



# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

## DISEÑO DE JUEGOS EDUCATIVOS QUE INTEGREN JUGUETES ELECTROMECÁNICOS PARA DINÁMICAS DE INCLUSIÓN SOCIAL

Autor: Blanca Zumárraga Arjonilla

Director: José San Martín López

Madrid

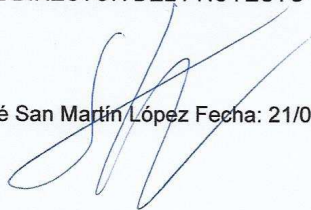
Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Diseño de juegos educativos que integren juguetes electromecánicos  
para dinámicas de inclusión social  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2019/2020 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Blanca Zumárraga Arjonilla Fecha: 21/ 07/2020

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: José San Martín López Fecha: 21/07/2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Diseño de juegos educativos que integren juguetes electromecánicos  
para dinámicas de inclusión social  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2019/2020 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Blanca Zumárraga Arjonilla Fecha: 21/ 07/2020

Autorizada la entrega del proyecto  
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: José San Martín López Fecha: 21/07/2020



# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

## DISEÑO DE JUEGOS EDUCATIVOS QUE INTEGREN JUGUETES ELECTROMECÁNICOS PARA DINÁMICAS DE INCLUSIÓN SOCIAL

Autor: Blanca Zumárraga Arjonilla

Director: José San Martín López

Madrid



# **DISEÑO DE JUEGOS EDUCATIVOS QUE INTEGREN JUGUETES ELECTROMECAÑICOS PARA DINÁMICAS DE INCLUSIÓN SOCIAL**

**Autor: Zumárraga Arjonilla, Blanca.**

Director: San Martín López, José

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

Diseño de juego educativo utilizando un robot sobre los Derechos Humanos. Los jugadores son capaces de controlar el robot en función de códigos de colores. El robot interpreta dichos códigos y realiza una acción u otra. Diseño de una herramienta robótica que sirve de apoyo a personas con TEA (Trastorno del Espectro Autista). Su objetivo es facilitar la comunicación de dicho colectivo con su entorno.

**Palabras clave:** Robot, Arduino, Derechos Humanos, TEA

### **1. Introducción**

Los robots se han convertido en una parte esencial de nuestra sociedad. Actualmente, la robótica está presente tanto en las industrias y fábricas como en las oficinas, hospitales, comercios y laboratorios. Pero, desde hace unos años se han empezado a utilizar robots para ayudar a personas con algún tipo de discapacidad. Muchas investigaciones y estudios han evidenciado los beneficios y el gran potencial que tienen los robots cuando se utilizan para terapias, como, por ejemplo, aquellas diseñadas para personas con TEA (Trastorno del Espectro Autista) [CRUZ14]. En otra área donde en los últimos años ha habido mayor presencia de robots es en la educación. Se están diseñando robots para que los estudiantes los usen como herramientas para facilitar el aprendizaje [RUIZ07].

### **2. Definición del proyecto**

Diseño de un juego educativo cuyo atractivo principal es el uso de un robot que es capaz de interpretar códigos de colores y realizar diferentes acciones en función del código interpretado. El juego se basa en los artículos de los Derechos Humanos y está orientado para niños y niñas de entre 5 y 12 años. El juego consiste en una historia en la que se presentan una serie de situaciones a los jugadores, los cuales deben elegir que opción realizar. El robot va a realizar tres acciones en esta historia. Avanzar lentamente, a velocidad crucero o a alta velocidad. En función de la opción elegida, se le da a cada niño un código de color para que se inserte en el tablero. Esto se realiza con todas las situaciones que se les presentan. Al final de cada situación se detiene el juego para comentar el artículo y su importancia.

Diseño de un robot móvil que sirve de herramienta a las personas con TEA. Se diseña con el objetivo de facilitar la comunicación de este colectivo con su entorno ya que han surgido investigaciones que muestran el gran potencial de este tipo de herramientas en las terapias con niños y niñas. Se ha diseñado para la Fundación Esfera con el objetivo

de usar dicho robot en terapias con niños y niñas. Se ha construido un robot móvil guiado capaz de moverse gracias a una aplicación móvil en un dispositivo a través de la cual el usuario manda órdenes mediante Bluetooth. Incluye sensores que, entre otras cosas, evitan colisiones, emiten sonidos, emiten luces o muestran frases por una pantalla.

### **3. Resultados**

- El juego educativo tuvo mucho éxito entre los participantes ya que, una vez terminado el juego, los jugadores comentaron que nunca habían aprendido el tema de los Derechos Humanos con herramientas robóticas, pero, les pareció una forma muy entretenida. A través del uso del robot, los jugadores estaban más concentrados ya que en ningún momento plantearon rendirse. Los niños y niñas muestran más atención cuando se utilizan herramientas robóticas con las que pueden interactuar.
- El juego fomentó el trabajo en equipo ya que todas las situaciones requerían una respuesta consensuada y aceptada por todos los jugadores del mismo equipo. Además, se trabajó la creatividad, ya que, al final del juego, los jugadores debían crear una situación basada en algún artículo sobre los Derechos Humanos que no se hubiera trabajado en el juego. Tuvieron que crear una pequeña historia e inventar las diferentes opciones: una incorrecta, una neutra y una correcta. De esta forma, relacionan una acción de la vida cotidiana como buena o como mala, ya que se les pidió que fueran opciones que podrían ocurrir dentro de una sociedad.
- Tras la construcción del robot facilitador de la comunicación para niños y niñas con TEA, se realizan distintas pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de los componentes tanto individualmente como todos ellos en conjunto. Cuando el robot se encuentra un obstáculo en su camino, se detiene. La comunicación entre el dispositivo electrónico y el robot funciona correctamente y el robot recibe las órdenes que envía el usuario vía Bluetooth. El robot muestra frases por una pantalla y enciende una matriz de LEDs mostrando iconos. El robot es capaz de avanzar hacia delante y hacia atrás, girar a la derecha y a la izquierda y detenerse.

### **4. Conclusiones**

La robótica educativa supone un cambio de metodología en la educación ya que cambia el sistema educativo actual y ofrece una alternativa didáctica más acorde con los requerimientos del mundo actual, ya que con el sistema educativo tradicional se da una cantidad elevada de información al alumno el cual no es capaz de reflexionar y asimilar los conceptos de una forma sencilla. Utilizando herramientas robóticas se fomentan distintas habilidades que no se desarrollan con la educación tradicional, como son la creatividad, el trabajo en equipo y resolución de problemas, entre otras.

Ha quedado demostrado que la robótica tiene mucha importancia fuera de las industrias y fábricas ya que existen multitud de áreas en las que se pueden implantar herramientas robóticas. Diseñar y construir herramientas que sirvan de apoyo a personas que tengan algún tipo de discapacidad es una de esas áreas. Además, en los últimos años se han realizado multitud de investigaciones que hablan del potencial que tienen los robots en ciertos tratamientos y cómo ayudan tanto a los terapeutas como a las personas con

discapacidad. El robot desarrollado pasará a manos de la Fundación Esfera una vez haya sido construido por completo y se hayan realizado todas las pruebas correspondientes. A partir de ese momento, se utilizará en terapias con niños y niñas y se estudiará si existen mejoras en el tratamiento o no.

## 5. Referencias

- [CRUZ14] J. Cruz Ardila y Y. Salazar, "APLICACIÓN ROBÓTICA PARA REALIZAR TERAPIAS EN NIÑOS CON AUTISMO", Laccei.org. Informe LACCEI, Guayaquil, Ecuador, 22 julio 2014. [Online]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP026.pdf>. [Accessed: 23- Feb- 2020].
- [RUIZ07] E. Ruiz-Velasco Sánchez, Educatrónica: INNOVACION EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LA TECNOLOGIA. Libro, editorial Díaz de Santos, 2007, pp. 57-115.



# **DESIGN OF EDUCATIONAL GAMES THAT INTEGRATE ELECTROMECHANICAL TOYS FOR SOCIAL INCLUSION DYNAMICS**

**Author: Zumárraga Arjonilla, Blanca.**

Supervisor: San Martín López, José

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **ABSTRACT**

Design of an educational game using robots based on Human Rights. The players are able to control the robot with color codes. The robot interprets those color codes and performs one action or another. Design of a robotic tool that supports people with ASD (Autism Spectrum Disorder). The objective of this robot is to facilitate the conversation of the person with ASD with his or her environment.

**Keywords:** Robot, Arduino, Human Rights, ASD

## **1. Introduction**

Robots have become an essential part of our society. Nowadays robotics is present in industries and factories as well as in offices, hospitals, business and laboratories. However, in the past years' professionals have begun to use robots to help people with some kind of disability. Many investigations and studies have provided evidence of the benefits and the potential that robotics has when it is used in therapies, for example, those designed for people with ASD [CRUZ14]. Other areas where the presence of robotics has multiplied is in education. Professionals are designing robots for students to use as tools to help their learning process [RUIZ07].

## **2. Definition of the project**

Design of an educational game whose main attraction is the use of a robot capable of interpreting color codes and perform different actions according the color code. The game is based in the Human Rights articles and is aimed at children between the ages of 5 and 12. The game consists of a story in which a series of situations are presented to the players, who then have to decide one of the options available.

Design of a mobile robot to be used as a tool for people with ASD. The main objective of this robot is to facilitate the communication of this collective with its environment, due to the fact that recent studies have shown the enormous potential of robotics in therapies in children. The robot is designed to be used by the 'Fundacion Esfera' in therapy for children. The robot is designed to be able to move guided by the user's commands sent via Bluetooth with an app. The robot is equipped with sensors that, among other things, can prevent collisions, the emission of noises or lights and can show texts on a screen.

## **3. Results**

- The educational game had a huge success among the participants. Once the game was over, the players stated they had never learnt about the Human Rights before using robotics, although they enjoyed this new approach. Using a robot for learning push the participants to be more focused in the game, given that no player wanted to give up. The girls and boys show more attention and will to learn when they use robotic tools with which they can control and interact.
- The educational game enhanced team work within each of the players due to the fact the game required a unanimous decision accepted by all the players. Furthermore, the game forced the players to use their creativity, because they had to come up with their own situation based on one of the Human Rights articles that had not been used in the previous situations. They had to create their own story and invent different outcomes: One of which had to be unethical, another one of which had to be neutral and the last one had to be ethical. With this, the players can identify real life situations in this game because they were asked to come up with realistic situations that can take place in their lives.

After the construction of the mobile robot used as a tool for children with ASD designed, test and experiments are run to ensure the correct functioning of the individual elements of the robot as well as all ensemble together. When the robot finds an obstacle in their path, it stops. The communication between the electronic device and the robot worked correctly and the robot receives the commands that the user sends via Bluetooth. The robot shows a text in the screen and displays an icon in the LED matrix. The robot is capable of moving forwards and backwards, is capable of turning right and left and is capable of stopping.

#### **4. Conclusions**

The educational robotics changes the methodology that guides the education nowadays due to the fact that it offers a didactic alternative more suitable to the requirements of the current society. In the traditional education system the students are given an extreme amount of information that can't be processed and absorbed easily. Using robotic tools the students can nurture different abilities that are not developed in the traditional education system, such as creativity, team-work and problem solving, among others.

It has been proved that robotics have an immense importance outside of industries and factories because there are others areas where these technologies can be implemented. The designing and construction of support tools for people with some kind of disability

is one of the many applications these technologies have. Moreover, in the last few years many investigations have been conducted aiming to prove the benefits that robotic tools offer in certain therapies with people with some kind of disability. Once the robot is built completely and test are run, it will be donated to the 'Fundacion Esfera' to be used in therapies for children with ASD to demonstrate the benefits that it can offer to this collective.

## 5. References

- [CRUZ14] J. Cruz Ardila y Y. Salazar, "APLICACIÓN ROBÓTICA PARA REALIZAR TERAPIAS EN NIÑOS CON AUTISMO", Laccei.org. Informe LACCEI, Guayaquil, Ecuador, 22 julio 2014. [Online]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP026.pdf>. [Accessed: 23- Feb- 2020].
- [RUIZ07] E. Ruiz-Velasco Sánchez, Educatrónica: INNOVACION EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LA TECNOLOGIA. Libro, editorial Díaz de Santos, 2007, pp. 57-115.

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

<i>Índice de la Memoria</i> .....	12
<i>Índice de Figuras</i> .....	14
<i>Índice de Tablas</i> .....	16
<i>Índice de Gráficas</i> .....	17
<i>Índice de Ecuaciones</i> .....	18
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>19</b>
1.1 Introducción .....	19
1.2 Motivación .....	20
<b>Capítulo 2. Estado de la Cuestión</b> .....	<b>22</b>
<b>Capítulo 3. Definición del Trabajo</b> .....	<b>24</b>
3.1 Objetivos .....	24
3.2 Metodología .....	25
3.3 Planificación.....	26
<b>Capítulo 4. Estado del Arte de la robótica</b> .....	<b>28</b>
4.1 Robótica .....	28
4.2 Robots móviles.....	34
4.3 Robótica educativa .....	37
<b>Capítulo 5. Desarrollo juego educativo</b> .....	<b>44</b>
<b>Capítulo 6. Robot TEA</b> .....	<b>49</b>
6.1 Microcontrolador.....	50
6.2 Sensor ultrasónico .....	53
6.3 Matriz LEDs.....	55
	12

6.4 Buzzer.....	58
6.5 Módulo Motor DC.....	61
6.6 Módulo Display .....	67
6.7 Comunicación.....	71
6.8 Estructura .....	74
6.9 Circuito Completo .....	77
6.10 Software .....	81
<b>Capítulo 7. Análisis de Resultados Robot TEA .....</b>	<b>84</b>
7.1 Prueba Motores .....	85
7.2 Prueba Pantalla LCD.....	87
7.3 Prueba Matriz LED .....	89
7.4 Prueba Detección de obstáculos.....	91
7.5 Prueba Sensor de ultrasonidos.....	92
<b>Capítulo 8. Estimación Coste .....</b>	<b>97</b>
8.1 Coste Juego Educativo .....	97
8.2 Coste Robot TEA .....	98
8.2.1 Hardware.....	99
8.2.2 Software.....	103
<b>Capítulo 9. Conclusiones y Trabajos Futuros.....</b>	<b>106</b>
<b>Bibliografía 110</b>	
<b>ANEXO I. Código.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO II. Estructura .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO III. Objetivos de Desarrollo Sostenible .....</b>	<b>126</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Robot Unimate [UNIM11] .....	28
Ilustración 2. Robot Shakey [SHAK19] .....	35
Ilustración 3. Robot móvil a la izquierda [MIR20]. AGV a la derecha [DANB20]. .....	37
Ilustración 4. Metodología Complubot Smart Project [COMP18].....	40
Ilustración 5. Metodología Ebotics para Educación Infantil [EBOT18] .....	41
Ilustración 6. Metodología Ebotics para Educación Primaria [EBOT18] .....	42
Ilustración 7. Metodología Ebotics para Educación Secundaria [EBOT18].....	43
Ilustración 8. Robot Ozobot [OZOB12] .....	45
Ilustración 9. Tablero del juego sobre los Derechos Humanos .....	48
Ilustración 10. Diagrama de bloques robot.....	50
Ilustración 11. Placa Arduino Mega 2560 [ARDU10] .....	52
Ilustración 12. Sensor ultrasónico HC-SR04 [TIEN20] .....	54
Ilustración 13. Circuito Arduino- Sensor de ultrasonidos .....	55
Ilustración 14. Matriz LEDs 16x16 [DHGA20] .....	57
Ilustración 15. Circuito Arduino-Matriz LEDs .....	58
Ilustración 16. Buzzer [FARN20] .....	59
Ilustración 17. Circuito Arduino-Buzzer .....	61
Ilustración 18. Driver controlador de motores doble puente H L298N [SPAR00] .....	64
Ilustración 19. Motor DC TT [FLEX20] .....	65
Ilustración 20. Interior Motor DC TT [ADAF20] .....	65
Ilustración 21. Circuito Arduino-Módulo Motor.....	67
Ilustración 22. Display TFT a la izquierda [ELEC2020]. Display LCD a la derecha [ELET20].....	68
Ilustración 23. Controlador I2C para LCD [TIED20] .....	70
Ilustración 24. Circuito Arduino- Módulo Display .....	71
Ilustración 25. Módulo HC-05 [TIET20] .....	72

Ilustración 26. Circuito Arduino HC-05.....	74
Ilustración 27. Estructura robot [TIMC15].....	77
Ilustración 28. Circuito Arduino completo.....	80
Ilustración 29. Arduino Bluetooth Controller modo consola .....	86
Ilustración 30. Ruedas para la prueba de motores .....	86
Ilustración 31. Disposición motores para la prueba de motores.....	87
Ilustración 32. Mensajes en la prueba de la pantalla LCD .....	89
Ilustración 33. Resultados de la prueba de la matriz LED .....	90
Ilustración 34. Prueba de distancia para la prueba de detección de obstáculo .....	92
Ilustración 35. Disposición robot para la prueba de detección de obstáculos .....	93
Ilustración 36. Resultados de las pruebas del sensor de ultrasonidos .....	94
Ilustración 37. Valores sensor ultrasonidos proporcionados por el fabricante [ELES10]..	96
Ilustración 38. Ángulo visión obtenido de las pruebas.....	96
Ilustración 39. Plataforma inferior.....	122
Ilustración 40. Plataforma superior .....	122
Ilustración 41. Módulo motor exterior .....	123
Ilustración 42. Módulo motor interior .....	123
Ilustración 43. Sujeción placa base.....	124
Ilustración 44. Sujeción pantalla LCD .....	124
Ilustración 45. Ruedas .....	125
Ilustración 46. Pieza cinta.....	125
Ilustración 47. Objetivos de Desarrollo Sostenible [NACI15].....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Placa Arduino Mega 2560 [ARDU10] .....	53
Tabla 2. Características HC-SR04 [TIEN20] .....	55
Tabla 3. Características Matriz LEDs 16x16 [DHGA20] .....	57
Tabla 4. Características Buzzer [FARN20] .....	60
Tabla 5. Características Driver controlador motores doble puente H L298N [SPAR00] ..	64
Tabla 6. Características Motor DC TT [FLEX20] .....	66
Tabla 7. Características Display LCD [ELET20] .....	69
Tabla 8. Características Controlador I2C para LCD [TIED20] .....	70
Tabla 9. Características HC-05 [TIET20] .....	73
Tabla 10. Pines Arduino .....	79
Tabla 11. Matriz de cara sonriente .....	83
Tabla 12. Matriz de puntos de la prueba del sensor ultrasonidos .....	94
Tabla 13. Coste estimado del juego educativo .....	98
Tabla 14. Costes Hardware .....	103
Tabla 15. Costes Software .....	104
Tabla 16. Desglose de piezas de la estructura .....	121



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Planificación .....	27
Gráfica 2. Estimación de la instalación anual de Robots Industriales [IFRP19].....	30
Gráfica 3. Instalación anual de Robots Industriales según industrias [IFRP19] .....	32
Gráfica 4. Evolución de las unidades de Robots de Servicio Profesional [IFRP19].....	33
Gráfica 5. Evolución de los Robots Domésticos y Robots de Entretenimiento [IFRP19] ..	34

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 ..... 95

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

### ***1.1 INTRODUCCIÓN***

La robótica es una rama de la ingeniería que está formada por un conjunto de disciplinas: computación, control, mecánica, eléctrica y electrónica. Cada una de ellas aporta conceptos y elementos fundamentales para analizar, diseñar y construir máquinas automáticas, conocidas como robots. Los robots se han convertido en una parte esencial de nuestra sociedad. Actualmente la robótica está presente tanto en las industrias y fábricas como en las oficinas, hospitales, comercios, laboratorios y hogares. El atractivo de los robots es que son capaces de realizar tareas de alto riesgo y alta precisión con un rendimiento excelente, ya que pueden trabajar durante largos periodos de tiempo sin disminuir la productividad. Es por esto que se utilizan sobre todo en industrias como la del automóvil. Pero desde hace unos años se ha ido introduciendo la robótica en otras áreas, como por ejemplo el hogar, para realizar tareas repetitivas y monótonas que resultan aburridas o desagradables para los seres humanos. Se utilizan además para llegar a lugares a los que es inviable enviar a una persona debido al alto riesgo que supondría para su salud o lugares inaccesibles para los humanos, como por ejemplo realizar ciertas misiones espaciales, investigaciones en el fondo del océano o en áreas volcánicas. Pero desde hace unos años se han empezado a utilizar robots para ayudar a personas con algún tipo de discapacidad. Se han diseñado robots capaces de ayudar a personas con dificultades en la movilidad, robots capaces de guiar a personas con discapacidad visual o robots capaces de dar más independencia a personas con discapacidades motoras. Muchas investigaciones y estudios han evidenciado los beneficios y el gran potencial que tienen los robots cuando se utilizan para terapias, no solo aquellas destinadas a una discapacidad física, sino también terapias que trabajan distintos trastornos. Varios estudios confirman que los niños y niñas con TEA (Trastorno del Espectro Autista) aprenden más y se sienten más cómodos cuando interactúan con robots que cuando lo hacen

con seres humanos [CRUZ14]. Por esta razón, se están desarrollando robots que ayuden a los niños y niñas con TEA a mejorar las habilidades sociales, emocionales y cognitivas.

En otra área donde en los últimos años ha habido mayor presencia de robots es en la educación. Se están diseñando robots para que los estudiantes los usen como herramientas para facilitar el aprendizaje. Han surgido nuevas metodologías que introducen la robótica y los robots en la educación primaria, secundaria y en bachillerato a través de juegos y/o proyectos. De esta forma surge la Robótica Educativa. Es una disciplina dentro de la robótica que se basa en diseñar, desarrollar y emplear robots en un entorno educativo que faciliten al alumno el estudio de las ciencias y las tecnologías. Muchos docentes y profesionales avalan esta nueva metodología ya que aseguran que los estudiantes se muestran más atentos e interesados al usar robots en las clases. Además, afirman que usar robots en un entorno educativo favorece el desarrollo de habilidades que no se fomentan con la metodología educativa tradicional, como el trabajo en equipo, el fomento del emprendimiento, la creatividad y la curiosidad, entre otras muchas.

Debido a la gran variedad de usos y la versatilidad de las aplicaciones en las que se pueden usar robots, se estima que el número de robots que se van a demandar en los próximos años, tanto industriales como de servicios (robots que se usan fuera del entorno industrial) se va a duplicar y que en 2030 los robots ocuparán 20 millones de empleos en todo el mundo.

## ***1.2 MOTIVACIÓN***

Este proyecto busca mostrar al lector cómo la robótica tiene un valor añadido muy importante fuera de las industrias y fábricas. Hay muchas áreas en las que se pueden utilizar, para mejorar la vida de los usuarios que usen robots, para ahorrar tiempo haciendo tareas repetitivas, para mejorar sistemas y/o metodologías o para agilizar investigaciones, entre otras cosas. No todos los robots están destinados a disminuir los costes, mejorar la precisión y el rendimiento o mejorar la producción.

Una motivación extra es buscar una herramienta robótica que facilite el aprendizaje y la retención de ciertos conocimientos para los estudiantes. Aprender a través de juegos con robots ha demostrado ser más llamativo e interesante para los niños y niñas ya que los relacionan con juguetes. Esto es una ventaja para los profesores que debe ser explotada y aprovechada.

Además, se quiere diseñar una herramienta que favorezca la comunicación de las personas con TEA. Los ingenieros tienen la responsabilidad añadida de contribuir a la sociedad a través de los conocimientos tecnológicos que se han adquirido en la carrera para buscar soluciones a problemas que una minoría presenta, ya que ellos, en este caso, no son capaces de hacerlo. Se debe buscar la igualdad de oportunidades para todos y ayudar a las personas para que alcancen el óptimo desarrollo tanto social como personal.

Este proyecto surgió de la relación presente entre la universidad Rey Juan Carlos y la Fundación Esfera. Es una entidad privada sin ánimo de lucro que busca crear recursos y ofrecer servicios a aquellas personas que necesiten atención al tener diversidad funcional. Además, realiza actividades destinadas a la inclusión de las personas con discapacidad en la sociedad.

## **Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Estos últimos años se ha comenzado a utilizar robots en muchas aplicaciones distintas a las tradicionales, como es el sector industrial. Se han realizado investigaciones en las que se exponían datos que manifestaban en potencial que presenta la robótica en ciertas áreas. En 2007, Enrique Ruiz Velasco Sánchez escribió en *Educatrónica*, un libro en el que expone una disciplina educativa llamada Robótica Pedagógica, que ha servido de base para futuras investigaciones [RUIZ07]. A partir de esta fecha, profesionales docentes comenzaron a incluir sus robots en las clases. De esta forma, surge la Robótica Educativa. Desde entonces se han creado infinitos robots educativos y juegos educativos que utilizan robots para apoyar al alumno en el aprendizaje. Gracias al número elevado de robots que existen en el mercado actualmente es sencillo crear un juego educativo robótico, dado que no es necesario montar el propio robot, sino que se puede obtener un robot preparado para usarse al momento. Aun con todas las facilidades, no se ha desarrollado anteriormente un juego que enlace la robótica con los Derechos Humanos. Esta es una de las razones principales por la que se decidió diseñar y crear un juego en el que se tratase esta temática. Además de su importancia en la sociedad actual, es un tema que no se trabaja con niños y niñas pequeños debido a su complejidad. A través del juego, los niños y niñas entienden y conocen los artículos de los Derechos Humanos a través de ejemplos y situaciones que están adaptadas para ellos y son realísticas. De esta forma identifican el problema de una forma más rápida.

Muchas otras investigaciones muestran el beneficio del uso de robots en terapias para usarse en la rehabilitación de personas que han sufrido un accidente. Estos robots se conocen como Robots Socialmente Asistidos. Actualmente, profesionales médicos, enfermeros, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y rehabilitadores buscan terapias usando robots que generen una mejoría en las terapias. En el caso de niños y niñas con el trastorno del espectro autista, se han desarrollado numerosas terapias con robots que ayudan a este colectivo. La Fundación Esfera, a la cual se va a entregar el robot una vez se haya construido, pidió a la

Universidad Rey Juan Carlos un robot para utilizarlo en terapias para niños y niñas con TEA. Hay muchos proyectos similares al que se ha desarrollado. La Unión Europea está financiando un proyecto denominado DREAM, que utiliza el robot NAO, un robot humanoide (con forma de humano), programable y autónomo, cuyo objetivo es ayudar a los terapeutas a mejorar las habilidades sociales de los niños y niñas con TEA [DREA19]. Están desarrollando nuevas terapias usando un robot con un grado de autonomía muy alto. Los resultados del proyecto aún no se han publicado. La desventaja del proyecto es que el robot NAO no es un robot que muchas familias puedan permitirse debido a que su precio en el mercado es alto. Por esta razón, se ha querido diseñar un prototipo de robot móvil que ayude a los padres y terapeutas a mejorar las habilidades sociales y personales del colectivo. Se pretende crear un robot económico para que pueda ser utilizado. Además, el robot va a permitir al usuario tener una mayor interacción con él ya que es el usuario el que guía al robot a través de una app en un dispositivo electrónico.

## **Capítulo 3. DEFINICIÓN DEL TRABAJO**

### **3.1 OBJETIVOS**

El objetivo que persigue este proyecto es ofrecer al lector una visión general del estado de arte de la robótica en la actualidad, centrándose en los robots móviles y profundizando en aquellos aplicados a la robótica educativa tanto en la educación infantil, primaria y secundaria, para mostrar cómo se ha desarrollado un juego educativo relacionado con los derechos humanos. Se hace hincapié en el área de la robótica educativa ya que el robot que se ha usado en el juego creado es un robot diseñado para usarse en la disciplina de la robótica educativa. Hay muchos tipos de robots educativos, pero se eligió uno cuyo funcionamiento fuera sencillo de entender ya que este juego se ha realizado en un evento al que podían asistir niños y niñas de distintas edades, pero sobre todo por debajo de los 15 años. De esta forma, los niños y niñas empezaban a jugar cuanto antes sin perder mucho tiempo explicando el funcionamiento del robot. A través de este juego se buscaban los siguientes objetivos:

- Juego educativo atractivo para los niños.
- Juego educativo en el que el robot fuera una parte esencial.
- Juego educativo con el que los niños y niñas aprendan un tema fundamental: Los Derechos Humanos.
- Comprobar que los robots educativos son una herramienta que facilita el aprendizaje de los niños y niñas.

