

*Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Informática*

Grado en Ingeniería Informática

Curso 2022-2023

***DISEÑO DE UNA PLATAFORMA
ROBOTIZADA PARA AYUDAR A LOS NIÑOS
CON TEA A REGULAR SUS EMOCIONES Y
ENTENDER LAS DEL ENTORNO***

Autora: Lidia Hernández Calvo

Tutor: José San Martín López

Contenido

1.	Objetivos	5
2.	Motivación.....	6
3.	Estado del arte.....	7
3.1	Definición	7
3.2	Cronología	7
3.2.1	Antecedentes históricos.....	7
3.2.2	Edad Media	8
3.2.3	Renacimiento	9
3.2.4	Siglo XVII.....	10
3.2.5	Revolución Industrial.....	10
3.2.6	Siglo XX.....	11
3.2.7	Siglo XXI.....	13
3.3	Robots móviles	14
•	Interacción con el entorno gracias a sistemas sensores.....	14
•	Adaptación a circunstancias espaciales autónomas.....	14
•	Orientación a tareas.....	14
•	Navegación autónoma desde un origen hasta un destino eludiendo obstáculos y controlando el movimiento.....	14
3.3.1	Sistemas de automoción	15
3.4	Clasificación de la robótica	16
3.4.1	Según su cronología	16
3.4.2	Según su aplicación	17
3.5	Robótica pedagógica	18
3.5.1	Ozobot	20
3.5.3	MBot.....	23
3.6	Propuesta de juegos didácticos con robots	25
4.	Tendencias y consideraciones en la terapia del trastorno del espectro autismo asistida por robot	27
4.1	Introducción	27
4.2	Investigación del autismo asistida por robot y tratamiento	27
4.2.1	Diagnóstico	27

4.2.2	Interacciones autoiniciadas	27
4.2.3	Actividades de toma de turno	27
4.2.4	Imitación	28
4.2.5	Reconocimiento emocional	28
4.2.6	Atención conjunta	28
4.2.7	Interacciones triádicas.....	28
4.3	Diseño para el tratamiento y diagnóstico del autismo	29
4.3.1	No humanoide.....	29
4.4	Conclusiones del diseño.....	31
5.1	Recomendaciones de diseño de robots para interacción con niños TEA	32
5.1.1	El tamaño adecuado del robot ha de ser pequeño.	32
5.1.2	Los robots enfocados a terapias de diagnóstico deben focalizarse en edades tempranas.	34
5.1.3	Fomentar la proactividad.	35
5.1.4	Adaptar la forma del robot a la fase de la terapia.....	36
5.1.5	El robot debe ser el medio, pero no el fin.....	36
5.1.6	La imitación como mejora en sus habilidades comunicativas.	36
5.1.7	El entorno en terapia ha de ser fiel a su realidad.	36
5.1.8	Desarrollo en la atención conjunta.	37
5.1.9	Impulsar la toma de turnos.	38
5.1.10	Trabajar el reconocimiento de emociones.	38
6.	Caso de uso aplicando las directrices propuestas.....	40
6.1	Diseño.....	41
6.2	Componentes del diseño	42
	Definición del comportamiento del robot.....	55
6.2.6	¿Qué hace? ¿Cómo reacciona?	55
6.2.7	¿Por qué lo hace?.....	59
7.	Estudio económico, conclusiones y trabajos futuros	61
7.1	Estudio económico	61
7.1.1	Costes diseño hardware	61
7.1.2	Costes diseño software.....	62
7.2	Conclusiones	63

7.3 Trabajos futuros	65
8. Referencias	66
8.1 Bibliografía	66
8.2 Anexos	76

1. Objetivos

En este proyecto se quieren proponer una serie de directrices para el diseño de futuros robots enfocados en ayudar a los niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA). Además de incluir un diseño que aplique estas recomendaciones. El escenario que se va a indicar como objetivo es un entorno con bullicio, como es un centro de salud. A través de un canta juegos, debe seguir los pasos al ritmo de la música. El robot debe cumplir los siguientes objetivos:

- Portabilidad y tamaño adecuado.
- Adaptación a la fase de la terapia y al paciente.
- Fomentar la proactividad y comunicación.
- Resultados fuera de consulta.
- Impulso de la imitación como herramienta para la comunicación.
- Diseño intuitivo, atractivo y fácil de utilizar.

La fabricación de este diseño requeriría de una serie de componentes tales como: Arduino Uno, pantallas OLED, altavoces para reproducir el sonido; botones y LED para indicar si está apagado o encendido.

Se proponen como objetivo otros dos juegos para niños en las primeras etapas de primaria. En el primero, los alumnos guiarían al robot para clasificar los residuos en distintos contenedores. Aprenden a concienciarse sobre medio ambiente, cómo reciclar y desarrollan la orientación espacial. En el segundo, el tutor realiza una serie de preguntas donde el alumno indica la emoción que le provoca. Invita al autoconocimiento, el reconocimiento de las emociones, la comunicación y a tener una toma de contacto con los robots.

En conclusión, a través del estudio del impacto de la robótica en el TEA, se pretende que los futuros robots fomenten el bienestar de los pacientes y su diagnóstico temprano.

2. Motivación

La robótica educativa es un mercado que se está integrando en las aulas para lograr un aprendizaje innovador y efectivo en etapas tempranas. No solo se aplica en la educación, sino ayudando a niños con trastornos a mejorar su calidad de vida. Es, por ejemplo, en los niños con trastorno del espectro autista donde se encuentra una forma de ayuda competente. A partir de este punto, este proyecto ha querido aportar su grano de arena. Quiere apoyar la igualdad de oportunidades y visibilizar este trastorno.

Se ha realizado un estudio sobre qué patrones de diseño debe tener un robot enfocado al autismo. Es necesario dar a conocer las características de este y, a partir de ahí, cómo aplicarlo a un dispositivo. Se propone un modelo que engloba todas las directrices en un solo robot.

Personalmente, siempre he tenido la necesidad de contribuir a la sociedad. Comencé la carrera de psicología con el gran interés de ofrecer esta ayuda. Sin embargo, algo en mí despertó la pasión por la tecnología y es lo que me ha llevado hasta este Trabajo de Fin de Grado. A conocer el mundo de la robótica, ese que mi padre siempre me ha hablado con tanta pasión. Gracias a esta propuesta, por unir los dos aspectos que más me impulsan en mi vida a lo largo de estas páginas.

3. Estado del arte

3.1 Definición

La RAE [1] define el término robot como *Máquina o ingenio electrónico programable que es capaz de manipular objetos y realizar diversas operaciones*. Según informa [2], el Instituto de Robótica de América (RIA) estipula dicha palabra como *un manipulador multifuncional y programable, diseñado para desplazar materiales, componentes, herramientas o dispositivos especializados por medio de movimientos programados variables con el fin de realizar tareas diversas*. Podemos observar que no hay una definición universal; sin embargo y en términos generales, recogen tres características comunes: son dispositivos programables, analizan datos y son capaces de tomar decisiones.

También se extrae de [2] que su origen procede de la palabra checa *robota*, cuyo significado es *trabajo forzado*. Fue introducida por Karel Capek, autor y dramaturgo checoslovaco, con su obra de teatro R.U.R. (Rossum's Universal Robots) estrenada en Praga en 1921.

3.2 Cronología

Como podemos ver en [3], [4], [5], [6] el orden cronológico hasta lo que conocemos en la actualidad es el siguiente:

3.2.1 Antecedentes históricos

Desde el principio de la historia, se comienza a desear imitar el cuerpo del ser humano y, con ella, los primeros indicios de la robótica hasta lo que se conoce en la actualidad.

3.2.1.1 Egipcios

Con fines religiosos, los sacerdotes egipcios manipulaban figuras de madera con brazos mecánicos. Cabe destacar la representación del dios Osiris, que expulsaba fuego por los ojos gracias a un mecanismo manual. En la actualidad, se conservan los *Colosos de Memnón (Ilustración 1)*, estatuas con mandíbulas móviles a la entrada del templo del faraón Amenhotep III para mostrar su poder.



Ilustración 1. Colosos de Memnón

3.2.1.2 Griegos

Arquitas de Tarento (siglo IV a.C.) fue considerado el precursor occidental de la robótica. Simuló el vuelo de una paloma mediante un sistema de vapor de agua.

Los pájaros de Herón de Alejandría fueron descritos en el año 62 d.C. en su libro *Autómata*, primer libro de robótica de la historia. Consistía en una fuente de pájaros que volaban y bebían de la fuente sobre la que se posaban (*Ilustración 2*).

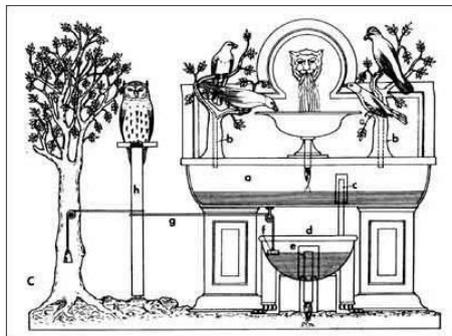


Ilustración 2. Pájaron de Herón

3.2.2 Edad Media

Los autómatas relevantes en esta época son "el hombre de hierro" de Alberto Magno (1204-1282) y "la cabeza parlante" del proto científico Roger Bacon (1220-1292).

Por otro lado, un libro de bocetos sobre un ángel antropomórfico fue dibujado por Villar D'Honnecourt (1200-1250).

El autómata más antiguo que se conserva en la actualidad pertenece a esta época. Es el conocido como *Gallo de Estrasburgo* (*Ilustración 3*) cuyo funcionamiento comenzó en 1352, en la catedral de Estrasburgo, hasta su fin en 1789.

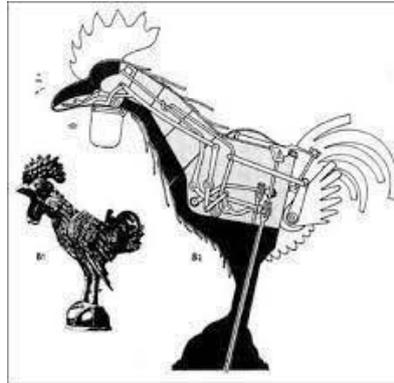


Ilustración 3. Gallo de Estrasburgo

3.2.3 Renacimiento

Leonardo da Vinci construye para el rey Luis XII de Francia el *León Mecánico* en 1515. Se abría el pecho mostrando el emblema de la monarquía francesa. En el año 1495, diseñó un autómatas humanoide completo (*Ilustración 4*): un caballero con armadura capaz de realizar ciertos movimientos, como el de cabeza.



Ilustración 4. Caballero con armadura

En España, Juanelo Turriano construye en el siglo XVI el *Hombre de Palo*. Era capaz de andar pidiendo limosna y hacer una reverencia.

3.2.4 Siglo XVII

Con el avance de la relojería, se obtienen autómatas mejorados. El gran relojero Jaques de Vaucason, los construyó para demostrar principios biológicos básicos como la respiración. Como ejemplo, en 1738 crea un flautista capaz de simular tocar dicho instrumento siguiendo con los ojos una partitura. Para simular la digestión completa, construyó un pato que graznaba y comía del público. Se formaba a partir de una gran cantidad de piezas móviles.

El mayor impulsor de nuevos autómatas es conocido como *El Turco* (1769). Consistía en un ajedrecista capaz de ganar partidas de ajedrez, presuntamente por sí mismo. Su funcionamiento, aunque es el autómata más conocido, era engañoso pues un operario lo manejaba desde dentro (*Ilustración 5*).

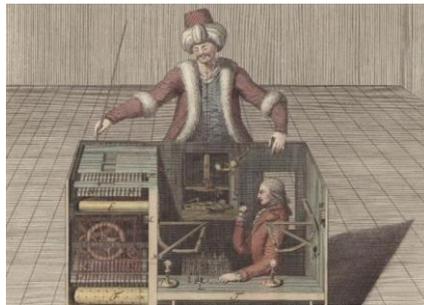


Ilustración 5. El turco

La familia suiza Droz crea un trío de muñecos mecánicos conocidos como *la pianista*, *el dibujante* y *el escritor* entre los años 1768 al 1774.

3.2.5 Revolución Industrial

En 1801, aparece el telar de Jacquard (*Ilustración 6*), por Joseph Marie Jacquard. Supone un gran paso para la robótica al conseguir, mediante tarjetas perforadas, tejer complejos patrones de tela de forma automática. A finales del mismo siglo, en 1898, Nikola Tesla crea lo que se considera el primer robot de la edad moderna. Presentó un barco teledirigido controlado por él desde el puesto de control.

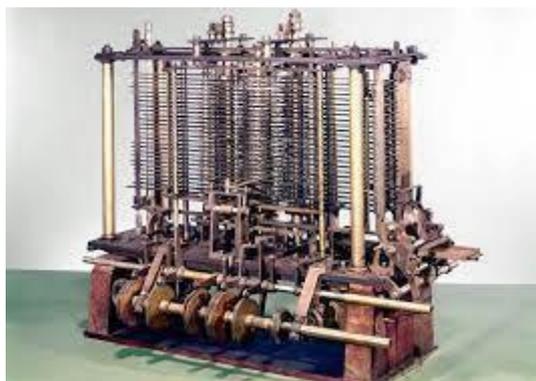


Ilustración 6. Telar de Jacquard

Todos los inventos que surgen en esta época contribuyen a la mejora de los procesos industriales.

3.2.6 Siglo XX

En 1942, Isaac Asimov, presenta por primera vez a la humanidad el término *robótica* y en su libro *I Robot*. En dicho libro se describen las siguientes leyes [7]:

1. *Un robot no debe dañar a un ser humano ni, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.*
2. *Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto si éstas entran en conflicto con la primera ley.*
3. *Un robot debe proteger su propia existencia, a menos que ésta entre en conflicto con las dos primeras leyes.*

El pionero en robótica británico William Grey Walter inventó los primeros robots "tortuga" (1948). Eran capaces de sortear obstáculos, reaccionar a la luz y al tacto y volver a una fuente de energía cuando se agotaba la batería. Poseían una circuitería muy simple.

En 1954 se patentó el primer robot industrial: Unimate. Primer robot cuya programación y manipulación es digital. Este invento corre a cargo de George Devol y Joseph Engelberger. El robot aportó seguridad a la industria del automóvil al realizar tareas peligrosas. Los mismos creadores también fundaron la famosa empresa Unimation.

Uno de los padres de la Inteligencia Artificial, Marvin Misky, creó el Brazo de Tentáculo en 1968. Estaba compuesto de 12 articulaciones accionadas mediante sistemas hidráulicos.

Victor Scheimann, ingeniero estadounidense, diseñó *Stanford Arm* (1969). Se trataba de un brazo robótico ligero, multiprogramable y versátil. Este fue posteriormente vendido a Unimation y adaptado para la industria, como la del automóvil.

En 1972, Shakey fue creado por Charles Rosen en el Centro de Inteligencia Artificial del Instituto de Investigación de Stanford. Este robot era capaz, por sí mismo, de analizar una orden y dividirla en partes básicas.

En Europa se desarrolló, en el año 1975, con tecnología de Intel el primer robot eléctrico en su totalidad. Este dispositivo también destaca por ser dirigido por un microprocesador. Recibió el nombre de ASEA IRB. Gracias a la aplicación de microprocesadores, se favorece la reducción del precio y tamaño de los robots del mercado.

La previamente mencionada Unimation, permite la aparición de un robot en las cadenas de montaje de General Motors Co. Se nombró PUMA. Fue usado posteriormente en investigación, gracias a las facilidades que ofrecía su lenguaje de programación (*VAL* y *VAL-II*).

1980 es considerado como el año de inicio de la "era robótica". La producción aumentó un 80% más en años posteriores encabezada por Japón; país con mayor impacto. Con los controles informáticos y los sensores, se encontraban robots cada vez más rápidos y precisos. En dicho año, Takeo Kanade construye el primer brazo robótico con accionamiento directo.

Entre los años 1986 y 1993, Honda comienza su programa de I+D para la búsqueda de robots humanoides que permitieran interactuar con los seres humanos. Su futura serie P permitió el desarrollo de ASIMO (*Ilustración 7*). Fue presentado por la compañía en el año 2000, con la intención de ofrecer ayuda a personas dependientes. Fue reconocido como el primer robot con forma humana con total autonomía. Información extraída de [8].



Ilustración 7. ASIMO

Sojourner (*Ilustración 8*) aterrizó en Marte en 1996, lanzado por la NASA. Se trataba de un robot de 6 ruedas y, aproximadamente, 11 kilogramos. Se controlaba desde La Tierra y era impulsado mediante energía solar. Además de sus tres cámaras y dos monocromas, fue equipado con un espectrómetro de rayos X Alpha Proton. Fue concebido para investigar el clima, geología y la composición de las rocas y el suelo. Sin embargo, los Rovers fueron la primera herramienta en la búsqueda de vida en otro planeta. En sus 83 días de duración, recorrió 100 metros en total enviando 550 fotografías.



Ilustración 8. Sojourner

A finales de siglo, Toshitada Doi fue la creadora de AIBO en 1999. Este robot con diseño de perro fue lanzado por la compañía Sony.

3.2.7 Siglo XXI

El robot aspirador Roomba se introdujo en los hogares por iRobot en 2002. Este consta de múltiples sensores que permiten detectar obstáculos y desniveles facilitando sus labores de limpieza.

En 2003, los Rovers de Marte Spirit y Opportunity aterrizan en lados opuestos de Marte, en búsqueda de vida. Ambos lograron tomar las primeras fotos a color del planeta y signos de una previa existencia de agua.

En 2005, Marc Raibert diseñó un robot humanoide cuadrúpedo acrobático: BigDog. Fue concebido para el ejército de los Estados Unidos.

Sophia (*Ilustración 9*) fue creada gracias a David Hanson. Se conoce como uno de los robots con forma humana más evolucionados. Posee inteligencia artificial, procesamiento de datos visuales y reconocimiento facial. Se adapta al comportamiento humano imitando nuestros gestos. Además, es posible mantener conversaciones básicas. Constituye el primer robot con ciudadanía, obtenida en 2017 por Arabia Saudita.



Ilustración 9. Sophia

Gracias a lo anteriormente analizado, conocemos los robots de hoy en día. Cada vez van ganando impacto en nuestra sociedad, aunque se espera un largo proceso.

