en TEA, ya que permitirá de forma ágil poder implantar la secuencia de intervención. A través de este centro, se validará el correcto funcionamiento y se reiterará en la mejora de las actividades propuestas.
- Generalización y transferencia. Consiste en la creación de un patrón de intervención transferible a otros entornos.

### C. Diseño del contexto de intervención. Infraestructura y organización de recursos

En este apartado, se detallan los elementos tecnológicos y robóticos necesarios para las actividades de la secuencia de intervención, que se pueden ver en la **Figura 1**.



**Figura 1** Esquemático de cómo tiene que ser el escenario de trabajo. El ‘U’ es el usuario que está realizando la sesión y el ‘P’ el miembro del profesorado que está pendiente de lo que realiza el usuario.

El robot seleccionado es el modelo NAO de United Robotics Group, aunque en un futuro, pensando en otros centros que no se lo puedan permitir, sería posible hacer readaptaciones. Dicho robot, tiene desarrollada la expresión no verbal a través de los gestos de los brazos y la conducta corporal, pero a lo que respecta a la cara, solo se puede indicar el estado del robot a

través del color de los LEDs de los ojos. Así pues, este robot tiene simplificada la comunicación no verbal que hacen los humanos a través de las expresiones de la cara (Gouaillier et al., 2009). El estudio (Alabdulkareem et al., 2022), ha desvelado que 8 artículos de los analizados utilizan el robot NAO (esto es un 32% del total de artículos analizados). Esto implica que es un robot utilizado dentro de este campo.

La actividad se ejecutará en una tablet, a fin de que puedan interactuar de forma sencilla con sus elementos y el robot pueda comprender qué está sucediendo en la actividad de forma fácil, sin procesado de imagen si los elementos fueran reales. Además, que se desarrolle a través de una aplicación Android permite que sea asequible para otros centros.

La regulación de la interacción social y comunicativo-lingüística será controlada mediante la integración de un dispositivo móvil (tablet) que realizará la función de interfaz entre persona y robot, una vez desarrollada e implementada la aplicación de interacción y control. Además, la tecnología aún no permite que el robot interactúe sólo, ya que estamos hablando de niños y niñas, que tienen el timbre de la voz agudo, y los reconocimientos por voz están entrenados con voces de adultos (timbres más graves). Así pues, la figura del profesorado será importante en estas sesiones no sólo para acompañar diferentes usuarios, sino que también para asegurar la correcta interacción con el robot. Dicha aplicación la podrán tener tanto en un ordenador como en un dispositivo Android.

Por otro lado, hay varios elementos para captar y evaluar la interacción de los usuarios durante la intervención. Por un lado, se dispondrá de una cámara para poder grabar y transcribir lo que se dice durante la interacción. Por otro, se utilizará una pulsera EmotiBit para obtener datos biométricos del usuario que realiza la actividad, a fin de detectar su estado emocional.

La comunicación entre los distintos elementos aquí expuestos será a través de una red inalámbrica que creará un router dedicado solo a este fin, evitando así la sobrecarga que pueda tener el internet del centro educativo. El botón o pulsador servirá para sincronizar todos los datos de los elementos tecnológicos.

### 3. RESULTADOS

A nivel de resultados, se detalla la fase experimental, con las distintas aplicaciones, y su recogida de datos.

#### A. Fase experimental

Antes de iniciar la secuencia de intervención, el profesorado hará algunas actividades con el robot con el fin de que el alumnado se acostumbre a él, eliminando así el efecto novedoso y bajando expectativas sobre el mismo. Esto es muy importante, ya que cuando un elemento es nuevo, se tiende a jugar más con él; pero cuando este efecto de ser nuevo se pasa, se acostumbra a dejar ese elemento aparte o disminuir la actividad con él. Lo mismo sucede si se tiene unas altas expectativas respecto a lo que puede hacer el robot. Si el robot no cumple con ello, se muestra una desmotivación a la hora de usarlo.

La secuencia de intervención está formada por 5 interacciones o sesiones distintas. Cada una de ellas trabajará un aspecto a reforzar por el usuario con TEA, a la vez que trabajará la capacidad comunicativa y de atención. Cada una de estas sesiones, se repetirá hasta cuatro veces, dos de ellas con el robot a solas, y las otras dos con el robot y un miembro del

profesorado con el que el usuario esté acostumbrado a interactuar. La finalidad de hacerlo así es para finalmente establecer la relación entre el alumnado y la educadora sin la necesidad de la mediación del robot. Cada día, se realizará una de las interacciones dos veces, una por la mañana y otra por la tarde. De este modo, la secuencia de intervención tendrá una duración de 10 días en total, donde los primeros 5 días serán sesiones individuales y los otros 5 serán con el miembro del profesorado.