Como antes se ha comentado, este proyecto se centra además en los robots móviles, que son aquellos que pueden desplazarse tanto de forma autónoma como guiados por un usuario. Se hace hincapié en este tema porque se ha diseñado un prototipo de un robot móvil facilitador de la comunicación para las personas con TEA. El objetivo principal que tiene este robot es ayudar a las personas diagnosticadas con TEA a interactuar con su entorno. En cuanto al diseño del robot, los objetivos que se buscan son los siguientes:



- Robot capaz de desplazarse guiado mediante una app de móvil. Para ello debe ser capaz de evitar obstáculos para impedir la colisión.
- Robot capaz de comunicarse con otros avatares mediante Bluetooth, es decir, otros robots iguales a él. De esta forma, se puede favorecer la comunicación entre dos personas con TEA
- Robot capaz de mostrar frases por una pantalla. Dichas frases serán escritas por el usuario a tiempo real y enviadas mediante Bluetooth al robot, el cual lo mostrará en un display.
- Robot capaz de mostrar iconos, como por ejemplo emoticonos como caras sonrientes y tristes, gracias a unos LEDs. Dicho emoticono será elegido por el usuario a tiempo real y enviadas mediante Bluetooth al robot.
- Robot capaz de mostrar a través de sensores u otros tipos de salidas el estado de ánimo en cada momento

### **3.2 METODOLOGÍA**

Para tener un conocimiento sobre la robótica educativa y los robots móviles, primero se ha tenido que leer y analizar el estado del arte de la robótica en general para poder crear el juego y diseñar y construir el robot. Para la creación de este juego, se partió de una idea dada por el director del trabajo de fin de grado. Para este juego se eligió utilizar un Ozobot, un robot capaz de seguir líneas negras e interpretar códigos de colores que se encuentran en su camino. Para tener una primera toma de contacto con el robot se asistió a unas charlas en la universidad Rey Juan Carlos en las que la ponente hablaba sobre la robótica educativa e hizo hincapié en este robot y en sus usos en la educación, además de mostrar su funcionamiento a través de un ejemplo. A partir de ahí mi compañera, Judith Serra, y yo, creamos un juego utilizando el Ozobot, un robot capaz de seguir líneas negras e interpretar códigos de colores que se encuentran en su camino. El proceso que se siguió para la creación del juego comenzó eligiendo los artículos que se querían tratar. A continuación, se creó la historia en la que se iba a basar el juego. Una vez se terminó esta fase, se comenzó a buscar los recursos que se necesitaban para la creación del juego, como tarjetas, tablero y demás. Y por último, se realizaron pruebas antes del evento para comprobar que el desarrollo del juego era el esperado.

En cuanto al diseño del robot, se procedió primero a investigar sobre los componentes necesarios que se iban a utilizar en el robot para comprender su funcionamiento y analizar la conexión con el resto de elementos y la placa base. A continuación se procedió a conectar cada componente a la placa base en una aplicación para ver la disposición de todos los elementos y analizar qué estructura se necesitaba para que el robot fuera estable. Una vez realizado esto, se procedió a desarrollar el código principal del robot. Después, se construyó el robot conectando todos los componentes a la placa base. Y por último, se realizaron las pruebas necesarias para comprobar el funcionamiento del robot y de sus componentes.

### **3.3 PLANIFICACIÓN**

El juego educativo se quería utilizar en un evento organizado por la universidad que se realiza todos los años y se centra en dar a conocer nuevos hitos en el mundo de la tecnología, siendo nuevos robots, nuevas herramientas o nuevas metodologías, entre otras. Este evento se realizó en noviembre de 2019, por lo que se empezó a diseñar el juego educativo primero debido a que había una fecha límite muy cercana. Y se diseñaría el robot después de dicho evento. En diciembre y en mayo no se avanzaba con el proyecto debido a que en esas fechas tenían lugar los exámenes de la universidad. La Gráfica 1 muestra la planificación que se ha seguido en el desarrollo del proyecto. Como se observa, se han ido desarrollado varios temas a la vez, debido que muchos de ellos están relacionados.

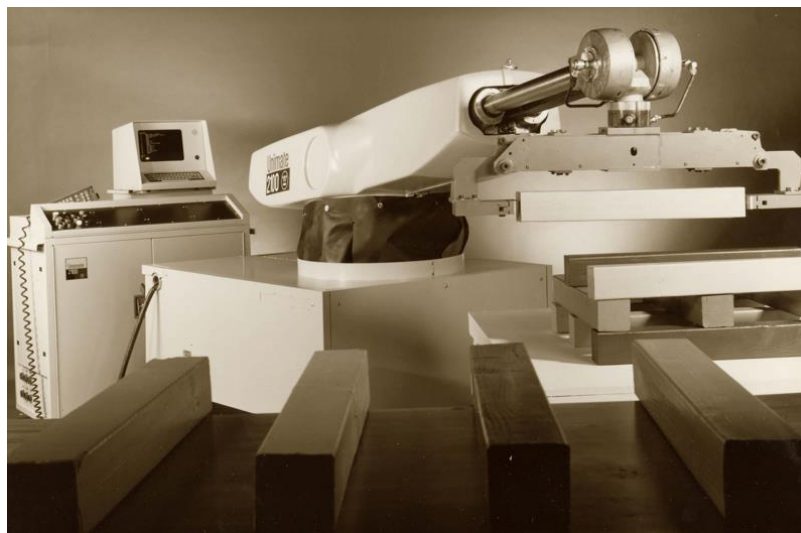
Tareas	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
<b>Fase 0: Toma de contacto</b>									
Investigar sobre robótica									
Investigar sobre Ozobot									
Investigar sobre el Estado del arte de la Robótica									
<b>Fase 1: Juego educativo</b>									
Leer y analizar la robótica educativa									
Creación de la historia									
Charlas sobre robótica educativa y Ozobot									
Diseñar y elaborar los materiales adicionales necesarios									
Comprobar funcionamiento del robot									
Evento Universidad									
<b>Fase 1: Robot TEA</b>									
Leer y analizar robots móviles									
Diseño del robot									
Elección de componentes									
Desarrollo del código									
Construcción Robot									
Realización de pruebas									
Presentar TFG									

*Gráfica 1. Planificación*

## Capítulo 4. ESTADO DEL ARTE DE LA ROBÓTICA

### 4.1 ROBÓTICA

El término robot lleva en nuestra sociedad muchos años y su definición es complicada de acotar debido al uso de esta palabra en la ciencia-ficción presente en la literatura y en el cine. Según la Real Academia Española, la palabra robot hace referencia a una *máquina o ingenio electrónico programable que es capaz de manipular objetos y realizar diversas operaciones* [REAL19]. La primera máquina que responde a este nombre apareció en 1956, con el desarrollo de Unimate, el primer robot industrial, diseñado por George Devol. La Ilustración 1 muestra el robot Unimate desplazando un objeto. Este robot fue instalado en una planta de fundición a presión de General Motors en Trenton, Nueva Jersey. El Unimate se encargaba de realizar una tarea perjudicial para los seres humanos, transportar piezas que estaban fundidas en un molde, hasta la cadena de montaje donde este mismo robot soldaba cada pieza al chasis del vehículo.



*Ilustración 1. Robot Unimate [UNIM11]*

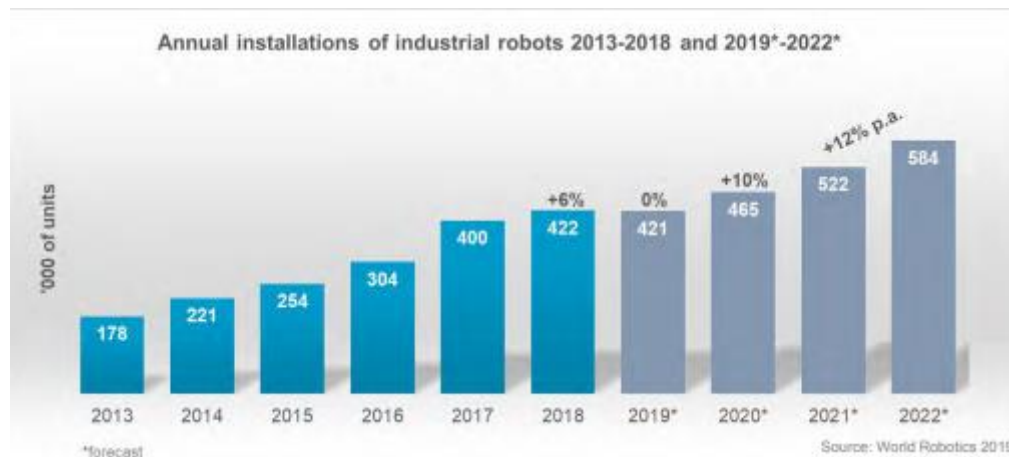
Los robots se pueden clasificar en función de su uso y entorno en robots industriales y robots de servicios [MOON09]. Los robots industriales se encargan de manipular piezas en una línea de montaje o fabricación. Por eso, se suelen denominar Robots Industriales Manipuladores. De acuerdo con la ISO 8373:2012 (Organización Internacional de Normalización), un robot industrial es un *manipulador multipropósito reprogramable y controlado automáticamente, programable en tres o más ejes, que puede fijarse en su lugar o ser móvil para su uso en aplicaciones de automatización industria* [INTE19].

Los robots industriales se pueden clasificar en función de muchas variables. Según su estructura mecánica se distinguen los siguientes robots: robot cartesiano, robot SCARA, robot articulado, robot delta/paralelo, robot polar y robot cilíndrico. Los robots cartesianos son robots que trabajan en las tres direcciones/ejes cartesianos X, Y y Z. Estos robots son muy flexibles y permiten ajustar la velocidad, el tamaño y la precisión del robot. Se utilizan a menudo en impresión 3D y para aplicaciones industriales como el manejo de materiales en las fábricas. Los robots SCARA tienen también 3 ejes (X, Y y Z) además de un movimiento giratorio. Es un brazo de robot de ensamblaje de cumplimiento selectivo. Son robots que se mueven más rápido que los robots cartesianos y se utilizan normalmente para ensamblar y paletizar. Los robots articulados presentan articulaciones rotativas que actúan como ejes. A mayor número de articulaciones, más grados de movimiento. Se utilizan en operaciones de ensamblaje, embalaje, empaquetado, soldadura, manejo de materiales y manipulación y cuidado de máquinas industriales. Los robots polares o esféricos poseen 2 articulaciones rotativas y un brazo extensible. Es decir, sus ejes forman el sistema de coordenadas polares, para que el robot tenga una zona de trabajo de forma esférica. Estos robots se usan para soldaduras, manejo de materiales, fundición a presión y moldeo por inyección. Los robots cilíndricos tienen una articulación giratoria, una articulación que les permite desplazarse en el eje vertical y un brazo extensible que le permite deslizarse en horizontal, formando así el sistema de coordenadas cilíndrico. Estos robots se usan en espacios reducidos en aplicaciones de ensamblaje. Los robots delta o robots paralelos tienen una base a la que están conectados tres brazos en forma de cono. Estos robots a diferencia del resto se montan sobre el espacio de trabajo, es decir, en el techo o alguna superficie similar. Son capaces de

desplazarse a altas velocidades con precisión, por lo que se utilizan en aplicaciones de selección y colocación, montaje y manejo.

En estos últimos años ha aparecido un nuevo tipo de robot denominado robot colaborativo. Estos robots son capaces de trabajar e interactuar con humanos de una forma segura sin causarles ningún daño, por lo que pueden usarse en el mismo ambiente que los humanos. Son robots flexibles y fáciles de instalar por lo que permite que las personas y los robots trabajen codo con codo en tareas de ensamblaje, entre otras. Uno de los primeros robots colaborativos fue creado por ABB en 2015 al que se denominó YuMi. Es un robot de doble brazo que proporcionó una automatización adicional en aplicaciones, por ejemplo, de ensamblaje de piezas pequeñas.

Según un informe realizado por el departamento de estadística del IFR (International Federation of Robotics) llevado a cabo en septiembre de 2019, el suministro estimado de robots industriales en estos últimos años ha crecido debido al aumento de las áreas donde se pueden aplicar los robots industriales [IFRP19]. La Gráfica 2 muestra los datos estimados de instalación de robots industriales desde el año 2008 hasta el 2022.

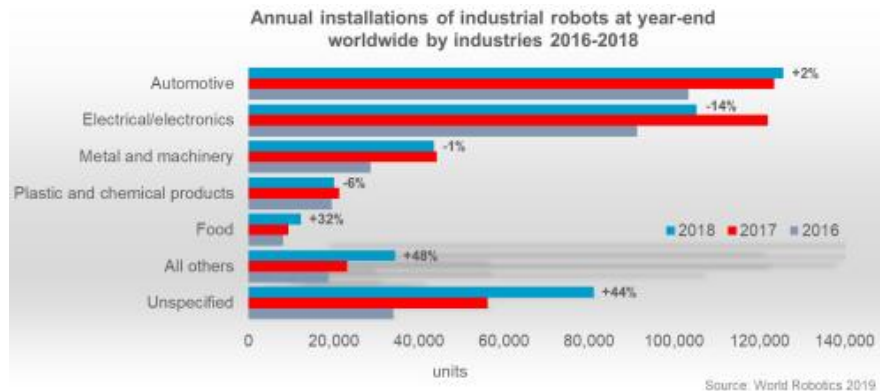


Gráfica 2. Estimación de la instalación anual de Robots Industriales [IFRP19]

Los sectores en los que se usan los robots industriales son cada vez más debido a la búsqueda de la automatización y la innovación por parte de las empresas. Las áreas en las que se encuentran la mayor cantidad de robots industriales son la industria automotriz, seguida por

la industria electrónica y eléctrica. Los robots industriales siempre han estado asociados a la industria automotriz desde que el Unimate se instaló en una fábrica de General Motors. Se comenzaron a utilizar robots industriales para automatizar procesos y así aumentar la productividad y acortar tiempos de fabricación. Se comenzaron a automatizar procesos de pintura, sellado, recubrimiento, soldadura, ensamblaje, mantenimiento de máquinas, eliminación de materiales, fundición a presión y el desplazamiento de grandes piezas. A día de hoy, la industria automotriz sigue siendo el sector en el que se utilizan el mayor número de robots. Se utilizan para reducir el tiempo de fabricación, recortar costes, consumir menos energía y aumentar la producción, entre otras ventajas.

Los robots industriales se están convirtiendo en una parte esencial en la industria electrónica. Tanto que en estos últimos años el número de robots que se han instalado en este sector es similar al número de robots instalados en la industria automotriz, según un informe realizado anualmente por la Federación Internacional de Robótica [IFRP19]. Los robots actualmente son capaces de manejar piezas cada vez más pequeñas y delicadas con gran precisión y alta velocidad, con desperdicio de material y recursos mínimo. Debido a esto, el rendimiento ha aumentado considerablemente al haber recortado en costes y al haber aumentado la producción. Los robots se usan en aplicaciones de montaje, embalaje, grabado, estampado, prensado, inspección, pruebas y manejo de materiales, entre otros. Los robots se podrían usar en cualquier etapa de producción, pero las aplicaciones mencionadas anteriormente son las más comunes. La Gráfica 3 muestra las unidades instaladas de robots industriales desde el 2016 hasta el 2018 según el sector.

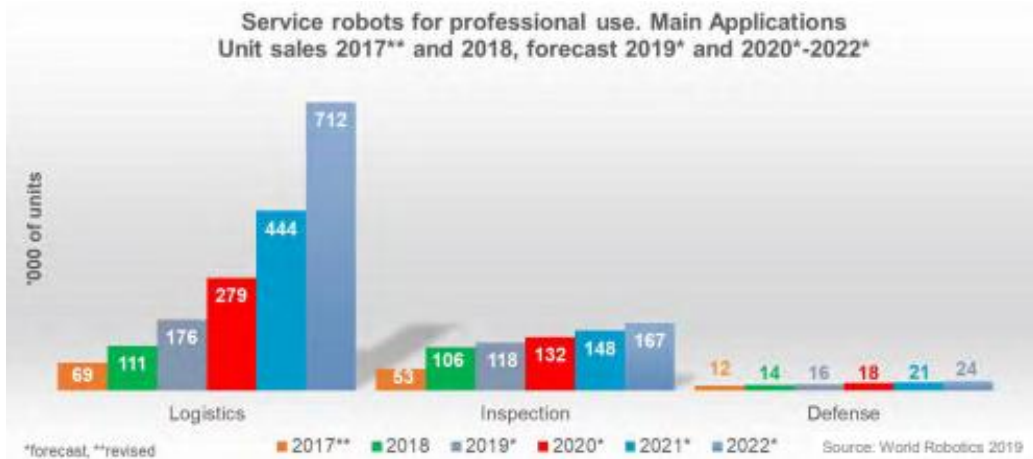


Gráfica 3. Instalación anual de Robots Industriales según industrias [IFRP19]

Los robots de servicio, según la ISO (8373), se definen como *aquellos robots que son capaces de realizar tareas útiles para los humanos o equipos, excluyendo las aplicaciones de automatización industrial* [IFRS19]. Estos robots tienen más diversidad que los robots industriales debido a su gran abanico de áreas de aplicación. Los robots de servicio a su vez se dividen en otros grupos en función de su aplicación. Dentro de los robots de servicio se encuentran los Robots de Servicio Profesionales que se utilizan en un entorno profesional pero fuera de una instalación de fabricación, los Robots Domésticos que se encargan de tareas del hogar que las personas realizan con regularidad y los Robots de Servicio para el Entretenimiento como juguetes o robots educativos, entre otros.

Dentro de los Robots de Servicio Profesionales, los robots que sobresalen por encima del resto, según un informe por la Federación Internacional de Robótica (IFR) sobre qué sectores son los que representan la mayor fracción de robots de servicios vendidos en 2018, son los vehículos autónomos guiados, que se usan para aplicaciones logísticas, y los robots de inspección y mantenimiento [IFRE19]. También se consideran robots de servicio profesional a los que se usan en aplicaciones de defensa y sanidad, como los robots que asisten a cirugías o aquellos que se encargan de dar asistencia a personas con discapacidad, personas mayores o enfermos [IFRE19]. La Gráfica 4 muestra la evolución estimada de venta de Robots de Servicio Profesionales según los sectores más importantes, obtenida de un informe publicado en 2019 por la Federación Internacional de Robótica (IFR).

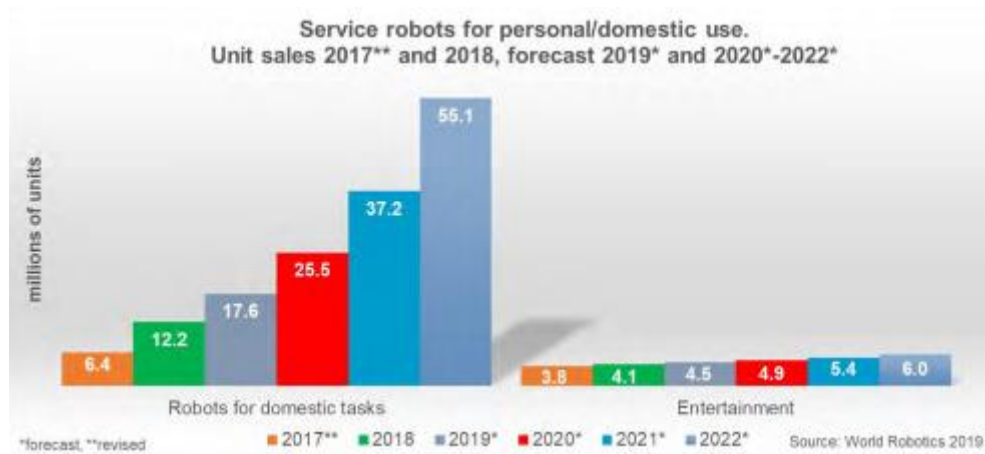




Gráfica 4. Evolución de las unidades de Robots de Servicio Profesional [IFRP19]

Dentro de los robots domésticos, encontramos, entre otros, la aspiradora Roomba, encargada de aspirar el suelo evitando los obstáculos a su alrededor gracias a una serie de sensores, el cortacésped Terra, encargado de cortar el césped de manera eficiente gracias al mapeo de cada jardín o el friegasuelos Braava, encargado de fregar el suelo para eliminar la suciedad adherida en el suelo y la grasa de la cocina.

La Gráfica 5 muestra la evolución estimada de venta de los robots domésticos y los robots para entretenimiento desde el 2017 hasta el 2022, obtenida de un informe anual realizado por la Federación Internacional de Robótica (IFR). Realizan estadísticas anuales sobre Robots Industriales y Robots de Servicios y las recogen en informes que más tarde venden a empresas.



Gráfica 5. Evolución de los Robots Domésticos y Robots de Entretenimiento [IFRP19]

La categorización de los robots según su entorno de trabajo y sus usos no es la única. Los robots se pueden clasificar también en función de su estructura mecánica, según la industria a la que pertenezcan y según su nivel de autonomía, entre otros.

## 4.2 ROBOTS MÓVILES

El primer robot móvil fue desarrollado por un grupo de ingenieros encabezados por Charles Rosen, en el Instituto de Investigación de Stanford y se muestra en la Ilustración 2. Shakey era un robot que tenía ruedas laterales que le permitían moverse y desplazarse y poseía sensores de detección para evitar colisiones. A través de un enlace de radio, Shakey se comunicaba con un ordenador que, además de procesar los datos que recibía del robot, le mandaba comandos, como por ejemplo cuánto tenía que girar o hasta dónde se tenía que desplazar.



*Ilustración 2. Robot Shakey [SHAK19]*

Los robots móviles son aquellos robots que pueden desplazarse de forma autónoma o guiada de un sitio a otro, normalmente transportando una carga, sin la intervención humana. En esta categoría existen dos tipos de robots: los robots móviles y los AGV (vehículos guiados automatizados). Ambos transportan cargas de un punto a otro, pero la forma en la que cada uno realiza esa acción es diferente. Los AGV utilizan uno de los siguientes sistemas de guía para conseguir que el robot transporte de carga: El primero es un sistema de guía de cables que están insertados en suelo que el vehículo detecta inductivamente. El segundo es un sistema de guía de imanes que se colocan en puntos estratégicos. Para saber la posición de la rueda y del robot, se utilizan giroscopios. Y, por último, el sistema de guía por láser utiliza un emisor-receptor láser y detecta puntos de referencia que están distribuidos por la fábrica para triangular su posición.

Los robots móviles no utilizan infraestructuras, sino que la detección y planificación de la ruta la realiza el robot a través de la información que recibe de sensores como, por ejemplo, sensores láser difusos o cámaras. Para ello, el robot debe recorrer toda a planta recopilando información de estos sensores antes de empezar a transportar carga. De esta forma, el robot

diseña un mapa interno de la fábrica. A través de este mapa y con los datos que recopila de sensores en tiempo real, el robot crea y modifica su camino en función de los obstáculos que se le presentan. Para conocer su posición, el robot utiliza algoritmos, reconociendo características clave del entorno para ayudar a localizarse (textura de la pared, maquinaria que le rodea...). En caso de que haya obstáculos por el camino, los robots móviles serán capaces de buscar una nueva ruta, mientras que los AGV una vez detectado el obstáculo, se detendrán.

Los robots móviles y los AVG pueden pertenecer a la categoría de robots industriales, si su aplicación se realiza en un entorno industrial o a los robots de servicio si se utilizan fuera del entorno industrial. Las aplicaciones de los robots móviles son muy variadas. Se usan robots móviles para servicios de limpieza, transporte de mercancías, seguridad y defensa, vigilancia y para las industrias agrícola, espacial, marina, nuclear, militar y minera. Además, se usan en comercios, hogares y en la extinción de incendios. En estos últimos años se están utilizando estos robots para acceder a sitios peligrosos (altas temperaturas, alta radiación o falta de seguridad) o lugares donde los humanos no pueden acceder. Este es el caso de los robots espaciales que se envían a los planetas, los robots que se utilizan ante catástrofes naturales para buscar supervivientes bajo los escombros y los robots que se utilizan para acceder a ciertas partes de las centrales nucleares.

Los vehículos guiados autónomos industriales (AGV) robots forman parte de un sistema que está formado, además de los robots, por un sistema de gestión de AGV, periféricos del sistema y redes e interfaces que les permiten comunicarse y recibir datos del entorno. Estos robots están diseñados cumpliendo los estándares de seguridad e incluyen sensores y otros dispositivos de seguridad para evitar colisiones. Los robots se usan comúnmente en el transporte y movimiento de materiales durante todo el proceso de fabricación en industrias, sobre todo si el material a manejar es peligroso (radiactivo o químico). Las industrias donde se pueden utilizar van desde el sector automotor (transporte de motores, herramientas, chasis), en el sector alimentario (transporte de materias primas y producto terminado) y en el sector sanitario (transporte de comida, basura, ropa, suministros y medicamentos), entre otros. En

cualquier industria que se necesite transportar materiales de forma repetitiva se usan este tipo de robots. La Ilustración 3 muestra un robot móvil y un AGV.



*Ilustración 3. Robot móvil a la izquierda [MIR20]. AGV a la derecha [DANB20].*

### **4.3 ROBÓTICA EDUCATIVA**

Hasta hace unos años, la robótica y la educación en las aulas han sido dos áreas completamente separadas. En la última década han aparecido docentes y otros profesionales que han mostrado su interés por la introducción de robots con fines educativos en las aulas como herramientas en el proceso educativo. Enrique Ruiz Velasco Sánchez escribió en 2007 *Educatrónica*, un libro en el que expone una disciplina educativa llamada Robótica Pedagógica, que ha servido de base para futuras investigaciones [RUIZ07]. De esta forma, surge la Robótica Educativa. Es una disciplina dentro de la robótica que se basa en diseñar, desarrollar y emplear robots en un entorno educativo que faciliten al alumno el estudio de las ciencias y las tecnologías. Con el avance de las tecnologías, se han diseñado robots que sirven como herramientas de apoyo al proceso educativo, sobre todo a los alumnos interesados en las áreas de conocimiento de las ciencias, las matemáticas, las tecnologías y la ingeniería (STEM), aunque también se usan en otras áreas como Historia y Geografía. Esta disciplina busca generar aprendizaje a partir de la propia experiencia durante el proceso de construcción y robotización de objetos o proyectos. Estos robots están diseñados desde un punto de vista robótico y un punto de vista educativo. Deben ser robots cuyo montaje y

manejo suponga un reto al alumno sin ser muy complejo y con el que aprendan a medida que lo usan. Muchas metodologías usan el aprendizaje a base de proyectos, ya que de esta forma hay un progreso por parte del alumno, que empieza con el montaje del robot y acaba con la consecución de diferentes logros.

La robótica educativa supone una ruptura en el sistema educativo tradicional, ya que es un sistema que se basa en que los estudiantes aprendan a construir modelos con la ayuda de un programa informático que haga que un robot ejecute unas órdenes concretas especificadas por el estudiante. Han surgido muchas empresas y colectivos que quiere introducir la robótica educativa en la educación de los niños, niñas y jóvenes. En España existe un Centro de Robótica Educativa llamado Complubot, con base en Madrid que surgió en 2003 en un colegio y que ha ido creciendo y ganando importancia hasta convertirse en un referente nacional e internacional. Son un grupo de personas especializadas en las distintas áreas en las que se basa la robótica y la educación: electrónicos, psicólogos, informáticos y maestros, entre otros. Su objetivo principal es extender el interés por la robótica, las ciencias y la tecnología entre los estudiantes de colegios. Para conseguir esto, han formado un equipo que participa en competiciones, charlas, conferencias informativas y exposiciones y eventos. Participan en competiciones internacionales y han sido cuatro veces campeones de la RoboCupJunior. Son un referente internacional con más de 50 premios internacionales. Participan en exposiciones internacionales como la Maker Faire de Roma y realizan talleres internacionales de introducción a la robótica, como por ejemplo en Holanda. Además, dan charlas internacionales. En 2012 ofrecieron una charla para el Laboratorio de Robótica Educativa de la UTN-FRT de Argentina [COMP18].