3.3 Robots móviles

Podemos definir un robot móvil como: *Un vehículo de propulsión autónoma y movimiento (re) programado por medio de control automático para realizar una tarea específica* [9]. Se pueden desglosar sus características específicas extraídas de [10] en:

- Interacción con el entorno gracias a sistemas sensores.
- Adaptación a circunstancias espaciales autónomas.
- Orientación a tareas.
- Navegación autónoma desde un origen hasta un destino eludiendo obstáculos y controlando el movimiento.

3.3.1 Sistemas de automoción

Para desplazarse a través de superficies poseen ruedas, patas o cadenas. Para su diseño es importante considerar sus propiedades físicas, tales como el tamaño. También es necesario tener en cuenta su aplicación y la superficie de contacto. Se puede observar este subapartado en [6].

3.3.1.1 Principales sistemas de navegación mediante ruedas

Sistema de locomoción más empleado. Sus mecanismos son más simples y su construcción es más sencilla. Permiten transportar cargas mayores frente a los mecanismos de patas o cadenas.

- Diferencial

Sistema simple más conocido como "oruga". Consta de un sistema de engranajes y dos motores. Es capaz de realizar movimientos de 360°, trayectorias parabólicas y desplazamientos lentos. Como ventaja principal, destaca que su posición es independiente a su dirección. Por otro lado, sus mayores inconvenientes son el equilibrio y su necesidad de desplazarse por superficies homogéneas.

- Automóvil

Movimiento similar al de los coches, usando un motor de dirección y otro de tracción.

- Triciclo

Este sistema utiliza dos motores para el movimiento y la dirección. La ventaja que posee es que no hay deslizamiento. Su mayor inconveniente es la restricción no homónima; es decir, puede moverse hacia delante y hacia atrás pero no lateralmente.

- Omnidireccional

Sistema de alta tecnología. Cada extremidad permite el movimiento utilizando un motor. Como desventaja necesita de un alto nivel de integración de los sistemas. Presenta una total libertad en sus movimientos.

3.3.1.2 Locomoción articulada

Esta forma de desplazamiento presenta como dificultades el diseño de las patas, el número y la coordinación de estas. Se trata de un sistema más complejo; al tener

muchos grados de libertad. Además, la estabilidad supone un desafío. Por otro lado, como ventaja, permite el desplazamiento en multitud de terrenos.

3.4 Clasificación de la robótica

3.4.1 Según su cronología

La división más aceptada que sigue este criterio es la creada por el Centro de Aplicaciones Robóticas de Science Application Inc (1984). Se establecen cinco generaciones (*Ilustración 10*) que podemos observar en [11] y [12]:

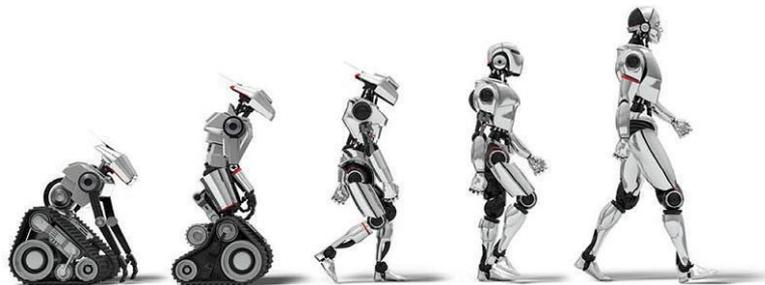


Ilustración 10. Las 5 generaciones por Michael Knasel

1ª generación: Manipuladores.

Se inicia a principios de los 50. Su mecanismo es el más simple. Mediante un software, son capaces de repetir una o varias tareas programadas. Además, no tienen percepción del entorno. Su control es de paradas fijas, pudiendo ser controlados por un humano. Su uso principal es en el ámbito industrial.

2ª generación: robots en aprendizaje

Comienzan en la década de los 80. Estos robots ya son capaces de percibir su entorno; poseen sensores especializados y sistemas de control de lazo cerrado. Sus sistemas de retroalimentación favorecen la verificación de que el resultado obtenido es el correcto. Tienen capacidad de aprendizaje, memorizando diferentes secuencias. Actualmente, se emplean principalmente en cadenas de montaje.

3ª generación: sensoriales

A principios de los 90, surgen robots con los sentidos del gusto y tacto. Esto permite analizar información del entorno y moverse por auto dirigida. Pueden realizar una mayor variedad de tareas.

4ª generación: visión artificial

Con el inicio del nuevo siglo XXI, aparecen robots capaces de procesar más información del entorno en tiempo real. Son dotados de un aprendizaje basado en la experiencia con métodos tales como las redes neuronales. Sus sistemas de navegación favorecen la libertad de movimiento.

5ª generación: inteligencia artificial

Estos últimos están siendo desarrollados para alcanzar la inteligencia del ser humano, lo que se conoce como singularidad.

3.4.2 Según su aplicación

Estas aplicaciones han sido extraídas de [11].

- Industrial
Son aquellos que aceleran los procesos industriales en cualquier punto de la cadena de producción. Realizan tareas de manipulación automática reiteradamente. Son reprogramables.
- Sector servicios
La función de estos es favorecer la ayuda al ser humano. Actúan en entornos no controlados con tareas no repetitivas. Podemos subdividir su aplicación en domésticos, investigación y exploración y rastreo de entornos.
- Militares
Como su nombre indica, son empleados en tareas militares. Abarcan desde robots de transporte hasta artificieros.
- Médicos
En cirugía, se precisa de robots de alta precisión para su uso en operaciones. Por otro lado, ayudan a personas dependientes o mejoran su calidad de vida mediante las prótesis inteligentes.
- Robots educativos
Favorecen las tareas didácticas mediante el juego, principalmente en las fases de la niñez y adolescencia. Ayudan en la mejora de habilidades cognitivas como, por ejemplo, la memoria, el razonamiento o la lectura. Este último punto será ampliado en el siguiente apartado.

3.5 Robótica pedagógica

La robótica pedagógica es una subdisciplina que permite aprender activamente. Favorece la integración de distintas áreas del conocimiento. Esta nueva forma de aprendizaje pone en práctica las competencias del alumnado. Su aplicación en las aulas ayuda a la alfabetización digital, tan relevante en este siglo XXI. Se puede ver en [15].

Se destacan seis áreas [22]:

- Uso en enseñanza primaria y secundaria
- Formación profesional
- Aplicación en personas con necesidades especiales
- Herramienta de laboratorio
- Mejora del desarrollo de procesos cognitivos y de representación
- Análisis y reflexiones sobre esta subdisciplina y sus aplicaciones

A continuación, se va a desarrollar principalmente su uso en las aulas.

Podemos observar en [14] que esta subdisciplina forma parte de la metodología STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics). Destaca la evolución del constructivismo de Piaget al construccionismo propio de Papert y Harel [15]. La teoría constructivista sostiene que los niños aprenden mediante sus experiencias e interacción con el entorno. La inteligencia se construye gracias a los desequilibrios (alteraciones del entorno) y equilibrios (compensación del sujeto ante la alteración) [19]. La mente experimenta cambios gracias a los principios de la organización, adaptación y equilibrio. Obtenido de [16]. El constructivismo comparte la idea de aprendizaje como *creación de estructuras de conocimiento*. Sin embargo, indica que es necesario que *la persona que aprende está conscientemente dedicada a construir una entidad pública, ya sea un castillo de arena en la playa o una teoría del universo* [18]. Es decir, en esta última entiende que el alumno tiene un papel principal en este proceso en vez de ser un simple beneficiario.

En 1968, el ya mencionado Papert, crea el lenguaje Logo como medio de aprendizaje. Se conoce como la *geometría de la tortuga*. Permite la recepción de instrucciones para que el animal aprenda nuevas palabras. Este tipo de aprendizaje requiere una actitud y formación del profesor que favorezca dicho proceso. Extraído de [20].

Según [17], las investigaciones apuntan a que la robótica tiene efectos positivos: mayor motivación, aumento del interés, trabajo en equipo, resolución de problemas y mejores habilidades sociales.

Podemos dividir la robótica educativa en varias fases [21]:

- ✓ Diseñar

Se elabora un modelo en base a la imitación o la imaginación gracias a la identificación de un problema.

✓ Construir

Se hace uso de distintos componentes para crear el robot, siempre siguiendo un orden. Puede ir desde los modelos más básicos hasta otros más avanzados.

✓ Programar

El alumno elabora una serie de instrucciones con el objetivo de la resolución del problema identificado. Se emplea un software para programar el comportamiento del robot

✓ Probar

Se comprueba si el robot cumple con los objetivos deseados.

✓ Documentar y compartir

Se realiza una documentación del proceso, bien sea a papel, un procesador de textos o mediante el uso de un software específico (por ejemplo, Lego Digital Designer). De esta forma, el alumno es capaz de compartir el proceso con su entorno.

En la actualidad, la tecnología más empleada es Lego seguido del software Scratch (*Ilustración 11*), extraído de [15]. En el futuro, los ensayos que indica [23] consideran que en las aulas habrá una convivencia entre los docentes y los robots.

Tecnología usada	Total
Lego	21
Software Scratch	13
Arduino	5
Bee-Bot	5
Software NXT-G	2
Handy Cricket	2
Gogo Board	2
Otros	40
No se especifica	15
Total	105

Ilustración 11. Comparativas tecnologías destacadas

3.5.1 Ozobot

Este mini robot autoprogramable [24] y [25] permite seguir las líneas trazadas por el usuario. Posee unos sensores que lee códigos de colores (azul, verde, rojo y negro) para variar su velocidad, movimiento y velocidad (*Ilustración 12*).



Ilustración 12. Ozobot

OzoBlockly es la programación mediante bloques que ofrece su aplicación mediante cualquier dispositivo. Cada bloque representa un comando para crear un programa que será ejecutado por el robot. En función del nivel de dificultad nos ofrecerá más instrucciones.

Es de pequeño tamaño en forma de esfera, lo que facilita su transporte y manejabilidad. Este robot de iniciación permite aprender de forma gradual.

3.5.1.1 Ozobot Bit vs Ozobot Evo

Dispositivo	Ozobot Bit	Ozobot Evo
Edad	Edad: 6 a 10 años	Edad: 8 a 14 años
Número de LEDs	1	7
App	No	iOS+ Android App
Tiempo de carga	30 min	45 a 60 min
Bluetooth	No	Sí

Altavoz	No	Sí
Sensores de proximidad	No	Sí
Actualización del firmware	No	Sí
Actualizaciones de App	No	Sí
Modo conductor	No	Sí
Ozochat	No	Sí
Ozojjs	No	Sí

Tabla 1. Diferencias entre Ozobot Bit y Ozobot Evo

Ozobot Evo aporta una experiencia mucho mayor que Ozobot Bit. La aplicación que ofrece el primero nos da muchas ideas sobre qué hacer con nuestro robot. Aunque ambos funcionan de forma similar, se ofrecen dos modelos según las necesidades del usuario. Podemos ver las diferencias en *Tabla 1*.

3.5.2 Edison

Este robot programable funciona con 4 pilas de 1.5V tipo AAA. Cuenta con 2 LEDs rojos ubicados a cada lado del dispositivo. En su parte superior se localizan 3 botones: inicio (triangular, comienza un programa cargado en Edison), parada (cuadrado, finaliza el programa ejecutado) y grabación (circular, graba un programa si presionamos una vez en un lenguaje o el código de barras si pulsamos tres veces).

Edison dispone de múltiples sensores y actuadores (*Ilustración 13*):

- Infrarrojos: sensor de líneas y detección de obstáculos.
- Sonoros: detecta, por ejemplo, el sonido de una palmada
- Luminosos: capaz de guiarse mediante la luz.
- Dos motores producen el giro de dos ejes. Podemos modificar las ruedas que vienen por defecto por otra construcción de LEGO de ejes.

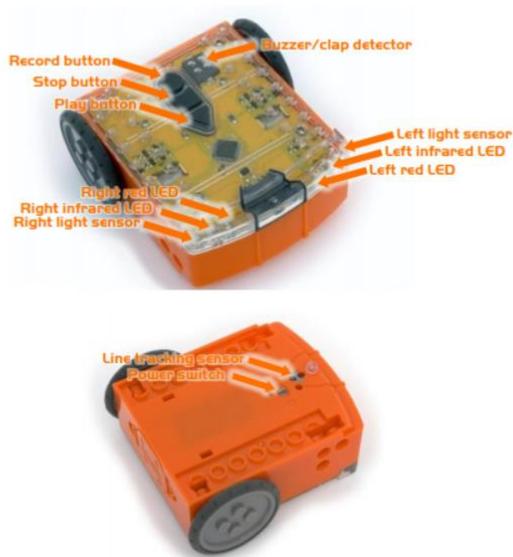


Ilustración 13. Componentes de Edison

Este robot asequible destaca por su edad recomendada, de 4 a 16 años. En función de este criterio, vamos a ver distintos usos.

A partir de los 4 años, los niños pueden escanear con el sensor de infrarrojos inferior códigos de barras para que comiencen a experimentar con el robot. Otra forma de usarlo, que funciona en un 75% de los casos, es usando un mando a distancia.

EdBlocks está indicado a partir de los 7 años. Se trata de un lenguaje sencillo y totalmente gráfico de programación horizontal mediante bloques.

A partir de los 10 años, se aconseja un lenguaje basado en Scratch: EdScratch. Se trata de un lenguaje por bloques vertical. Es híbrido: gráfico y textual.

Para los niños de 13 años, se recomienda EdPy, basado en Python. Este lenguaje de texto es para los más avanzados en programación.

Edison ofrece la posibilidad de usar la expansión EdCreate: un kit de 115 piezas Lego para realizar 5 proyectos distintos. Algunos de ellos pensados para utilizar dos Edison para crear un tanque, una excavadora, etc. También puede ser utilizado con otras piezas de LEGO.

Esta información se apoya de [26], [27] y [28].

3.5.3 MBot

Se trata de un robot ligero y programable mediante mBlock, software basado en Scratch 2.0. Facilita el aprendizaje en programación de forma intuitiva y gráfica. Este código mediante bloques se traduce en código fuente de Arduino. Además, es posible grabar en la placa el programa realizado (*Ilustración 14*).



Ilustración 14. MBot

El chasis de este robot es de aluminio, siendo resistente y compatible con otras piezas de Makeblock y LEGO. Consta de una placa mCore procedente de Arduino UNO. En ella, se encuentran 4 puertos RJ25 sobre los que conectaremos los componentes externos. Su zumbador le permite emitir sonidos. Incluye 2 LEDs RGB. Destaca la conexión directa de la placa a los motores de las ruedas, gracias a los puertos de motor (*Ilustración 15*).

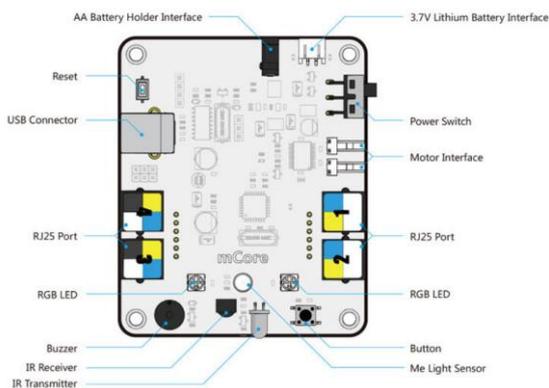


Ilustración 15. Componentes de mCore

MBot tiene diferentes sensores:

- Sensor de ultrasonidos: mide la distancia a la que se encuentra un obstáculo. Le permite detectar objetos desde los 3 cm a los 4m, en un ángulo de 30°.
- Sensor de luz: mide la intensidad de luz. Sus medidas son en un rango de 500 a 1000 en interiores; 100 a 500 para exteriores. Único sensor situado en la placa.
- Sensor sigue-líneas: consta de 2 detectores infrarrojos que permiten seguir líneas. En función de valor que devuelven los infrarrojos podemos conocer si están los dos detectores sobre la línea, se desplaza a la derecha, a la izquierda o completamente fuera de la línea. Devuelven un valor de 0, 1, 2 o 3, respectivamente (*Ilustración 16*).

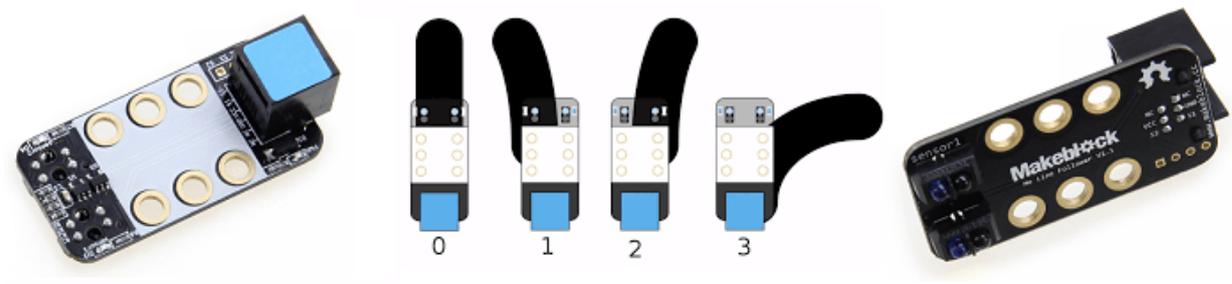


Ilustración 16. Infrarrojos de MBot

La conexión inalámbrica al ordenador es posible gracias al bluetooth o 2.4G, según el modelo.

Documentación basada en [29], [30], [31] Y [32].

3.6 Propuesta de juegos didácticos con robots

3.6.1 Descubriendo las emociones con Edison

Este juego pretende enseñar a los más pequeños las emociones para ser capaces de identificarlas en ellos mismos y en sus compañeros. A través de una serie de preguntas realizadas por el tutor, deben ser capaces de trasladar a Edison hasta la tarjeta que se identifique con dicha emoción. También, en una versión más desarrollada, podría servir para niños con TEA o en general con necesidades especiales.

Material:

- 1 robot Edison
- Mando de control remoto de TV o DVD
- Códigos de barras (*Anexo 6*)
- Batería de preguntas (*Anexo 5*)
- Tarjetas de las emociones (*Anexo 4*)

Objetivos:

- Reconocimiento de las emociones y sentimientos
- Aumentar la empatía
- Mejora de la comunicación
- Mejor autoconocimiento
- Primera toma de contacto con el robot desde las edades más tempranas gracias a los códigos de barras.