#### B. Diseño y secuencia de intervención

Todas las sesiones tienen la misma estructura. Una primera parte de bienvenida, la parte de la actividad (que se repite 3 veces) y la parte final. En la bienvenida, el robot le dice hola, le pregunta cómo está, y si quiere empezar la actividad. En el final, en cambio, el robot hace alguna cosa para relajar al usuario (bailar, jugar con un slime, explicar un cuento, o imitar voces), y se despide. La parte central corresponde puramente a la actividad y cambia en función de la sesión que sea. A continuación, se detalla para cada sesión.

La primera sesión será un poco introductoria al robot, para que el alumnado se acostumbre a la dinámica de las sesiones. Se escoge un elemento que atraiga al alumnado con TEA (los números) y luego se le hace decir un número concreto de elementos de una categoría. Por ejemplo, se pide al usuario o usuaria que presione el número 3 y, una vez hecho, se le pide que diga 3 frutas. De esta forma se está trabajando la contestación rápida y la atención.

La segunda sesión se centra en la descripción de una imagen. A algunas personas con TEA les cuesta crear frases complejas, tendiendo a usar palabras solas. Así pues, en esta sesión se trabaja la capacidad de descripción.

La tercera sesión está enfocada a la correcta escritura de los números. Algunos autistas tienden a girar los números y/o a hacer efecto espejo. A base de repetición, uso de colores (puesto a que son muy visuales) y enseñando números escritos de forma correcta e incorrecta, se busca mejorar esta problemática.

La cuarta sesión trabaja las emociones. Como se ha explicado anteriormente del estudio de ROBOTA (Robins et al., 2004b), la expresión facial de una persona puede saturar de información a los autistas. Por esto, se busca trabajarlo mediante la simplificación (usando emoticonos). Aun así, la aplicación es capaz de aceptar nuevas imágenes, para poder ir incrementando la dificultad, como podría ser pasar de los emoticonos a caras animadas a caras de personas reales. A parte, se le realizarán preguntas al usuario sobre en qué momento ha sentido él esa emoción para ver si las detecta correctamente en sí mismo. También es muy importante trabajar esto, ya que les cuesta reconocer qué sienten ellos mismos.

La quinta y última sesión está enfocada en trabajar de nuevo la expresión oral. Se desarrolla una actividad similar al juego del 'memory'. En él aparecerán varias imágenes y se le preguntará alguna cosa respecto a ellas. Luego, aparecerá una nueva y se le preguntará cuál es.

#### C. Adquisición de datos y sincronización

De cada sesión, se obtendrán, aparte de los datos biométricos de la pulsera EmotiBit y las imágenes de la cámara, un fichero con toda la información de lo que ha pasado en la actividad y un fichero con información sobre dónde ha mirado el usuario

durante la interacción. Los datos biométricos, la actividad y la mirada del usuario estarán sincronizados mediante la utilización de la marca horaria. En cambio, para sincronizar la imagen de la cámara con los datos anteriores, se pedirá al usuario que pulse el botón de la mesa con la mano donde tenga conectada la pulsera EmotiBit. El botón, al ser pulsado, hará un sonido que será captado por la cámara. Además, al mover el brazo hacia abajo, se detectará una aceleración en el eje Z en los datos biométricos de la pulsera. Esta acción de pulsar el botón se realizará al inicio de la sesión, y cada vez que se repita la actividad.

Por otro lado, el profesorado rellenará un formulario Excel detallando qué ha sucedido en la interacción, indicando si ha habido algún elemento distractor, si el usuario se ha sentido cómodo, su nivel emocional... La posterior integración de datos obtenidos, así como su análisis exhaustivo, será el que permitirá obtener resultados que obtendrán la correspondiente devolución al centro y a las familias.

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente estudio, se ha presentado la secuencia de intervención diseñada para el alumnado con TEA, a fin de mejorar su inclusión en las aulas de los centros educativos de La Salle. Más concretamente, se ha detallado el material necesario para realizar las sesiones, explicando las 5 sesiones que se van a desarrollar, el método de adquisición de datos para su posterior estudio, y el proceso de escalabilidad que se va a seguir. La finalidad principal de las sesiones es mejorar la capacidad de comunicación del alumnado con autismo.

A fecha de hoy, todas estas fases, así como todo el proceso de investigación, están bajo el cumplimiento de todos los protocolos bio-éticos, habiendo pasado de forma satisfactoria el código ético del centro universitario.