Han realizado múltiples proyectos que han resultado en nuevos robots educativos. Entre sus proyectos más destacados se encuentran los siguientes:

- Crystalino: Robot educativo basado en Arduino de fácil montaje que requiere solo un destornillador y cables de prototipado. Dispone de una gran cantidad de módulos, sensores y actuadores. Orientado a estudiante más avanzados

- Compluino 03: Robot educativo basado en Arduino sencillo de usar y entender. Dispone de una gran cantidad de módulos, sensores y actuadores. Orientado a estudiante más avanzados
- CompluARM: Brazo robótico educativo programable de 6 ejes basado en Arduino. Supone un gran desafío, por lo que está orientado a estudiantes más avanzados.
- Complubot Óptima: Kit desarrollado entre Complubot y Mecaduino que permite montar una impresora 3D
- Arduino Robot: Robot educativo desarrollado de forma conjunta entre Complubot y un equipo de Arduino

Son un centro que ofrece cursos de formación para estudiantes, formadores y aficionados a la robótica. Han desarrollado un sistema denominado Complubot Smart Project (CSP), que integra la robótica en los centros educativos para los estudiantes de primaria, secundaria y bachillerato tanto en español y en inglés. Ofrecen cuadernos, kits y equipamiento como recursos para el estudiante que han sido diseñados por educadores, psicólogos e ingenieros, además de cursos de formación para los docentes [COMP18]. El CSP es un sistema secuencial que se adapta al progreso del alumno. La Ilustración 4 muestra los robots que esta metodología propone en cada curso. Muchos de los robots que utilizan han sido desarrollados por ellos mismos para poder implantar exactamente lo que el estudiante necesita.



*Ilustración 4. Metodología Complubot Smart Project [COMP18].*

Además de Complubot, existen otros centros y empresas que se centran en la robótica educativa. Edukative es una empresa que desarrolla actividades de robótica educativa que se caracteriza porque solo las realiza en inglés. Fue creada en 2014 por dos padres, una psicóloga y un ingeniero industrial, que querían que sus hijos tuvieran la oportunidad de tener una primera toma de contacto con robots antes de la universidad y una preparación adicional sobre la robótica. Su objetivo es que los estudiantes desarrollen competencias y habilidades necesarias para su futuro profesional, académico y personal, a través de la robótica educativa, el diseño y la impresión 3D y la creación de videojuegos. En tan solo 6 años se han convertido en un referente nacional. Tiene centros por muchas ciudades españolas: Málaga, Pamplona, Sevilla y 3 en Barcelona (Sant Martí, Gràcia y Eixesquerre). Se centran en niños/niñas y jóvenes de 3 a 16 años [EDUK14].

Edukative es una empresa que ofrece asesoramiento e implantación de la robótica educativa en las escuelas como actividad en horario lectivo con recursos propios de la empresa. Además de estos servicios, realizan talleres en las escuelas en horario lectivo para estudiantes a partir de los 4 años. Si la escuela quisiera poner en marcha la implantación de la robótica educativa por sus propios medios, Edukative también ofrece formación y



asesoramiento para los docentes. Ofrecen tres programas de formación, uno para cada una de las etapas de la enseñanza (infantil, primaria y secundaria). Proponen actividades extraescolares tanto en sus centros como en las escuelas para estudiantes a partir de los 4 años.

Otra empresa destacable es Ebotics. Nació en 2017 con el objetivo de impulsar el aprendizaje de los niños y jóvenes con la ayuda de la robótica educativa. Ebotics es una empresa de venta de kits de robots educativos. Además, tienen una propuesta educativa para introducir la robótica en los centros de enseñanza, llamado Makermania 306°. Su propuesta une las áreas de programación, robótica, realidad aumentada, impresión 3D y videojuegos en una metodología, tanto para alumnos de educación infantil, primaria y secundaria. Esta metodología está basada en proyectos, existiendo tres tipos de proyectos: Iniciación (presentación de las herramientas y programas), curriculares (aprender el uso de la tecnología) y de innovación (creación propia) [EBOT17]. La Ilustración 5 muestra su propuesta.

## EDUCACIÓN INFANTIL



Ilustración 5. Metodología Ebotics para Educación Infantil [EBOT18]

ScratchJr es un lenguaje de programación que introduce a los niños y niñas a la programación. Con esta herramienta son capaces de crear sus propias historias interactivas y juegos. Se basa en unir bloques que tienen diferentes acciones para crear la historia. Usa

una interfaz adaptada a niños y niñas pequeños para que les resulte fácil aprender con ellos. Bee Bot es un robot que dispone de botones que, una vez introducida una secuencia, le permite avanzar y cambiar de dirección. Quiver Vision es un programa de realidad virtual que permite a los niños y niñas colorear usando el 3D. Tiene contenidos sobre biología, geometría y sistema solar, entre otros.

## EDUCACIÓN PRIMARIA



Ilustración 6. Metodología Ebotics para Educación Primaria [EBOT18]

Scratch es un lenguaje de programación que permite al alumno crear sus propias historias interactivas y juegos. Ayuda a los estudiantes a pensar de forma creativa y a trabajar en equipo. WeDo 2.0 es un kit de robótica que permite a los estudiantes construir y programar robots mediante el uso de sensores, motores y piezas de LEGO, además de ser una iniciación al lenguaje de programación utilizado por LEGO. Makey Makey es una placa robótica basada en Arduino similar a una consola. Permite al estudiante unir a través de cables elementos de la placa para enviar órdenes al ordenador. Hp REVEAL permite a los alumnos aprender a través de la realidad aumentada. TINKERCAD permite a los estudiantes pensar, diseñar y crear diseños y modelos en 3D. Free CAD es otra plataforma que permite al

estudiante modelas en 3D. Microsoft MakeCode es una plataforma que tiene un lenguaje de programación por bloques, facilitando el aprendizaje a los estudiantes. Se basa en unir bloques que tienen cada uno una acción específica. Cuenta con un simulador que permite a los estudiantes saber en cada momento cómo se está ejecutando su programa. Adafruit es una placa robótica que permite al estudiante crear circuitos a través de LEDS, pulsadores y sensores. También cuenta con una extensión para Microsoft MakeCode. Micro:bit es una placa que cuenta con un procesador, pulsadores, LEDS, pines, USB, acelerómetros, batería y conexión por Bluetooth. Permite al estudiante aprender a programar un microprocesador.

## EDUCACIÓN SECUNDARIA

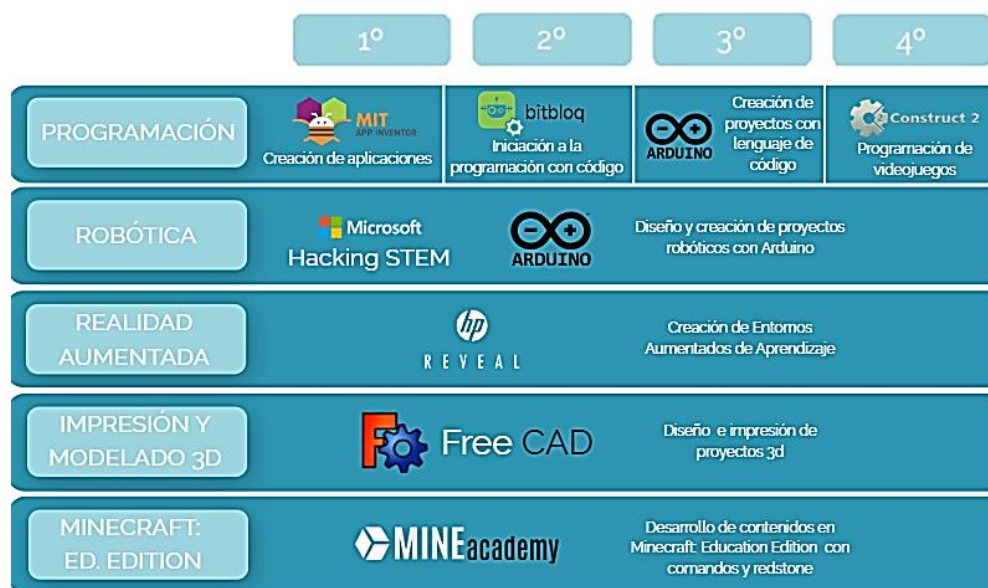


Ilustración 7. Metodología Ebotics para Educación Secundaria [EBOT18]

MIT App Inventor es una plataforma que ayuda al estudiante a crear una aplicación para el móvil. Bitbloq es una herramienta que permite que el estudiante diseñe un programa que se conecte a una placa. Arduino es una compañía que diseña software y hardware. A través de los muchos recursos que ofrece, el alumno puede diseñar proyectos a través del uso del lenguaje de programación.

## Capítulo 5. DESARROLLO JUEGO EDUCATIVO

El grupo de investigación GMRV-MSLabs de la Universidad Rey Juan Carlos, cuyo grupo GHAME está ahora enfocado en Robótica, ha trabajado durante años en temas relacionados con la tecnología háptica, que se basa en recrear el sentido del tacto a través de la aplicación de movimientos, vibraciones y fuerzas. En la actualidad están ampliando su área de investigación a robots móviles comerciales para aplicaciones educativas. Uno de sus objetivos es diseñar y construir robots para usarse en juegos educativos como una herramienta de aprendizaje. Este departamento realiza cada año un evento en la universidad en el que muestran los resultados que han obtenido de sus investigaciones. Para este evento, en noviembre de 2019, el año en el que participé, el departamento se centró en la elaboración de juegos educativos para difundir los derechos humanos entre los más jóvenes usando el robot Ozobot, el cual se muestra en la Ilustración 8. Este robot es capaz de seguir líneas negras e interpretar códigos de colores que se encuentran en su camino. Cada código de color es una acción distinta (avanzar más rápido, girar a la izquierda en la siguiente intersección y parar, entre otras cosas). También es un robot que se puede codificar usando la programación de bloques a través de una aplicación. Su funcionamiento es el siguiente. Para que el robot se pueda mover, primero necesita una línea negra que le sirva de guía. Una vez se posiciona al robot sobre esa línea, para que el robot se empiece a mover hay que pulsar un botón que tiene en su lateral. De esta manera el robot comenzará a avanzar siguiendo la línea a la velocidad de crucero. Para que el robot realice una acción (parar durante 2 segundos, girar a la izquierda/derecha en la siguiente intersección, dar una vuelta de 360 °) debe leer un código de color que se posiciona sobre la línea. Este código de color se puede introducir tanto pintándolo con rotuladores o pegando pegatinas sobre la línea. Ambos recursos son facilitados con la compra del robot. Este código lo interpreta gracias a unos sensores que posee el robot en la parte inferior. Una vez interpretado el código, el robot realizará la acción que se le ha pedido. En el caso de los giros, el robot espera a que haya un cruce de líneas para realizar la acción, ya que necesita una línea para poder seguir avanzando.



*Ilustración 8. Robot Ozobot [OZOB12]*

Los juegos que se desarrollaron para esta edición estaban centrados en los artículos de los Derechos Humanos y pensados para que niños y niñas entre los 5 y 10 años aprendan sobre esta temática con la ayuda de robots. Yo participé en la creación de uno de estos juegos junto con Judith Serra, una compañera de ICAI. Como se ha dicho antes, en esta actividad se usó el Ozobot. Al ser capaz de seguir líneas e interpretar códigos de colores, se pensó que la mejor forma de enseñar sobre los derechos humanos usando este robot sería contando una historia en la que los niños y niñas puedan interactuar para decidir qué ocurre a continuación. Nuestra historia se basaba en las aventuras de unos nobles de la edad media que han sido invitados al castillo de su reino para asistir a una gran fiesta que celebra el Rey. El objetivo de este juego es llegar a tiempo a la fiesta. Para llegar al castillo, los nobles se encuentran con distintos obstáculos que pondrán en peligro este objetivo. En función de la decisión se tomen una vez se encuentren en el obstáculo, los nobles avanzarán más rápido o más lento en su camino hacia el castillo, llegando a tiempo o tarde a la fiesta. El comportamiento del Ozobot dependerá de las decisiones que los nobles tomen. Cada obstáculo se corresponde con un artículo de los derechos humanos y se representa como un círculo blanco en el tablero, ya que de esta forma el Ozobot se detiene. En este momento, se narra una situación diferente en función de en qué obstáculo se encuentren. En todos los obstáculos se presentan dos o tres distintas opciones, una acorde con el artículo que se está trabajando, otra que viola el

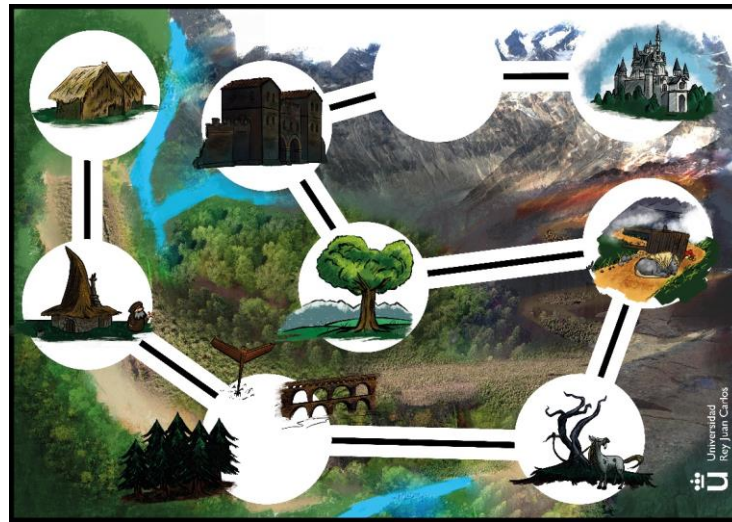
artículo y otra que proporciona una solución neutra. Estas opciones se representan por fichas, que se entregan a los jugadores al inicio del juego. Se entregan dos o tres fichas por cada obstáculo, en función de las opciones que tenga ese obstáculo. Cada una de esas fichas tiene una línea negra con un código de color en ella. Estos códigos representan distintas velocidades a las que puede avanzar el robot. La acción que defienda más los Derechos Humanos tiene asignada la velocidad más alta del Ozobot. La acción que viole algún Derecho Humano tiene asignada la velocidad más baja del Ozobot. Y, por último, la acción que no viola ningún Derecho Humano, pero no evita un conflicto tiene asignada una velocidad media. Estas fichas tienen el tamaño del círculo blanco que hay en el tablero, para que cuando se deposite en el tablero, el Ozobot pueda retomar su avance. De esta forma, avanzan hasta el siguiente obstáculo, donde se trabajará otro artículo de los derechos humanos. En el último obstáculo se da la posibilidad a los jugadores a pensar y crear ellos mismos una situación en la que se esté violando algún Derecho Humano. Se les da una serie de artículos y ellos mismos deberán crear tanto la historia como las opciones.

En nuestra actividad se trataron los siguientes artículos de los Derechos Humanos:

1. Artículo 2: Toda persona tiene todos los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición [NACI15]. Para trabajar este artículo se presenta a los jugadores en un obstáculo a un anciano sentado en el camino que les propone un acertijo a los nobles. Pueden elegir continuar su camino sin hacer caso al anciano o parar e intentar resolver el acertijo.
2. Artículo 17: Toda persona tiene derecho a la propiedad, individual y colectivamente. Nadie será privado arbitrariamente de su propiedad [NACI15]. Para tratar este artículo se presenta en un obstáculo a un par de caballos atados a un árbol. Se les plantea la opción de coger los caballos para avanzar más rápido o la opción de continuar su camino a pie.
3. Artículo 5: Nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes [NACI15]. Para tratar este artículo, se presenta a los jugadores un obstáculo en el que una de sus mulas (obtenida anteriormente al responder correctamente un obstáculo) parece estar cansada ya que lleva toda la carga. Pueden elegir la opción de redistribuir la carga entre ellos para permitir descansar a la mula

- o pueden elegir la opción de continuar como estaban. En este caso, este artículo va dirigido a los seres humanos, pero se prefirió realizar una similitud entre los animales y los humanos por tratarse de niños y niñas pequeños.
4. Artículo 11: Toda persona acusada de delito tiene derecho a que se presuma su inocencia mientras no se pruebe su culpabilidad, conforme a la ley y en juicio público en el que se le hayan asegurado todas las garantías necesarias para su defensa [NACI15]. Para tratar este artículo se presenta a los jugadores un obstáculo en el que parece que un compañero se ha comido parte de la comida que llevaban con ellos. El compañero niega haberlo hecho, pero todo apunta a que ha sido él. Los jugadores pueden elegir la opción de no creerle o la opción de creerle. Luego más tarde cuando la historia continua se demuestra la inocencia del compañero.
  5. Artículo 4: Nadie estará sometido a esclavitud ni a servidumbre, la esclavitud y la trata de esclavos están prohibidas en todas sus formas [NACI15]. Para tratar este artículo se presenta a los jugadores en un obstáculo a un conde que ha invitado a los nobles a su casa. Este conde posee muchas riquezas, pero los habitantes de su pueblo son pobres y trabajan para él en condiciones horribles. Este conde pide a los nobles que, a cambio de una mula, deberán hablar al Rey sobre las riquezas de su condado cuando lleguen a la fiesta. Pueden elegir la opción de aceptar la oferta e irse del pueblo con la mula, la opción de no aceptar la mula ya que todas las riquezas que posee el conde son gracias a la esclavitud o la opción de hacer frente al conde y exponerle los argumentos sobre por qué tener a los ciudadanos esclavizados está mal. Uno de esos argumentos es que la esclavitud es ilegal y que se lo comentarían al Rey para que cambiase la situación de estos pobres habitantes.

La Ilustración 9 muestra el tablero de nuestro juego. El tamaño de dicho tablero era un din A3. En cada círculo blanco, el Ozobot se detenía y se comenzaba a narrar la historia. Una vez completada la cuestión, se avanzaba por la línea negra hasta el siguiente círculo. Cada círculo tiene una imagen que hace referencia a la situación que se va a tratar. Además, hay un círculo en blanco, ya que cuando el Ozobot llegue ahí son los niños y niñas los que crean la historia. Deben elegir qué artículo de los Derechos Humanos se tiene que tratar y deben crear tanto la historia como las opciones.



*Ilustración 9. Tablero del juego sobre los Derechos Humanos*

Para preparar esta actividad, contamos la ayuda de Janika Leoste, investigadora en Robótica Educativa en la Facultad de Ciencias y analista en el Centro de Excelencia en Innovación Educativa de la Universidad de Tallin, que previamente a la realización de la actividad ofreció pautas y consejos a través de diferentes charlas sobre robótica educativa. Presentó distintos juegos que han llevado a cabo en colegios estonios con el Ozobot como herramienta de aprendizaje.

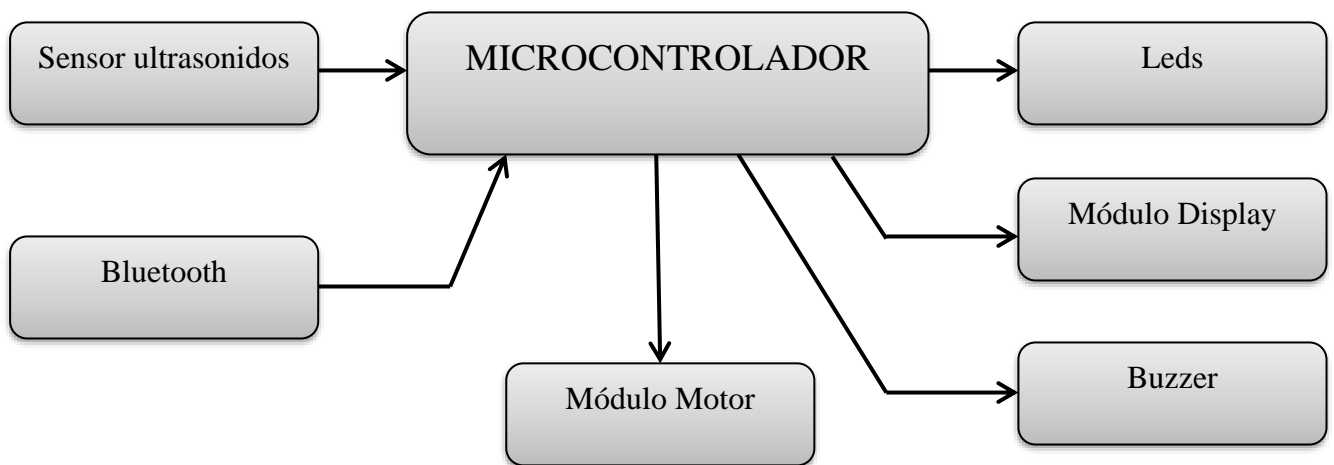
Esta actividad fue un éxito entre los participantes, los cuales mostraron su interés por los Derechos Humanos y la robótica desde el primer momento. Una vez terminó el juego, los participantes dieron su opinión sobre el juego, sobre el tema tratado y sobre el uso de herramientas robóticas. Todos ellos comentaron que es una forma muy divertida de aprender y que querrían que en sus colegios hubiera actividades similares, en las que el atractivo principal sea el uso de un robot o herramientas robóticas.



## Capítulo 6. ROBOT TEA

El Trastorno del Espectro Autista es un trastorno con afectación neurobiológica que empieza en la niñez y dura toda la vida. Afecta al comportamiento, la interacción con otros y a la comunicación de la persona que lo padece. Las personas con trastorno del espectro autista tienen una variedad de síntomas muy elevada, ya que no todos se comportan igual y no todos se comportan de la misma manera ante una situación determinada. Presentan una resistencia muy fuerte a cualquier cambio, por lo que realizan actividades diarias repetitivas y no interactúan con la gente como hacen el resto de personas. Varias investigaciones han demostrado que las personas con TEA presentan cierto interés por los juguetes y objetos mecánicos, como los robots. De esta forma surge la motivación de este proyecto. Se ha querido unir los robots con la comunicación para facilitar la interacción de los niños y niñas con el trastorno del espectro autista. Se pretende ofrecerles una herramienta con la que se sientan cómodos al comunicarse con personas de su entorno o incluso ajenas a él. Para ello, se debe diseñar y construir un robot específico para cumplir dicho objetivo. Se ha optado por diseñar un robot móvil para que el usuario no tenga por qué estar cerca de las personas con las que quiere interactuar, sino que hará que el robot se acerque a ellos. Además, este robot será guiado por el usuario mediante una aplicación en un dispositivo electrónico. De esta forma el usuario interactúa con el robot y puede desplazarlo a tiempo real. El desplazamiento del robot se consigue gracias a una cinta que pasa por seis ruedas movidas cada una por un motor de una manera similar al desplazamiento de un tanque. El robot presenta muchos sensores y componentes. Un sensor es un dispositivo capaz de captar estímulos externos y transformarlos a impulsos eléctricos. Está dotado de un sensor ultrasonidos cuyo objetivo es detectar un objeto que se encuentre en el camino del robot y evitar colisiones, está dotado de un módulo Bluetooth cuyo objetivo es poder enviar órdenes y comandos al robot desde un dispositivo móvil de forma inalámbrica, está dotado de un buzzer cuyo objetivo es emitir sonidos, está dotado de un display cuyo objetivo es mostrar mensajes en una pantalla para que sean leídos por las personas con las que se quiere comunicar el usuario y está dotado de

una matriz de LEDs cuyo objetivo es mostrar distintos iconos como una cara sonriente, una cara triste o una cara sorprendida. La Ilustración 10 muestra el diagrama de bloques completo del robot. Para dotar al robot de inteligencia, se necesita usar un microcontrolador, que es el elemento que recibe información de los sensores y en función de la información recibida, envía información a diferentes periféricos para realizar una acción u otra.

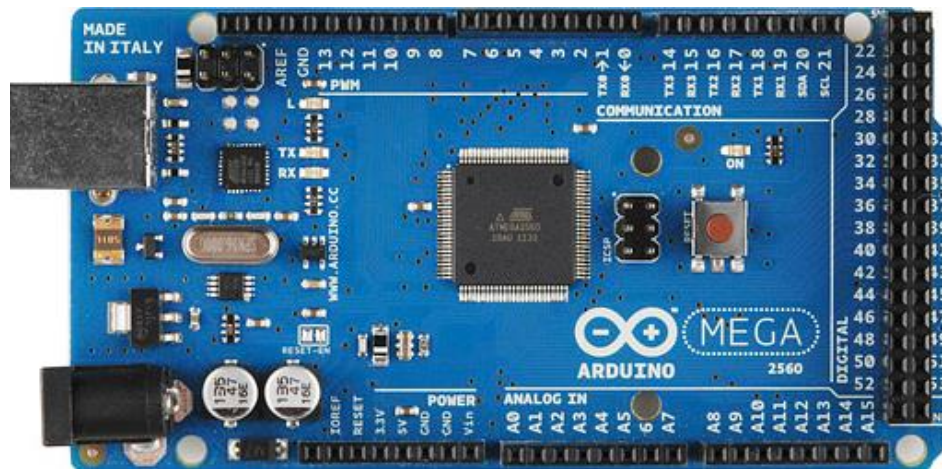


*Ilustración 10. Diagrama de bloques robot*

## **6.1 MICROCONTROLADOR**

Para realizar el control del robot, se necesita una unidad denominada microcontrolador. Este componente es un circuito integrado que contiene en su interior una CPU (Unidad Central de Procesamiento), memorias RAM y ROM y periféricos de salida y entrada. Todas estas partes están interconectadas entre ellas. Los microprocesadores leen y ejecutan programas almacenados en su memoria. Gracias al microcontrolador, el robot es capaz de tomar decisiones automáticas. Es la unidad lógica y de control del robot. Actualmente hay muchos modelos de microcontroladores, desde los más avanzados hasta los más básicos. Una familia de placas basadas en un microcontrolador es Arduino. Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar. Este proyecto surgió en 2003 en Italia. El objetivo que perseguían sus creadores era ofrecer una alternativa más económica y sencilla para la programación, ya que, en esa época, el precio

de las placas rondaba los 100 euros. Al ser hardware libre, sus dispositivos, que sobre todo son placas, son de acceso público y cualquier persona puede replicarlos o crear sus propias placas. Al ser software libre, sus programas informáticos son de acceso público y permite a cualquier persona utilizarlo y modificarlo. Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Informático), una plataforma que ofrece Arduino, es un entorno de programación con el que se pueden diseñar aplicaciones para sus placas. Arduino no es una placa en sí, sino una familia de placas. Hay muchos tipos diferentes de placas, pero todas ellas están basadas en los mismos fundamentos. Se ha elegido una placa de esta familia ya que son muy sencillas de usar y hay muchos componentes adaptados para ser utilizados con estas placas. Las placas de Arduino tienen una interfaz de entrada y de salida. En la interfaz de entrada se conectan periféricos que reciben información del exterior y envían al microcontrolador para que procese dicha información. La interfaz de salida se encarga de enviar la información que ha sido procesada por el microcontrolador a otros periféricos, como por ejemplo altavoces, LEDs o una pantalla. Una característica muy importante de las placas Arduino es que pueden aumentar sus capacidades gracias al uso de escudos. Los escudos son módulos que se montan encima de la placa base o encima de otros escudos para dotar de funcionalidades y capacidades extras a la placa base. Existen escudos para incorporar GPS al robot, para incorporar el reconocimiento de voz o incluso para dotar a la placa base de wifi. La placa que se ha elegido es la Arduino Mega 2560. La Ilustración 11 muestra dicha placa. Es una placa basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entrada y salida. De esos 54, 15 pueden ser utilizados como salidas PWM. Tiene 16 pines de entradas analógicas, 4 puertos UART, un conector de alimentación, una conexión USB, un encabezado ICSP, botón de reinicio y un oscilador de 16 MHz. Es compatible con la mayoría de escudos y módulos diseñados para las placas de Arduino. Se ha elegido esta placa por el alto número de pines que posee. El precio de esta placa es mayoritariamente superior al resto de placas de Arduino, pero para el diseño de este robot se van a necesitar multitud de sensores y periféricos por lo que es necesario un alto número de pines. Las características de esta placa se muestran en la Tabla 1. Características Placa Arduino Mega 2560



*Ilustración 11. Placa Arduino Mega 2560 [ARDU10]*

---

## CARACTERÍSTICAS

Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5 V
Tensión de entrada recomendada	7-12 V
Tensión de entrada límite	6-20 V
Corriente por pin E/O	20 mA
Corriente por pin 3.3 V	50 mA
Memoria flash	256 KB (8KB utilizados por el gestor de arranque)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad reloj	16 MHz

---

---

Longitud	101,52 mm
Ancho	53,3 mm
Peso	37 g

---

*Tabla 1. Características Placa Arduino Mega 2560 [ARDU10]*

El precio de la placa ronda entre los 30 y los 40 euros. Y se puede adquirir en una tienda electrónica o en una tienda online.