Reglas del juego:

1º Es necesario configurar Edison. Dejaremos que el alumno se encargue de dicha tarea para tener nociones del funcionamiento del robot. Se debe encender el dispositivo. Ahora procedemos a leer los códigos de barras. Para ello, se coloca Edison de frente al código de barras situándolo a la derecha de este, como indica la flecha. Pulsaremos el botón circular tres veces, percibiendo que el robot se desplaza sobre el código de barras. Con el mando procedemos a pulsar la tecla con la que queremos asociar dicho movimiento. Repetiremos este proceso hasta leer todos los códigos de barras.

2º Se coloca sobre una superficie plana las tarjetas de emociones debidamente separadas.

3º El tutor realiza las preguntas del juego y, en función de la emoción hacia donde conduce el alumno al robot, evalúa las respuestas.

Con este juego se ofrece total libertad a la hora de formular nuevas preguntas.

3.6.2 Aprender a reciclar con Ozobot

Este juego pretende concienciar a los alumnos sobre la importancia del reciclaje. A través del personaje de Wall-E, los alumnos tendrán que ser capaces de asociar los distintos residuos en el contenedor correspondiente.

Material:

- 1 Ozobot Evo.
- 4 rotuladores de colores: rojo, verde, azul y negro (kit de Color Code Markers propio de Ozobot Evo).
- Tarjetas que indican el residuo que va a ser clasificado (*Anexo 1*).
- Mapa para rellenar con los distintos caminos que puede tomar el Ozobot hasta llegar al contenedor adecuado. Material y soluciones en *Anexo 2* y *Anexo 3*, respectivamente.

Objetivos:

- Concienciación y respeto sobre el medio ambiente.
- Mejora de la orientación espacial.

Reglas del juego:

1º - Escoger la primera carta con los distintos residuos de la baraja.

2º - Encender el Ozobot. Colocarlo en el punto de partida (START).

3º - Cada vez que se encuentre cuatro casillas en blanco, rellenar con el código de color adecuado.

4º - Al llegar al contenedor, se comprueba en el solucionario si la respuesta es correcta. Se propone reforzar positivamente mediante premios, tales como pegatinas, cada cinco respuestas correctas. De esta forma, el alumno se esfuerza en obtener los mejores resultados mientras aprende a reciclar.

4. Tendencias y consideraciones en la terapia del trastorno del espectro autismo asistida por robot

4.1 Introducción

El trastorno del espectro autista (TEA) en niños se caracteriza por un bajo nivel de sociabilización, comunicación y disfunción en el juego. No son capaces de comprender las emociones de su entorno y consideran que sus acciones no repercuten en los demás. El autismo presenta un espectro muy amplio, por lo que algunos cuentan con ciertas habilidades comunicativas. Información expuesta en [33] y [34].

La hipótesis de este artículo es que la terapia convencional en niños con TEA no promueve ciertas conductas sociales que sí son posibles en aquellas donde se utilizan robots.

4.2 Investigación del autismo asistida por robot y tratamiento

4.2.1 Diagnóstico

- Promover un diagnóstico temprano previene dificultades de carácter funcional en la vida adulta [35].
- Se investiga el movimiento ocular. Los niños con este trastorno muestran focalizarse en la boca, evitando el contacto ocular.
- La experiencia en el comportamiento del paciente es clave para un buen diagnóstico por parte del terapeuta. El uso de robots puede permitir la detección más certera de forma precoz [36].

4.2.2 Interacciones autoiniciadas

- Las personas con TEA presentan dificultades para entablar una conversación, expresar sus necesidades o deseos [37].
- Los robots ayudan a que el niño sea proactivo. El terapeuta toma un papel pasivo. No hay muchas interacciones con el evaluador como sería normal.

4.2.3 Actividades de toma de turno

Es necesario acostumbrar a los niños a alternar la comunicación con otra persona respetando los tiempos de espera. Se han introducido robots para favorecer esta habilidad [38].

4.2.4 Imitación

- Se encuentran problemas en ver al otro como elemento social. Imitación permite una mayor consciencia de su entorno, mejora la coordinación mano-ojo y favorece habilidades comunicativas.
- Niños con TEA se comunican mejor con robots. Si el terapeuta participa en los movimientos que realiza el robot, se observa una mejor relación terapeuta-paciente [37].

4.2.5 Reconocimiento emocional

- Una problemática que se intenta tratar es la dificultad de comprender las expresiones fáciles de su entorno. Es demasiada información bastante compleja [39].
- Los robots que representan las expresiones faciales transmiten información de forma más sencilla. Mejoran la imitación y la interpretación del entorno. Si escenifican momentos de su vida con gestos permiten extrapolarlo en otras situaciones [37] y [40].

4.2.6 Atención conjunta

Habilidad para centrarse en cierto objeto o persona, crítico para el aprendizaje. Usado como medida de receptividad ante el robot [41].

4.2.7 Interacciones triádicas

- Interacción entre paciente, otra persona y robot. El robot debe ser una herramienta para mejorar la comunicación, pero no el fin. Se busca mejorar la relación con la otra persona [42].
- Mejoras en iniciativa propia y atención conjunta con este tipo de interacciones [43].

HUMANOIDES

1. Androide: similitud con humanos. Repetitivos y predecible.
Ventaja: más generalistas. Desventaja: menos atractivos.
2. Mascotas: forma humana más abstracta.
Ventaja: más atractivos. Desventaja: menos generalistas.
3. Mecánicos: humanoides.
Ventaja: generalistas. Desventaja: pérdida de atención del niño.
4. Animales: similares a mascotas.
Ventaja: buena interacción. Desventaja: pérdida de generalización.

NO HUMANOIDES

Ventaja: cumplen tareas específicas. Desventaja: no imitan a los humanos.

4.3 Diseño para el tratamiento y diagnóstico del autismo

4.3.1 No humanoide

Perfectos para actividades concretas. Los niños interactúan más con ellos al evitar formas humanas.

4.3.1.1 Bubblebot

Este dispositivo (*Ilustración 17*) es un ejemplo de un robot no humanoide creado por la USC (University of Southern California). Como su propio nombre indica, es un robot creado para lanzar pompas de jabón. Puede realizar la acción cuando el niño lo indica mediante botones o de forma independiente [93].



Ilustración 17. Bubblebot

Las ventajas de su uso demuestran [93]:

- Gran interacción con el robot por parte del paciente al evitar una forma humana.
- Se centra en su única actividad: fabricar burbujas a petición del usuario. Mayor adaptabilidad al objetivo deseado debido a su aspecto simple.
- Facilidad de uso, perfecto para terapias iniciales.
- Su abstracción favorece la concentración.
- Robots más asequibles

Entre sus desventajas destacan las siguientes:

- No se desarrolla la inteligencia emocional.
- Se centran en tareas muy concretas.
- Poca similitud con su entorno, lo que desemboca en menores resultados fuera de consulta.

4.3.2 Humanoide

Principal ventaja la generalización.

4.3.2.1 Kaspar

Robot humanoide (*Ilustración 18*) con aspecto de un niño creado por la UH (University of Hertfordshire). Posee múltiples sensores táctiles y movimientos faciales capaces de imitar las interacciones humanas. Se centra en el reconocimiento de emociones y las relaciones interpersonales. Se ha utilizado en múltiples ámbitos: hospitales, colegios y hogares [95].



Ilustración 18. Kaspar

Las principales ventajas de Kaspar son:

- Mayor similitud con su entorno debido a la forma humanoide. En consecuencia, mejores resultados fuera de consulta.
- Mejora en el reconocimiento de emociones.
- Utilizado para múltiples tareas: lavarse los dientes, cantar, saltar a la comba, etc.
- Ideal en terapias más avanzadas

Las principales desventajas son:

- Precio más elevado.

- Menor atracción por robots tan complejos y similares a formas humanas.
- Tamaño más grande, menor posibilidad de su portabilidad.

No hay consenso en el diseño ideal de un robot para niños con TEA. Cada uno tiene ventajas e inconvenientes.

4.4 Conclusiones del diseño

- Los robots ayudan al tratamiento del autismo
- No se demuestran habilidades fuera de la clínica. Las situaciones expuestas en terapia deben tener una alta similitud con su entorno.
- Mayor potencial: interacciones triádicas.
- Tamaño ideal: pequeño. Portable para ayudarle en sus relaciones con los otros. Para empezar tratamiento es mejor hacer uso de robots simples y abstractos. Más tarde, complejos y realistas. Proponen en un futuro que los robots puedan cambiar para aplicar las ventajas de ambos.

5. Directrices para el diseño de robots para niños con TEA

5.1 Recomendaciones de diseño de robots para interacción con niños TEA

A continuación, se proponen una serie de recomendaciones para el correcto diseño de un robot para los niños con TEA. Se ha demostrado que la terapia convencional obtiene menos resultados que aquella en la que se emplean robots [63].

5.1.1 El tamaño adecuado del robot ha de ser pequeño.

Al tratarse de una herramienta que pretende mejorar su calidad de vida, debe poder transportarlo a cualquier lugar. Así, puede hacer uso de él en el momento que lo necesite. Esto puede ayudar al paciente a comunicarse con su entorno, y viceversa. De esta forma, descartaremos aquellos robots de gran tamaño o con dificultades de portar [64].

- *BeeBot*

Este dispositivo (*Ilustración 19*) especializado en niños con TEA destaca por su pequeño tamaño (13cm x 10cm x 7cm). Su sencillo diseño está centrado en la portabilidad y facilidad de uso. Está dirigido a niños mayores de 3 años.



Ilustración 19. Beebot

El funcionamiento de este robot consiste en indicarle una serie de movimientos para que él los ejecute. Sus movimientos son de 15cm, con rotación de 90° y almacena un máximo de 40 instrucciones.

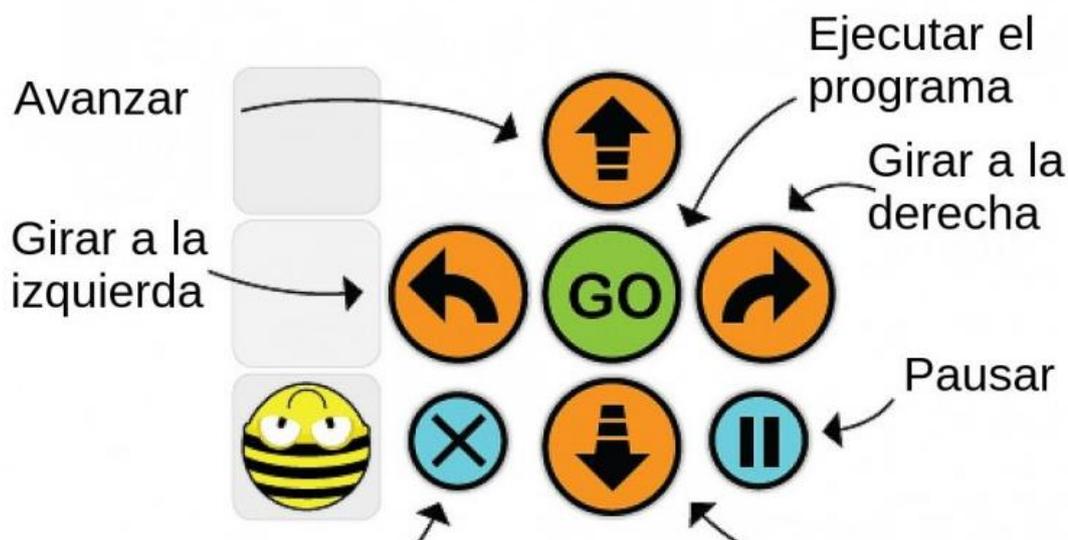


Ilustración 20. Instrucciones Beebot

En cuanto a sus características físicas (*Ilustración 20*), podemos destacar varios componentes. En su parte inferior, se sitúan 3 interruptores de apagado y encendido: del Beebot, del sensor de detección de otros robots y del sonido. Junto a estos, se encuentra un conector USB para cargar la batería. En la parte superior, se localizan los botones para las instrucciones de dirección: botones con flechas para las indicaciones del camino que va a tomar, botón de pausa para detener las instrucciones que está ejecutando; botón "Go" para realizar las acciones señaladas, botón de pausa y botón "X" que permite borrar todas las instrucciones [74].

Se obtienen mejoras en [73]:

- Lateralidad y orientación espacial. Indicar al dispositivo ciertas direcciones permite una mejora en la orientación espacial y adquisición de conocimientos entre la izquierda y la derecha.
- Razonamiento lógico. Las diferentes secuencias que el niño indica al robot aportan como beneficio el desarrollo en esta habilidad
- Habilidades sociales. Si varios niños se involucran en esta actividad, pueden aprender a trabajar en equipo, tomar decisiones en grupo y cooperar.

5.1.2 Los robots enfocados a terapias de diagnóstico deben focalizarse en edades tempranas.

Un diagnóstico precoz favorece la atención temprana de este trastorno. Los robots nos facilitan una detección más concisa a la terapia convencional [35].

Gracias a añadir ciertos sensores es posible actuar en etapas anteriores a la del habla [65]. En primer lugar, el de seguimiento ocular nos indica hacia donde se dirige la mirada del paciente. Los niños con TEA no contemplan el lenguaje no verbal, sino que se centran en el origen del sonido. Por ello, se fijan en la boca cuando alguien se comunica con ellos, en vez de en la mirada. Esta información es clave para conocer si sigue un patrón normal o tiene algún tipo de alteración en la comunicación. En segundo lugar, incluir sensores que estudian el movimiento monitorizando ciertas partes del cuerpo también son relevantes. Se conoce que este trastorno implica que el niño posea menor rango de movimiento que en uno neurotípico. Por esta misma razón y, por último, los sensores táctiles y de fuerza pueden ser de gran utilidad [66].

- *Nao*

Nao es un robot humanoide que nace en 2006 por la empresa Aldebaran Robotics. Posee una altura de 58 cm de alto y un peso de, aproximadamente, 5kg. Su procesador es Intel Atom 1,6Ghz / AMD Geode 550Mhz. Puede conectarse por Wifi y Ethernet. Además, tiene integrados: sensores táctiles, micrófonos, cámaras y una batería (*Ilustración 21*) [80].

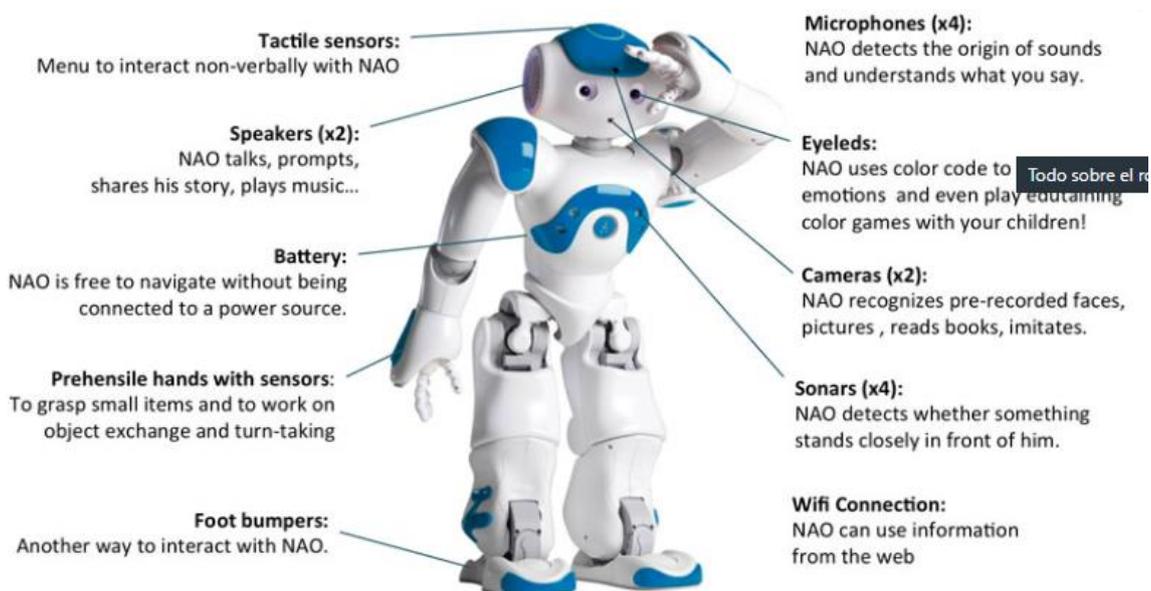


Ilustración 21. Características de Nao

Este dispositivo ha sido empleado por múltiples universidades e investigaciones en distintos campos. Se destaca, en particular, la investigación de la UNED. A través del diseño del cuestionario adaptado Q-CHAT-NAO, son capaces de detectar en fases tempranas el autismo [79].

5.1.3 Fomentar la proactividad.

Al añadir botones o la posibilidad de indicar ciertas acciones al robot, se promueve que el niño tome la iniciativa. De esta forma, aprenden a indicar qué necesitan o desean que el otro realice [67].

- *Kibo*

Kibo es un robot programable enfocado para los niños de 4 a 7 años. Posee un tamaño de 35.6x22.9x15.2cm [78]. Debido a su simplicidad, también pueden beneficiarse de él aquellos con TEA (*Ilustración 22*).



Ilustración 22. Kibo

En función del modelo de Kibo elegido, cuenta con:

- 2 o 3 motores
- 2 ruedas
- Una bombilla
- Distintos bloques de programación
- Sensores de luz, sonido o distancia
- Grabadora de sonido

Los alumnos son capaces de dictaminar, a través de bloques de madera, una secuencia que ejecutará el robot. Cada bloque, indica con colores y letras la

acción que realiza. Kibo reconocerá la secuencia mediante su escáner de código de barras. Los niños son capaces de ser proactivos indicando su recorrido y conociendo la causa-efecto de sus acciones [76] y [77].

5.1.4 Adaptar la forma del robot a la fase de la terapia.

Es necesario tener en cuenta la adaptación del niño con TEA al uso de estos dispositivos. Si se encuentran en fase de adaptación, la mejor opción son los robots simples. Estos son más abstractos, alejándose de una forma humana. Ejemplo de este, es el robot Beebot (anteriormente mencionado en 5.1.1) Se consigue no abrumarlo con demasiada información. En fases más avanzadas, podemos usar aquellos más complejos. La ventaja principal de estos últimos será asemejarlos a la realidad [40]. Como ejemplo de robot en estas fases, se encuentra Milo (véase 5.1.10).