Además, para poder iniciar el Proyecto DivInTech con garantías, se ha buscado centros de referencia y con experiencia contrastada en atención a la diversidad, y en TEA. La Salle de La Seu d'Urgell ha sido el centro seleccionado ya que tiene una larga trayectoria en atención a la diversidad. Entre otros factores, tiene un soporte a la educación inclusiva, que funciona hace muchos años, así como una amplia experiencia en utilización de las TIC en general y de la robótica en particular en entornos de diversidad.

Así pues, ya se ha trabajado en conjunto con este centro, haciendo una identificación de los perfiles que tienen y selección de los candidatos. Todo ello, se ha informado a las familias, que han aportado información para poder diseñar las actividades de forma personalizada. A finales de mayo de 2023 se ha realizado una formación a los miembros del profesorado de La Seu d'Urgell y se han iniciado las primeras pruebas de experimentación. Se espera poder obtener todos los datos necesarios para analizar a finales de junio. Por otro lado, después de poder analizar los datos y reiterar en la mejora de las sesiones, se espera que durante el primer trimestre del curso académico 2023/2024 se realice dicha formación y experimentación en dos centros educativos más.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo quieren agradecer el soporte recibido por parte del centro educativo de La Salle de La Seu d'Urgell y, más concretamente, a los miembros del profesorado del SIEI (Soporte Intensivo de Escolarización Inclusiva).

También, agradecer a IDAPA (*Institut per al Desenvolupament i la Promoció de l'Alt Pirineu i Aran*) y a la empresa Antoni Miquel Linde por su colaboración.

#### REFERENCIAS

- Alabdulkareem, A., Alhakhani, N., & Al-Nafjan, A. (2022). A Systematic Review of Research on Robot-Assisted Therapy for Children with Autism. *Sensors*, 22(3), 944. <https://doi.org/10.3390/s22030944>
- Autism Europe. (s.f.). *Prevalence rate of autism*. Recuperado: 2023. <https://www.autismeurope.org/about-autism/prevalence-rate-of-autism/>
- Autismo España. (29 de noviembre de 2019). *Se confirma el aumento de personas con autismo*. [https://autismo.org.es/prensa/noticia/adjuntos/ndp\\_ae\\_jor\\_nadaestudiosociodemografico.pdf](https://autismo.org.es/prensa/noticia/adjuntos/ndp_ae_jor_nadaestudiosociodemografico.pdf)
- Fonseca, D., García-Holgado, A., García-Peñalvo, F. J., Jurado, E., Olivella, R., Amo, D., . . . Hofmann, C. (2021). CreaSTEAM. Hacia la mejora de brechas en diversidad mediante la recopilación de proyectos, buenas prácticas y espacios STEAM. *VI Congreso Internacional sobre aprendizaje, innovación y cooperación* (págs. 38-43). Madrid, España: CINAIC21. <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2021.0007>
- Gouaillier, D., Hugel, V., Blazevic, P., Kilner, C., Monceaux, J., Lafourcade, P., . . . Maixonnier, B. (2009). Mechatronic design of NAO humanoid. *International Conference on Robotics and Automation* (págs. 769-774). Kobe, Japan: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2009.5152516>
- Jurado, E., Fonseca, D., & Canaleta, X. (2019). Acompañamiento a profesores de Infantil para integrar la robótica en el aula: experiencia realizada en cuatro escuelas en Cataluña. *V Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación*. (págs. 385-390). Madrid, España: CINAIC19. <https://doi.org/10.26754/CINAIC.2019.0081>
- La Salle Distrito ARLEP. (2020). *NCA, Nuevo Contexto de Aprendizaje*. Madrid, España: La Salle ARLEP. <https://doi.org/ISBN 8472219359>
- Robins, B., Dautenhahn, K., & Dubowski, J. (2004a). Investigating autistic children's attitudes towards strangers with the theatrical robot - A new experimental paradigm in human-robot interaction studies. *13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (págs. 557-562). Kurashiki, Okayama Japan: IEEE Ro-Man 2004. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374821>
- Robins, B., Dautenhahn, K., Te Boekhorst, R., & Billard, A. (2004b). Robots as assistive technology - Does appearance matter? *13th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication* (págs. 277-282). Kurashiki, Okayama Japan: IEEE Ro-Man. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2004.1374773>
- Wood, L. J., Zarak, A., Robins, B., & Dautenhahn, K. (2021). Developing Kaspar: A Humanoid Robot for Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 13, 491-508. <https://doi.org/10.1007/s12369-019-00563-6>