## **6.2 SENSOR ULTRASÓNICO**

Para evitar que el robot colisione con otro objeto mientras avanza, existen diferentes tipos de sensores que son capaces de medir la distancia que hay a un objeto. Los más utilizados son los sensores ultrasónicos, los sensores infrarrojos o los sensores de distancia laser. La diferencia entre todos ellos es la forma en la que detectan la presencia de un objeto miden la distancia a un objeto y la presencia de un objeto. En los primeros, los sensores de ultrasonidos, emiten ondas que rebotan en la superficie de los obstáculos y reciben la onda reflejada. En función del tiempo que transcurre entre la emisión y la recepción, el objeto está más cerca o más lejos. En los segundos, los sensores infrarrojos, se detecta la presencia de un obstáculo usando luz. Se utiliza la luz infrarroja porque no es visible para los humanos. Un LED emite la luz infrarroja y un fotodiodo recibe la luz que ha sido reflejada por la superficie del objeto. Los últimos, los sensores de distancia laser, cuentan el tiempo que transcurre entre la emisión y la recepción de un pulso de luz láser. Miden distancias mucho mayores que el resto de sensores y tienen un ángulo de visión muy pequeño. Todos ellos, una vez han recibido su respectiva señal, transforman la información a un valor digital.

Para el diseño del robot, se ha utilizado el sensor de distancia ultrasónico, ya que es el más usado en robots móviles. Este componente se muestra en la Ilustración 12. El sensor de distancia de ultrasonidos permite al robot detenerse cuando se encuentra un obstáculo en su camino. El funcionamiento del sensor es el siguiente. El sensor mide la distancia a un objeto

a través de la emisión y la recepción de ondas ultrasónicas contando el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción. Tiene un cabezal que emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada por el objeto, todo gracias a un oscilador interno. Una de las ventajas que tienen estos sensores es que pueden detectar hasta los objetos transparentes, ya que las ondas ultrasónicas son reflejadas en estos objetos. También pueden detectar objetos con formas complejas. Y, por último, la suciedad, el polvo, o la niebla no afectan a la detección del objeto. Este robot se ha diseñado con un sensor de ultrasonidos HC-SR04, ya que presenta las características adecuadas para el robot que se está buscando y además es compatible con Arduino sin la necesidad de utilizar un driver para conectarlo. Tiene las características mostradas en la Tabla 2.



*Ilustración 12. Sensor ultrasónico HC-SR04 [TIEN20]*

---

### CARACTERÍSTICAS

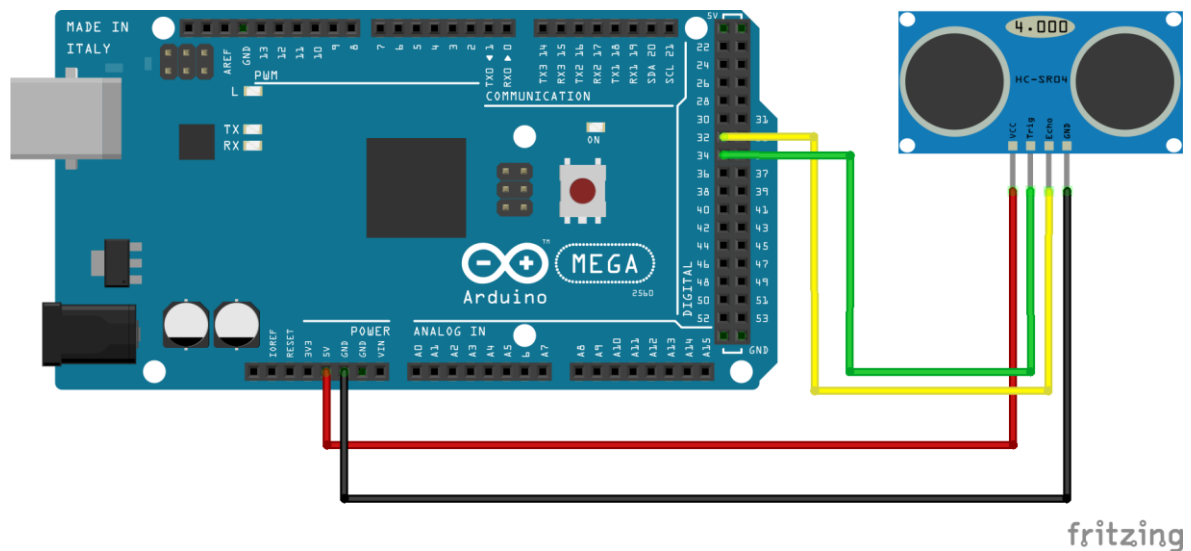
Alimentación	+5 V DC
Frecuencia	40 Hz
Corriente	15 mA
Rango máximo	4 m
Rango mínimo	2 cm
Ángulo efectivo	<15°

---

Dimensiones	45x20x15 mm
-------------	-------------

*Tabla 2. Características HC-SR04 [TIEN20]*

El montaje de este componente al Arduino se muestra en la Ilustración 13. Circuito Arduino-Sensor de ultrasonidos Como se aprecia en la Ilustración 12, el sensor tiene 4 patas. La pata VCC se corresponde con la alimentación del componente y la pata GND se corresponde con la tierra del componente. Se conectan a las patas correspondientes del Arduino la alimentación (5 V) y la tierra del componente. En este caso, se conecta el Trigger al pin 34 y el Echo al pin 32. El montaje, realizado con Fritzing, se muestra a continuación:



*Ilustración 13. Circuito Arduino- Sensor de ultrasonidos*

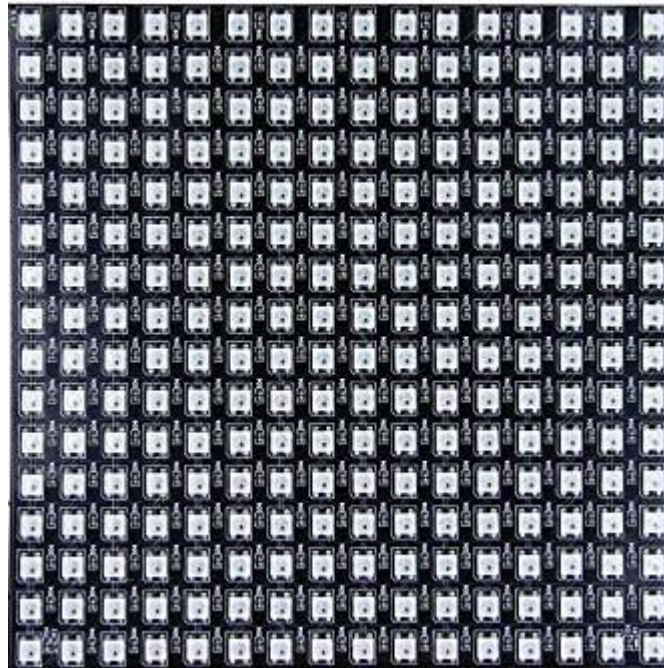
El precio de este sensor ronda los 3 euros. Se puede adquirir en una tienda electrónica o a través de tiendas online.

### 6.3 *MATRIZ LEDs*

Para mostrar el estado de ánimo del usuario, se van a utilizar LEDs. En función del color que muestren esos LEDs, el usuario mostrará que se siente de una forma u otra. Actualmente hay multitud de componentes capaces de mostrar colores. Existen componentes individuales

(LEDs y LEDs tricolor RGB), tiras de LEDs o incluso matrices o círculos de LEDs. Estos componentes están basados en los diodos LEDs o los diodos LEDs tricolor RGB. Los primeros son componentes individuales que solo pueden mostrar un color. Existen de varios colores: Azul, rojo, verde, amarillo o luz blanca. Los segundos permiten obtener con un solo componente toda la gama de colores combinando los 3 colores primarios: Rojo, verde y azul. Para el diseño del robot se va a utilizar una matriz de LEDs, que es un componente formado por múltiples diodos LED en forma de cuadrado o rectángulo. El tamaño más habitual es una matriz de 8x8, aunque también existen de 16x16. Se ha elegido este componente porque se pretende mostrar símbolos e iconos a través de la matriz, jugando con el apagado y encendido de los LEDs. Los símbolos e iconos que se muestren estarán relacionados con el mensaje que aparezca por pantalla en el display. Actualmente existen matrices de LEDs que contienen todos los componentes necesarios para únicamente alimentar dicha matriz a 5 V, a tierra y a un pin de control de la placa base, por lo que son componentes que no requieren el uso de una cantidad elevada de pines. Además, este tipo de matrices permiten la conexión en cascada de múltiples matrices. Para el diseño del robot se ha elegido una matriz 16x16. La Ilustración 14 muestra el componente que se ha utilizado. Las características se muestran en la Tabla 3.





*Ilustración 14. Matriz LEDs 16x16 [DHGA20]*

---

### CARACTERÍSTICAS

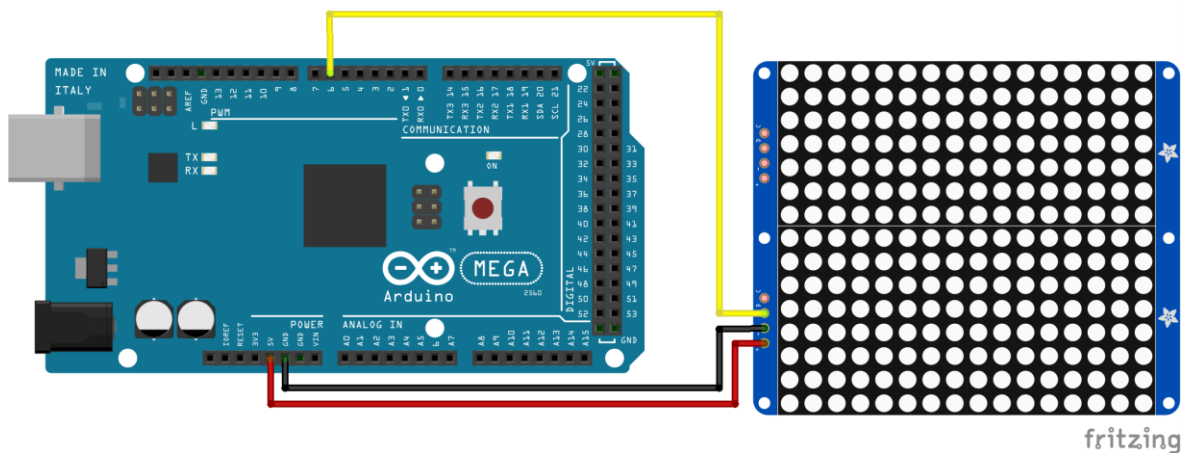
Voltaje de funcionamiento	5 V
Tipo de LED	SK6812/WS2812
Temperatura de funcionamiento	-25° C a 80° C
Dimensiones	160x160 mm
Peso	172 g

---

*Tabla 3. Características Matriz LEDs 16x16 [DHGA20]*

El montaje de este componente al Arduino se muestra en la Ilustración 15. Circuito Arduino- El módulo tiene 6 patas, dispuestos en dos bloques de 3. Del primer bloque, una de las patas se corresponde con la alimentación 5 V. Se conecta dicha pata a la correspondiente de la placa base. Otra pata se corresponde con la tierra. Se conecta dicha pata a la correspondiente

de la placa base. La última pata del bloque se corresponde con el pin a través del cual se va a controlar la matriz de LEDs. Esta pata se conecta al pin 6 de la placa base. El segundo bloque se utiliza para conectar otra matriz en cascada. El segundo bloque tiene una pata de alimentación, otra de tierra y otra de control. Las patas del primer bloque de la matriz que se conecte en cascada tendrán que estar unidas a las patas correspondientes del segundo bloque de la matriz anterior. Así, sucesivamente. El montaje, realizado con Fritzing, se muestra a continuación:



*Ilustración 15. Circuito Arduino-Matriz LEDs*

En el circuito que se ha mostrado se han utilizado dos matrices de 16x8 para crear la matriz de 16x16 debido a que dicha matriz no se encuentra en las librerías del programa que se ha usado para mostrar los circuitos. Debido a esto, hay patas que no se han conectado a ningún pin. Se han mostrado únicamente los necesarios para la conexión de la matriz 16x16.

El precio del componente ronda los 12 euros. Se puede adquirir en una tienda electrónica online.

## **6.4 BUZZER**

Para reproducir sonidos, tonos o avisos se utilizan los buzzer activos y pasivos y los altavoces. Este elemento puede ser usado por el usuario para producir una reacción inmediata

o para solicitar atención por parte de las personas de su entorno. Los buzzers pasivos y los altavoces son componentes que transforman una señal eléctrica en una onda de sonido. Para que funcionen, se necesita proporcionarles una señal eléctrica. Es decir, ellos mismos no producen sonidos. Mientras que los buzzers activos, al poseer un oscilador interno, solo es necesario alimentarlo entre 5 V y tierra para que produzca un sonido. Estos últimos producen sonidos a una frecuencia fijada por el oscilador, por lo que no pueden reproducir melodías y tonos distintos. En cambio, los primeros sí pueden reproducir sonidos ya que en función de la frecuencia de la señal que se genere pueden reproducir distintos tonos. Para el diseño del robot se va a utilizar un buzzer pasivo, ya que se quiere poder reproducir distintas melodías y es más barato que un altavoz, ya que este último requiere un amplificador de audio, encareciendo el diseño. Además, la conexión de un buzzer pasivo al Arduino es sencilla, ya que existen placas que tienen incorporado la electrónica y las conexiones necesarias para que se utilice sin la necesidad de añadir un módulo. Los buzzers son transductores piezoeléctricos. Los materiales piezoeléctricos, al ser atravesados por corrientes eléctricas, varían su volumen. El sonido se produce cuando se hace vibrar a una membrana, aprovechando esa propiedad de los materiales piezoeléctricos. Para el diseño de este robot, se ha elegido el buzzer que se muestra en la Ilustración 16.



*Ilustración 16. Buzzer [FARN20]*

Las características de este componente se muestran en la Tabla 4.

---

#### CARACTERÍSTICAS

---

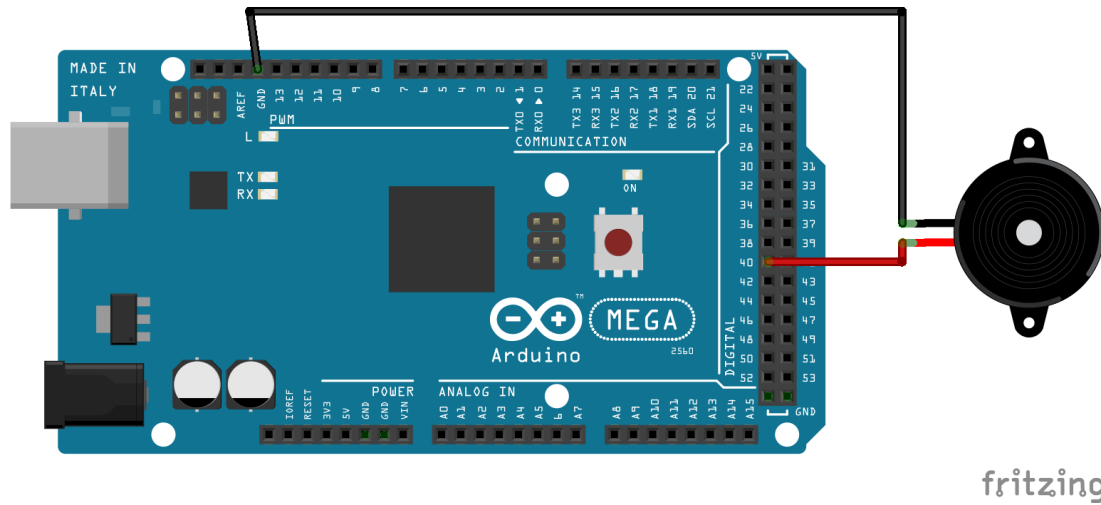
---

Voltaje de funcionamiento	1-30 Vp-p
Frecuencia de resonancia	1300Hz ± 500 / 4000HZ ± 500
Corriente máxima	3.5 mA
Mínima salida de sonido a 10 cm	85 dB
Ancho del conjunto	41 mm
Diámetro central	30 mm
Alto	5.7 mm
Peso	4.3 g

---

*Tabla 4. Características Buzzer [FARN20]*

El montaje de este componente al Arduino se muestra en Ilustración 17 Ilustración 17. Circuito Arduino-Buzzer. Como se aprecia en la Ilustración 16, el componente tiene 2 cables. El cable negro se corresponde con la tierra el buzzer y el cable rojo se corresponde con la alimentación. Se conecta la tierra del componente con el pin correspondiente del Arduino y se conecta la alimentación del componente a un pin digital del Arduino. En este caso, se ha conectado al pin 40. El montaje, realizado con Fritzing, se muestra a continuación:



*Ilustración 17. Circuito Arduino-Buzzer*

El precio de este componente ronda el euro. Se puede adquirir en una tienda electrónica o a través de tiendas online.

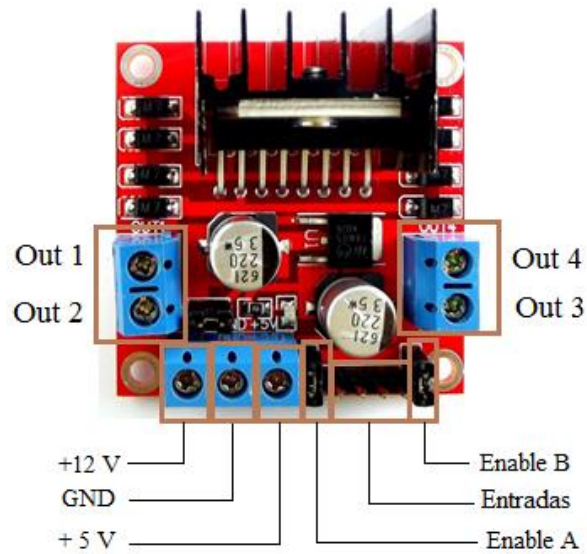
## 6.5 MÓDULO MOTOR DC

El desplazamiento del robot se va a realizar gracias a dos cadenas, de forma similar a un tanque. En la sección Estructura; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se detalla más información sobre la estructura y los elementos que permitirán el movimiento del robot. Para conseguir ese desplazamiento se tienen que usar componentes que sean capaces de girar un eje y generar así el movimiento requerido. Existen multitud de componentes que, una vez alimentados y conectados correctamente, son capaces de girar un eje a una cierta velocidad. Los más utilizados son los motores DC, paso a paso y los servomotores. Todos ellos convierten la energía eléctrica en energía mecánica gracias a un campo magnético, aunque cada uno de ellos tiene diferentes funcionalidades y características. Los primeros, los motores DC (motor de corriente continua o directa), pueden girar libremente su eje, sin limitación de grados y de forma continua sin detenerse. Los motores DC cambian el sentido de giro de su eje cuando se invierte la polaridad del motor. No son capaces de girar una determinada cantidad de grados ni de detenerse en una posición

fija, sino que el eje gira hasta que se corta el suministro de corriente. Los segundos, los motores paso a paso, también permiten girar su eje libremente, pero su característica principal es que giran un paso (cantidad de grados fija programable) cada vez que se le aplique un pulso, ya que estos componentes convierten pulsos eléctricos en desplazamientos angulares. Los motores paso a paso son muy útiles cuando se requieren movimientos muy precisos en los que se quiere medir cuantos grados se ha girado el eje exactamente, ya que a diferencia de los motores DC, estos sí que pueden girar una determinada cantidad de grados y detenerse sin la necesidad de interrumpir el suministro de corriente. Además, son capaces de entregar un mayor par de torsión que los motores DC. Los últimos, los servomotores, son componentes que, como los motores paso a paso, su característica principal es que permiten mayor precisión en los desplazamientos angulares. No son motores como tal, sino que son un conjunto de partes que forman un sistema. Los servomotores están formados por componentes electrónicas y electromecánicas, ya que tienen un motor, un controlador y una caja de engranajes. La diferencia principal con los motores paso a paso es que los servomotores tienen limitación de grados. No son componentes que giren continuamente, sino que, como mucho, giran 360 grados. Para el diseño del robot, se ha elegido utilizar motores DC, ya que no es necesaria una alta precisión para el movimiento del robot, ya que es el propio usuario el que va a controlar su movimiento. Los motores paso a paso y servomotores se utilizan sobre todo en aplicaciones industriales por la alta precisión que poseen estos componentes. Además, son motores que tienen un precio más alto que los motores DC.

Los pines del Arduino solo pueden tener 0 y 5 voltios y la corriente máxima que pueden suministrar es de 40mA. Los motores no funcionan en esas condiciones ya que requieren mayor corriente. Por esta razón, se utilizan motor drivers. Son componentes que amplifican la corriente para poder conectar motores al Arduino. Actualmente, estos drivers se han incorporado a módulos para reducir la complejidad y simplificar el montaje. Existen módulos que incorporan los motor drivers y todos los componentes necesarios para que solo se requiera alimentar y conectar el componente tanto a la placa base como al motor, sin la necesidad de preocuparse por el circuito interno. Existen muchos módulos de este tipo, pero

lo más usados están basados en los drivers L293D y L298N. El L293D tiene dos puentes H (sistema que controla el sentido de giro y la velocidad de giro del motor) que suministran 600mA y aguantan entre 4.5 V y 36 V de tensión. El driver L298N tiene dos puentes H y soporta entre 5 V y 46 V y permite conducir 2 A. Este último es el más utilizado de los dos, ya que es el que suministra más corriente. Además, existen escudos que incluyen estos drivers. Los escudos son módulos que se montan encima de la placa base o encima de otros escudos para dotar de funcionalidades y capacidades extras a la placa base. En este caso, son placas que incorporan todos los componentes necesarios para conectar los motores con el Arduino sin necesidad de añadir componentes. Solo requiere una alimentación y conectar los pines correspondientes tanto al Arduino como al motor. Para el diseño del robot se ha utilizado el módulo L298N, debido ya que sus características cumplen con las especificaciones buscadas y es más económico que un escudo. Este componente se muestra en la Ilustración 18 y se distinguen varias partes. Existen 2 bloques de salidas para los motores. Cada bloque se corresponde con un motor. Es decir, este componente puede controlar de forma independiente dos motores. Uno de los bloques lo forman el Out 1 y el Out 2 (Bloque A) y el otro bloque lo forman el Out 3 y el Out 4 (Bloque B). Tiene otro bloque en el que se encuentran la alimentación de 5 V, la tierra y la alimentación de 12 V. Cuenta con un jumper por cada salida, el Enable A y el Enable B. El Enable A es el pin de habilitación del motor conectado al Bloque A y el Enable B es el pin de habilitación del motor conectado al Bloque B. Encima de ambos pines, hay un pin de 5 V. Cuando se vaya a utilizar un bloque de salidas, se debe utilizar un jumper que conecte el pin Enable correspondiente con el pin de 5 V. Si se quiere controlar la velocidad de giro, se deben conectar los pines Enable A y Enable B a una señal PWM. Y por último tiene cuatro pines de control, los pines que forman el bloque de Entradas en la ilustración, que se deben conectar a la placa. Son el IN1, IN2, IN3 e IN4. Dos de ellos, IN1 e IN2, controlan la dirección de giro de un motor y los otros dos, IN3 e IN4, controlan la dirección de giro del otro motor. Las características de este módulo se muestran en la Tabla 5. Para el diseño del robot se usarán dos drivers ya que se necesitan cuatro motores.



*Ilustración 18. Driver controlador de motores doble puente H L298N [SPAR00]*

### CARACTERÍSTICAS

Chipset	ST L298N
Niveles TTL	3.3-5 V
Canales	2 puentes H
Corriente	2 A por canal
Voltaje de entrada	5-35 V
Voltaje de salida	5 V
Potencia máxima	20 W
Dimensiones	55x60 mm
Peso	30.6 g

*Tabla 5. Características Driver controlador motores doble puente H L298N [SPAR00]*



El precio de este componente ronda los 3-4 euros. Se puede adquirir en tiendas online.

El motor DC que se ha elegido se muestra en la Ilustración 19. Motor DC TT Ilustración 19. Este componente está formado por un motor DC y una serie de engranajes, como se muestra en la Ilustración 20. Se ha elegido este motor DC porque sus características cumplen con los requisitos que se están buscando. Este componente necesita ser conectado al driver L298N ya que trabaja a 3 y 6 V y requiere como mínimo 150 mA.



*Ilustración 19. Motor DC TT [FLEX20]*



*Ilustración 20. Interior Motor DC TT [ADAF20]*

Las características de este motor de muestran en la Tabla 6.

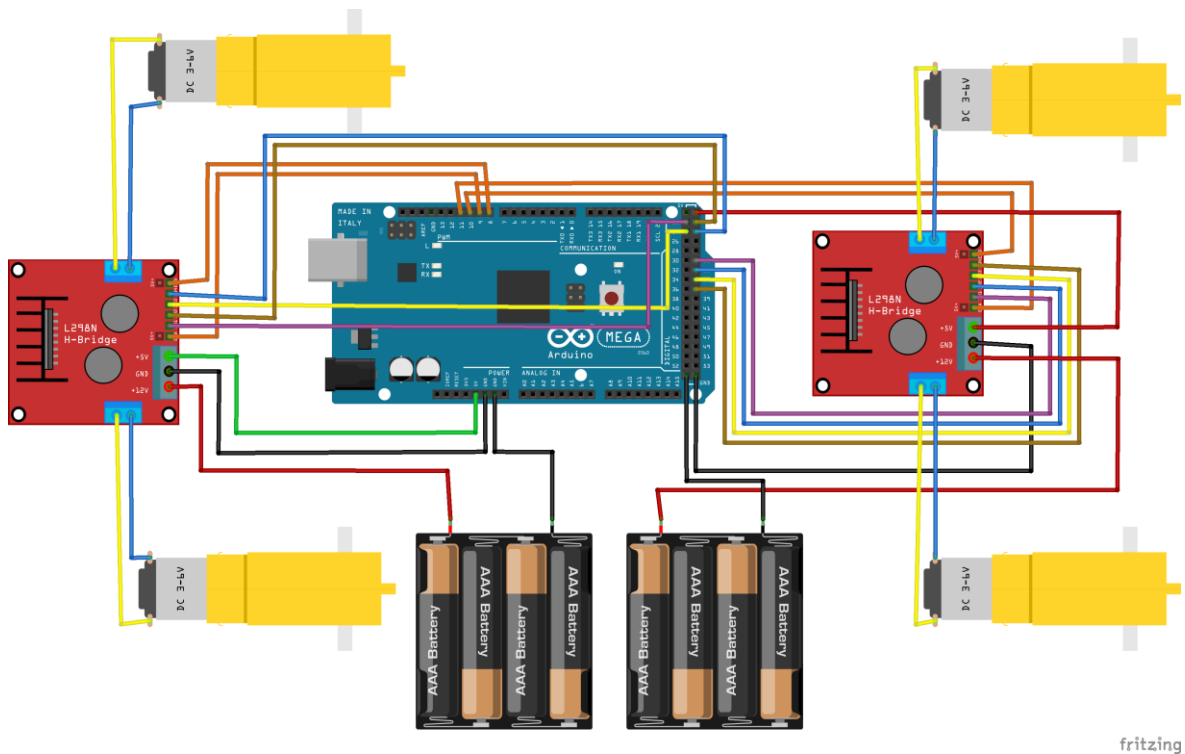
CARACTERÍSTICAS	
Tensión nominal	3-6 V
Corriente continua sin carga	150 mA
Par	0.15- 0.6 Nm
Par de parada (6V)	0.8 kg.cm
Mínima velocidad funcionamiento (3V)	90 +/- 10% RPM
Mínima velocidad funcionamiento (6V)	200 +/- 10% RPM
Relación engranaje	1:48
Dimensiones	70x22x18 mm
Peso	30.6 g

*Tabla 6. Características Motor DC TT [FLEX20]*

El precio de este componente ronda los 2 euros y se puede comprar en tiendas de electrónica o tiendas online.