5.1.5 El robot debe ser el medio, pero no el fin.

Las terapias con robots son más eficaces cuando el objetivo es mejorar la comunicación entre el paciente y otra persona de su entorno, como su terapeuta. Hacemos uso del robot como instrumento de mejora en ciertas habilidades comunicativas y sociales. Si nos centramos en mejorar la interacción con el robot, después es más difícil aplicar lo tratado en clínica [42]. Como ejemplo de esta directriz, se tienen en cuenta Nao (5.1.2). Se ha demostrado que el uso de este dispositivo por terapeutas, a través de juegos controlados, pueden ayudar a mejorar ciertas habilidades sociales. [81]

5.1.6 La imitación como mejora en sus habilidades comunicativas.

Los niños con TEA no son conscientes de que sus acciones no son aisladas, sino que tienen consecuencias en el mundo que les rodea. La imitación les conciencia sobre esto. Además, imitar a robots les resulta una tarea más sencilla que a otro ser humano. Este es el primer paso para impulsarles como seres sociales [68]. A través de Nao (5.1.2), el paciente es capaz de reconocer ciertas expresiones faciales e imitarlas [82].

5.1.7 El entorno en terapia ha de ser fiel a su realidad.

Los avances fuera del entorno de terapia son insignificantes. Es relevante simular situaciones de la realidad donde el paciente haga uso del robot. Cuanto más se

trabajen escenarios de su día a día, mayores resultados obtendremos [69]. Robots sociales, como Nao (5.1.2) y Milo (5.1.10), son diseños que ayudan a los niños a relacionarse con su entorno simulando interacciones comunicativas.

5.1.8 Desarrollo en la atención conjunta.

La atención conjunta consiste en centrar la atención en un objeto, persona o acción. La consecuencia de promover esta conducta favorece el desarrollo de otro tipo de habilidades sociales. Para ello, debemos trabajar el cambio del foco de atención, seguimiento de objetos y el mantenimiento de la atención. Es más fácil detectar el desempeño de esta habilidad y reforzarla mediante el uso de robots [70].

- Cozmo

Cozmo es un robot con forma de excavadora recomendado para niños a partir de 8 años. Tiene altura que le permite ser portátil, de 6,3 cm (*Ilustración 23*).



Ilustración 23. Robot Cozmo

En cuanto a sus especificaciones cabe destacar [84], [85] y [86]:

- Cámara con reconocimiento facial.
- Micrófono.
- Pantalla OLED.
- Cuatro ruedas para facilitar su movimiento.
- Brazos móviles para manejar cubos.
- Batería con hasta dos horas de uso.

- App y wifi requeridos para su funcionamiento.
- Sensores de detección del entorno

Este robot permite mantener la atención del infante gracias a su multitud de juegos. Se destacan algunos como un juego de memoria (recordar la secuencia de cubos y repetirla) o uno de rapidez (tocar los cubos antes que el dispositivo) [83].

5.1.9 Impulsar la toma de turnos.

En este tipo de pacientes, existe la imposibilidad de mantener una conversación fluida. Mediante robots, el niño es capaz de aprender a esperar una respuesta del dispositivo tras una acción realizada [67]. Kibo (5.1.3) es un dispositivo que impulsa la toma de turnos. El paciente debe esperar a que el robot realice una secuencia para poder indicarle la siguiente. Del mismo modo, los distintos juegos de Cozmo (5.1.8) favorecen esta habilidad.

5.1.10 Trabajar el reconocimiento de emociones.

La elevada información de las expresiones faciales dificulta que los niños con TEA reconozcan el sentido del mensaje del otro [71]. Los robots pueden ayudar a mostrar dichas emociones con menor información, evitando la sobrecarga. Esto les permite saber qué es lo que pretende transmitirle su entorno y cómo pueden comunicarle a los demás sus emociones [72].

- Milo

Este robot humanoide ha sido creado por Acapella Group, alcanzando una altura de medio metro de alto. Su edad recomendada de uso es entre los 5 y 14 años.

Contiene sensores de distancia y táctiles, una cámara, una pantalla LCD y un micrófono. Su amplitud de movimientos corporales y faciales y aspecto y voz infantil familiarizan al niño como otro igual (*Ilustración 24*).

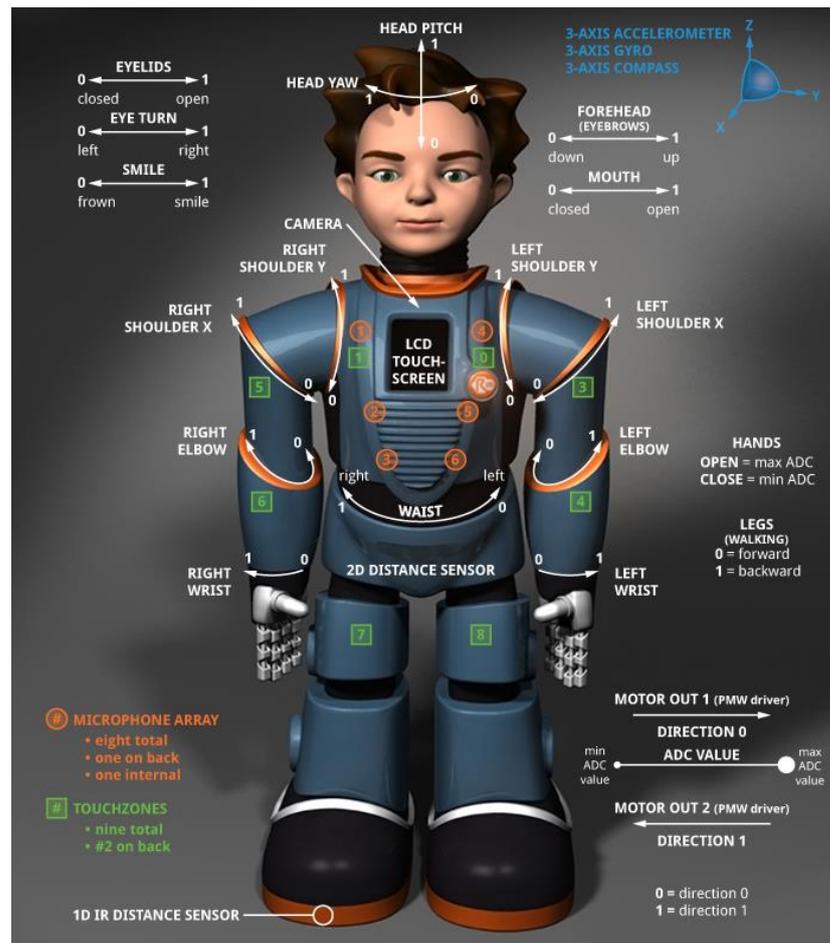


Ilustración 24. Milo

El beneficio principal que se adquiere tras su uso es la inteligencia emocional, muestra emociones y habilidades sociales [75].

Se puede concluir, que cada vez hay más robots enfocados a mejorar el diagnóstico y la calidad de vida de los niños con TEA. Sin embargo, no se ha desarrollado todavía un robot que englobe todas estas directrices en un solo aparato. Es necesario impulsar el diseño de nuevos dispositivos que consideren todas las directrices aquí propuestas. En apartados sucesivos se propone un robot que sí las respete.

6. Caso de uso aplicando las directrices propuestas

Durante este apartado se va a tratar el *Anexo 3*. Se ha utilizado la técnica de *storytelling* para escenificar un caso de uso del robot propuesto. Por medio de una historia se observa cómo el robot es capaz de ayudar en una situación de estrés del niño: un centro de salud muy concurrido. Esto cumple la directriz 5.1.5, utilizándolo en lugares cotidianos como instrumento de trabajo. Circunstancias como estas, pueden derivar en una crisis para los infantes con TEA. Por ello, se sugiere que el paciente utilice como canta juegos este dispositivo. Podrá imitar los gestos de este al ritmo de la música, abstrayéndose de la realidad. Una vez finalizada la actividad se le preguntará al paciente cómo se ha sentido, mostrándolo por la pantalla de este. De esta forma, se desarrolla la inteligencia emocional y la expresión de las emociones.

Para el diseño de este *storytelling*, se ha usado la aplicación 'Canva'. Esta herramienta de diseño gratuita cuenta con plantillas que se adaptan al formato de *storytelling* deseado. Se ha buscado la más adecuada para la elaboración. Se añade, en la sección de elementos, todos los componentes que conforman las escenas: personajes, ambientación de la escena y bocadillos para los diálogos. Además, se ha añadido texto para los diálogos y en la descripción inferior de cada escena. Por último, se ha guardado en formato png.

6.1 Diseño

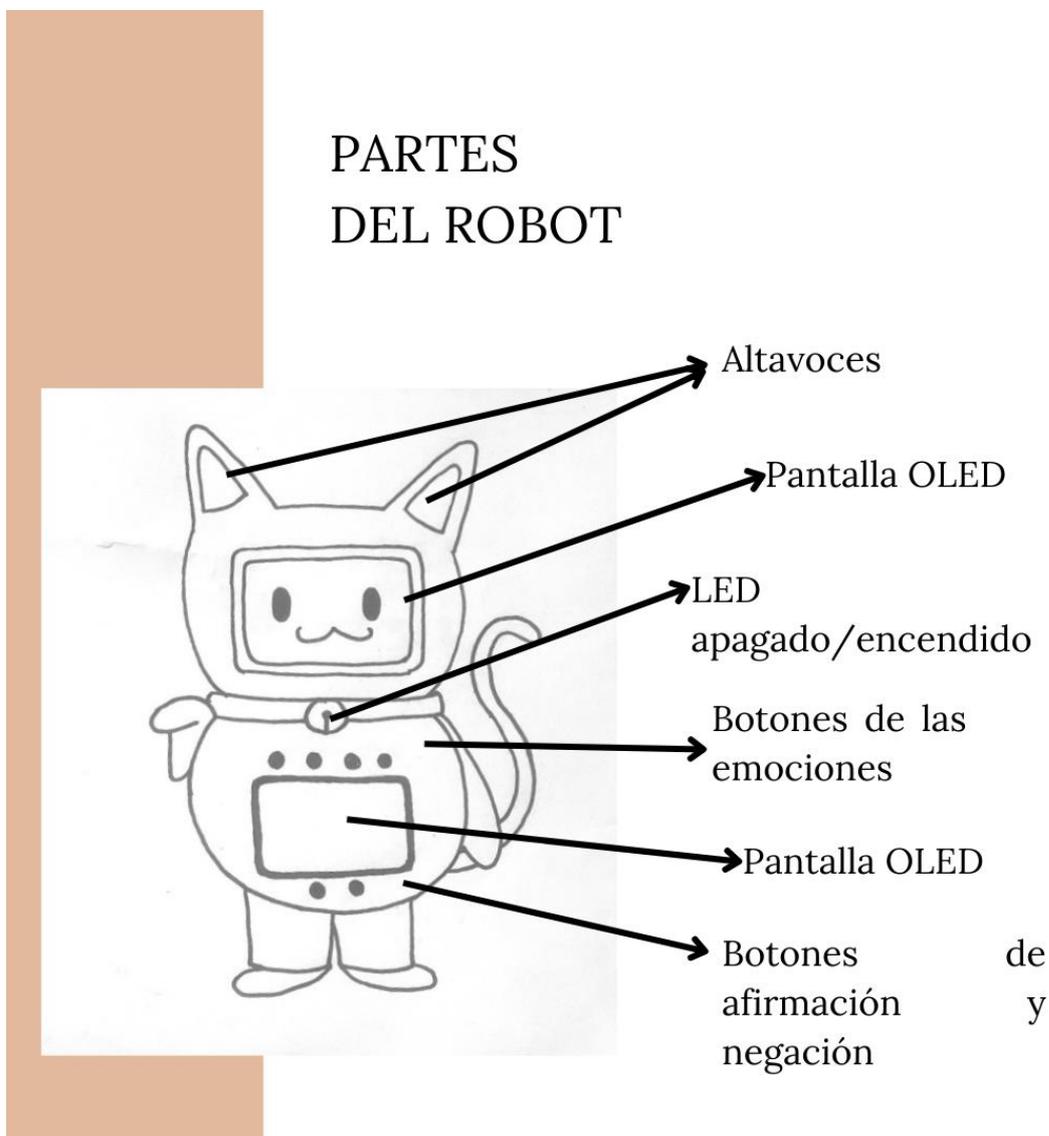


Ilustración 25. Partes diseño del robot propuesto

Este diseño (*Ilustración 25*. Diseño realizado con Canva), con forma de animal, aporta familiaridad al niño. De esta forma, favorece la interacción con el mismo. Tiene un diseño pequeño (5.1.1), favoreciendo su portabilidad. Se puede transportar con facilidad, tal y como se explica en el caso de uso de este diseño. Además de las partes aquí descritas, incorpora una batería y un Arduino UNO. A lo largo de los siguientes apartados se realiza una descripción de sus componentes y la aplicación de las directrices propuestas.

6.2 Componentes del diseño

6.2.1 Microcontroladores

6.2.1.1 ¿Qué es un microcontrolador?

Un microcontrolador se trata de un circuito integrado programable que es capaz de realizar diversas tareas.

Se compone de tres elementos principales: unidad central de procesamiento (CPU), memoria y periféricos de entrada/salida. Según [44] y [45]

- Unidad Central de Procesamiento (CPU): elemento principal. Conocido como microprocesador. Es el responsable de ejecutar instrucciones almacenadas en la memoria.
- Memoria: componente que almacena tanto el código como los datos necesarios para ejecutarlo. Se diferencian dos tipos de memoria: RAM y ROM. En primer lugar, la memoria RAM es una memoria volátil donde se almacenan datos. Pierde la información tras desconectarse de la fuente de alimentación. Tienen capacidad de lectura y escritura. Las principales RAM que usan los microcontroladores son: SRAM y la EEPROM. En segundo lugar, la memoria ROM es una memoria no volátil, por tanto, es donde se almacena el código del programa. Es de lectura exclusivamente. Las ROM más utilizadas son: ROM, EPROM, EEPROM, OTP, FLASH.
- Periféricos de entrada/salida: forma en la que el microprocesador se conecta con el exterior. Los periféricos de entrada permiten ingresar información al microcontrolador; los de salida comunican datos hacia el exterior.

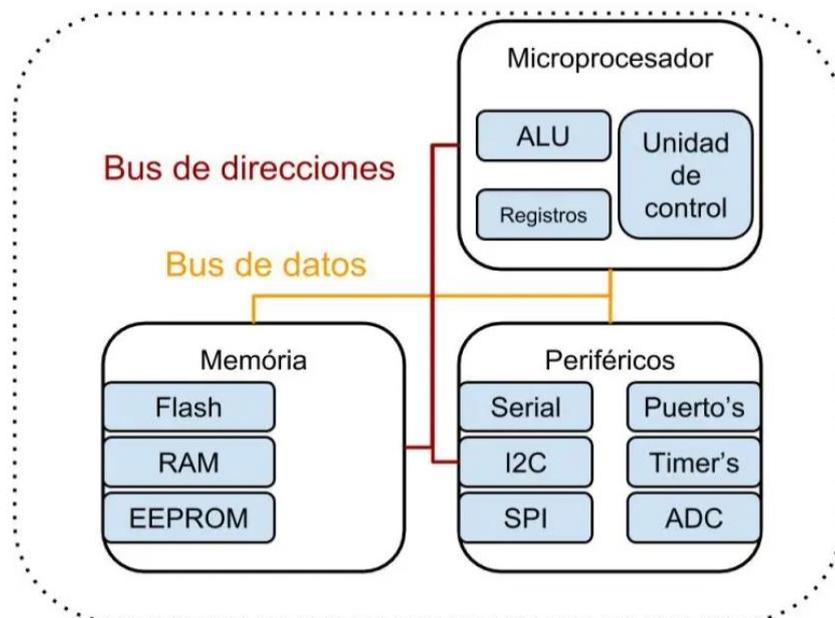


Ilustración 26. Esquema funcionamiento microcontrolador

En la *Ilustración 26* se muestra el funcionamiento general de un microcontrolador.

6.2.1.2 Arduino

Arduino se trata de una plataforma electrónica cuyo hardware y software son libres, gratuitos y accesibles. Gracias a esto, tiene una comunidad amplia de usuarios que cooperan en su evolución [46] [47].

Surge en 2003 en el Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea, Italia. Aparece como alternativa a las placas BASIC Stamp, cuyo precio era más elevado. Ha sido pensada para usuarios con conocimientos básicos de electrónica y programación de forma que *aprendan haciendo* [46] [47].

La placa de Arduino se compone de un microcontrolador ATMELE. Esta se conecta al entorno de desarrollo Arduino IDE, instalado en nuestro ordenador, por medio de un cable USB. El código que el usuario desarrolla en el IDE se ejecuta en el microcontrolador, que se comunica con los periféricos. Se programan mediante un lenguaje de alto nivel propio de Arduino, semejante a C/C++ [46] [47].

6.2.1.2.1 Partes de la placa de Arduino

Se describen a continuación las partes del modelo Arduino UNO [46] [47].

- 1 y 2. Puerto USB y conector de alimentación: principales fuentes de alimentación. La primera se conecta al ordenador. Se emplea para cargar el código en el microcontrolador y obtener información desde la placa.
3. Regulador de voltaje. Controla que la cantidad de tensión conectada a la placa es inferior a 20V.
4. Pines. Permiten la conexión por cable con distintas funciones. Entre los que se encuentran:
 - GND: conexión a tierra.
 - 3.3V y 5V. Clavijas que suministran 3.3 y 5 voltios de energía, respectivamente.
 - Reset. Reinicio de la placa.
 - VIN. Permite enlazar una fuente de alimentación externa entre los rangos de 6 a 12V.
5. Pines analógicos. Están enumerados del A0 al A5. Transforman señales analógicas en digitales para su posterior lectura.
6. Microcontrolador ATmega328. Circuito integrado con arquitectura Harvard: memorias de instrucciones y datos diferenciadas, permitiendo su acceso de forma simultánea.
7. ICSP (In-Circuit Serial Programming). Facilita grabar el programa desde el ordenador al microcontrolador directamente mediante este puerto.
8. Indicador LED de alimentación. Indica si Arduino está conectado a una fuente de alimentación.
9. LEDs TX RX. Señalan que la placa está recibiendo (RX) o transmitiendo datos (TX).
- 10 y 11. Pines digitales. Operan con señales digitales y pueden ser configurados para leer o escribir datos. Enumerados del 0 al 13. Aquellos que van acompañados del símbolo "~" pueden ser usados como PWM (modulación por anchos de pulso).
12. Chip de Arduino. Permite su identificación de forma única.
13. Botón RESET. Conecta la placa a tierra, reiniciando el código que contiene Arduino.