El montaje del módulo del motor DC al Arduino se muestra en Ilustración 21. Se han usado dos drivers ya que se necesitan controlar cuatro motores. Primero se conecta un módulo motor y luego se procede a conectar el segundo. En el primer módulo, como se ha comentado anteriormente, las patas del motor se conectan a los bloques de salida del driver. Se quiere controlar la velocidad de giro de los motores, por lo que se van a conectar el Enable A y el Enable B a dos salidas PWM. Se conecta el Enable A al pin 13 y el Enable B al pin 12. Ambos PWM. El resto de pines se conectan a salidas digitales. El IN1 se conecta al pin 22, el IN2 se conecta al pin 23, el IN3 se conecta al pin 24 y el IN4 se conecta al pin 25. El

segundo módulo, se conecta de la misma forma que el primero. Se conecta el Enable A al pin 11 y el Enable B al pin 10. Ambos PWM. El resto de pines se conectan a salidas digitales. El IN1 se conecta al pin 31, el IN2 se conecta al pin 33, el IN3 se conecta al pin 35 y el IN4 se conecta al pin 37. Ambos módulos requieren de alimentación externa. Se utilizan pilas para dar el voltaje necesario. El montaje, realizado con Fritzing, se muestra a continuación:

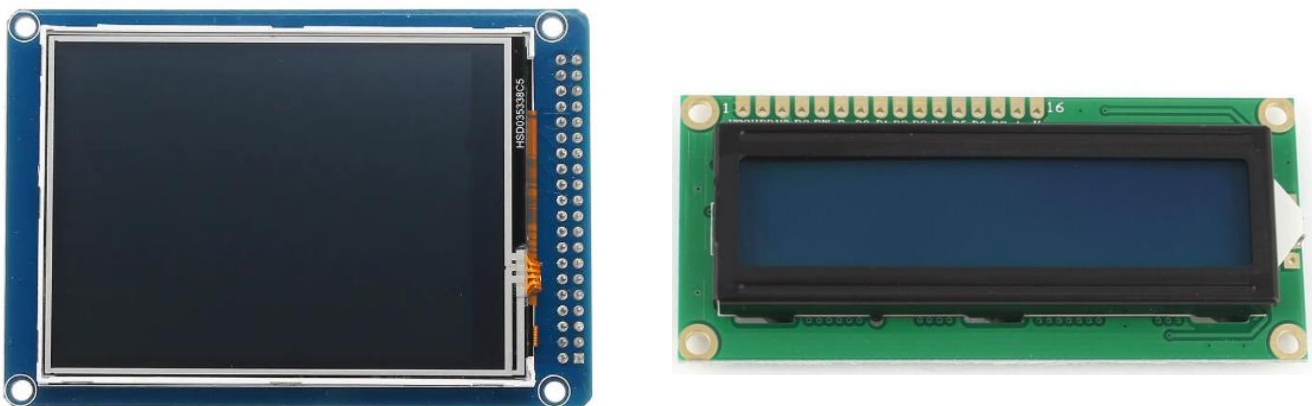


*Ilustración 21. Circuito Arduino-Módulo Motor*

## 6.6 MÓDULO DISPLAY

Para mostrar información adicional sobre el estado de ánimo del usuario que no se puede mostrar a través de LEDs, como por ejemplo texto, se va a incluir en la estructura del robot un display. Esta pantalla no se corresponde con la del dispositivo electrónico donde se encuentra la app, sino que va a estar incluida en la estructura del robot. El objetivo de utilizar un display es que la persona con la que está interactuando la persona con TEA pueda leer a través de la pantalla lo que el usuario quiera comunicarle. Gracias a la comunicación entre

la app y el robot, el usuario será capaz de enviar a esta pantalla textos o frases que escriba el usuario. Existen multitud de displays actualmente, desde los más básicos a los más desarrollados. Algunos son capaces de mostrar texto, mientras que otros además pueden mostrar imágenes. En los últimos años se han desarrollado displays táctiles que permiten al usuario realizar multitud de actividades, como por ejemplo dibujar sobre la pantalla, escribir textos, o incluso elegir opciones de un menú. Los displays más básicos consisten en una pantalla que muestran exclusivamente texto. Los displays más utilizados de este tipo son las pantallas LCD. Son pantallas de cristal líquido (Liquid Crystal Display en inglés) que muestra con retroiluminación azul caracteres en blanco. Los más utilizados son de 16x02, es decir, tienen dos líneas de texto y en cada una de ellas pueden escribirse 16 caracteres. Aunque también existen de 20x04. En los últimos años se han diseñado displays capaces de mostrar imágenes además de texto. Los más utilizados son los displays con pantalla TFT (Thin-Film Transistor en inglés). Sus dimensiones son muy variadas, pero suelen medir entre 1,4 y 3,2 pulgadas. En la Ilustración 22, se muestran los dos tipos de displays. A la izquierda se muestra el display TFT y a la derecha se muestra el display LCD alfanumérico.



*Ilustración 22. Display TFT a la izquierda [ELEC2020]. Display LCD a la derecha [ELET20]*

Para el diseño de este robot se ha elegido el display LCD Hitachi HD44780 de tamaño 16x02 ya que se quiere que el robot muestre texto, no imágenes. Además, es el TFT tiene un precio muy superior al LCD y requiere de muchos más módulos para conectarse a la placa base. El

LCD escogido está basado en el controlador Hitachi HD44880, uno de los más utilizados. Las características de este componente se muestran en la Tabla 7.

---

**CARACTERÍSTICAS**

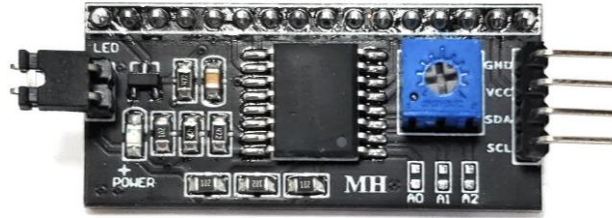
Controlador	HD44780
Voltaje de operación	4,5-5,5 V
Peso	30 g
Dimensiones	80x36x8 mm

---

*Tabla 7. Características Display LCD [ELET20]*

El precio del display ronda los 4 euros. Se puede adquirir en una tienda electrónica o en una tienda online.

Para conectar este componente a la placa se requiere una cantidad elevada de pines y cables, resistencias y un potenciómetro para controlar el contraste de la pantalla. Para evitar el uso de tantos componentes y pines, se va a utilizar un controlador de LCD bus I2C. Este controlador de LCD permite controlar la pantalla del display a través del bus I2C. Con el uso de este controlador se disminuye la cantidad de cables necesarios y no se requiere el uso de componentes extras, ya que incorpora todos los elementos necesarios para controlar el display, incluido el potenciómetro para controlar el contraste. Este componente está especialmente adaptado para pantallas LCD Hitachi HD44780. Para conectar este controlador al display es necesario utilizar una protoboard o soldar ambos componentes. Las características de este componente se muestran en la Tabla 8.



*Ilustración 23. Controlador I2C para LCD [TIED20]*

---

### CARACTERÍSTICAS

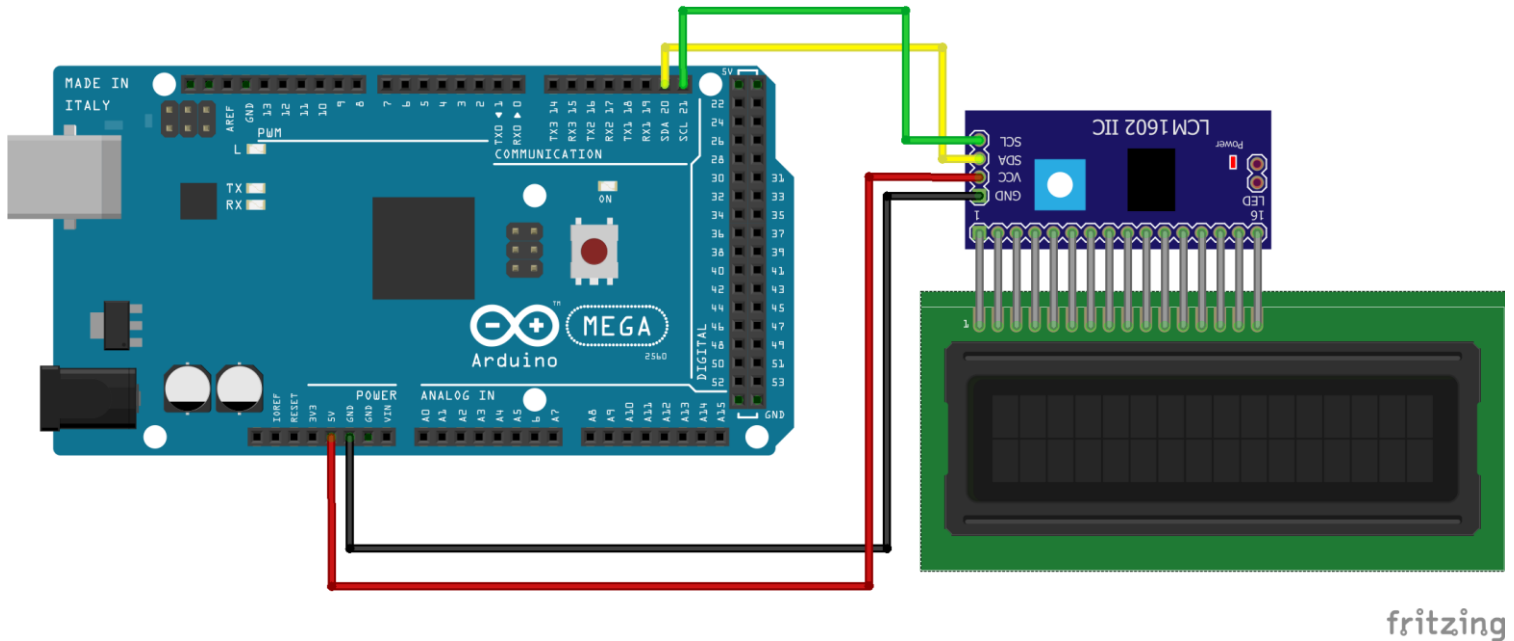
Interfaz	I2C/TWI/SPI
I2C Dirección	0x20/0x27
Tensión de alimentación	5 V
Peso	100 g
Dimensiones	50x35x15 mm

---

*Tabla 8. Características Controlador I2C para LCD [TIED20]*

El precio de este componente ronda el euro. Se puede adquirir en una tienda online.

El montaje de este componente al Arduino se muestra en la Ilustración 24. Como se muestra en la Ilustración 23, el controlador tiene cuatro patas. Dos de ellas son de alimentación (5 V) y tierra y las otras dos son las patas SDA y SCL. Estas patas se tienen que conectar a los pines I2C del Arduino. Los pines I2C varían en función de la placa que se utilice. En este caso, al utilizar una placa Arduino Mega 2560, los pines son el 20 para el SDA y el 21 para el SCL. Los cables grises que unen el controlador I2C y el display simulan una soldadura. El montaje, realizado con Fritzing, se muestra a continuación:



*Ilustración 24. Circuito Arduino- Módulo Display*

## 6.7 COMUNICACIÓN

El robot se va a comunicar con la app del dispositivo móvil mediante Bluetooth. Es indispensable que el dispositivo electrónico que se vaya a utilizar para guiar al robot tenga Bluetooth. La comunicación mediante Bluetooth entre dos dispositivos permite que se envíen órdenes en tiempo real, reduciendo el número de cables necesarios ya que es una comunicación inalámbrica. El Arduino Mega 2560 no dispone de esta característica, por lo que es necesario la utilización de un módulo. Existen multitud de formas de dotar a la placa base de Bluetooth. Los módulos más utilizados son el HC-05 y el HC-06 ya que son muy económicos. El HC-05 posee características superiores al HC-06 porque este último solo permite recibir comunicaciones (Esclavo) mientras que el HC-05 puede recibirlas e iniciarlas, es decir, generar conexiones con otros componentes que permitan conectarse mediante bluetooth (Maestro-Esclavo). Para utilizar estos módulos, se requiere el uso del puerto serie de la placa Arduino. Los puertos series se componen de dos pines. Estos pines se usan para comunicar el microcontrolador con el ordenador. Un pin recibe los datos, el pin RX, y el otro pin transmite los datos, el pin TX. En placas que solo tengan un puerto serie,

no es posible utilizar el módulo de Bluetooth en el puerto serie mientras se está cargando un programa en la placa, ya que se necesita uno para comunicarse con el ordenador. En estos casos, se utilizarán otros pines que luego se deberán programar como puertos serie para evitar tener que quitar y poner componentes. La placa que se ha elegido para este robot, al ser de mayor tamaño que el resto, tiene 4 puertos serie, por lo que se puede conectar el módulo de Bluetooth a uno de ellos sin perjudicar a la conexión del puerto serie del ordenador. El puerto serie 0 se corresponde con los pines 0 (RX) y 1 (TX). El puerto serie 1 se corresponde con los pines 19 (RX) y 18(TX). El puerto serie 2 se corresponde con los pines 17 (RX) y 16 (TX) y por último el puerto serie 3 se corresponde con los pines 15 (RX) y 14 (TX). Para el diseño del robot se ha elegido un módulo HC-05, debido a que tiene mejores características que el HC-06 y no supone un sobrecoste ya que ambos cuestan prácticamente la misma cantidad de dinero. El HC-05 se muestra en la Ilustración 25. Las características de este componente se muestran en la Tabla 9. Tiene un LED que indica el estado en el que se encuentra este módulo. Si parpadea continuamente, significa que no está vinculado con ningún dispositivo. Cuando se realiza una conexión, el LED se mantendrá encendido. Para que el módulo entre en modo comandos AT (lenguaje de comunicación de este componente) es necesario que la pata EN (pata KEY en otros modelos de HC-05) del módulo se encuentre HIGH cuando se encienda.



*Ilustración 25. Módulo HC-05 [TIET20]*

---

## CARACTERÍSTICAS

Protocolo Bluetooth      v.11/2.0

---

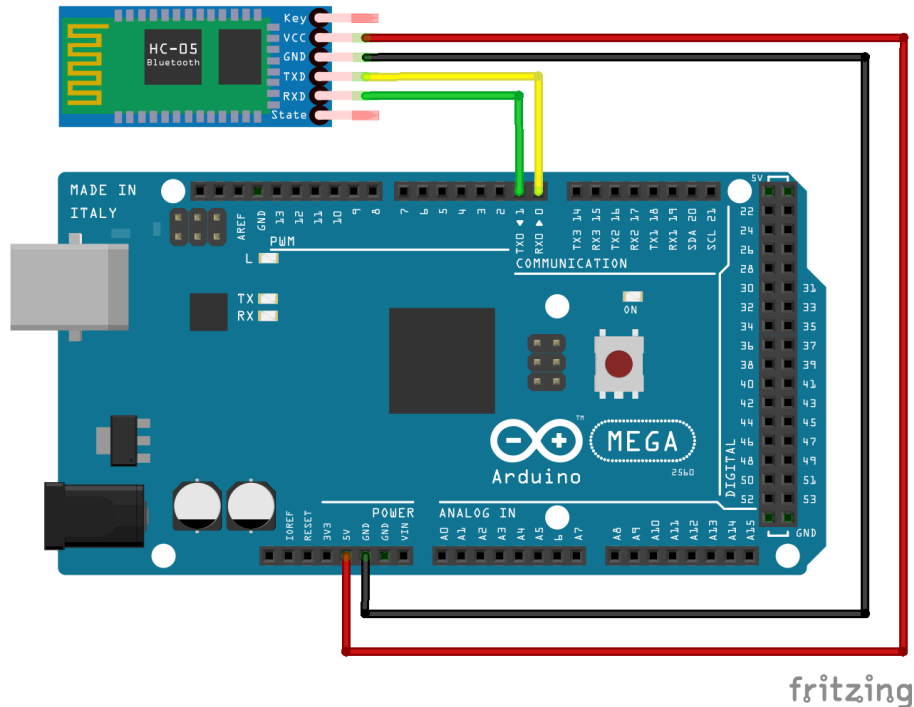


Frecuencia	Banda ISM de 2,4 GHz
Modulación	GFSK
Potencia de transmisión	Clase 2, menos de 4dBm
Sensibilidad	Menos de -84 dBm en el 0.1% VER
Ratio asíncronos	2.1 Mbps (Max)/ 160 kpbs
Síncronos	1Mbps/ 1Mbps
Alimentación	+3,3 V DC (soporta entre 3,3 y 6 V)
Corriente	50 mA
Temperatura de trabajo	-5 ° C a 45 °C

*Tabla 9. Características HC-05 [TIET20]*

El montaje de este componente al Arduino se muestra en la Ilustración 26. Este módulo se puede alimentar entre 3,3 V y 6 V. Normalmente se alimenta a 5 V. Es decir, se pueden conectar directamente a la placa Arduino sin la necesidad de utilizar un driver. Como se aprecia en la Ilustración 26; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el módulo tiene 6 patas. Se conectan la alimentación y tierra del componente a los pines correspondientes de la placa (5 V y GND). Se va a utilizar el puerto serie 0 de la placa Arduino Mega 2560. La pata TXD del componente se conecta al pin RXD del puerto serie 0 de la placa, el pin 0. La pata RXD del componente se conecta al pin TXD del puerto serie 0 de la placa, el pin 1. El pin RXD y el pin TXD del componente se tienen que alimentar a 3.3 V y los pines RDX y TDX de la placa están a 5 V. Para asegurarnos de no estropear ningún elemento, se pueden usar resistencias para crear un divisor de tensión para reducir la tensión de 5 a 3,3 V. Aunque en la práctica, se pueden obviar estas resistencias y conectar

los pines directamente ya que el componente soporta los 5 V. El montaje, realizado con Fritzing, se muestra a continuación:



*Ilustración 26. Circuito Arduino HC-05*

El precio de este componente ronda los 4 euros y se puede adquirir en una tienda electrónica o en una tienda online.

## 6.8 ESTRUCTURA

Se ha decidido diseñar un robot móvil que se mueva guiado por unas órdenes que reciba a través de Bluetooth. Todos los elementos descritos anteriormente tienen que conectarse por lo tanto en una plataforma móvil. Esta plataforma debe ser capaz de desplazarse, ya sea mediante ruedas o cintas de forma similar a un tanque. Para el diseño del robot, se ha decidido optar por una plataforma similar a un tanque, es decir, que se mueva gracias a una cinta en vez de por ruedas. Esto supone mayor estabilidad para el robot. La estructura debe ser capaz de soportar el peso de todos los componentes y debe ser lo suficientemente grande

para que los componentes no sobresalgan de la estructura Actualmente hay muchos fabricantes que ofrecen plataformas listas para usar que incluyen todos los elementos necesarios para construir la estructura del robot. Incluso existen plataformas que se pueden obtener gracias a la impresión 3D. Se ha decidido utilizar la tecnología de la impresión 3D para el robot, ya que la universidad cuenta con múltiples impresoras. Se ha elegido una plataforma en forma de tanque diseñada por Tim Clark, un profesor de Sídney. Tim Clark ha compartido el diseño de su plataforma a través de la página web Thingiverse [TIMC15]. Es una plataforma gratuita en la que los usuarios publican archivos digitales para la impresión 3D. Los archivos son subidos por los usuarios de la comunidad. La estructura final se muestra en la Ilustración 27.

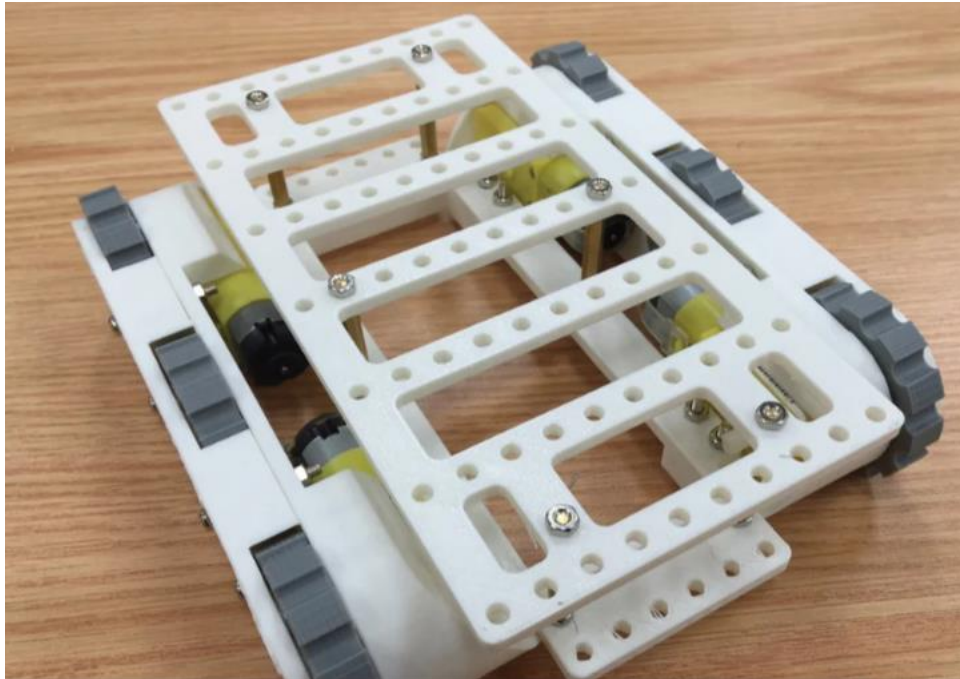
Para imprimir en 3D es necesario un formato de lectura que nos defina las geometrías 3D diseñadas a través de modelos CAD o nubes de puntos. Los dos formatos de archivo de lectura más establecidos y populares son los ficheros .STL y los .OPG. El .STL es el formato más simple de los dos. Transforman el modelo 3D en una malla cerrada de triángulos. Los triángulos pueden ser más o menos numerosos, dependiendo de la resolución que se quiera. Son archivos simplificados de la versión CAD, con menos información, con geometría resumida, sin colores, texturas y estructura interna (en las estructuras cerradas). Solo contienen el tamaño, la forma y la resolución de la pieza. Por lo tanto, en un archivo .STL solamente se proporciona el tamaño y la forma de la pieza, y la única variable a controlar es la resolución. El formato .OBJ es más complejo. Además de la forma y el tamaño, un archivo .OBJ también contiene información sobre la geometría, la textura y la malla original con la que fue creado. La malla de los archivos .OBJ están formadas no solo por triángulos, si no por otros polígonos. El archivo de .OBJ es más pesado que el archivo .STL ya que tiene muchas más variables.

Existen multitud de procesos de impresión 3D y hay impresoras para cada uno de dichos procesos. Para el diseño del robot se ha optado por una impresora PRUSA i3 MK3S. Es una impresora cuyo proceso de impresión se basa en la deposición de filamento fundido (FFF). Es una impresora de bajo coste y de fácil construcción ya que se fabrica en kits para su

fabricación por el usuario. Las impresoras FFF funden el material y este se va depositando a través de una bobina sobre el material anterior ya enfriado y solidificado. De esta forma se van creando capas de material hasta formar el objeto por completo.

Las variables más importantes a tener en cuenta en la impresión 3D son el material que se va a utilizar, la aplicación y el precio de fabricación. En función del material a utilizar, los costes variables de la impresión 3D serán superiores o inferiores, debido a que existen multitud de materiales, unos más económicos que otros. El material elegido es PLA. La impresión 3D se caracteriza por la posibilidad de obtener lotes pequeños de piezas de forma económica, sin tener que recurrir a la fabricación tradicional. La fabricación de piezas a través de la impresión 3D es una alternativa muy económica cuando se requiere un volumen de producción pequeño. Por lo tanto, en este caso, está justificado el uso de la impresión 3D. Los costes asociados a la impresión 3D son los costes de las máquinas y su amortización, los costes del material y los costes del personal. Dentro de los costes de las máquinas se incluyen el precio de la máquina, el coste de su mantenimiento anual y su amortización. Dentro del coste del material, se incluyen el coste del material modelos, el coste del material soporte y el coste del material bandeja.

Este tanque cuenta con dos niveles en los que se pueden colocar los distintos elementos del robot. La pantalla LCD debe estar en la parte frontal del robot ya que la persona que interactúe con el usuario debe ser capaz de leer cómodamente el mensaje que se ha enviado a la pantalla. La estructura tiene un orificio en el que se introduce la pantalla LDC. La matriz LED debe colocarse también en la parte frontal próxima a la pantalla LCD. El sensor ultrasónico debe estar en la parte frontal del robot para evitar colisiones. La plataforma tiene un espacio diseñado para los motores de corriente continua. Se colocan dos por cada lateral. El buzzer se debe colocar en la parte superior del robot, para que el usuario escuche la alarma cuando el robot vaya a colisionar. El módulo bluetooth no requiere un espacio específico en el robot por lo que se podrá colocar en cualquier parte de la estructura. En el ANEXO II. Estructura se muestran en más detalle los diferentes elementos que componen la estructura del robot.



*Ilustración 27. Estructura robot [TIMC15]*

## **6.9 CIRCUITO COMPLETO**

Para la conexión de todos los elementos a la placa base se ha de usar una protoboard, una placa con orificios en la que se pueden insertar tanto cables como componentes electrónicos. En este caso, se va a usar para tener múltiples pines de alimentación a 5 V y pines de tierra, ya que la placa tiene un número limitado y todos los componentes se tienen que alimentar a 5 V y a tierra y, además, para asegurar la estabilidad de ciertos componentes como el buzzer, el módulo display y el sensor de ultrasonidos. La Tabla 10 muestra los pines que se han utilizado de la placa Arduino Mega 2560. Debido al elevado número de componentes que se han elegido, este robot no puede ser diseñado con otra placa base que no sea la Arduino Mega 2560, ya que es la única que tiene un número elevado de pines y es compatible con la mayoría de componentes utilizados en otras placas, como la Arduino UNO. Para conectar todos los componentes descritos anteriormente es necesario el uso de cables. Se han utilizado cables de tipo Dupont. Es un tipo de cable que presenta un cabezal en cada extremo. Gracias

a los cabezales, las conexiones son más fiables, ya que tienen un seguro para no desconectarse del pin. Para la construcción de este robot se requieren dos tipos de cables: Macho/Macho y Hembra/Macho. La diferencia entre ambos es el cabezal en el extremo del cable. Cuando el cable se conecta a dos pines, los cabezales son macho, mientras que, si se tiene que conectar una pata con un pin, se necesita un cabezal hembra.

MÓDULO MOTOR 1	PIN	MÓDULO MOTOR 2	PIN
Enable A	9	Enable A	11
Enable B	8	Enable B	10
In1	22	In1	31
In2	23	In2	33
In3	24	In3	35
In4	25	In4	37
BLUETOOTH		CONTROLADOR I2C	
TXD	0	SCL	21
RXD	1	SDA	20
SENSOR ULTRASONIDOS		BUZZER	
Trigger	34	Alimentación	28
Echo	32		
MATRIZ LEDS			

---

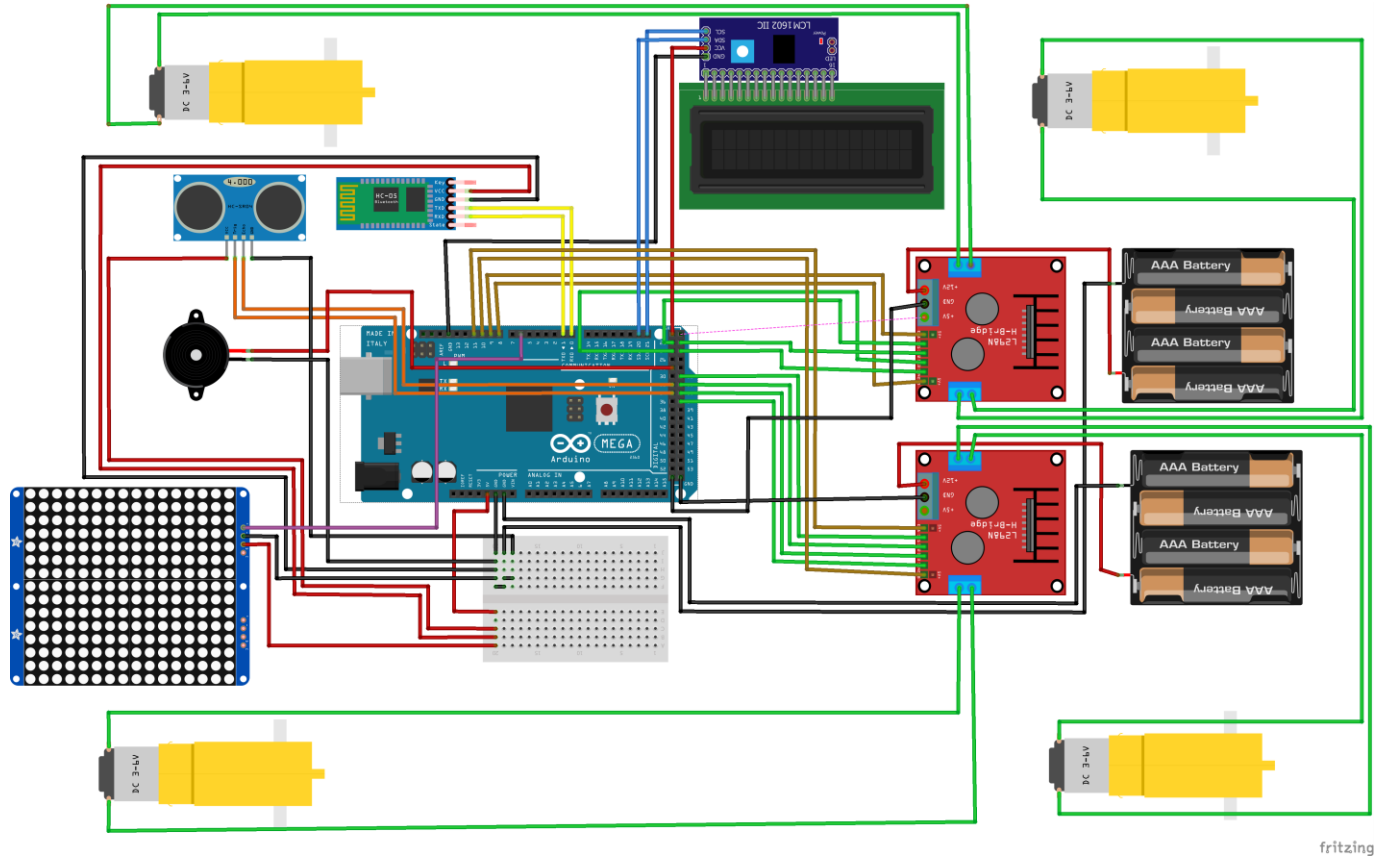
DIN

6

---

*Tabla 10. Pines Arduino*

El circuito se ha montado tal como muestra la Ilustración 28. Se han utilizado las mismas conexiones, aunque, no se han conectado los pines directamente, sino que se ha utilizado una protoboard para dar mayor estabilidad y seguridad a los componentes. Los componentes que se han utilizado no han sido comprados en su mayoría. La universidad ha sido capaz de prestar multitud de componentes. Para controlar los motores delanteros se ha utilizado un driver y para controlar los motores traseros se ha utilizado el segundo driver. De esta forma, el comportamiento de los motores es más natural.



*Ilustración 28. Circuito Arduino completo*



## **6.10 SOFTWARE**

Para que el robot funcione correctamente es necesario diseñar un código en el que se detalle el funcionamiento de cada componente dentro de un mismo programa. El código se muestra en el ANEXO I. Para utilizar todos los componentes en el código, es necesario en algunos casos utilizar librerías específicas para dicho componente. Para este robot es necesario utilizar la librería Software Serial, ya que la comunicación del robot y el usuario se va a realizar a través de Bluetooth. También es necesario el uso de las librerías Wire y Liquid Crystal I2C para el correcto funcionamiento del módulo display. Y, por último, para poder programar la matriz LED se ha utilizado la librería Fast LED. En este caso, los motores, el buzzer y el sensor de ultrasonidos no requieren librerías específicas.

En el código hay dos elementos básicos. La sección setup y la sección loop. Ambas son esenciales para que cualquier código pueda funcionar. La sección de setup se recorre siempre que empieza un programa. Aquí se inicializan variables, se configuran los pines utilizados y se definen distintos elementos que se van a utilizar en la sección loop. En esta sección, se ha inicializado la comunicación mediante puertos serial, se han configurado los pines como entradas o salidas, se ha configurado la pantalla LCD y se ha configurado la matriz LED. La sección loop se recorre de forma continua desde que se empieza el programa y se repite consecutivamente. En esta sección es donde se introduce el código principal del programa a desarrollar. Para evitar tener una sección loop muy extensa, se han utilizado funciones. Estas funciones se definen fuera de las secciones setup y loop y pueden ser llamadas desde la sección loop. Así, se pueden definir comportamientos de los componentes, como la dirección de giro de los motores o el estado de la matriz LED, únicamente escribiendo una línea de código en la sección loop. Cuando el programa lea dicha línea, saltará a la parte del código donde se haya definido la función y recorrerá dicha función hasta el final. Tras esto, volverá al código principal y continuará recorriéndolo. Se han utilizado funciones para definir el comportamiento de los motores y la matriz LED. En esta sección, se empieza calculando la distancia a la que el sensor encuentra un objeto. A continuación, el programa comprueba si

el usuario ha mandado un mensaje vía Bluetooth. Si efectivamente hay un mensaje, el código interpreta dicho mensaje. Este mensaje puede ser una orden para los motores, una orden para la matriz LED o una frase. Para los motores, se han utilizado las letras A para avanzar hacia adelante, M para avanzar marcha atrás, P para parar, I para girar a la izquierda y D para girar a la derecha. Para la matriz LED, se han utilizado las letras H para mostrar la cara sonriente, T para mostrar la cara triste, X para apagar la matriz LED y S para mostrar la cara sorprendida. Si el usuario no ha mandado ninguna de estas letras, el programa entiende el mensaje como una frase y la muestra por pantalla. Si, por el contrario, el usuario no ha mandado un mensaje, el código salta esta parte de código. En este momento, se comprueba si la distancia calculada anteriormente es inferior al valor límite que se ha definido como 10 cm. Si el objeto se encuentra a una distancia mayor de 10 cm, el programa habrá terminado y volverá al principio del código de la sección loop para recorrerlo de nuevo. Si el objeto se encuentra a una distancia menor de 10 cm, el código está diseñado para que los motores se detengan, el buzzer emita un sonido y para que la pantalla LCD muestre un mensaje de STOP. Una vez haya recorrido este código, el programa habrá terminado y volverá al principio del código de la sección loop para recorrerlo de nuevo. Debido a la rapidez de procesamiento de código, solo pasan unos milisegundos hasta que el programa vuelve a calcular la distancia, comprobar si está dentro del valor límite y actuar.

Cada motor tiene dos pines de control. El movimiento del motor se define poniendo el pin respectivo a nivel alto o a nivel bajo. Para que el robot sea capaz de girar a la izquierda, los motores izquierdos deben girar hacia delante mientras que los motores derechos deben girar marcha atrás. Y para que el robot sea capaz de girar a la derecha, los motores derechos deben girar hacia delante mientras que los motores izquierdos deben girar marcha atrás. La velocidad de giro de los motores se define en el código. Para los motores, se han definido las funciones de avanzar hacia delante, en el código aparece como void adelante (), avanzar hacia atrás, en el código aparece como void marchatras (), girar a la derecha, en el código aparece como void derecha (), girar a la izquierda, en el código aparece como void izquierda (), y, por último, parar los motores, en el código aparece como void parar (). En función de

la información que el usuario envíe al robot a través de la aplicación móvil, el programa llamará a una función o a otra.

En cuanto a la matriz LED, se ha creado una matriz idéntica para conocer que LEDs hay que encender en cada caso. La Tabla 11 muestra la matriz que se ha creado para conocer con exactitud que LEDs deben estar encendidos y que LEDs deben estar apagados para mostrar la cara sonriente. Se puede mostrar en multitud de colores. En este caso, se ha elegido el rojo para mostrar la cara triste, el azul para mostrar la cara sonriente y el blanco para mostrar el signo de interrogación.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

*Tabla 11. Matriz de cara sonriente*

## **Capítulo 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS ROBOT TEA**

Tras conectar todos los componentes a sus pines respectivos, se procede a realizar una serie de pruebas para comprobar el funcionamiento del robot. Debido a la pandemia del Covid-19, no se ha podido acceder a las impresoras 3D de la universidad a tiempo para construir el robot. Todas ellas estaban ocupadas imprimiendo lotes de pantallas faciales de protección frente al coronavirus. Aun así, se han realizado las pruebas ya que es posible realizarlas sin la estructura. Se han realizado cinco pruebas. Todas ellas se han realizado utilizando un dispositivo electrónico en el que se ha instalado una aplicación que permite la comunicación entre el dispositivo y el robot a través de Bluetooth. Se quiere diseñar una aplicación personalizada para llevar a cabo dicha comunicación, pero el diseño de dicha aplicación le corresponde a mi compañera Clara María Baltasar Alonso. La aplicación que se ha utilizado se llama Arduino Bluetooth Controller y está disponible en la Play Store. Dicha aplicación tiene muchos modos de funcionamiento. Uno de ellos simula una consola de videojuegos, como se muestra en la Ilustración 29. Cada icono puede ser configurado para que envíe una opción específica.

Para las pruebas de motores y matriz LED se utilizará este modo de funcionamiento. Otro modo de funcionamiento es el modo teclado, en el que se puede escribir. Este modo de funcionamiento se utilizará para la prueba de la pantalla LCD. Para la realización de las pruebas se ha utilizado un único código en el que se detalla el comportamiento de cada componente. Este código es el programa principal del robot. Por lo tanto, las pruebas se han realizado poniendo el foco en un único componente, pero el resto de componentes se encuentran funcionando durante la prueba. La alimentación de la placa se ha realizado mediante una conexión USB con el ordenador. Se puede alimentar desde un driver motor, pero la corriente que ofrecen dichos drivers no es suficiente para alimentar a todos los componentes a la vez. Cuando se construya el robot entero, se deberá alimentar mediante una pila que sea capaz de alimentar a todos los componentes a la vez.

## **7.1 PRUEBA MOTORES**

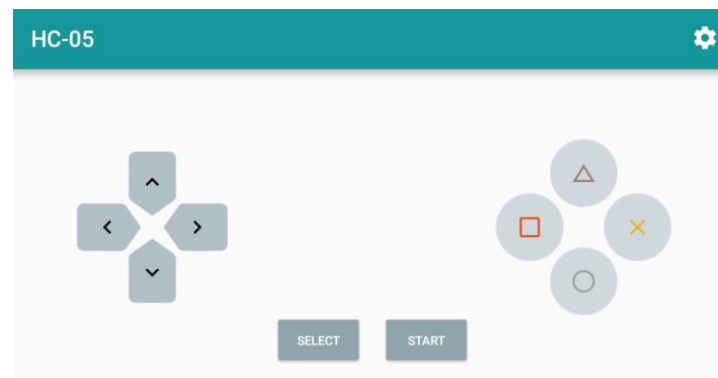
La primera prueba consiste en comprobar el funcionamiento de los motores. La dirección de giro de los motores se va a enviar a través de la aplicación, mientras que la velocidad de giro está determinada en el código. Es posible cambiar dicha velocidad modificando el código desarrollado, pero no existe la posibilidad de cambiarla desde la app. Se tiene que comprobar no solo que funcionen los cuatro motores individualmente, sino que además deben funcionar sincronizados para realizar la acción que se les pide correctamente.

Los motores pueden realizar cinco acciones distintas: Avanzar hacia delante, avanzar marcha atrás, girar a la izquierda, girar a la derecha y detenerse. Para que el robot sea capaz de girar a la izquierda, los motores izquierdos deben girar hacia delante mientras que los motores derechos deben girar marcha atrás. Y para que el robot sea capaz de girar a la derecha, los motores derechos deben girar hacia delante mientras que los motores izquierdos deben girar marcha atrás. Los motores solo cambian su dirección de giro en función de la orden que reciban de la aplicación móvil y en función de la información recibida del sensor de ultrasonidos. Su comportamiento es independiente de la matriz LED y la pantalla LCD. En esta prueba se va a comprobar que los motores reciben correctamente la información de la aplicación móvil y que la ejecutan correctamente. Se van a realizar las siguientes acciones:

1. Avanzar hacia delante
2. Detenerse
3. Girar a la izquierda
4. Avanzar hacia atrás
5. Girar a la derecha
6. Detenerse

Se va a utilizar el modo consola de la aplicación que se muestra en la Ilustración 29. Para llevar a cabo esta prueba, se ha configurado el modo consola de la siguiente manera: La flecha que apunta hacia arriba está configurada como avanzar hacia adelante, la flecha que

apunta hacia abajo está configurada como avanzar hacia marcha atrás, la flecha que apunta hacia arriba está configurada como avanzar hacia adelante, la flecha que apunta hacia la derecha está configurada como girar a la derecha, la flecha que apunta hacia la izquierda está configurada como girar a la izquierda y el icono 'start' está configurado como parar los motores.



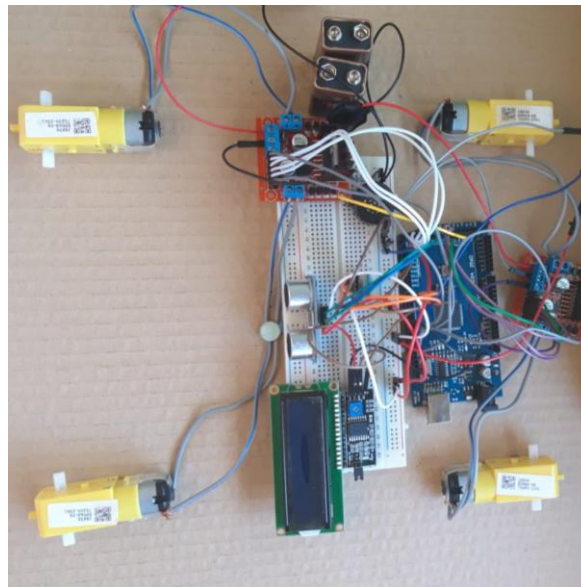
*Ilustración 29. Arduino Bluetooth Controller modo consola*

Esta prueba también se podría realizar desde el modo teclado, escribiendo directamente la orden. Se ha optado por realizar la prueba desde el modo consola ya que es más visual. Como se ha comentado anteriormente, no se dispone de la estructura en la que se va a colocar la parte hardware del robot. Para simular ruedas y que el resultado sea más visual, se han utilizado círculos de cartón como muestra la Ilustración 30. El robot no es capaz de desplazarse, pero gracias a las líneas rojas dibujadas sobre el cartón, el giro que realiza la rueda es más visual.



*Ilustración 30. Ruedas para la prueba de motores*

La prueba se ha realizado y se ha comprobado que el código funciona correctamente. Se ha de tener cuidado en la disposición de los motores, ya que si se cambian o modifica la cara en la que se apoyan, el giro que realizarán será incorrecto, ya que el código no sería el adecuado. Para que el código desarrollado funcione correctamente, los motores deben estar dispuestos como se indica en la Ilustración 31. Deben colocarse con la pegatina mirando al techo y con las escobillas mirando hacia afuera. Las escobillas son tiras de metal con un agujero en medio por donde se introduce un cable para conectar el motor al driver.



*Ilustración 31. Disposición motores para la prueba de motores*

## **7.2 PRUEBA PANTALLA LCD**

La cuarta prueba consiste en comprobar que el robot es capaz de mostrar en la pantalla LCD un mensaje. Este mensaje será escrito por el usuario en la aplicación móvil y mandado al robot a través de Bluetooth. El objetivo es que la pantalla LCD muestre un mensaje independientemente de si el robot está moviéndose o está detenido. Solo cuando el robot haya detectado la presencia de un objeto, la pantalla LCD mostrará un mensaje definido por el programa. En la pantalla aparecerá el mensaje: STOP.

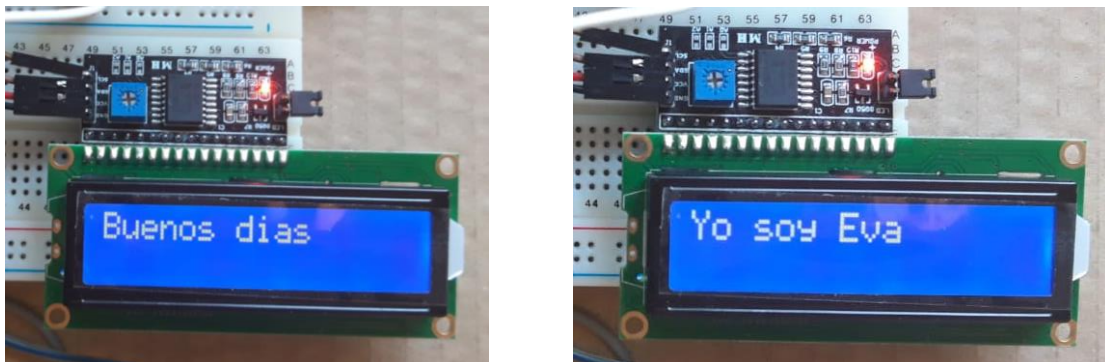
Para realizar esta prueba se utilizará el modo teclado de la aplicación. Se ha de tener cuidado en no superar los caracteres que soporta la pantalla LDC. Si el mensaje es muy largo, la pantalla no mostrará el mensaje completo, a no ser que en el código se utilice la función scroll (). Dicha función desplaza hacia la derecha o izquierda el mensaje. De esta forma se pueden mostrar mensajes más largos. Aun así, dicha función solo soporta una longitud de 40 caracteres. Para esta prueba, no se va a utilizar dicha función debido a que se van a enviar mensajes de pequeño tamaño.

Al realizar pruebas anteriores se ha detectado un problema con el código, ya que la pantalla LCD muestra todos los mensajes enviados excepto la primera letra de cada mensaje. Esto ocurre debido a que el código está desarrollado de una forma concreta. Al esperar una única letra para controlar los motores y la matriz LED, el código interpreta la primera letra de la primera palabra que recibe. Una vez ha comprobado que no se corresponde con ninguna orden concreta, descarta la letra interpretada y muestra el mensaje restante. Esto solo ocurre con mensajes enviados, no con mensajes que se han escrito en el código, como por ejemplo el mensaje STOP. Este mensaje se muestra entero. Para evitar este error, se debe escribir delante de la primera palabra del mensaje enviado un carácter que no se corresponda con ninguno de los que se han usado para controlar los motores y la matriz LED, como por ejemplo un número. De esta forma, si se escribe '1Buenos días', la pantalla mostrará 'Buenos días'. En la prueba, se realizan las siguientes acciones:

1. Encender motores (la pantalla LCD funciona independientemente del estado en el que estén)
2. Enviar mensaje: 1Buenos días
3. Acercar un objeto para mostrar mensaje STOP
4. Enviar mensaje: Yo soy Eva

La Ilustración 32 muestra ambos mensajes en la pantalla LCD obtenidos en la prueba.





*Ilustración 32. Mensajes en la prueba de la pantalla LCD*

A parte de lo comentado anteriormente sobre la primera letra del mensaje, los resultados de la prueba han sido satisfactorios ya que se ha conseguido mostrar todos los mensajes enviados al incluir el número 1 antes del mensaje que se ha deseado enviar. Para futuros trabajos, se ha de solucionar dicho problema.

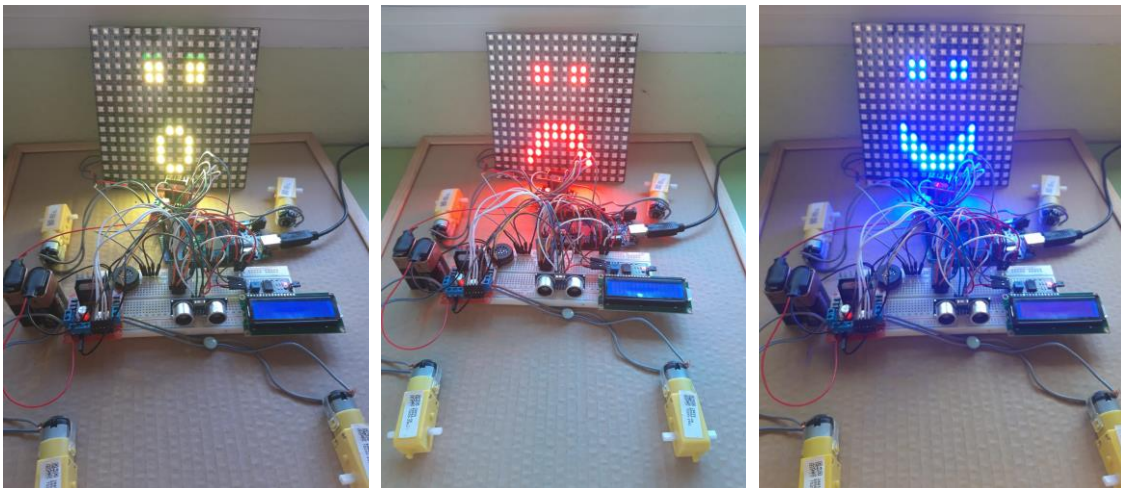
### **7.3 PRUEBA MATRIZ LED**

La tercera prueba consiste en comprobar que el robot es capaz de mostrar un icono en la matriz LED independientemente de si el robot está moviéndose o está detenido. La matriz LED funciona independientemente del resto de componentes y su estado no se ve afectado por la presencia de un obstáculo. Su estado cambia en función de las órdenes enviadas por el usuario a través de la aplicación móvil. El objetivo es que la matriz LED sea capaz de mostrar tres caras, una sonriente, una sorprendida y otra triste. Es posible ampliar el número de caras e iconos a mostrar en la matriz. Cuando se quiera mostrar la cara sonriente, el usuario debe mandar la orden de mostrar la cara sonriente. Cuando el usuario quiera mostrar la cara triste, el usuario debe mandar la orden de mostrar la cara triste. Cuando el usuario quiera mostrar la cara sorprendida, el usuario debe mandar la orden de mostrar el signo de interrogación. Para enviar las órdenes, se ha utilizado el modo consola de la aplicación. Se ha configurado de la siguiente manera: el cuadrado está configurado para mostrar la cara triste, el triángulo está configurado para apagar la matriz LED, la cruz está configurada para

mostrar la cara sonriente y el círculo está configurada para mostrar la cara sorprendida. En la prueba, se han realizado las siguientes acciones:

1. Encender motores (la matriz funciona independientemente del estado de los motores)
2. Mostrar cara sorprendida
3. Mostrar cara triste
4. Mostrar cara sonriente
5. Apagar matriz

Para esta prueba se utiliza el modo consola de la aplicación. La Ilustración 33 muestra los tres iconos obtenidos tras la prueba.



*Ilustración 33. Resultados de la prueba de la matriz LED*

Los resultados obtenidos son satisfactorios ya que mientras el robot estaba activo y los motores funcionando, la matriz ha funcionado correctamente, mostrando el icono que se le había pedido. Se ha de tener cuidado con la disposición de la matriz, debido a que, con el uso de la librería Fast LED, los LEDs los interpreta como un vector de 256 LEDs. La posición de inicio de dicho vector está fijada en una esquina concreta y la matriz se lee de

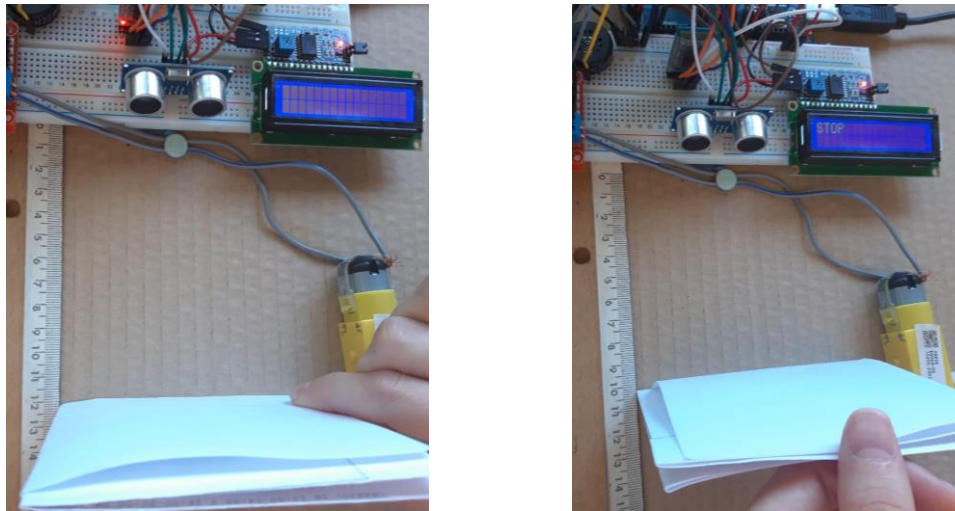
una manera específica, por lo que la disposición es muy importante. Si no, las caras mostradas pueden aparecer de lado o boca abajo.

## **7.4 PRUEBA DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS**

La cuarta prueba consiste en comprobar que el robot es capaz de detectar un obstáculo en su camino y reaccionar a tiempo. El objetivo es que, cuando el sensor reciba la presencia de un objeto en su camino, los motores se detengan para evitar la colisión y el buzzer emita una alarma para que el usuario se dé cuenta. Además, la pantalla LCD mostrará un mensaje: STOP. El robot se ha programado para que se detenga cuando identifica un obstáculo a menos de 10 cm. Esta prueba debe realizarse sobre la plataforma móvil impresa en 3D para comprobar que la distancia de reacción es suficiente para detener el robot antes de la colisión. Como se ha comentado anteriormente, no se ha podido acceder a las impresoras de la universidad a tiempo. Aun así, se ha realizado la prueba posicionando el robot en un punto fijo mientras que se acercaba y se alejaba un objeto. Para la prueba se va a utilizar el modo consola de la aplicación. En la prueba se han realizado las siguientes acciones:

1. Encender motores
2. Avanzar hacia delante
3. Mostrar cara triste
4. Acercar objeto hasta los 10 centímetros. En este momento el buzzer suena, los motores se detienen y la pantalla muestra STOP

La Ilustración 34 muestra dos situaciones, una en la que el objeto se encuentra a una distancia mayor de 10 cm del sensor y por lo tanto la pantalla LCD no muestra el mensaje STOP, y otra situación en la que el objeto se encuentra a una distancia inferior a 10 cm y por lo tanto, la pantalla muestra el mensaje de STOP.