6.2.1.2.2 Modelos de Arduino

- Arduino UNO (*Ilustración 27*). Anteriormente desglosado por partes, es el modelo más popular. Posee un microcontrolador AVR de 8 bits: el ATmega328P. Se conecta por USB gracias al chip ATmega16U2, permitiendo su comunicación y programación. Su memoria flash tiene un almacenamiento de 32kb, la EEPROM posee 1kB y la SRAM 2kB [48] [49].

Debido a su facilidad de uso, su gran aplicación en la comunidad de Arduino y su gran compatibilidad se selecciona esta placa para el diseño de nuestro proyecto.

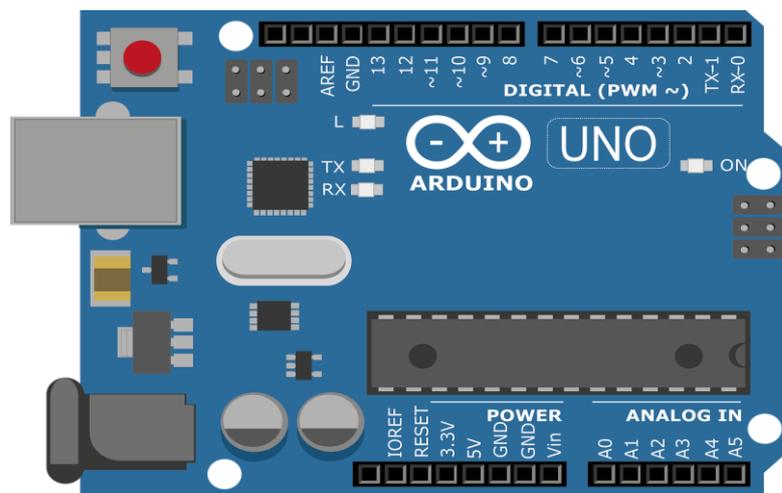


Ilustración 27. Arduino UNO

- Arduino Mega (*Ilustración 28*). Su microcontrolador es el ATmega2560. A diferencia del anterior, tiene 54 pines digitales de entrada y salida. De ellos, 15 pueden actuar como PWM. También tiene 16 entradas analógicas y conexión vía USB. El almacenamiento de su memoria flash es de 256 KB, la EEPROM de 4 KB y la SRAM de 8 KB. El precio respecto al modelo anterior es más elevado [49].

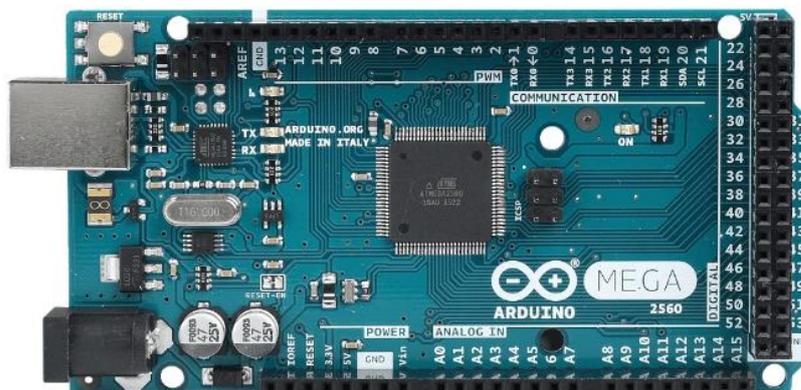


Ilustración 28. Arduino Mega

- Arduino Nano (Ilustración 29). Características muy similares a Arduino Uno a menor escala.

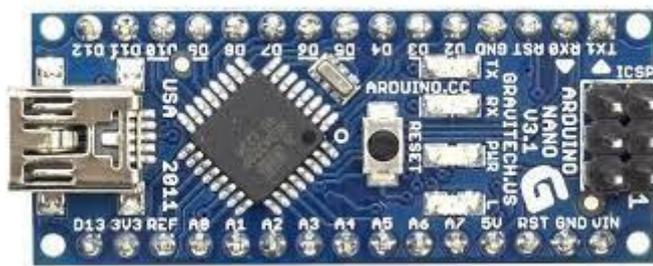


Ilustración 29. Arduino Nano

- Arduino Leonardo (Ilustración 30). Su microcontrolador es el ATmega32U4, 20 pines digitales de entrada y salida (7 de ellos pueden usarse como PWM), 12 pines de entrada analógicos, memoria flash de 32 KB SRAM de 2,5KB y EEPROM DE 1 KB y conexión micro USB. Su USB integrado lo distingue del resto de modelos cuando se conecta a un ordenador, comportándose como un ratón o teclado [52].



Ilustración 30. Arduino Leonardo

- Arduino Yun (Ilustración 31). Consta de un microcontrolador ATmega 32U4, 20 pines digitales de entrada y salida (7 de ellos pueden usarse como PWM), permite utilizar una micro-SD y tres botones de reset. Permite la conexión por Wi-Fi y Ethernet, pudiendo conectarse entre dispositivos [49] [50].

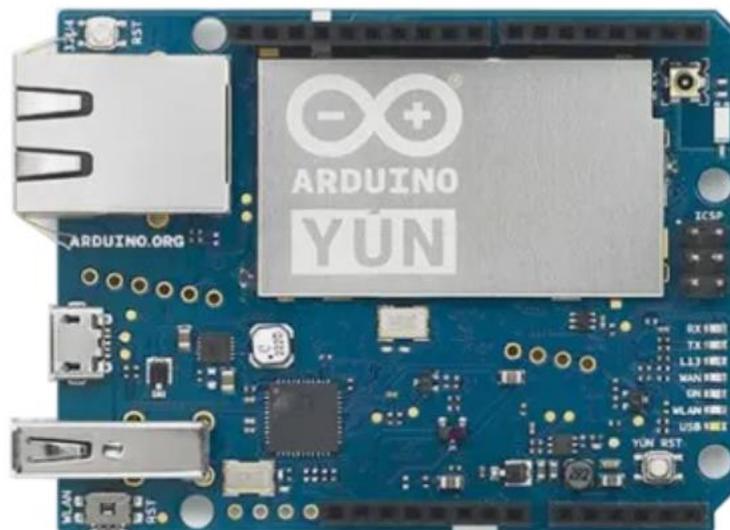


Ilustración 31. Arduino Yun

6.2.1.2.3 Arduino IDE

El software de Arduino (Integrated Development Environment) se comunica con nuestra placa cargando sus programas, los cuales reciben el nombre de "sketches". Escribimos en su editor de texto el código deseado. Los archivos generados contienen la extensión .ino. El fichero principal debe coincidir con el nombre de la carpeta donde se almacena [57]. La consola del entorno nos muestra información o errores respecto al código. Gracias a su barra de herramientas, podemos crear nuevos programas, abrir los existentes, guardarlos, compilar el código, etc. Información extraída de [53].

Es posible importar librerías ya existentes o elaborar librerías propias. En su biblioteca podemos encontrar librerías para comunicación, tratamiento de datos, sensores, entrada/salida de señal, etc. [55]. Para añadirlas, se debe agregar al comienzo de nuestro sketch `#include<>`.

- CONFIGURACIÓN ARDUINO IDE

La última versión del entorno de programación se descarga desde la página oficial: <https://www.arduino.cc/en/software>. Es compatible tanto con Windows, Linux y macOS [54].

Al conectar nuestra placa al ordenador, podemos empezar a configurar nuestro IDE. Para abrir un programa en el entorno, es necesario seleccionar el modelo de la placa con el que se está trabajando. Esto es posible en Herramientas > Placa. Además, seleccionamos el puerto conectado.

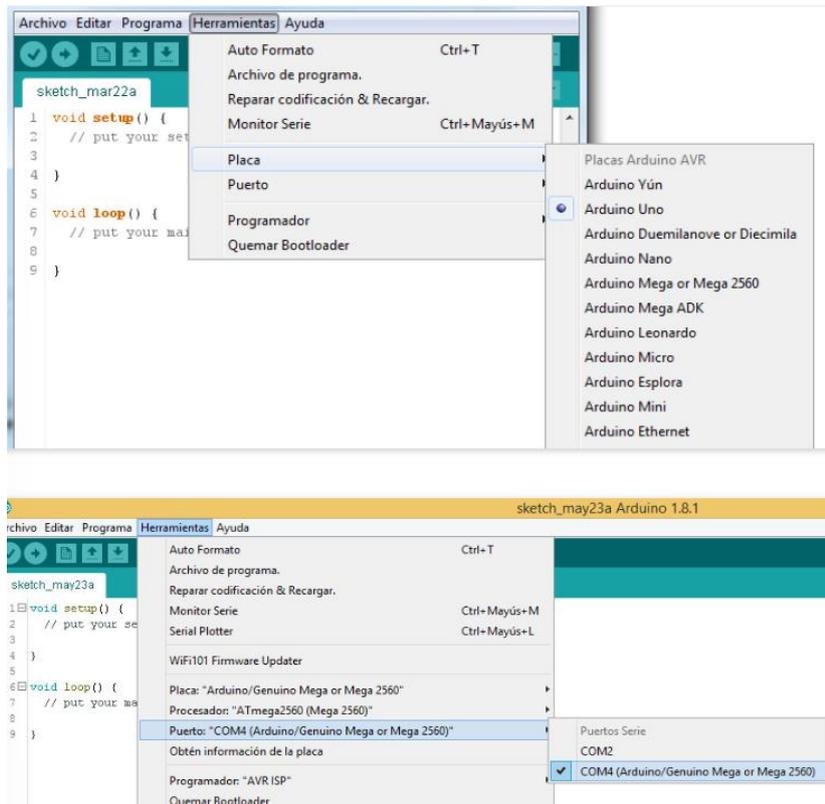


Ilustración 32. Selección puerto en IDE

Si es la primera vez que se conecta Arduino, se pueden verificar los puertos COM y LPT en el apartado indicado en Administrador de dispositivos (*Ilustración 32 e Ilustración 33*).

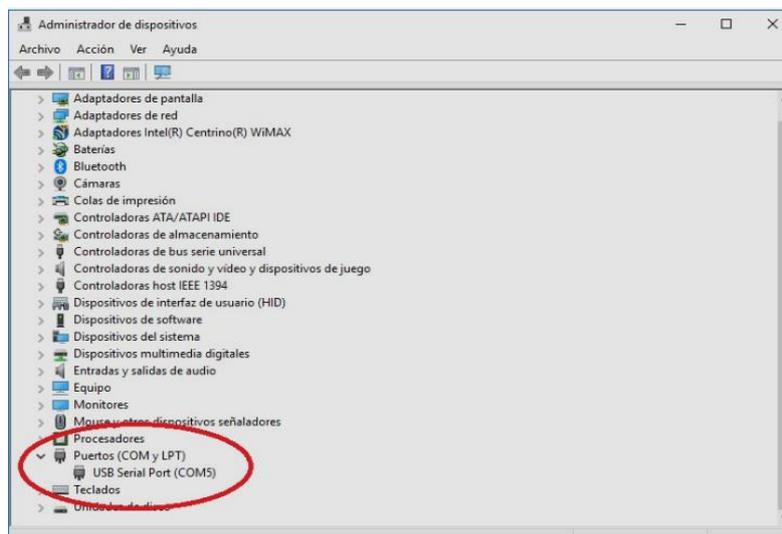


Ilustración 33. Verificación puerto

En el editor de texto, se escribe el sketch deseado. Debemos verificar nuestro código comprobando si no hay errores sintácticos (*Ilustración 34*). Para ello, pulsamos el botón de

compilar de la barra de herramientas con este aspecto: Una vez compilado, nuestro código ha sido transformado de código fuente a código objeto.



Ilustración 34. Verificación

Si hay errores se muestran en la ventana de mensajes, especificando la línea. Una vez solventados dichos errores, se puede enviar nuestro programa a la placa pulsando el botón (*Ilustración 35*). Ahora nuestro código objeto se ha traducido en código máquina, legible por el microcontrolador de Arduino. [15] Si se ha realizado correctamente, el LED parpadeará.



Ilustración 35. Envío de código a la placa

En cuanto a la sintaxis, se compone de dos funciones: void setup() y void loop(). La primera solo se ejecuta cuando se enciende o reinicia la placa de Arduino, inicializando los componentes y la salida del puerto serie. Debe aparecer como primera función. La segunda, se ejecuta continuamente hasta apagar la placa. Se trata del programa principal del sketch [56][58].

6.2.2 Pantalla

Para permitir la imitación de los pasos a seguir al ritmo de la música, se mostrará por pantalla el dibujo explicativo del movimiento que se debe realizar. Esto sigue la recomendación 3.1.6 anteriormente propuesta. La reproducción de la acción teniendo consciencia de su cuerpo, le permite desarrollar habilidades sociales y comunicativas [62]. Además, se cumple la directriz 3.1.8, reforzando la atención conjunta. El seguimiento de los movimientos, fuerza al niño a prestar atención a la pantalla. La 3.1.9 la podemos observar en la espera de un nuevo gesto, ayudando a mantener fluidez en futuras conversaciones.

6.2.2.1 OLED 128X64

Integraremos en nuestro diseño una pantalla OLED (Organic Light-Emitting Diode). Al contrario que las pantallas convencionales LCD, se iluminan por sí mismas y cada píxel por separado; es decir, no necesitan una fuente de iluminación externa. Se ha escogido una pantalla de 0,96", mejorando la visibilidad. Está formada por 1024 bytes, dividiéndose en 8 páginas y, en cada una de ellas, 128 segmentos.

Las pantallas OLED tienen como ventaja una mayor visibilidad y un consumo inferior de la batería frente a las LCD.

Para hacer uso de dicha pantalla con Arduino, necesitamos el controlador SSD1306. Transfiere la información de Arduino comunicándola a la pantalla. En cuanto a la alimentación, el controlador necesita una tensión de 1,65V a 3,3V; mientras que la pantalla de 7V a 15V. Para aumentar la tensión de la fuente de alimentación, se hace uso de dobladores de tensión. En cuanto a las librerías, son necesarias Adafruit_SSD1306 y Adafruit_GFX. La primera, interviene a bajo nivel; la segunda, aporta funciones y sintaxis para el manejo de este tipo de pantallas [59].

6.2.3 *Sonido*

Para seguir la directriz 3.1.6, el robot reproduce música. Esto favorece que, al ritmo de la música, sea posible la imitación de los pasos de baile que ve por pantalla.

6.2.3.1 *DFPlayer mini*

Para reproducir la música deseada, guardada en la tarjeta SD, se añadirá el módulo DFPlayer mini. Se ha seleccionado debido a su bajo coste y que admite música en los formatos MP3, WAV y WMA. Incorpora una tarjeta SD de 32GB y requiere una alimentación entre 3,3V y 5V. La fuente de alimentación puede ser el propio microcontrolador. Se establecen 30 niveles de control de volumen, 6 de ecualización y alcanza los 85 dB [61].

Para conectar el altavoz a Arduino, es necesario (*Ilustración 36*) [60]:

- Unir el pin VCC de DFPlayer al pin de 5V de Arduino.
- Enlazar el pin GND de DFPlayer con Arduino.
- Conectar el pin TX de DFPlayer al pin 10 de Arduino.
- El pin RX de DFPlayer asociarlo al pin 11 de Arduino.
- Asociar el altavoz al spk1 y spk2 directamente. Inferior a los 3W.

Se debe tener en cuenta que los nombres de las canciones almacenadas deben tener formato de cuatro dígitos. La música se reproducirá en el orden establecido por los números.

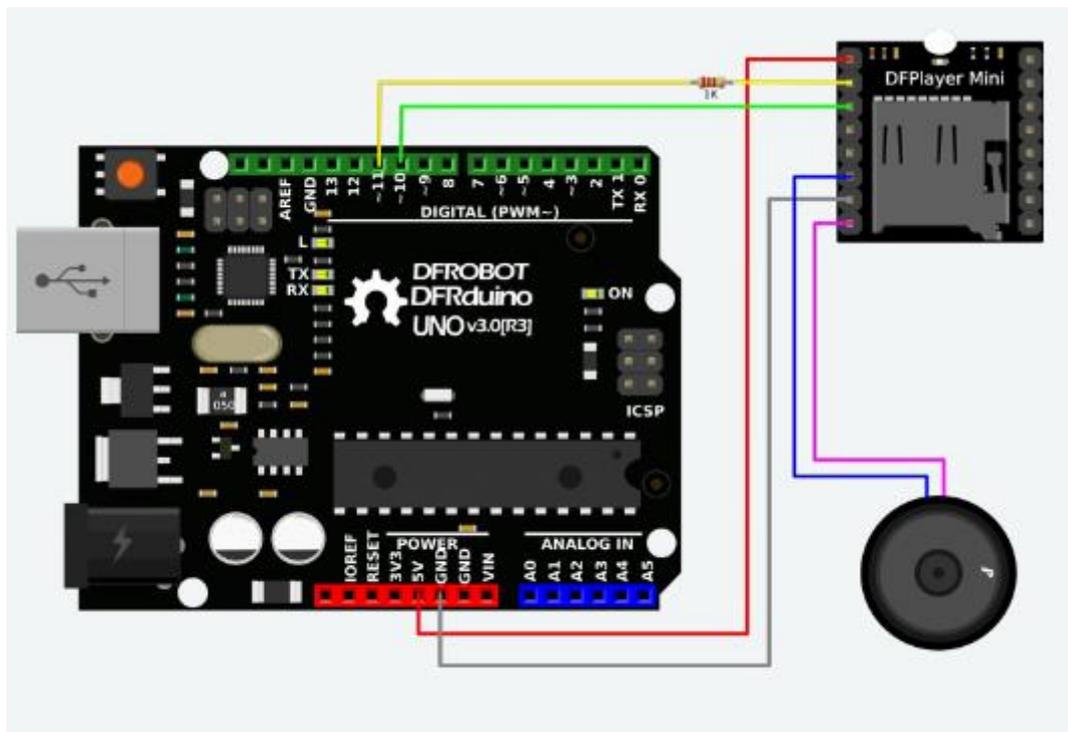


Ilustración 36. Conexión DFPlayer mini a Arduino

6.2.4 Feedback con botones

Una vez terminado el baile, nuestro robot preguntará al niño qué le ha parecido la sesión. El infante podrá comunicar cómo se siente a través de los botones con forma de emociones que tendrá incorporados. Esta funcionalidad, cumple con la directriz propuesta 3.1.10. Aprenden a reconocer cómo se sienten y a indicárselo al dispositivo. Desarrollan la inteligencia emocional y el autoconocimiento. Además, asocian las expresiones de los botones con las emociones que sienten. (Ilustración 37. Diseño realizado con Canva).