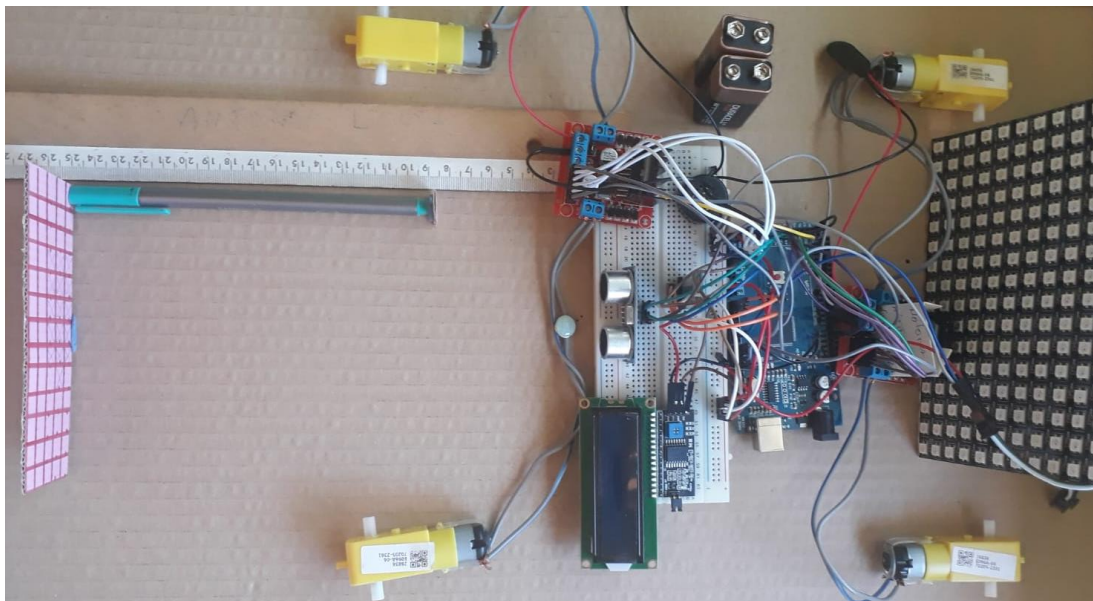
*Ilustración 34. Prueba de distancia para la prueba de detección de obstáculo*

Los resultados de la prueba han sido satisfactorios ya que el robot se detiene ante la presencia de un objeto si este se encuentra a menos de 10 cm. Además, el buzzer emite un sonido y la pantalla LCD muestra el mensaje que se ha programado. El robot se mantendrá detenido hasta que el usuario envíe nuevas órdenes desde la aplicación móvil. Una vez el robot se haya desplazado fuera de la zona crítica, o en este caso, se haya alejado el objeto, el buzzer deja de emitir y la pantalla LCD deja de mostrar el mensaje STOP. La matriz LED funciona independientemente de si hay un obstáculo en el camino. Es decir, no cambia su estado si se detecta un objeto. Solo cambia de estado si el usuario manda la orden desde la aplicación.

## **7.5 PRUEBA SENSOR DE ULTRASONIDOS**

La última prueba consiste en conocer el ángulo de visión del sensor de ultrasonidos y si es similar al valor que muestran los fabricantes. En las características del componente este valor se corresponde con 15 ° hacia la izquierda y otros 15° hacia la derecha del punto del punto medio del componente. Para realizar esta prueba y conocer el ángulo de visión, se ha creado una matriz de puntos que se recorre con un objeto para conocer los puntos críticos. El componente se ha programado para que suene el altavoz si un objeto está a menos de 9 centímetros. El sensor de ultrasonidos está colocado sobre la protoboard encima de una

superficie fija. El componente está situado a 1 cm de la superficie fija. Para recorrer los puntos críticos, se ha utilizado una vara delgada al que se le ha adherido una pieza de cartón de 1x1 cm imitando a un obstáculo. De esta forma, el sensor lo identifica más fácilmente. La vara mide 16 cm por lo que la matriz de puntos debe colocarse a 25 cm del componente, para que el dispositivo no reconozca esta pieza como un obstáculo y además para poder desplazar la vara a 9 cm del sensor. La matriz de puntos consistía en una pieza de cartón en la que se ha trazado una matriz de 5x13 en forma de cuadrícula. Cada cuadrícula mide 1x1 cm. Dicha matriz se coloca en el punto medio del sensor, entre el emisor y el receptor. La Ilustración 35 muestra la disposición del robot y de los elementos requeridos antes de comenzar la prueba.



*Ilustración 35. Disposición robot para la prueba de detección de obstáculos*

La prueba comienza recorriendo la primera fila de derecha a izquierda y anotando aquellas cuadrículas en las que el buzzer ha emitido un sonido, es decir, en la que el sensor ha reconocido el objeto. Una vez terminada la primera fila, se procede a la segunda fila y se realiza el mismo procedimiento. Una vez recorrida la matriz entera, se procede a realizar otras tres pruebas. De esta forma se comprueba que los resultados obtenidos son representativos

y no son errores. Los datos obtenidos en las diferentes pruebas se muestran en la Ilustración 36.

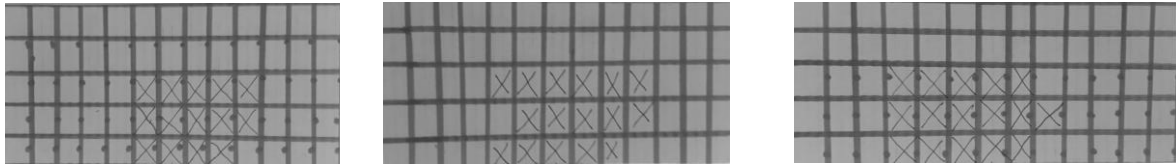


Ilustración 36. Resultados de las pruebas del sensor de ultrasonidos

Los puntos de la matriz que el sensor ha identificado se muestran en la Tabla 12. Estos puntos son los que han sido identificados como obstáculos en las tres pruebas realizadas. Se aprecia que el sensor identifica mejor los objetos del lado derechos que del lado izquierdo. Esto se debe a que el emisor del sensor se encuentra a la derecha del punto medio del sensor y el receptor se encuentra a la izquierda del punto medio del sensor. Al ser el emisor el elemento que envía señales, es lógico que identifique objetos que estén más a la derecha. A partir de la cuarta fila empezando por la inferior, el sensor no identifica el objeto como obstáculo. Esto se debe a que el sensor está situado a 1 cm de la superficie fija y las filas superiores están situadas a más de 4 cm de la superficie fija.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5													
4													
3													
2													
1													

Tabla 12. Matriz de puntos de la prueba del sensor ultrasonidos

Gracias a estos resultados podemos obtener el ángulo de visión del componente. El punto medio del componente se encuentra en el punto medio de la columna 7. Por lo tanto, el extremo izquierdo se encuentra a 1,5 cm del punto medio. El extremo derecho se encuentra

a 3,5 cm del punto medio del componente. Y el punto superior se encuentra a 3 cm del sensor de ultrasonidos, ya que este está situado a 1 cm de la superficie. Para hallar el ángulo de visión, se utiliza la Ecuación 1.

$$tg(\alpha) = \frac{\text{sen}(\alpha)}{\text{cos}(\alpha)} = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto contiguo}} = \frac{b}{c}$$

*Ecuación 1*

Para hallar el ángulo de visión de la parte izquierda, se sustituye en la ecuación los valores correspondientes, siendo  $b=1,5$  cm y  $c=9$  cm. El ángulo de visión izquierdo tiene un valor de  $9,46^\circ$ . Para hallar el ángulo de visión de la parte derecha, se sustituye en la ecuación los valores correspondientes, siendo  $b=3,5$  cm y  $c=9$  cm. El ángulo de visión derecho tiene un valor de  $21,25^\circ$ . Para hallar el ángulo de visión de la parte superior, se sustituye en la ecuación los valores correspondientes, siendo  $b=3$  cm y  $c=9$  cm. El ángulo de visión superior tiene un valor de  $18,43^\circ$ . Los valores que proporcionan los fabricantes se muestran en la Ilustración 37 [30]. Analizando los datos obtenidos, se aprecia que los resultados de la prueba son similares a los datos ofrecidos por el fabricante, los cuales se muestran en la Ilustración 37. Se ha cometido un error mayor en los datos del extremo izquierdo, ya que el ángulo de visión obtenido es de  $9,46^\circ$ , mucho menor del  $22,5^\circ$ . Esto ha podido deberse a errores en la medición. Sin embargo, el ángulo de visión derecho ( $21,25^\circ$ ) es muy similar al ofrecido por los fabricantes ( $22,5^\circ$ ). Los valores ofrecidos por el fabricante se corresponden también para los ángulos de visión superior e inferior. El ángulo inferior no es importante en esta prueba debido a que se encuentra a 1 cm de la superficie. Una vez se construya el robot entero, se deberá proceder a realizar esta prueba de nuevo para obtener dicho valor con exactitud. En cuanto al ángulo de visión superior, el valor obtenido ( $18,43^\circ$ ), es similar, aunque inferior al ofrecido por el fabricante ( $22,5^\circ$ ). Esto puede ser debido a errores en la medida.

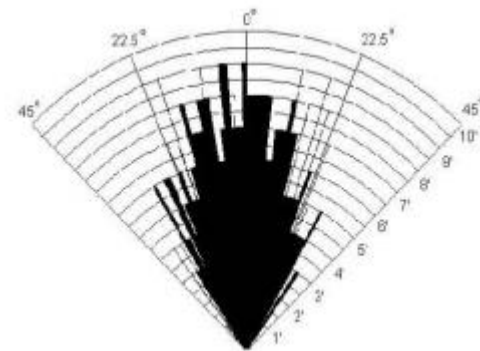


Ilustración 37. Valores sensor ultrasonidos proporcionados por el fabricante [ELES10]

La Ilustración 38 muestra los valores que se han obtenido de las pruebas realizadas. Como se ha comentado anteriormente, el ángulo inferior no se ha tenido en cuenta en este caso debido a que no la prueba se ha realizado desde un punto muy cercano a la superficie en la que estaba el sensor. Cuando se realice el montaje completo, se deberá proceder a realizar la misma prueba para comprobar que los valores no han cambiado y obtener el valor del ángulo de visión inferior.

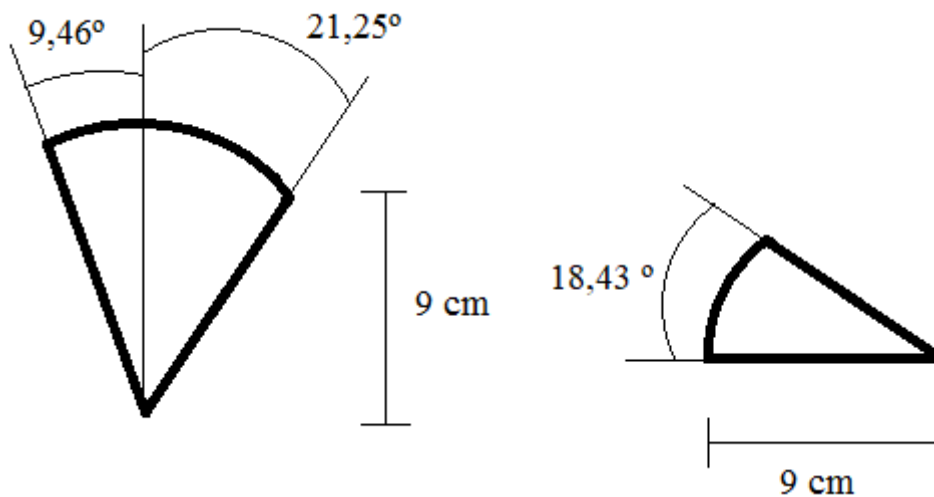


Ilustración 38. Ángulo visión obtenido de las pruebas



## **Capítulo 8. ESTIMACIÓN COSTE**

Para este proyecto es vital el coste, ya que el objetivo es construir un robot económico que pueda ser utilizado por muchas personas. Como se ha comentado en la sección de Motivación, existen otros robots diseñados para ayudar a los terapeutas en terapias específicas para niños y niñas con TEA. Esos robots presentan un coste muy elevado, por lo que se quiere construir un robot que cumpla y satisfaga las necesidades de este colectivo. Además, es importante destacar las horas invertidas en el diseño y la construcción tanto del robot como el juego educativo.

### **8.1 *COSTE JUEGO EDUCATIVO***

En esta sección se comentan todos los costes que han supuesto la creación y el desarrollo del juego educativo sobre los Derechos Humanos. Este juego solo tiene gastos de hardware ya que no se necesita ningún programa o código adicional para utilizar el robot. Se va a proceder a analizar los costes del diseño y la realización del juego educativo.

El robot Ozobot supone el coste más alto, ya que el resto de materiales y recursos son básicos y económicos. El juego está diseñado para utilizar un Ozobot por lo que no se puede utilizar otro robot. Este componente se puede adquirir a través de la página web Ozobot.com, a través de tiendas online electrónicas o a través de páginas web de venta online, como Amazon.es. El precio del Ozobot en la página web Amazon.es es 74,06 €. Hay modelos superiores cuyo precio asciende hasta los 109,32 €. Para crear los códigos de colores necesarios para el movimiento del robot existen dos alternativas. La primera es usar unas pegatinas que contienen un código de color que se colocan encima de la línea negra. La segunda es pintar el código de color que se desee utilizar con unos rotuladores especiales. Se ha optado por la segunda opción ya que es más sencilla de conseguir. El precio de 4 rotuladores de distintos colores en la página web Amazon.es es 7,90 €. En cuanto a la parte

de diseño y creación del juego, se distinguen dos figuras importantes. El diseñador y el creador de los diseños usados. Ambos son fundamentales y se deben tener en cuenta a la hora de estimar los gastos del juego educativo. A mi compañera, Judith Serra, y a mí, el juego educativo nos llevó alrededor de 10 horas el diseño completo del juego. Un diseñador cobra 10 € la hora. Para este juego, el creador necesitó alrededor de 15 horas para conseguir desarrollar los contenidos necesarios. Un creador de contenidos cobra 13,12 € a la hora. En la Tabla 13 se muestran todos los costes estimados del juego educativo.

PRECIO	CANTIDAD	PRECIO (€)
Ozobot	1	74,06
Rotuladores código de colores	1 pack de 4	7,90
Tablero	1	6,5
Tarjetas	24	5,65
Coste diseñador	10 horas	100
Coste creador de contenidos	15 horas	196,8
<b>PRECIO TOTAL</b>		<b>390,91€</b>

*Tabla 13. Coste estimado del juego educativo*

## **8.2 COSTE ROBOT TEA**

En esta sección se comentan todos los costes que han supuesto el diseño y la construcción del robot facilitador de comunicación para personas con TEA. Se va a proceder a analizar el precio de los distintos componentes utilizados en el robot. Anteriormente se han ido comentando los precios de los componentes usados, pero en esta sección se van a recoger

todos los datos en conjuntos. Para realizar la primera versión de este robot, se han elegido tanto sensores y periféricos básicos en un robot móvil (sensor, de proximidad y motores) como periféricos más avanzados, como lo son por ejemplo el módulo display y la matriz de LEDs. Además, es relevante destacar el tiempo que se ha invertido en el diseño y la creación del robot. La mayor parte del tiempo se dedicó a la parte de diseño porque de era la mejor forma de evitar multitud de problemas futuros. La parte de codificar el programa no la realicé personalmente pero aun así se va a tener en cuenta.

### **8.2.1 HARDWARE**

Se procede a analizar y comentar los costes de la creación y el diseño del robot desde el punto de vista del hardware. Es decir, el coste de todos los componentes, sensores y periféricos. Se van a detallar los precios desde una misma página web para simplificar la búsqueda para futuros trabajos. Aun así, se pueden adquirir elementos y componentes en cualquier tienda, tanto física como online. Se pueden usar componentes de diferentes fabricantes siempre que cumplan con los requisitos y que sus características sean similares a la de los componentes usados. A continuación, se analizan las estimaciones de precio de los componentes utilizados. La Tabla 14 recoge todos los costes económicos de los componentes. Los costes de hardware no disminuyen de forma significativa en el caso de que se construya más de una unidad. No ocurre lo mismo con los costes de software, como se comentará más adelante.

La placa Arduino Mega 2560 es la parte fundamental del robot, ya que es la encargada de procesar la información que recibe y actuar acorde con ella. Se ha elegido la placa Arduino Mega 2560, porque es la placa similar a la Arduino UNO, con la diferencia principal de que la placa elegida tiene mayor cantidad de pines. Este proyecto no se puede desarrollar con la placa UNO ya que se requiere un número de pines que no posee dicha placa. Además, se ha elegido la placa Mega 2560 porque, al ser similar a la placa UNO, es compatible con todos los sensores y módulos diseñados para la placa UNO. Gracias a esta razón se han podido

utilizar muchos componentes. El precio de este componente en la página web Amazon.es es 38.90 €.

El sensor de ultrasonidos es un componente de bajo coste. Hay componentes similares de mayor coste que proporcionan información más precisa, pero para el robot que se ha diseñado, el modelo HC-SR04 es suficiente. El precio de este componente en la web Amazon.es es 2.94 €.

La matriz de LEDs 8x8 con el controlador MAX7219 incluido es un componente de bajo coste. Su mayor ventaja es que permite la conexión de otros componentes en cascada. El precio de este componente en la página web Amazon.es es 3,17 €.

El buzzer es un componente de bajo coste que se suele vender en paquetes. El precio de dos buzzers en la página web Amazon.es es 1,95 €. Aunque solo se requiera el uso de un buzzer, Amazon no da la opción de comprar un único buzzer sin que el precio sea superior al de la compra de este pack.

La pantalla LCD es otro componente de bajo coste, aunque existen alternativas cuyo coste es mucho mayor, como utilizar pantallas TFT, capaces de mostrar imágenes. El precio de este componente en la página web Amazon.es es 4,79 €. La pantalla LCD puede ser adquirida en conjunto con el controlador I2C. En este caso, el precio de ambos componentes en la página web Amazon.es es de 7,49 €.

El controlador I2C se puede adquirir individualmente si se quiere. En este caso, el precio de este componente sin la pantalla LCD en la página web Amazon.es es 5,29 €. En este caso, se aconseja comprar ambos elementos en conjunto para ahorrar costes. En la tabla que recoge el precio total, se muestra el precio de los componentes en conjunto.

El módulo Bluetooth es otro elemento fundamental en el funcionamiento de robot, ya que, sin el módulo, el usuario no sería capaz de enviar información en tiempo real al robot. El módulo que se ha utilizado es un componente de bajo coste, aunque existen escudos

diseñados para Arduino que dotan a la placa base de Bluetooth. Para el diseño del robot, se ha elegido el módulo HC-05. El precio de este componente en la página web Amazon.es es 4,48 €.

Los motores DC son componentes de bajo coste. Para el diseño y la construcción del robot se requieren cuatro unidades. El precio de dos componentes en la página web Amazon.es es 4,24 €. Por lo tanto, al necesitar cuatro, el precio total es de 8,48 €.

El módulo L298N es un componente necesario para el control de la velocidad y el giro del eje de los motores de corriente continua. Cada módulo es capaz de controlar dos motores distintos, por lo que se necesitan dos unidades. El precio de este componente en la página web Amazon.es es 6,99 €. Al necesitar dos módulos, el precio total asciende a 13,98 €. Este módulo requiere una alimentación de 12 V. Para obtener esta tensión, se utilizan pilas conectadas en serie. Se utilizan dos pilas de AAA de 1,5 V cada una y un apila de 9 V. Este tipo de pilas se aconseja que se compren en un supermercado, ya que el precio en la página web Amazon.es, es muy superior al precio del supermercado.

La estructura del robot se realiza exclusivamente con impresión 3D. El precio de este elemento, sin tomar en cuenta el precio de la impresora 3D es de 201,96 €. Se utiliza el PLA y el precio incluye todos los gastos asociados a la impresión 3D. Estos son los gastos de mantenimiento de la máquina, la amortización de la maquinaria, el material de aporte, el material de soporte y la mano de obra. El desglose de precio de la estructura se detalla en el ANEXO II. Estructura La impresora 3D usada se puede adquirir por un precio de 769 € en la página oficial de PRUSA.

Para conectar todos los componentes descritos anteriormente es necesario el uso de cables. Para la construcción de este robot se requieren dos tipos de cables: Macho/Macho y Hembra/Macho. Estos componentes no se venden individualmente, sino que vienen en packs de unas cantidades determinadas. Para el robot, se han necesitado 22 cables M/M y 7 cables H/M. El precio de 40 cables H/M en la página web Amazon.es es 3,99 € y el precio de 40 cables M/M en la página web Amazon.es es 3,99 €.

Además se debe valorar el coste humano y profesional. El robot ha pasado por diversas fases. Diseño, montaje y pruebas. Cada una de esas fases ha requerido una cantidad de tiempo que se debe tener en cuenta. La parte de diseño ha sido la más duradera, ya que se prefirió realizar un buen diseño eligiendo bien los componentes y comprobando su conexionado previo al montaje para ahorrar tiempo en la parte de montaje y pruebas. En total, se necesitaron alrededor de 23 horas para diseñar el robot. La parte de montaje, debido al buen diseño, no supuso mucho tiempo. En total, se necesitaron 5 horas para completar el montaje completo. Dicho montaje se realizó sin la estructura, por lo que montar el robot completo supone más tiempo. La parte de las pruebas fue extensa debido a la cantidad de pruebas que se hicieron. En esta sección no se cuenta únicamente la prueba sino que también incluye el diseño de la prueba y los recursos necesarios para su realización. En total, se necesitaron 22 horas para realizar todas las pruebas. Estas fases las realiza un profesional. Este profesional cobra 17,14€ la hora.

PRECIO COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO (€)
Arduino Mega 2560	1	38,90
Sensor Ultrasónico	1	2,94
Matriz LEDs	1	12
Buzzer	1	1,95
Pantalla LCD + Controlador I2C	1	7,49
Módulo Bluetooth	1	4,48
Motor DC	4	8,48
Driver L298N	2	13,98

Pila 9 V	2	9,99
Cables M/M	40	3,99
Cables H/M	40	3,99
Estructura	1	201,96
Coste profesional: Diseño del robot	23 horas	394,22
Coste profesional: Montaje del robot	5 horas	85,7
Coste profesional: Pruebas del robot	22 horas	377,08
<b>PRECIO TOTAL</b>		<b>1167,15 €</b>

*Tabla 14. Costes Hardware*

### 8.2.2 SOFTWARE

Los costes de hardware son muy superiores a los costes de software porque en el diseño del robot no se ha utilizado ningún programa de pago, sino que se han utilizado programas públicos, como Fritzing o programas de código abierto, como Arduino IDE. En el diseño del robot no se requieren programas avanzados para diseñar y desarrollar el programa a través del cual se rige el robot. Esto es debido a que se ha utilizado una placa de la familia Arduino, ya que si se hubiera utilizado una placa de otro fabricante no se podría haber utilizado Arduino IDE. Habría sido necesario el uso de un programa de pago en este caso. Para el diseño del robot desde el punto de vista de software se requiere un programador familiarizado con Arduino IDE. El programador debe desarrollar el código de cada componente, desarrollar el programa completo y diseñar una app para mandar órdenes al robot. Los programadores pueden cobrar entre 15 €/hora hasta 40 €/hora. La Tabla 15 muestra el tiempo empleado en cada una de estas tareas y el coste total. Los costes de software son elevados exclusivamente cuando se produce una sola unidad. En el caso de que

se construyan más unidades, el coste de software es el indicado en la tabla inferior y ha de ser dividido entre las unidades, ya que el código desarrollado es el mismo para todas las unidades.

TAREAS	HORAS	COSTE (€)/HORA	COSTE (€)
Desarrollo código de componentes individuales	2	14,9	29,8
Desarrollo programa completo	3	14,9	44,7
<b>PRECIO TOTAL</b>			<b>74,5 €</b>

*Tabla 15. Costes Software*

Una vez se han contabilizado todos los costes, se va a proceder a analizar la viabilidad del proyecto. En cuanto al juego educativo, los recursos son sencillos de utilizar y son de fácil acceso excepto el Ozobot. Si no se posee un Ozobot, el juego educativo aumenta mucho su coste por lo que no sería viable realizar dicha actividad. Si, por el contrario, se posee un Ozobot, el juego educativo se puede realizar sin suponer un coste muy alto. En cuanto a profesionales, el que supone más gasto es el creador de los contenidos. Para evitar controversias en cuanto a plagio, se deben crear contenidos propios. Es un gasto fijo que no aumenta con el número de veces que se realice el juego. Por lo tanto, cuantas más veces se realice el juego, más se amortizará el gasto del creador.

En cuanto al robot, las piezas individuales son muy económicas y se pueden comprar en lotes grandes para disminuir su precio. La estructura supone un precio muy caro si no se posee una impresora 3D. En este caso se puede pedir a una tienda de impresión 3D dicha estructura o se puede comprar una plataforma en tiendas online diseñadas para robot



móviles. El precio del robot disminuye si se producen muchas unidades, debido a que el código una vez se haya programado, se puede utilizar en el resto de unidades.

## **Capítulo 9. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

La robótica educativa supone un cambio de metodología en la educación ya que cambia el sistema educativo actual y ofrece una alternativa didáctica más acorde con los requerimientos del mundo actual, ya que con el sistema educativo tradicional se da una cantidad elevada de información al alumno el cual no es capaz de reflexionar y asimilar los conceptos de una forma sencilla. En comparación con otras asignaturas, la robótica educativa es mucho más práctica ya que se basa en realizar proyectos usando distintas plataformas y herramientas. No solo es útil para aquellos que quieran estudiar una carrera relacionada con la robótica, sino que a través de este tipo de educación se desarrollan muchas habilidades que no se trabajan en las asignaturas del sistema educativo actual, siendo la creatividad en la resolución de problemas una de ellas. Para la correcta implantación de esta metodología, se requiere que los profesores estén familiarizados con las herramientas que se trabajan, ya que son ellos los que van a impartir las clases y a quienes los alumnos van a acudir en caso de dudas. El profesor es una parte crucial en esta metodología. Como se ha comentado anteriormente, el juego educativo desarrollado tuvo mucho éxito entre los participantes debido a que se sienten interesados por la robótica y las herramientas que se pueden usar. Se han cumplido por lo tanto los objetivos marcados que se han comentado anteriormente en cuanto al diseño del juego educativo:

- Juego educativo atractivo para los niños. El juego desarrollado resultó muy entretenido para los niños y niñas. Después del desarrollo del juego comentaron que les había resultado muy interesante a la vez que entretenido.
- Juego educativo en el que el robot fuera una parte esencial. El robot es el elemento fundamental del juego, ya que, sin él, no se puede recorrer el tablero. No se puede utilizar otro elemento porque el juego requiere que se aprecien distintas velocidades cuando se avanza de un obstáculo a otro.
- Juego educativo con el que los niños y niñas aprendan un tema fundamental: Los Derechos Humanos. Tanto durante como después del juego, los participantes

realizaron preguntas sobre los artículos y los Derechos Humanos. Tras el juego, se les preguntó si habían aprendido sobre ellos y comentaron que sí.

- Comprobar que los robots educativos son una herramienta que facilita el aprendizaje de los niños y niñas. Como se ha comentado anteriormente, los participantes se mostraron interesados en el juego desde el primer momento y comentaron que las actividades con herramientas robóticas despiertan en ellos mucho más intereses que otras actividades realizadas en el aula.

Queda demostrado que la robótica tiene mucha importancia fuera de las industrias y fábricas ya que existen multitud de áreas en las que se pueden implantar herramientas robóticas. Diseñar y construir herramientas que sirvan de apoyo a personas que tengan algún tipo de discapacidad es una de esas áreas. Además, en los últimos años se han realizado multitud de investigaciones que hablan del potencial que tienen los robots en ciertos tratamientos y cómo ayudan tanto a los terapeutas como a las personas con discapacidad. El robot desarrollado pasará a manos de la Fundación Esfera una vez haya sido construido por completo y se hayan realizado todas las pruebas correspondientes. A partir de ese momento, se utilizará en terapias con niños y niñas y se estudiará si existen mejorías en el tratamiento o no. En cuanto a los objetivos marcados sobre el diseño y la construcción del robot para personas con TEA, se han cumplido la mayoría de ellos. El principal, comprobar que de verdad supone una ayuda usar herramientas robóticas en las terapias de este colectivo, no se ha podido cumplir debido a que la pandemia del Covid-19 no ha permitido realizar esta comprobación. El robot no se ha podido utilizar en terapias en el momento de entrega del este proyecto. En cuanto a los objetivos de diseño y construcción del robot:

- Robot capaz de desplazarse guiado mediante una App de móvil. Para ello debe ser capaz de evitar obstáculos para impedir la colisión. Dicho objetivo se ha cumplido ya que el robot es capaz de recibir órdenes enviadas desde una aplicación de un móvil a través de Bluetooth. Además, se ha comprobado que los motores se detienen cuando el robot detecta la presencia de un obstáculo en su camino.
- Robot capaz de comunicarse con otros avatares mediante Bluetooth, es decir, otros robots iguales a él. De esta forma, se puede favorecer la comunicación entre

dos personas con TEA. Este objetivo no se ha podido comprobar debido a que solo se ha desarrollado un único robot. Aun así, la base de la comunicación entre dos avatares es a través de Bluetooth. Este elemento funciona correctamente, por lo que se puede pensar que este objetivo se puede cumplir en futuros trabajos.