Ilustración 37. Botones de las emociones

A continuación, se le pregunta al paciente si desea continuar con la sesión. Podrá contestar con botones de afirmación y negación. En caso afirmativo, se aplica la recomendación 3.1.9 puesto que esperará a la reproducción de la siguiente canción. En caso negativo, simplemente se despedirá del paciente. También, se trabaja la 3.1.3 puesto que comunican qué es lo que desean hacer con el robot (*Ilustración 38*. Diseño realizado con Canva).



Ilustración 38. Botones afirmación y negación

6.2.5 Sensores de movimiento

Se desea añadir un sensor de ultrasonidos al proyecto para detectar el movimiento. Los ultrasonidos son ondas sonoras capaces de medir la distancia entre dos objetos. El emisor emite ondas en una frecuencia capaz de ser detectada por un transductor. La distancia se mide por el tiempo que transcurre entre el envío y su recepción [94].

La detección del movimiento puede ser útil para recibir información sobre si se siguen adecuadamente los pasos de baile en cada actividad.

6.2.5.1 HC-SR04

Este modelo (*Ilustración 39*) cuenta con un transductor emisor y otro receptor. Para conectarlo a Arduino se requieren 4 pines: echo, trigger, GND y alimentación de 5V [94].



Ilustración 39. Sensor HC-SR04

Se desearía añadir este componente a la fabricación de muñequeras que permiten detectar el movimiento en puntos clave del cuerpo.

Definición del comportamiento del robot

6.2.6 ¿Qué hace? ¿Cómo reacciona?

El diseño de este robot se basa en la idea del seguimiento de una serie de pasos de baile a través de la música. Su diseño coherente y repetitivo favorece su uso para niños con este trastorno.

Se debe encender nuestro dispositivo y comenzar la actividad utilizando el botón de encendido/apagado que se encuentra en la parte trasera. Este hecho provocará el encendido del LED, situado en la nariz del robot. Será un feedback para el niño de que su acción se ha realizado correctamente.

En cada una de las acciones del robot nos encontramos con dos pantallas, la pantalla superior (mencionada como pantalla 1) representa su boca. Se mostrarán emociones acordes a la situación. La parte inferior (indicada como pantalla 2) posee otra pantalla donde se concentrará el resto de la funcionalidad. Ambas serán representadas en esta sección.

La interfaz del dispositivo ha sido llamada como "Melobot". En la parte superior izquierda de la pantalla 2, nos encontramos con el menú de inicio. En la parte superior derecha, podremos acceder a la configuración. En un primer momento, tras su encendido, nos encontramos con el menú de inicio. El robot preguntará al infante cómo se siente antes de comenzar la sesión (*Ilustración 37*. Diseño realizado con Figma). Se deberá presionar el botón de la emoción correspondiente (*Ilustración 37*).



Ilustración 40. Interfaz inicial

La pantalla 1 representará la emoción que el usuario ha seleccionado.

La siguiente interfaz que mostrará en la pantalla 2 (*Ilustración 38*. Diseño realizado con Figma) es el nombre de la pista que se va a reproducir (nombrada en la ilustración como "Pista 1"). Para poder continuar, se deberá seleccionar el botón de afirmación (*Ilustración 38*) o, en caso de no querer comenzar la actividad, el botón de negación (*Ilustración 38*).

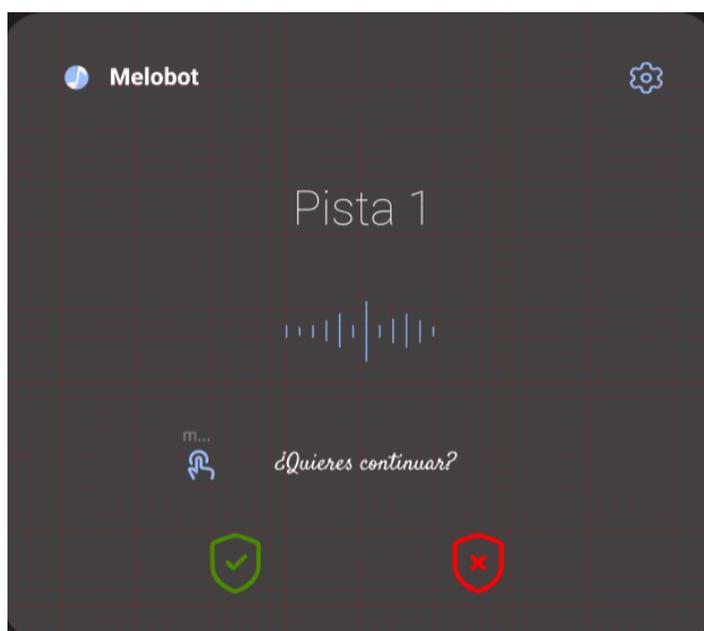


Ilustración 41. Siguiendo pista

Al reproducir la canción se mostrarán una serie de pasos de baile. Para representar el paso de forma clara, se muestra de forma gráfica y textual. Por ejemplo, en la *Ilustración 41* se ilustra la acción de levantar las manos en ambas formas. En la pantalla 1 aparecería el robot haciendo los mismos pasos.

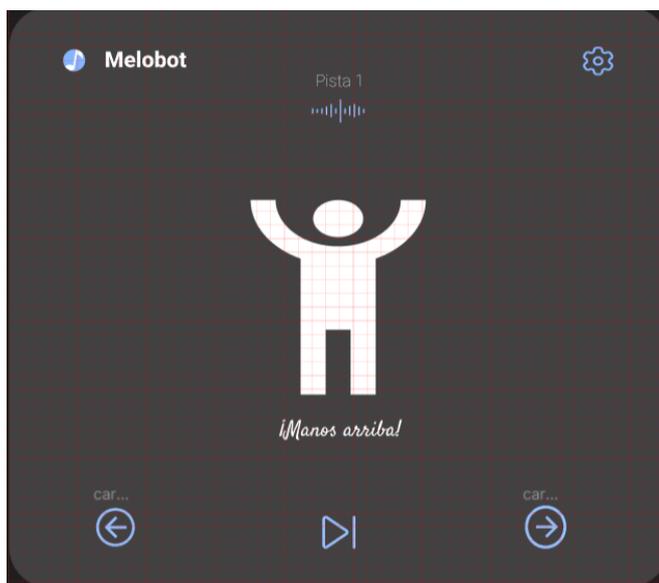


Ilustración 42. Reproducción de la canción

Durante toda la actividad, se puede volver a la canción anterior (Ilustración 43), reanudar/pausar (Ilustración 44) y reproducir la siguiente pista (Ilustración 45).



Ilustración 43. Canción anterior



Ilustración 44. Reanudar/pausar



Ilustración 45. Pista siguiente

Cada vez que se acabe la actividad, se mostrara en la pantalla 2 si desea o no continuar con la siguiente canción (Ilustración 46).

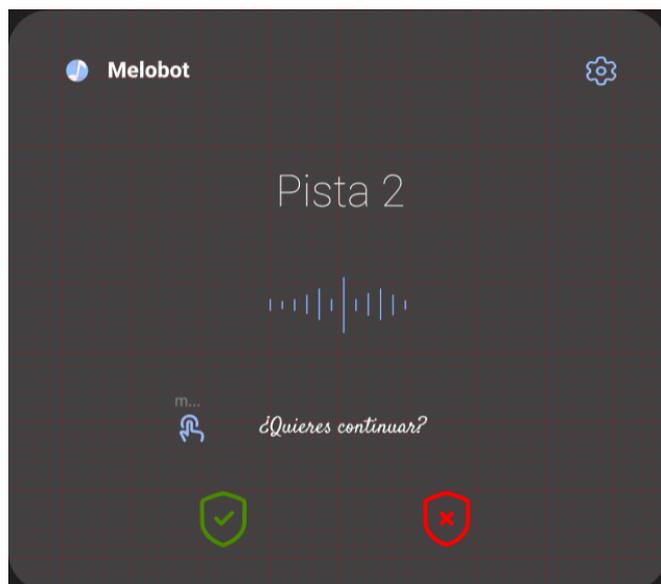


Ilustración 46. Pista 2

La actividad finalizará una vez presionado el botón de negación al cambiar de canción (*Ilustración 38*) o al seleccionar el menú de inicio.



Ilustración 47. Final de la sesión

Se añade un menú de configuración para adaptarse al perfil del usuario (*Ilustración 48*). Este permite modificar los siguientes aspectos:

- Usuario. Cada perfil tendrá asignada una configuración. Se permite el cambio a otro usuario distinto mediante el botón.
- Volumen. Al seleccionar los ítems de menor o mayor volumen se podrá configurar el volumen predeterminado.
- Tamaño de letra. Se indican 5 tipos de letra distintos. Favorece la lectura en usuarios con cierta discapacidad visual.
- Canciones favoritas. Un combo box se despliega para elegir las canciones preferidas. Estas tendrán una mayor posibilidad de ser reproducidas frente al resto. Se favorece la atracción de la actividad.
- Guardar cambios. Se incluirán los cambios nuevos.
- Salir. Vuelta al menú principal.



○

Ilustración 48. Menú configuración

6.2.7 ¿Por qué lo hace?

Al encender nuestro dispositivo, se pregunta al usuario cómo se siente antes de comenzar. Esto permite desarrollar una mayor inteligencia emocional. El niño descubre qué necesidades tiene y aprende a comunicárselas al entorno. Si, además

hay un tutor delante, puede saber mejor si una situación no está siendo cómoda. Se han añadido una serie de botones de las emociones para favorecer el reconocimiento de cada una y aumenta la proactividad.

El robot como respuesta representa en la pantalla 1 la emoción elegida. Esto ayuda al niño a identificarla con la expresión facial de forma simplificada. Se ha escogido una representación poco detallada porque el robot ha sido escogido para edades tempranas. De esta forma, se adapta a la fase de la terapia.

La actividad principal en la que se enfoca es en seguir unos pasos de baile al ritmo de la música. La imitación le ayuda a entenderse como ser social. Se ha reflejado cada paso con gran sencillez para evitar la confusión y adaptarla a niños en edades tempranas. Gracias al seguimiento de los pasos con ayuda del robot, se mantiene la atención conjunta. Se ha considerado que la música es un gran atractivo para los niños que mantiene su concentración en la actividad. Además de ayudarles en situaciones difíciles a mantener la calma. Se añade la posibilidad de cambiar de canción para que, en caso de que no sea de su agrado, mantener su atención con otra de su elección.

Al finalizar la tarea, se vuelve a preguntar al usuario cómo se encuentra. Refuerza el reconocimiento de emociones y, el tutor, evalúa si le ha ayudado a sentirse mejor. En caso de no haber sido favorable la actividad, se pretende desechar las canciones intentando ajustarse a las preferencias del usuario.

7. Estudio económico, conclusiones y trabajos futuros

7.1 Estudio económico

El mercado de la robótica educativa prevé un gran auge a lo largo de los próximos años. Actualmente, se calcula un valor de 1200 millones de dólares; en 2031 se esperan 5900 millones. El incremento de la demanda establece un crecimiento favorable, además de la aparición de nuevas tecnologías. El único contra de su producción es el elevado coste. EE. UU. es el país líder en este mercado [92].

A continuación, se tiene como objetivo estudiar la viabilidad económica de la fabricación de un robot como el propuesto en el apartado anterior. Se especifican costes estimados de su producción.

7.1.1 Costes diseño hardware

Los precios calculados son una estimación (*Tabla 2*), por lo que pueden variar en función del proveedor y la cantidad comprada.

COMPONENTE	PRECIO (EN EUROS)
DFPlayer mini	12 euros [88]
Pantalla OLED	11 euros [87]
Botón de plástico personalizado	2 euros
Arduino UNO	30 euros [89]
Batería	30 euros
TOTAL	85 euros

Tabla 2. Costes diseño

7.1.2 Costes diseño software

COMPONENTE		HORAS ESTIMADAS	COSTE/HORA
Documentación del proyecto		20h	19€ X 20h
Planificación		20h	19€ X 20h
Análisis		20h	19€ X 20h
Diseño del proyecto		40h	19€ X 40h
Implementación código		200h	19€ X 200h
Integración componentes		20h	19€ X 20h
Pruebas a lo largo de todas las fases		30h	19€ X 20h
TOTAL		350h	7000 euros

Tabla 3. Costes diseño

Tabla 3. Costes software

Se considera que cada robot tendrá un coste estimado de 7085 euros (Tablas 2 y 3), aproximadamente. Los porcentajes adecuados de beneficio de ventas debe ser entre un 10 a un 20 por ciento [91]. Además, se tienen en cuenta los costes de la compra de maquinaria de construcción. Se establece que algunos componentes serán comprados en empresas externas, mientras que su montaje no se externaliza.

7.2 Conclusiones

En la presente memoria, en un primer lugar, se ha realizado un estado del arte, empezando por qué es un robot. Después, se ha mostrado la evolución de estos hasta lo que conocemos en la actualidad. De esta forma, se han conocido los grandes avances que ha logrado el ser humano para poder llegar hasta lo que conocemos hoy en día. Más adelante, nos hemos centrado en cómo son los robots móviles y, específicamente los robots educativos. Tras definir el estado del arte, se han propuesto dos juegos didácticos con dos robots accesibles en el mercado.

En una segunda etapa, se ha desarrollado lo que se conoce actualmente sobre las terapias asistidas con robots para niños con TEA. En este apartado se descubre que los robots educativos son un mercado en auge. Ayudan a los niños con este trastorno a desarrollar ciertas habilidades. Su atracción por estos dispositivos, aumentan los beneficios que se quieren lograr. Los tutores, cada vez más, se forman en este tipo de dispositivos y los incluyen en las aulas como herramientas de trabajo.

En el caso de los niños con TEA, se demuestran avances superiores a las terapias convencionales. Cada vez hay más inversión en investigar y diseñar este tipo de robots. Sin embargo, todavía no se han diseñado robots que demuestren grandes resultados fuera de consulta. Es necesario establecer unas directrices que cumplan con una serie de requisitos que impulsen resultados fuera de terapia, considerando las distintas investigaciones con estos dispositivos. Todavía no hay robots disponibles que aúnen esta serie de recomendaciones. Por ello, se propone un diseño que sí las aplica. Se explica su aplicación mediante un caso de uso concreto. Se han definido todos los componentes necesarios para su funcionamiento. Además de conocer la definición de microcontroladores y los tipos de Arduino que existen.

Como propósito general de este proyecto, se espera que las directrices propuestas sean útiles para ayudar a concienciar y mejorar la calidad de vida de los pacientes con autismo.

7.2.1 Retrospectiva de objetivos

Al principio del proyecto, en el apartado 1, se indicaron ciertos objetivos que debían satisfacerse:

- Elaboración de una serie de recomendaciones de diseño en robots para niños TEA. En el apartado 5.1 se proponen directrices para aquellos dispositivos que se utilizan en terapias con robots.

- Conseguir diseñar un robot canta juegos. Se especifica un entorno de bullicio como posible lugar de acción para este dispositivo donde los niños con TEA se ven beneficiados de sus funcionalidades. Cumplen los siguientes propósitos:
 - ✓ Portabilidad y tamaño adecuado. El diseño (apartado 6.1) especifica que puede transportarse al lugar deseado para hacer uso de este.
 - ✓ Adaptación a la fase de la terapia y al paciente. Se pueden incluir distintas modalidades en el juego para adaptar los pasos de baile a la edad. Además, en función de las emociones que evocan al niño esta tarea puede adaptarse a él. Se enfoca en fases tempranas por lo que su diseño es más abstracto y simple (apartado 6.1).
 - ✓ Fomentar la proactividad y comunicación. Se incluyen una serie de botones para indicar su estado de ánimo, afirmación y negación (apartado 6.2.5). Favorecen el autoconocimiento y el diálogo.
 - ✓ Resultados fuera de consulta. Se utiliza en entornos habituales del paciente como herramienta de trabajo (apartado 6).
 - ✓ Impulso de la imitación como herramienta para la comunicación. El seguimiento de los pasos de baile impulsa esta habilidad (apartado 6).
 - ✓ Diseño intuitivo, atractivo y fácil de utilizar. Los botones con emociones, la interfaz de las pantallas OLED y su diseño amigable permiten que se cumplan esta serie de requisitos (apartado 6.1).
 - ✓ Inclusión de distintos componentes necesarios para su diseño: Arduino Uno (apartado 6.2.1.2.2), pantallas OLED (apartado 6.2.2.1), altavoces para reproducir el sonido (apartado 6.2.3.1); botones (apartado 6.2.4) y LED para indicar si está apagado o encendido (apartado 6.1).
- Elaboración de un juego para la clasificación de residuos (apartado 3.6.2). Se hace uso del robot Ozobot para llevar a cabo esta actividad. Los niños toman conciencia de la clasificación de residuos y del medioambiente.
- Creación de un juego de identificación de emociones (apartado 3.6.1). El alumno identifica emociones que evocan una serie de preguntas. Se ha utilizado Edison para llevar a cabo esta actividad.

7.3 Trabajos futuros

A lo largo de este proyecto, se ha desarrollado la importancia de la aplicación de la robótica en los niños con TEA. Se espera que, en los próximos años, se puedan desarrollar terapias con robots obteniendo resultados fuera de consulta. Esto logrará mejorar la calidad de vida de pacientes con este diagnóstico. La accesibilidad a este tipo de dispositivos es un factor clave de mejora. Cuanto menor sea su precio, más niños podrán hacer uso de este tipo de terapias.