- Robot capaz de mostrar frases por una pantalla. Dichas frases serán escritas por el usuario a tiempo real y enviadas mediante Bluetooth al robot, el cual lo mostrará en un display. Este objetivo se ha cumplido a pesar de que la pantalla muestra todo el mensaje enviado excepto la primera letra. Se debe corregir antes de entregar el robot a la Fundación Esfera.
- Robot capaz de mostrar iconos, como por ejemplo emoticonos como caras sonrientes y tristes, gracias a unos LEDs. Dicho emoticono será elegido por el usuario a tiempo real y enviadas mediante Bluetooth al robot. Este objetivo se ha cumplido ya que la matriz muestra los iconos que se envían desde una aplicación de un móvil a través de Bluetooth.
- Robot capaz de mostrar a través de sensores u otros tipos de salidas el estado de ánimo en cada momento. Este último objetivo también se ha cumplido porque el robot permite al usuario mostrar su estado de ánimo de dos formas diferentes. Mediante la pantalla LCD a través de textos y frases o mediante la matriz LED a través de emoticonos.

Los objetivos que no se han conseguido cumplir se deben corregir antes de entregar el robot a la Fundación Esfera. Para aumentar las funcionalidades del robot se pueden añadir multitud de sensores extras. Se puede añadir una cámara para que el robot pueda ser guiado sin la necesidad de que el usuario se encuentre en la misma habitación o lugar, ya que gracias a la cámara es capaz de ver el entorno en el que se encuentra el robot. Esto puede ser muy útil para el niño o niña con TEA porque permite la comunicación con personas sin que estén delante de ellos. Además, el usuario se siente más atraído a usar el robot ya que comienza a usarlo como juguete teledirigido. Actualmente existen multitud de módulos que incorporar una cámara para realizar este tipo de actividades. Normalmente sus precios son muy altos y además requiere de muchos elementos extras como módulos o drivers ya que es un componente que procesa mucha información y requiere mucha memoria y potencia. Una funcionalidad extra que se puede dar al robot es que tenga incorporado un GPS. De esta forma, el usuario tiene información a tiempo real de donde se encuentra el robot. Incluso se puede configurar para que los padres reciban notificaciones de donde se encuentra el robot.

Esta funcionalidad es muy útil para encontrar a otros usuarios que tengan este mismo robot. A través de la aplicación del móvil se realiza una búsqueda de robots similares para que los usuarios jueguen e interaccionen entre ellos. El montaje es sencillo ya que actualmente existen escudos que poseen todos los componentes necesarios para dotar a la placa base de GPS. Solo requiere conectar el escudo sobre la placa base y configurar el programa.

## BIBLIOGRAFÍA

- [CRUZ14] J. Cruz Ardila y Y. Salazar, "APLICACIÓN ROBÓTICA PARA REALIZAR TERAPIAS EN NIÑOS CON AUTISMO", Laccei.org. Informe LACCEI, Guayaquil, Ecuador, 22 julio 2014. [Online]. Available: <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP026.pdf>. [Accessed: 23- Feb- 2020].
- [RUIZ07] E. Ruiz-Velasco Sánchez, Educatrónica: INNOVACION EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS Y LA TECNOLOGIA. Libro, editorial Diaz de Santos, 2007, pp. 57-115.
- [DREA19] "DREAM project | [thedreamproject.eu](http://thedreamproject.eu)", Dream2020.eu, 2019. [Online]. Available: <https://www.dream2020.eu/>. [Accessed: 20- Feb- 2020].
- [REAL19] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [10-Oct-2019]
- [UNIM11] "Unimate Robot", 2011. Fotografía. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/george-devol-a-life-devoted-to-invention-and-robots>. [Accessed: 26- Oct- 2019].
- [MOON09] S. Moon y G. Virk, "Survey on ISO standards for industrial and services robots", Informe, ICROS-SICE, Fukuoka, 2009.
- [IFOR19] "International Federation of Robotics", Ifr.org, 2019. [Online]. Available: <https://ifr.org/standardisation>. [Accessed: 25- Oct- 2019].
- [IFRP19] International Federation Robotics, "IFR Press Conference", Ifr.org, Informe, 2019. [Online]. Available:

- <https://ifr.org/downloads/press2018/IFR%20World%20Robotics%20Presentation%20-%202018%20Sept%202019.pdf>. [Accessed: 26- Oct- 2019].
- [IFRS19] “International Federation of Robotics”, Ifr.org, 2019. [Online]. Available: <https://ifr.org/service-robots>. [Accessed: 25 Octubre 2019].
- [IFRE19] International Federation Robotics, “Executive Summary World Robotics 2019 Service Robots”, Ifr.org, Informe, 2019. [Online]. Available: [https://ifr.org/downloads/press2018/Executive\\_Summary\\_WR\\_Service\\_Robots\\_2019.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2019.pdf). [Accessed: 2 Noviembre 2019].
- [SHAK19] “Shakey the robot”, 2019. Fotografía [Online]. Available: <https://www.sri.com/case-studies/the-man-the-myth-the-legend-meet-shakey-the-robot-the-worlds-first-ai-based-robot/>. [Accessed: 15 Enero 2020].
- [MIR20] “Robot móvil MIR200”, 2019. Fotografía. [Online]. Available: <https://www.mobile-industrial-robots.com/es/solutions/robots/mir200/>
- [DANB20] “Robot Tracción AGV”, 2019. Fotografía. [Online]. Available: <http://www.danbach.net/robot/agv/25.html>.
- [COMP18] “Complubot”, Complubot.com. [Online]. Available: Complubot.com. [Accessed: 15 Enero 2020].
- [EDUK14] “Edukative”, Edukative.es. [Online]. Available: <https://edukative.es> [Accessed: 20 Enero 2020]
- [EBOT17] “Ebotics, Educational Robotics Kits”, Ebotics.com [Online]. Available: <https://www.ebotics.com/es/>. [Accessed: 30 Enero 2020]
- [EBOT18] “MAKERmania”, Ebotics.com. Fotografía. [Online]. Available: <https://view.genial.ly/5bb3859f0c96e06f5f3a5060>.

- [OZOB12] “Ozobots”, Ozobot.com. Fotografía. [Online]. Available: <https://ozobot.com/>
- [NACI15] “La Declaración Universal de Derechos Humanos”, Naciones Unidas, Un.org, 2015. [Online]. Available: <https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/>. [Accessed: 15 Octubre 2020].
- [ARDU10] “Placa Arduino Mega 2560”, Arduino.cc. [Online]. Available : <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
- [TIEN20] “Modulo hc-sr04 sensor distancia por ultrasonidos para arduino”, Tiendatec.es, [Online]. Available: <https://www.tiendatec.es/arduino/modulos/392-modulo-hc-sr04-sensor-distancia-por-ultrasonidos-para-arduino-y-raspberry-pi-8403921180011.html>
- [DHGA20] “Pantalla de píxeles 16x16 de RGB programable flexible WS2812B SK6812”, Dhgate.com, [Online]. Available: <https://es.dhgate.com/product/flexible-built-in-ic-addressable-programmable/476550975.html?skuAttr=838404:2135040,838405:1182552>
- [FARN20] “Buzzer”, Farnell.com, [Online]. Available: <https://es.farnell.com/kingstate/kssg2308/altavoz-micro-pin-easy-mt-88db/dp/2215102>
- [SPAR00] “Dual full-bridge driver”, Sparkfun.com, 2000. [Online]. Available: [https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298\\_H\\_Bridge.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf). [Accessed: 30- Jun- 2020].
- [FLEX20] “Motor DC TT”, Flexbot.es, [Online]. Available: <https://www.flexbot.es/catalog/motor-con-engranaje-dc/>



- [ADAF20] “DC Gearbox Motor”, Adafruit.com. Fotografía. [Online]. Available: <https://www.adafruit.com/product/3777>
- [ELEC20] “Pantalla TFT”, Electronicaembajadores.com, Fotografía. [Online]. Available: <https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/LCTFT43/modulos-electronicos/modulos-tft/pantalla-tft-tactil-4-3-480-x-272-px-ssd1963>
- [ELET20] “Pantalla LCD”, Electrocrea.com, Fotografía. [Online]. Available: <https://electrocrea.com/products/display-16x2-azul-1>
- [TIED20] “Modulo expansor pcf8574 para lcd1602 a I2C”, Tiendatec.es, [Online]. Available: [https://www.tiendatec.es/arduino/modulos/1008-modulo-expansor-pcf8574-para-lcd1602-a-i2c-8472496015431.html?search\\_query=I2C&results=246](https://www.tiendatec.es/arduino/modulos/1008-modulo-expansor-pcf8574-para-lcd1602-a-i2c-8472496015431.html?search_query=I2C&results=246)
- [TIET20] “Modulo HC-05 bluetooth maestro/esclavo para Arduino”, Tiendatec.es. [Online]. Available: <https://www.tiendatec.es/arduino/comunicaciones-redes/595-modulo-hc-05-bluetooth-maestro-esclavo-para-arduino-8405951210010.html>
- [ELES10] “Ultrasonic ranging module: HC-SR04”. Electroschematic.com, 2010. [Online]. Available: <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2013/07/HC-SR04-datasheet-version-2.pdf>
- [NACI15] “Objetivos de desarrollo sostenible”, Naciones Unidas, 2015. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Accessed: 04- Jul- 2020].
- [TIMC15] T. Clark, "ProtoTank", Thingiverse.com, 2015. [Online]. Available: <https://www.thingiverse.com/thing:972768>. [Accessed: 18- Jun- 2020].

## ANEXO I. CÓDIGO

```
/*
 * Librería Comunicacion
 */
#include <SoftwareSerial.h>
/*
 * Librerías Pantalla LCD con bus I2C
 */
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
/*
 * Librerías Matriz LEDs y declaraciones
 */
#include <FastLED.h>
#define NUM_LEDS 256
#define DATA_PIN 6
CRGB leds[NUM_LEDS];

//Declaraciones de variables
const int pBuzzer = 40;           //Pin Buzzer
const int Trigger = 34;          //Pin digital 34 para el Trigger del sensor
const int Echo = 32;             //Pin digital 32 para el Echo del sensor
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Set the LCD address to 0x27 for a 16 chars
and 2 line display
char serialData;                 //Informacion que lee de la pantalla

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  //Iniciar Pantalla LCD
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  //Iniciar Buzzer
  pinMode(pBuzzer, OUTPUT);
  //Iniciar Ultrasonidos
  pinMode(Trigger, OUTPUT);      //pin como salida
  pinMode(Echo, INPUT);         //pin como entrada
  digitalWrite(Trigger, LOW);   //Inicializamos el pin con 0
  //Inicializamos los motores
  pinMode(25, OUTPUT);
  pinMode(24, OUTPUT);          //MOTOR 1 MODULO 1
  pinMode(8, OUTPUT);           //Velocidad
  pinMode(23, OUTPUT);
  pinMode(22, OUTPUT);          //MOTOR 2 MODULO 1
  pinMode(9, OUTPUT);           //Velocidad
  pinMode(37, OUTPUT);
  pinMode(35, OUTPUT);          //MOTOR 1 MODULO 2
}
```

```
pinMode(10, OUTPUT);          //Velocidad
pinMode(33, OUTPUT);
pinMode(31, OUTPUT);          //MOTOR 2 MODULO 2
pinMode(11, OUTPUT);          //Velocidad
//Matriz Leds
FastLED.addLeds<NEOPIXEL, DATA_PIN>(leds, NUM_LEDS);
}

void loop() {
  //Sensor Ultrasonido
  long t;                      //tiempo que demora en llegar el eco
  long d;                      //distancia en centimetros
  digitalWrite(Trigger, HIGH);
  delayMicroseconds(10);       //Enviamos un pulso de 10us
  digitalWrite(Trigger, LOW);
  t = pulseIn(Echo, HIGH);     //obtenemos el ancho del pulso
  d = t/59;
  //Lectura del Monitor serial//app
  if (Serial.available()){
    // Wait a bit for the entire message to arrive
    delay(100);
    // Clear the screen
    lcd.clear();
    if (Serial.available()>0){
      // Wait a bit for the entire message to arrive
      delay(100);
      serialData=Serial.read();
      switch (serialData){
        case 'A':
          adelante();
          break;
        case 'M':
          marchatras();
          break;
        case 'P':
          parar();
          break;
        case 'I':
          izquierda();
          break;
        case 'D':
          derecha();
          break;
        case 'H':
          apagar();
          smile();
          break;
        case 'T':
          apagar();
          triste();
          break;
      }
    }
  }
}
```

```
case 'S':
    apagar();
    sorpresa();
    break;
case 'X':
    apagar();
    break;
case 'C':
    apagar();
    corazon();
    break;
default:
    lcd.setCursor(0,0);
    while (Serial.available()>0) {
        lcd.write(Serial.read());
    }
}
}
}
if(d>10){
    //Buzzer
    noTone(pBuzzer);
}
else{
    //Limpiar pantalla
    lcd.clear();
    //Escribe STOP en la pantalla
    lcd.print("STOP");
    //Buzzer suena
    tone(pBuzzer, 75);
    //Motores se paran
    parar();
    //Limpiar pantalla
    lcd.clear();
}
}

void adelante(){
    digitalWrite (25, HIGH);
    digitalWrite (24, LOW);
    analogWrite (8, 120);
    digitalWrite (23, LOW);
    digitalWrite (22, HIGH);
    analogWrite (9, 120);
    digitalWrite (37, HIGH);
    digitalWrite (35, LOW);
    analogWrite (10, 120);
    digitalWrite (33, LOW);
    digitalWrite (31, HIGH);
    analogWrite (11, 120);
    Serial.println ("ADELANTE");
}
```

```
    delay(1000);
}
void derecha(){
    digitalWrite (25, HIGH);
    digitalWrite (24, LOW);
    analogWrite  (8, 100);
    digitalWrite (23, HIGH);
    digitalWrite (22, LOW);
    analogWrite  (9, 100);
    digitalWrite (37, HIGH);
    digitalWrite (35, LOW);
    analogWrite  (10, 100);
    digitalWrite (33, HIGH);
    digitalWrite (31, LOW);
    analogWrite  (11, 100);
    Serial.println ("DERECHA");
    delay(1000);
}
void izquierda(){
    digitalWrite (25, LOW);
    digitalWrite (24, HIGH);
    analogWrite  (8, 100);
    digitalWrite (23, LOW);
    digitalWrite (22, HIGH);
    analogWrite  (9, 100);
    digitalWrite (37, LOW);
    digitalWrite (35, HIGH);
    analogWrite  (10, 100);
    digitalWrite (33, LOW);
    digitalWrite (31, HIGH);
    analogWrite  (11, 100);
    Serial.println ("IZQUIERDA");
    delay(1000);
}
void marchatras(){
    digitalWrite (25, LOW);
    digitalWrite (24, HIGH);
    analogWrite  (8, 120);
    digitalWrite (23, HIGH);
    digitalWrite (22, LOW);
    analogWrite  (9, 120);
    digitalWrite (37, LOW);
    digitalWrite (35, HIGH);
    analogWrite  (10, 120);
    digitalWrite (33, HIGH);
    digitalWrite (31, LOW);
    analogWrite  (11, 120);
    Serial.println ("ATRAS");
    delay(1000);
}
void parar(){
```

```
digitalWrite (25, LOW);
digitalWrite (24, LOW);
analogWrite (8, 0);
digitalWrite (23, LOW);
digitalWrite (22, LOW);
analogWrite (9, 0);
digitalWrite (37, LOW);
digitalWrite (35, LOW);
analogWrite (10, 0);
digitalWrite (33, LOW);
digitalWrite (31, LOW);
analogWrite (11, 0);
Serial.println ("DETENER");
delay(1000);
}
void smile(){
  leds[53] = CRGB::Blue;
  leds[54] = CRGB::Blue;
  leds[57] = CRGB::Blue;
  leds[58] = CRGB::Blue;
  leds[69] = CRGB::Blue;
  leds[70] = CRGB::Blue;
  leds[73] = CRGB::Blue;
  leds[74] = CRGB::Blue;
  leds[148] = CRGB::Blue;
  leds[155] = CRGB::Blue;
  leds[164] = CRGB::Blue;
  leds[165] = CRGB::Blue;
  leds[170] = CRGB::Blue;
  leds[171] = CRGB::Blue;
  leds[180] = CRGB::Blue;
  leds[181] = CRGB::Blue;
  leds[182] = CRGB::Blue;
  leds[185] = CRGB::Blue;
  leds[186] = CRGB::Blue;
  leds[187] = CRGB::Blue;
  leds[197] = CRGB::Blue;
  leds[198] = CRGB::Blue;
  leds[199] = CRGB::Blue;
  leds[200] = CRGB::Blue;
  leds[201] = CRGB::Blue;
  leds[202] = CRGB::Blue;
  leds[214] = CRGB::Blue;
  leds[215] = CRGB::Blue;
  leds[216] = CRGB::Blue;
  leds[217] = CRGB::Blue;
  FastLED.show();
}
void apagar(){
  int i;
  for (i=0;i<NUM_LEDS;i++){
```

```
    leds[i]=CRGB::Black;
}
FastLED.show();
}
void triste(){
    leds[53] = CRGB::Red;
    leds[54] = CRGB::Red;
    leds[57] = CRGB::Red;
    leds[58] = CRGB::Red;
    leds[69] = CRGB::Red;
    leds[70] = CRGB::Red;
    leds[73] = CRGB::Red;
    leds[74] = CRGB::Red;
    leds[150] = CRGB::Red;
    leds[151] = CRGB::Red;
    leds[152] = CRGB::Red;
    leds[153] = CRGB::Red;
    leds[165] = CRGB::Red;
    leds[166] = CRGB::Red;
    leds[167] = CRGB::Red;
    leds[168] = CRGB::Red;
    leds[169] = CRGB::Red;
    leds[170] = CRGB::Red;
    leds[181] = CRGB::Red;
    leds[182] = CRGB::Red;
    leds[185] = CRGB::Red;
    leds[186] = CRGB::Red;
    leds[196] = CRGB::Red;
    leds[197] = CRGB::Red;
    leds[202] = CRGB::Red;
    leds[203] = CRGB::Red;
    leds[212] = CRGB::Red;
    leds[219] = CRGB::Red;
    FastLED.show();
}
void sorpresa(){
    leds[53] = CRGB::Yellow;
    leds[54] = CRGB::Yellow;
    leds[57] = CRGB::Yellow;
    leds[58] = CRGB::Yellow;
    leds[69] = CRGB::Yellow;
    leds[70] = CRGB::Yellow;
    leds[73] = CRGB::Yellow;
    leds[74] = CRGB::Yellow;
    leds[151] = CRGB::Yellow;
    leds[152] = CRGB::Yellow;
    leds[166] = CRGB::Yellow;
    leds[169] = CRGB::Yellow;
    leds[182] = CRGB::Yellow;
    leds[185] = CRGB::Yellow;
    leds[198] = CRGB::Yellow;
```

```
leds[201] = CRGB::Yellow;  
leds[215] = CRGB::Yellow;  
leds[216] = CRGB::Yellow;  
FastLED.show();  
}
```



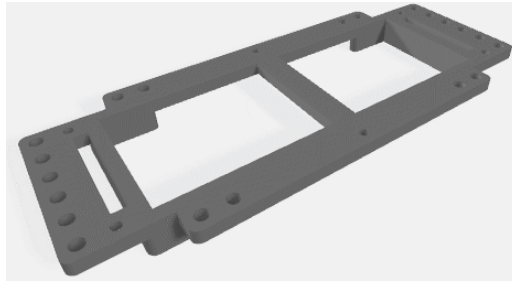
## ANEXO II. ESTRUCTURA

Aquí se desglosa las piezas necesarias para la construcción de la estructura de la plataforma del robot. La Tabla 16 muestra el precio de los componentes que forman parte de la estructura. El precio total incluye todos los gastos asociados a la impresión 3D. Estos son la mano de obra, la amortización de la máquina a usar, el coste de tiempo, el material de soporte y el material de aporte.

PRECIO COMPONENTES	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (€)	PRECIO (€)
Plataforma inferior	1	22,10	22,10
Plataforma superior	1	25,10	25,10
Módulo motor interior	2	12,94	25,88
Módulo motor exterior	2	12,94	25,88
Ruedas	6	12,75	76,5
Módulo sujeción LCD	1	12,75	12,75
Módulo sujeción Placa	1	13,75	13,75
<b>PRECIO TOTAL</b>			<b>201,96 €</b>

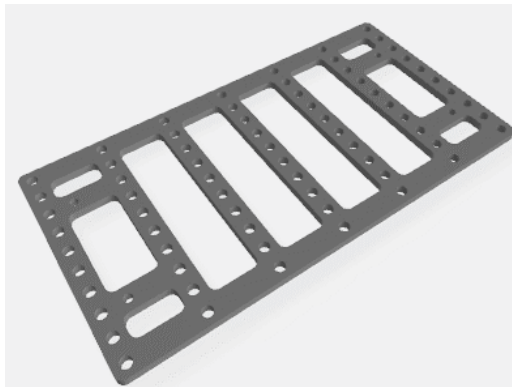
*Tabla 16. Desglose de piezas de la estructura*

A continuación se muestran las piezas que se han nombrado en la tabla anterior. La Ilustración 39 muestra la plataforma inferior de la estructura. Esta plataforma se sitúa en la parte inferior del robot y a ella se conectan los módulos motores exteriores y la plataforma superior.



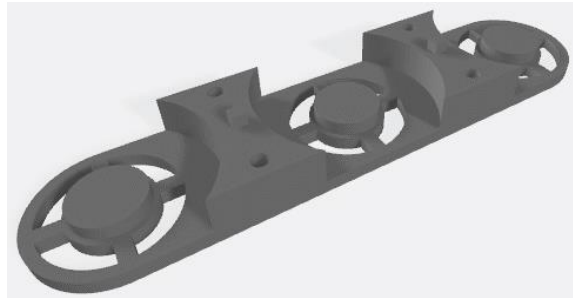
*Ilustración 39. Plataforma inferior*

La Ilustración 43 muestra la plataforma superior donde se conectan los componentes y el módulo sujeción LCD y el módulo sujeción de la placa.



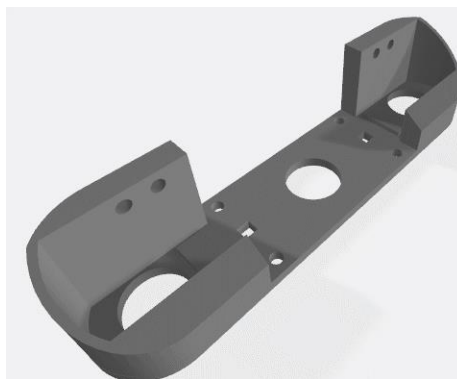
*Ilustración 40. Plataforma superior*

La Ilustración 41 muestra el módulo motor exterior. Este módulo se conecta con el módulo motor interior mediante tornillos. En su interior, se sitúan tres ruedas dentadas y dos motores.



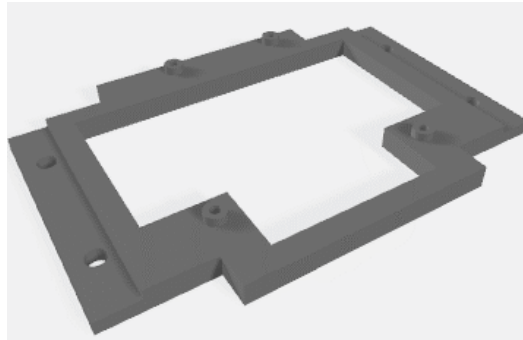
*Ilustración 41. Módulo motor exterior*

La Ilustración 42 muestra el módulo motor interior. Este módulo se conecta a la placa inferior mediante tornillos.



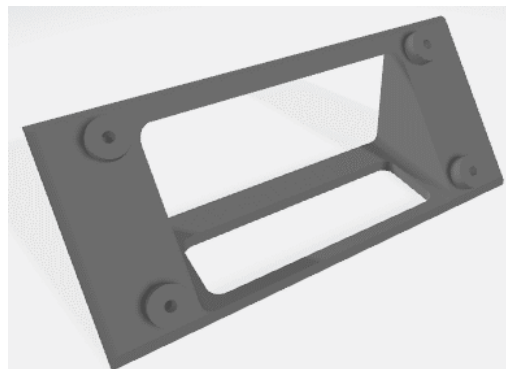
*Ilustración 42. Módulo motor interior*

La Ilustración 43 muestra una plataforma donde se introduce la placa base para ahorrar espacio. Esta plataforma se sitúa encima de la plataforma superior y se unen mediante tornillos.



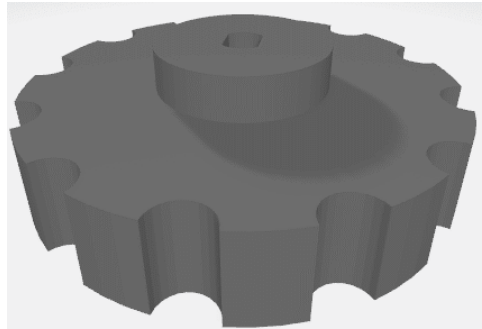
*Ilustración 43. Sujeción placa base*

La Ilustración 44 muestra el módulo donde se introduce la pantalla LCD. Esta plataforma se coloca en la parte frontal del robot y se conecta a la plataforma superior mediante tornillos.



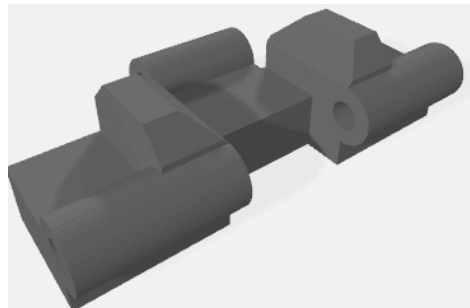
*Ilustración 44. Sujeción pantalla LCD*

La Ilustración 45 muestra las ruedas dentadas del robot. No completamente circulares sino que son dentadas para que la cinta se enganche de una forma más segura.



*Ilustración 45. Ruedas*

La Ilustración 46 muestra la pieza principal de la cinta del robot. Para crear la cinta, se necesitan unir sucesivamente multitud de piezas hasta conseguir un círculo. Dicha cinta debe ser lo suficientemente grande como para rodear los módulos motores. No debe ser mucho más grande que esa medida ya que sino la cinta quedaría holgada y el robot no se desplazaría.



*Ilustración 46. Pieza cinta*

## ANEXO III. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En septiembre del 2015 los líderes mundiales acordaron unos objetivos a cumplir en los próximos 15 años con los que buscan acabar con la pobreza en todo el mundo, acabar con el hambre, garantizar una vida sana a los ciudadanos, garantizar una educación de calidad, lograr la igualdad de género, garantizar agua limpia y saneamiento a nivel global, utilizar energía sostenible, promover el crecimiento económico y el trabajo decente, acabar con las desigualdades, lograr ciudades sostenibles, producir y consumir responsablemente, adoptar medidas contra el cambio climático, proteger y conservar la vida submarina y los ecosistemas terrestres, promover sociedades justas y pacíficas y por último crear alianzas para lograr estos objetivos. Todos ellos se muestran en la Ilustración 47.



Ilustración 47. Objetivos de Desarrollo Sostenible [NAC115]

El objetivo principal que persigue este proyecto es crear nuevas posibilidades para un colectivo, las personas que padecen del Trastorno del Espectro Autista (TEA), que no tiene las mismas oportunidades que el resto de personas. Si se demuestra que, a través de herramientas robóticas, las terapias destinadas a este colectivo producen mayores avances en los individuos, se disminuiría la brecha que existe actualmente y se aumentarían las oportunidades de este colectivo. Vivirían una vida de mayor calidad y se disminuirían las desigualdades que sufren con respecto al resto del mundo. Se debe extender la robótica al resto de colectivos e individuos que no tengan los mismos medios que el resto de personas para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible expuestos anteriormente.

Además, si se utilizan herramientas robóticas en la educación y dichas herramienta ayudan a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, se estaría creando una nueva metodología hacia una educación de mayor calidad y más eficaz que la actual, cumpliendo uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible expuesto anteriormente. Esto, sin embargo, podría generar mayores desigualdades si no se distribuye el conocimiento y la riqueza de una manera equitativa. Se debe lograr que el acceso a estos recursos sea el mismo para todos los ciudadanos y no solo para aquellos que puedan permitírselo.