En el futuro, con la llegada de nuevas tecnologías, se espera que sean capaces de diagnosticar el TEA en edades más tempranas con una gran precisión. Este hecho, viene de la mano de la creación de robots personalizados. En función de la personalidad del paciente y del grado de autismo, el robot se adapte para crear terapias más eficaces.

El diseño planteado en apartados anteriores se muestra como incentivo para nuevos proyectos que traten este trastorno. La inclusión de estas directrices se propone como ayuda para nuevos proyectos, tratando de concienciar sobre las necesidades del autismo. Además, desean ser un apoyo que maximice los beneficios que puedan aportar este tipo de terapias.

En conclusión, si el mercado de la robótica (en trastornos como el que aquí se plantea) avanza de la forma esperada, la aplicación de estas herramientas supone algo prometedor a favor de la vida de personas con autismo.

8. Referencias

8.1 Bibliografía

- [1] Asale, R. (s. f.). robótico, robótica | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/rob%C3%B3tico>
- [2] Lemus Vargas, D. (s. f.). DEFINIENDO LA ROBÓTICA. Revista de divulgación Saber más UMSNH. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/la-ciencia-en-pocas-palabras/264-numero-30/474-definiendo-la-robotica.html>
- [3] Martín, F. S. M. (2017, febrero). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte I). Actas Urológicas Españolas. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So210-48062007000200001#bajo
- [4] M. (2020, 22 julio). Da Vinci, Tesla y la 'era robótica': historia de una revolución de la automatización industrial. Inser Robótica S.A. <https://www.inser-robotica.com/da-vinci-tesla-y-la-era-robotica-historia-de-una-revolucion-de-la-automatizacion-industrial/>
- [5] 15 ingenieros y sus Inventos que Definieron la Robótica | Iguana Robot. (s. f.). IGUANAROBOT. <https://www.iguanarobot.com/15-ingenieros-y-sus-inventos-que-definieron-la-robotica/>
- [6] González, V. R. (s. f.). Fundamentos de Robótica. OpenVRG. http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/cyr_01/robotica/
- [7] Asimov, I. (1984). Los Robots. Martínez Roca.
- [8] España, H. A. (2020, 5 noviembre). 20 años de ASIMO: cómo el robot de Honda revolucionó la robótica humanoide -. HondaDreams. <https://www.honda.es/hondadreams/2020/11/05/20-anos-asimo-honda-revoluciono-la-robotica-humanoide/>
- [9] Aguilera Hernández, M. I., Bautista, M. A., & Iruegas, J. (2007). Diseño y Control de Robots Móviles. Asociación Mexicana de Mecatrónica. <http://www.mecamex.net/anterior/congo2/papers/art24.pdf>
- [10] Harmonic Drive SE - Glosario. (s. f.). Harmonic Drive SE. <https://harmonicdrive.de/es/glosario/robotica-movil>

- [11] E. (2022, 13 enero). Clasificación de los robots según su función. Esneca. <https://www.esneca.com/blog/clasificacion-de-los-robots-segun-su-funcion/>
- [12] Gómez, P. (2020, 5 diciembre). ▷ Las 5 Generaciones de la Robótica. Hipernexo. <https://www.hipernexo.com/robotica/generaciones-robotica/>
- [13] Odorico, A. H. (s. f.). La robótica desde una perspectiva pedagógica. UBA. <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020205/A4ago2005.pdf>
- [14] Sáez López, J. M., & Vivas Fernández, L. (2019, 24 mayo). Integración de la robótica educativa en Educación Primaria. RELATEC. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:425-Jmsaez-0009/Saez_Lopez_Jose_M_IntegracionRobotica_2019.pdf
- [15] González Fernández, M. O., Flores González, Y. A., & Muñoz López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. UCA. <https://www.redalyc.org/journal/920/92065360002/html/>
- [16] Piaget, J. (2018). Seis estudios de psicología. SIGLO XXI EDITORES, S.A. DE C.V.
- [17] Ruiz Vicente, F. A. (2017, 17 noviembre). CEU Repositorio Institucional: Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa / tesis doctoral presentada por Francisco Ruiz Vicente; dirigida por el Dr. D. Alberto Zapatera Llinares y el Dr. D. Nicolás Montes Sánchez. CEU Biblioteca. <https://repositorioinstitucional.ceu.es/handle/10637/8739>
- [18] Harel, I., Papert, S., Epistemology and Learning Research Group, & Massachusetts Institute of Technology. Epistemology & Learning Research Group. (1991). Constructionism. Van Haren Publishing.
- [19] Saldarriaga Zambrano, P. J., Bravo Cedeño, G. R., & Llor-Rivadeneira, M. (2016). La teoría constructivista de Jean Piaget y su significación para la pedagogía contemporánea. Dominio de las Ciencias, 2(3), 127–137.
- [20] Ruiz, J. (1994). Implicaciones educativas del lenguaje LOGO. CL&E, 21, 111–118.
- [21] Gálvez Legua, M. (2011, 9 septiembre). Desarrollo de modelos robóticos en primaria con WeDo + XO. PERUEDUCA. <https://es.calameo.com/read/0015471079fd1ec515f83>

- [22] Pinto Salamanca, M. L., Barrera Lombana, N., & Pérez Holguín, W. J. (2010). USO DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA COMO HERRAMIENTA EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA. *I2+D*, 10(1), 15–23.
- [23] Bermúdez, A. (2020, 21 diciembre). Evolución de la robótica educativa hasta la actualidad. *REVISTA DE ROBOTS*. <https://revistaderobots.com/robots-y-robotica/evolucion-de-la-robotica-educativa-hasta-la-actualidad/>
- [24] Ozobot. Programar un robot con papel y rotulador es posible. (s. f.). *JuegosRobótica*. <https://juegosrobotica.es/ozobot/>
- [25] Sinclair, P. (2022, 15 enero). Ozobot Bit vs. Ozobot Evo -Which is Best for Your Kids? *All Home Robotics*. <https://www.allhomerobotics.com/ozobot-bit-vs-ozobot-evo-which-is-best-for-your-kids/>
- [26] Primeros pasos – Edison robot. (s. f.). *Microlog Tecnología y Sistemas*. <https://edison.micro-log.com/primeros-pasos/>
- [27] D. (2021, 27 octubre). Edison, un robot para todos. *Robots para niños*. <https://www.robotsparaninos.com/edison-un-robot-educativo-para-todos/#:%7E:text=Edison%2C%20un%20robot%20para%20todos.%20Si%20cogi%C3%A9ramos%20a,LEDs%2C%203%20botones%2C%20un%20timbre%2Fdetector%20de%20palmas%2C%20>
- [28] D. (2021a, mayo 31). Robótica educativa episodio #35 Edison, el robot más compacto. *Juegos Robótica*. <https://juegosrobotica.es/podcast-035/#:%7E:text=La%20otra%20alternativa%20para%20programar,bloques%20independientemente%20de%20su%20edad.>
- [29] Posada Prieto, F. (s. f.). Taller «Robótica mBot» – canalTIC.com. canalTIC. Recuperado 8 de marzo de 2017, de <https://canaltic.com/blog/?p=2715>
- [30] mBot V1.1 | CreativaKids. (s. f.). *Aprende CreativaKids*. <https://www.aprende.creativakids.com/mbot>
- [31] Catedu, J. Q. P. (s. f.). *Arduino: El corazón de mBot | Robótica educativa con mBot de Makeblock*. CATEDU. http://aularagon.catedu.es/materialesaularagon2013/mbot/M1/arduino_el_corazn_de_mbot.html
- [32] D. (2019, 5 febrero). Sensores en mBot. Aprovecha los sensores que trae el kit básico. *Juegos Robótica*. <https://juegosrobotica.es/sensores-en-mbot/>

- [33] Conti-Ramsden, G., Simkin, Z. & Botting, N. (2006, 30 enero). The prevalence of autistic spectrum disorders in adolescents with a history of specific language impairment (SLI). *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(6), 621-628. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.01584.x>
- [34] Rapin, I. (1991, mayo). Autistic Children: Diagnosis and Clinical Features. *Pediatrics*, 87(5), 751-760.
- [35] How Social Robots Will Help Us to Diagnose, Treat, and Understand Autism. (2004). *Springer Tracts in Advanced Robotics*, 552-563. https://doi.org/10.1007/978-3-540-48113-3_47
- [36] Scassellati, B. (2008, noviembre). Personal communication.
- [37] Dautenhahn, K., Boekhorst, R. T. & Billard, A. (2005, 8 julio). Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills? *Universal Access in the Information Society*, 4(2), 105-120. <https://doi.org/10.1007/s10209-005-0116-3>
- [38] Dautenhahn, K. & Werry, I. (2004, 10 junio). Towards interactive robots in autism therapy. *Pragmatics and Cognition*, 12(1), 1-35. <https://doi.org/10.1075/pc.12.1.03dau>
- [39] Amorosa, H., Kiefl, H. & Martinius, J. (2012). Recognition of Face Identity and Emotion in Expressive Specific Language Impairment. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 64(2), 73-79. <https://doi.org/10.1159/000335875>
- [40] Blow, M., Dautenhahn, K., Appleby, A., Nehaniv, C. L. & Lee, D. (2006). The art of designing robot faces. *Proceeding of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction - HRI '06*. <https://doi.org/10.1145/1121241.1121301>
- [41] Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism. (2007, 26 octubre). *Autonomous Robots*, 24(2), 147-157. <https://doi.org/10.1007/s10514-007-9056-5>
- [42] Stanton, C. M., Kahn Jr., P. H., Severson, R. L., Ruckert, J. H. & Gill, B. T. (2008). Robotic animals might aid in the social development of children with autism. *Proceedings of the 3rd international conference on Human robot interaction - HRI '08*. <https://doi.org/10.1145/1349822.1349858>

- [43] Robins, B. & Dautenhahn, K. (2006, septiembre). The Role of the Experimenter in HRI Research - A Case Study Evaluation of Children with Autism Interacting with a Robotic Toy. ROMAN 2006 - The 15th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. <https://doi.org/10.1109/roman.2006.314473>
- [44] Chala, E. F. C. (2020, 9 julio). Componentes de un Microcontrolador. <https://www.vistronica.com/blog/post/componentes-de-un-microcontrolador.html>
- [45] Introducción y Arquitectura de microcontroladores. (2012, 2 diciembre). Microcontroladores. <https://microcontroladoresesv.wordpress.com/arquitectura-de-los-microcontroladores/>
- [46] A. (2022, 20 diciembre). Arduino: todo lo que necesitas saber. aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/arduino-todo-lo-que-necesitas-saber/>
- [47] Herrera, J. (2023, 10 enero). Microcontrolador o MCU: ¿Qué es y para qué sirve? Guía Hardware. <https://www.guiahardware.es/microcontrolador-mcu/>
- [48] Arduino® UNO R3: Características. (s. f.). <https://tecmikro.com/content/17-arduino-uno-r3-caracteristicas>
- [49] Arduino Uno vs. Mega vs. Micro. (2017, 22 diciembre). Arrow Electronics. <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>
- [50] Aguayo, P. (2021, 9 febrero). Modelos Arduino | Arduino.cl. Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea. <https://arduino.cl/arduino-2/>
- [51] Arduino Yun. (2017, 17 julio). DEV-12053 - SparkFun Electronics. <https://www.sparkfun.com/products/retired/12053>
- [52] Ultra-lab. (2022, 18 octubre). Arduino Leonardo - A000057 - Comprar en España. <https://ultra-lab.net/producto/arduino-leonardo/>
- [53] Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1. (s. f.). Arduino Documentation. <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics>

- [54] Download and install Arduino IDE. (2022, 14 diciembre). <https://support.arduino.cc/hc/en-us/articles/360019833020-Download-and-install-Arduino-IDE>
- [55] Libraries - Arduino Reference. (s. f.-b). https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/?_gl=1*_gkyggo*_ga*MzU1MTUzOTc1LjE2NzgyMDQoNDc.*_ga_NEXN8H46L5*MTY3ODk2NTMzNi4oLjEuMTY3ODk2NjAxMi4wLjAuMA
- [56] A. (2022, 26 diciembre). Programación en Arduino. Proyectos con Arduino. <https://proyectosconarduino.com/curso/programacion-basica-en-arduino/>
- [57] J. (2017, 16 octubre). IDE Arduino y Configuración. Aprendiendo Arduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/06/18/ide-arduino-y-configuracion/>
- [58] A. (2019, 29 marzo). ▷ Arduino IDE Instalación Configuración Programación. Proyecto Arduino. <https://proyectoarduino.com/arduino-ide/>
- [59] Del Valle Hernández, L. (2022, 13 enero). SSD1306 pantalla OLED con Arduino y ESP8266 I2C. Programar fácil con Arduino. <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/ssd1306-pantalla-oled-con-arduino/>
- [60] Admin, C. (2020, 22 julio). Modulo DFplayer mini Reproductor mp3 para arduino, tutorial completo. <https://www.electroallweb.com/index.php/2020/07/22/modulo-dfplayer-mini-reproductor-mp3-tutorial-completo/#APLICACIONES>
- [61] Admin. (2023, 13 enero). [GUÍA] Arduino DFPlayer Mini MP3 modulo + código, conexión. Arduino Spain. <https://arduino-spain.site/dfplayer-mini/#2>
- [62] Admin. (2018). La Danza Movimiento Terapia (DMT) en niños con TEA. Fundación Querer. <https://www.fundacionquerer.org/la-danza-movimiento-terapia/#:~:text=La%20danza%20permite%20a%20los,individuo%20dentro%20de%20una%20sociedad.>
- [63] Robins, B., Dickerson, P., Stribling, P., & Dautenhahn, K. (2004). Robot-mediated joint attention in children with autism: A case study in robot-human interaction. *Interaction Studies*, 5(2), 161-198.

- [64] Colton, M., Ricks, D., Goodrich, M., Dariush, B., Fujimura, K., & Fukiki, M. (2009). Toward therapist-in-the-loop assistive robotics for children with autism and specific language impairment. *AISB Symposium: New Frontiers in Human-Robot Interaction*.
- [65] Gomes, L. (2005, October 26). Smart, Robotic Toys May One Day Diagnose Autism at Early Age. *Wall Street Journal*, (Eastern edition), B.1.
- [66] Campolo, D., Taffoni, F., Schiavone, G., Laschi, C., Keller, F., & Guglielmelli, E. (2008). A novel technological approach towards the early diagnosis of neurodevelopmental disorders. <https://doi.org/10.1109/iembs.2008.4650306>
- [67] Dautenhahn, K., & Werry, I. (2004). Towards interactive robots in autism therapy. *Pragmatics & Cognition*, 12(1), 1-35. <https://doi.org/10.1075/pc.12.1.03dau>
- [68] Bird, G., Leighton, J., Press, C., & Heyes, C. (2007). Intact automatic imitation of human and robot actions in autism spectrum disorders. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1628), 3027-3031. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1019>
- [69] Ricks, D., & Colton, M. B. (2010). Trends and considerations in robot-assisted autism therapy. <https://doi.org/10.1109/robot.2010.5509327>
- [70] De Silva, R. S., Tadano, K., Higashi, M., Saito, A., & Lambacher, S. G. (2009). Therapeutic-assisted robot for children with autism. <https://doi.org/10.1109/iros.2009.5354653>
- [71] Atwood, K. M. (2006). Recognition of Facial Expressions of Six Emotions by Children with Specific Language Impairment. *BYU Department of Communications Disorders Master's Thesis*. <https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1737&context=etd>
- [72] Pioggia, G., Iglizzi, R., Sica, M., Ferro, M., Muratori, F., Ahluwalia, A., & De Rossi, D. (2008). Exploring emotional and imitational android-based interactions in autistic spectrum disorders. *Journal of CyberTherapy & Rehabilitation*, 1(1), 49-61. http://www.ilc.cnr.it/%7Eferro/publications/Exploring_Emotional_and_Imitational_Android_based_Interactions_in_Autistic_Spectrum_Disorders.pdf

- [73] Sánchez, E. F. (2022, 8 marzo). Robótica educativa: Bee-Bot – CEIP Rafael Fernández-Mayoralas. <https://rafaelfernandezmayoralas.es/bee-bot/>
- [74] Bee-Bot: robot infantil programable. (s. f.). <https://codigo21.educacion.navarra.es/autoaprendizaje/bee-bot-robot-infantil-programable/#:~:text=Los%20Bee-Bot%20son%20robots,por%20supuesto%2C%20para%20aprender%20jugando>
- [75] Acapela Group | Meet Milo, an intelligent robot that is really good at teaching children with autism social skills. (2015, 15 diciembre). Acapela Group. <https://www.acapela-group.com/news/meet-milo-an-intelligent-robot-that-is-really-good-at-teaching-children-with-autism-social-skills/>
- [76] Albo-Canals, J., Martelo, A. B., Relkin, E., Hannon, D., Heerink, M., Heinemann, M., Leidl, K., & Bers, M. U. (2018). A Pilot Study of the KIBO Robot in Children with Severe ASD. International Journal of Social Robotics, 10(3), 371-383. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0479-2>
- [77] KinderLab Robotics, Inc. (2023, 29 marzo). Robot Kits For Kids - Meet KIBO | KinderLab Robotics, Inc. KinderLab Robotics, Inc. - Screen-Free STEAM Coding and Robotics for Young Learners. Playful Learning! <https://kinderlabrobotics.com/kibo/>
- [78] Amazon.com: KIBO 18 Kit de juguete de robot de codificación, aprendizaje educativo para niños, aprendizaje de enseñanza, programación, lecciones en el aula, juguetes para niños de 4 años en adelante : Juguetes y Juegos. (s. f.). https://www.amazon.com/-/es/codificaci%C3%B3n-aprendizaje-educativo-ense%C3%B1anza-programaci%C3%B3n/dp/B0C53XGTG3/ref=sr_1_1?mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=240S9U7GZSWN2&keywords=kibo+robot&qid=1684953894&srefix=kibo+robo%2Caps%2C176&sr=8-1
- [79] De Servicios Informáticos De La Universidad Nacional De Educación A Distancia, C. (s. f.). UNED | Un robot humanoide, tan eficaz como los test convencionales para detectar los primeros signos del autismo. https://portal.uned.es/portal/page?_dad=portal&_pageid=93%2C7143424_o&_schema=PORTAL
- [80] Todo sobre el robot Nao creado por Aldebaran Robotics. (s. f.). Descubre Arduino. <https://descubrearduino.com/robot-nao/>

- [81] Thompson, D. (2022, 28 mayo). Conozca a Nao, el robot que ayuda a tratar a los niños autistas. Consumer Health News | HealthDay. <https://consumer.healthday.com/cognitive-health-information-26/autism-news-51/conozca-a-nao-el-robot-que-ayuda-a-tratar-a-los-ni-ntilde-os-autistas-733798.html>
- [82] Polo, J. D. (2018, 28 junio). Robots que trabajan en terapia para niños autistas. WWWhat's new. <https://www.whatsnew.com/2018/06/28/robots-que-trabajan-en-terapia-para-ninos-autistas/>
- [83] Cozmo, adorable y educativo. (s. f.). Robots para niños. <https://www.robotsparaninos.com/cozmo-robot-anki-adorable-y-educativo/>
- [84] Cozmo, un robot con inteligencia artificial y emociones - Hola Telcel. (s. f.). Hola Telcel. <https://holatelcel.com/blog-de-tecnologia-movil/robot-cozmo/>
- [85] Robot Cozmo: Inteligencia y emociones. (s. f.). Tecnología Fácil. <https://tecnologia-facil.com/curiosidades-tecnologicas/robot-cozmo-inteligencia-emociones/>
- [86] Anki Cozmo - Accesorios diversos para smartphone Anki en LDLC | ¡Musericordia! (s. f.). <https://www.ldlc.com/es-es/ficha/PB00260321.html>
- [87] XTVTX 3PCS 0.96 Inch Módulo OLED 12864 128x64 Driver IIC I2C Serial Self-Luminous Display Board Compatible con Arduino PI (Azul y Amarillo). (s. f.). Amazon. https://www.amazon.es/XTVTX-Self-Luminous-Compatible-Raspberry-Amarillo/dp/B09GVTRB2W/ref=sr_1_2_sspa?keywords=oled+128x64&qid=1685208312&sr=8-2-spons&sp_csd=d2lkZ2VoTmFtZT1zcF9hdGY&psc=1
- [88] AZDelivery 3 x Mini MP3 DFPlayer Compatible con Arduino Incluido un E-Book! (s. f.). https://www.amazon.es/AZDelivery-Player-DFPlayer-Master-Arduino/dp/B07Z5D7T63/ref=sr_1_1_sspa?mk_es_ES=ÅMÅŽÕÑ&crd=118152RPXR7OC&keywords=DFPlayer%2Bmini&qid=1685208497&sprefix=dfplayer%2Bmini%2Caps%2C103&sr=8-1-spons&sp_csd=d2lkZ2VoTmFtZT1zcF9hdGY&smid=A1X7QLRQH87QA3&th=1
- [89] Arduino UNO. (s. f.). https://www.amazon.es/Arduino-A000073-ATmega328-Uno-SMD-DEV/dp/B007R9TUJE/ref=sr_1_6?mk_es_ES=ÅMÅŽÕÑ&crd=2GS7JPP

[SWKMGS&keywords=arduino+uno&qid=1685209289&sprefix=arduino+u
no%2Caps%2C112&sr=8-6](https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Educational_Robot.html)

- [90] China Educational Robot, Educational Robot Wholesale, Manufacturers, Price | Made-in-China.com. (s. f.). [Vídeo]. https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Educational_Robot.html
- [91] What is a good profit margin? Plus, tips to improve yours. (s. f.). Brex. <https://www.brex.com/journal/what-is-a-good-profit-margin>
- [92] Himanshu, J., & Vineet, K. (2021). Mercado de robots educativos. <https://www.alliedmarketresearch.com/request-sample/31781>
- [93] Robot Interaction May Help Youngsters - USC News. (2012, 3 abril). USC News. <https://news.usc.edu/15676/Robot-Interaction-May-Help-Youngsters/>
- [94] Antonio. (2019, 8 abril). ▷ *Sensor de ultrasonidos, tipos y uso con Arduino / Proyecto Arduino*. Proyecto Arduino. <https://proyectoarduino.com/sensor-de-ultrasonidos-medir-distancia-con-arduino/>
- [95] Dautenhahn, P. K. (2017, 2 febrero). *Kaspar the social robot*. Kaspar the social robot. <https://www.herts.ac.uk/kaspar>

8.2 Anexos

Anexo 1

En este apartado se encuentran las tarjetas del juego "Aprende a reciclar con Ozobot". El alumno debe apilar las tarjetas boca abajo. A continuación, extrae una del montón debiendo adivinar a qué basura corresponde dicho residuo.



Ilustración 49. Bolsa de plástico

Ilustración 50. Bombilla

Ilustración 51. Bote de pintura



Ilustración 52. Caja de cartón

Ilustración 53. Caja de cereales

Ilustración 54. Lata de refresco



Ilustración 55. Frasco de colonia Ilustración 56. Desodorante Ilustración 57. Cascara de huevo



Ilustración 58. Lata de atún Ilustración 59. Manzana Ilustración 60. Tarro mermelada

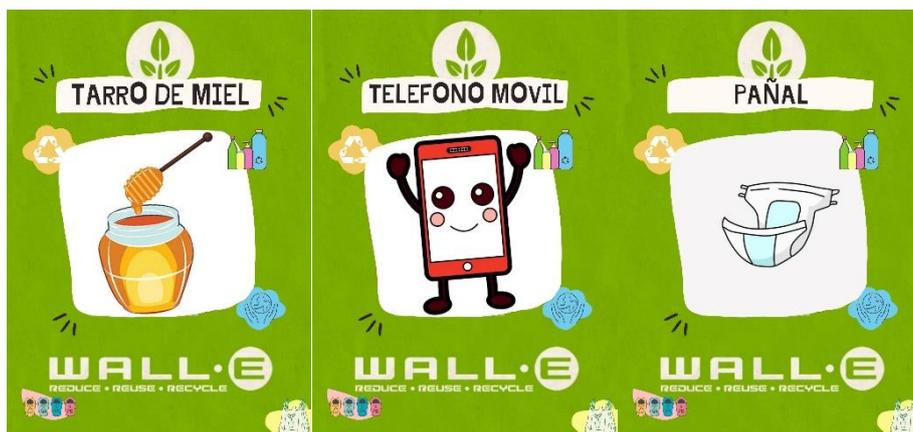


Ilustración 61. Tarro miel Ilustración 62. Teléfono Ilustración 63. Pañal

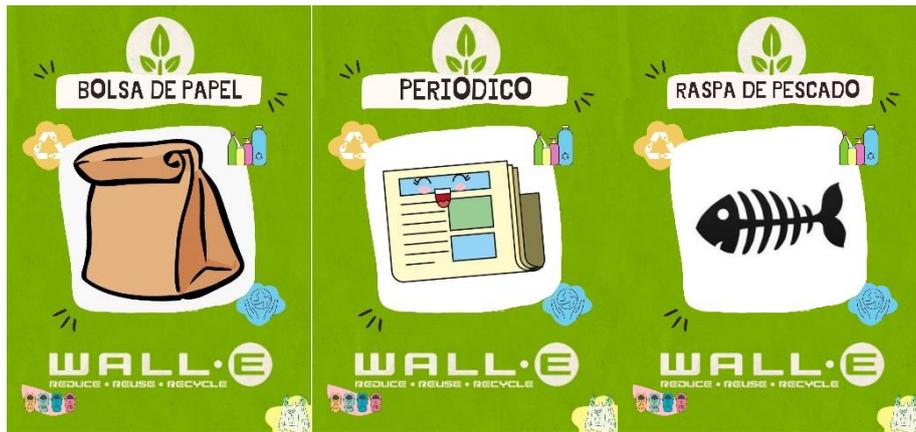


Ilustración 64. Bolsa papel

Ilustración 65. Periódico

Ilustración 66. Pescado



Ilustración 67. Plátano

Ilustración 68. Muslo pollo

Ilustración 69. Radiografía



Ilustración 70. Sofá

Ilustración 71. Cartucho tinta

Ilustración 72. Toallitas



Ilustración 73. Vasos yogur

Ilustración 74. Caja zapatos

Ilustración 75. Botella agua



Ilustración 76. Tetrabrik

Ilustración 77. Pilas

Anexo 2

Mapa para imprimir compuesto de dos partes. El jugador debe situar el Ozobot sobre el círculo START. Debe colorearse el mapa según el código de colores del robot. Si se ha completado correctamente, se llegará a la basura deseada.

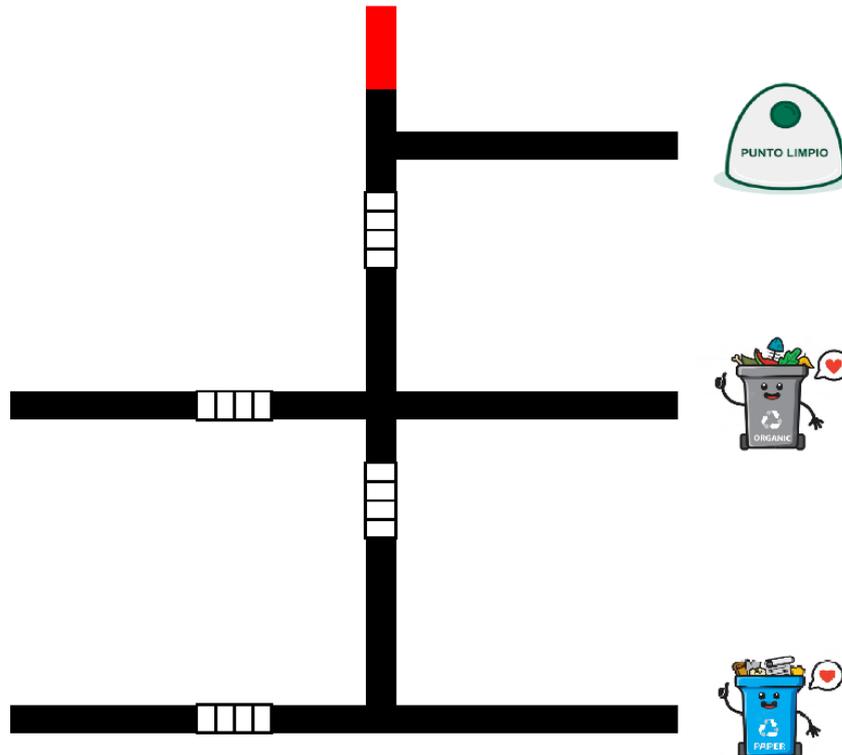


Ilustración 78. Mapa reciclaje. 1 parte

Anexo 3

Solucionario con las respuestas del juego "Aprende a reciclar con Ozobot". En cada tarjeta aparece el nombre de la basura y, más abajo, una ilustración de la basura correcta.



Ilustración 80. Solución bolsa Ilustración 81. Solución bombilla Ilustración 82. Solución pintura



Ilustración 83. Solución caja Ilustración 84. Solución cereales Ilustración 85. Solución lata



Ilustración 86. Solución colonia Ilustración 87. Sol. desodorante Ilustración 88. Solución huevo



Ilustración 89. Solución atún Ilustración 90. Solución manzana Ilustración 91. Sol. mermelada



Ilustración 92. Solución miel Ilustración 93. Solución móvil Ilustración 94. Solución pañal

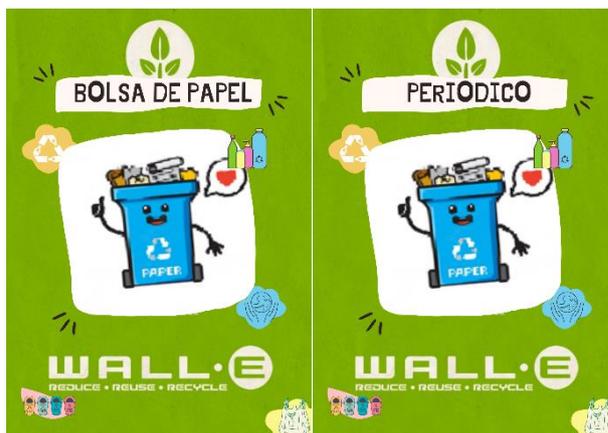


Ilustración 95. Solución bolsa Ilustración 96. Sol. periódico



Ilustración 97. Solución pescado Ilustración 98. Solución plátano Ilustración 99. Solución pollo



Ilustración 100. Solución rx

Ilustración 101. Solución sofá

Ilustración 102. Solución tinta



Ilustración 103. Solución toallitas Ilustración 104. Solución yogur



Ilustración 105. Solución zapatos Ilustración 106. Solución botella Ilustración 107. Solución tetrabrick



Ilustración 108. Solución pilas

Anexo 4

Tarjetas imprimibles representativas de las emociones.

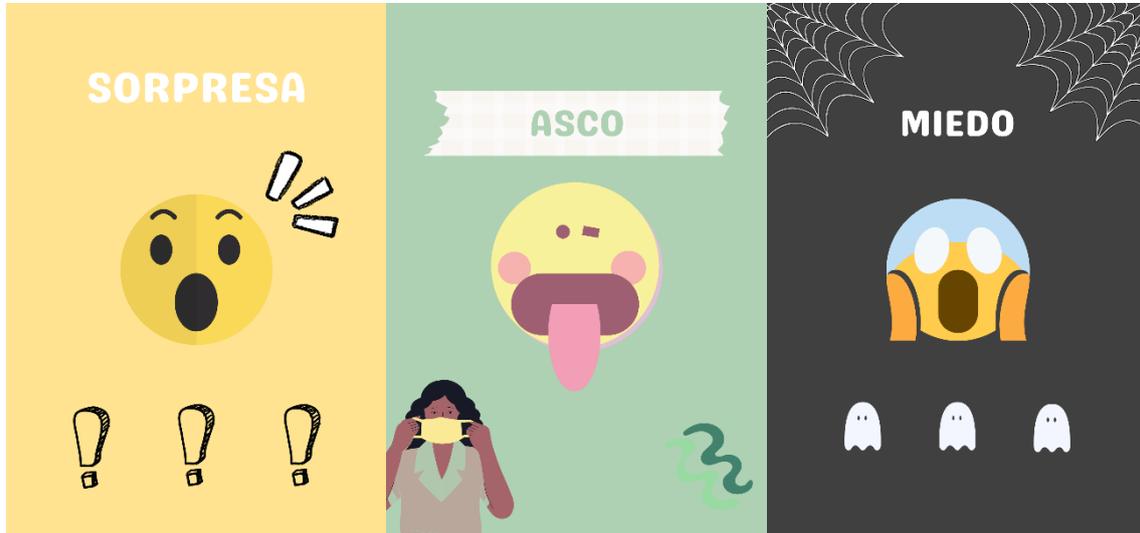


Ilustración 109. Sorpresa

Ilustración 110. Asco

Ilustración 111. Miedo



Ilustración 112. Enfado

Ilustración 113. Alegría

Ilustración 114. Tristeza

Anexo 5:

Batería de preguntas ejemplo que el educador puede realizar en el juego "Descubriendo las emociones con Edison". Se dejará un tiempo de silencio para que el alumno responda libremente y dirija su robot hacia la emoción que le produce. Ninguna respuesta es más válida que otra.

Pregunta 1:

¿Cómo te sientes hoy? Expresa en que parte del cuerpo la sientes.

Pregunta 2:

Estas en el parque con otros niños y te piden compartir tu juguete nuevo con ellos. Cuenta una historia que hayas vivido en el parque.

Pregunta 3:

¿Cómo te sientes en casa? ¿Por qué?

Pregunta 4:

¡Es la hora de la comida! Tus papás te han preparado el plato que menos te gusta. ¿Cuál es tu plato favorito?

Pregunta 5:

Toca acostarse y, como cada noche, han apagado la luz para irnos a dormir. Haz el gesto que pondrías con esta emoción.

Pregunta 6:

Es tu cumpleaños y te han dado un regalo. ¿Cómo te sientes? Cuenta otra historia donde te has sentido así.

Pregunta 7:

Un niño te ha pegado en el colegio. Indica que emoción sentirías. ¿Con quién lo hablarías?

Pregunta 8:

Este verano me he portado muy bien porque he hecho todos los deberes. Papá y mamá deciden regalarme el juguete que tanto quería.

Pregunta 9:

Hay un niño en el patio que no tiene amigos. ¿Cómo crees que se siente? ¿Qué podrías hacer tú para evitarlo?

Pregunta 10:

Mamá me ha prometido ir a mi sitio favorito. Le ha ocurrido un problema y ya no podemos ir. ¿Cómo me siento? ¿Qué haría para sentirme mejor?

Anexo 6:

Códigos de barras sobre el que colocar a nuestro dispositivo. La flecha nos indica la posición exacta en la que situar a Edison: a la derecha y mirando hacia ellos. Debajo de cada uno, aparece una breve explicación del movimiento que realiza. Asociaremos cada botón de nuestra preferencia del mando a distancia con cada código.



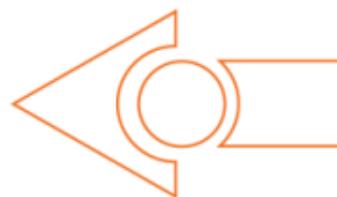
Código de barras – IR aprende a moverse hacia delante



Código de barras – IR aprende a moverse hacia atrás



Código de barras – IR aprende a girar a la derecha



Código de barras – IR aprende a girar a la izquierda

Anexo 7:

PABLO EN EL CENTRO DE SALUD

The storyboard consists of six panels illustrating Pablo's journey. Panel 1: Pablo and his mother walk towards a hospital building. Panel 2: They are in a waiting room with other people. Panel 3: Pablo's mother asks him to wait while she gets a drink. Panel 4: Pablo uses his robot to follow a song's lyrics. Panel 5: Pablo sends a smiley emoji to his robot. Panel 6: Pablo's mother calls his name, and he enters the consultation room.

- * Pablo es un niño de 6 años con TEA. Acude a una cita médica en el centro de salud acompañado de su madre.
- * El barullo de la multitud empieza a generar ansiedad en Pablo.
- * Nuestro protagonista decide sacar su robot de la mochila para distraerse.
- * Pablo activa el modo cantajuegos. Su robot le indica que siga los gestos por pantalla al ritmo de la canción. *Sigue mis pasos*
- * Pablo envía al robot mediante un emoji como se ha sentido. Este lo muestra por pantalla. *¿Cómo te has sentido?*
- * Ahora Pablo está listo para entrar en consulta tranquilo. *Nuestro turno*