



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO
TOYSLA

Autor: M^a Victoria Meseguer

Director: Dr. Bryan Jones

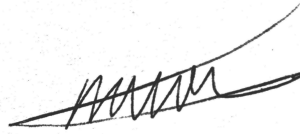
Co-Director: Atilano Fernández-Pacheco

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
TOYSLA
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.: M^a Victoria Meseguer López

Fecha: 10/06/2020



Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Atilano Fernández-Pacheco Sánchez-Migallón

Fecha: 10/06/2020





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO
TOYSLA

Autor: M^a Victoria Meseguer

Director: Dr. Bryan Jones

Co-Director: Atilano Fernández-Pacheco

Madrid

A mi abuelo, Julián.

Agradecimientos

*“Quien sobrevive no es el más fuerte ni el más inteligente,
sino el que mejor se adapta al cambio”*

Charles Darwin

Me gustaría comenzar dando las gracias a Mississippi State University, donde he vivido una experiencia única y he puesto el perfecto broche final a mi carrera. En especial, a mis compañeros de Senior Design, por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de fin de carrera con ellos.

Gracias a la Universidad Pontificia de Comillas (ICAI) y a los profesores que a lo largo de estos años me han formado y han contribuido a mi crecimiento tanto profesional como personal.

A Atilano, por toda la ayuda que me has prestado desde el primer día en el que te convertiste en mi profesor en segundo de carrera, y sobretodo, por toda la ayuda durante este último curso siendo mi Director de proyecto. Gracias por estar siempre disponible para resolverme cualquier duda. Gracias por tu trato tan cercano y tus consejos tan acertados. Eres un gran profesor que no solo es capaz de enseñar a sus alumnos de la mejor manera posible, si no que, también, es capaz de aprender de ellos.

A todos mis amigos de clase, como Andrea, Carmen, Lydia, Bonet, Adiran y Alex, que habéis compartido conmigo largas jornadas de clases, épocas de exámenes y muchos momentos de risas juntos. Me siento muy afortunada de haber estado rodeada estos últimos cuatro años de gente como vosotros, inteligentes, trabajadores y buenas personas. Gracias por cada duda que me habéis resuelto, por cada carcajada que hemos compartido y por cada agobio que hemos superado juntos. Gracias “*sinvergüenzas*” por haber formado parte de esta etapa tan especial de mi vida.

A Bego, por haber vivido conmigo las historias más inolvidables y por todas las primeras veces que hemos vivido juntas. Gracias por tu lealtad, por seguirme en todas mis locuras sin pensártelo y, sobre todo, gracias por seguir haciéndolo a día de hoy a pesar de los años. No podría haber tenido una mejor *partner in crime* durante mi adolescencia.

A Caba, por comenzar esta aventura conmigo y aguantar hasta el final de ella. Gracias por tirar de mí cuando yo ya no podía, por confiar en mí cuando yo no lo hacía y por ser mi apoyo incondicional.

A Miguel, porque comenzaste como un compañero de estudio y te has convertido en mi persona favorita. Gracias por ser siempre el sol después de la tormenta.

A mi segunda familia, la manada Gutiérrez. No solo sois personas geniales sino una segunda familia con la que siempre puedo contar. Gracias por haberme enseñado tanto en tan poco.

A Mar, por soñar siempre conmigo y animarme a seguir creciendo. Gracias por nuestros veranos y nuestros viajes que me recargan las pilas para volver al curso con más fuerza que nunca. Gracias por ser la cordura que necesito y gracias por todos los momentos que hemos vivido juntas y los que nos quedan por vivir.

A Tino, por tantos momentos de risas y dramas inolvidables. Gracias por exponerme a coger tus placas el primer día de clase, mereció la pena el riesgo con tal de ganar un amigo como tú. Después de estos cuatro años te has convertido en mi familia y no se si será en Ibiza, Galicia o Miami, pero estoy segura de que nos quedan muchas cosas por vivir juntos. Gracias por tu amistad incondicional.

A Delia, mi Deli que ha sido mi más fiel compañera de estudio y mi más fiel compañera de fiesta. Gracias por ser mi amiga, mi confidente, mi psicóloga y mi profesora en época de exámenes. Es una suerte tener una amiga como tú, una persona que me inspira a mejorar cada día, a trabajar y a soñar alto.

A Elena, porque has sido mi faro de luz cuando estaba perdida. Gracias por hacerme mejor persona solamente con tu compañía. Gracias por crecer conmigo y haber luchado todas mis batallas a mi lado. Gracias por ser mi hermana de distinto apellido.

A Gonzalo, por ser mi ángel de la guarda. Gracias por mirarme siempre con buenos ojos, por regañarme cuando lo merecía y por celebrar mis aciertos a mi lado. Gracias por exigirme, por no dejar que me conforme y por luchar por mí cuando yo estaba devastada. Gracias por cada laboratorio juntos, cada descanso y cada clase que me han permitido aprender de ti y descubrir todas tus virtudes. Gracias por ser mi mejor amigo y haber confiado en mi potencial desde el primer día.

A Javi, por hacerme feliz día tras día. Gracias por ver lo bueno en mí incluso en mis peores momentos. Gracias por aparecer y permanecer.

A mi familia murciana, que me habéis convertido en esta *zagalica* tan maja. Habéis sido mi refugio y mi hogar, aún estando lejos. Gracias a Ceci y José por vuestra confianza ciega en mí y vuestro apoyo incondicional. Gracias a Pepe y Fina, por verme como una triunfadora incluso antes de empezar. Gracias a mi padrino Víctor, por enseñarme que saber y saberlo demostrar es valer dos veces.

A mi familia materna. En especial a mi abuela Carmen, porque ni el tiempo ni la enfermedad han conseguido borrarle la sonrisa, y a mi abuelo Julián, por quererme y cuidarme tanto. Sé que los dos estáis muy orgullosos de mí y lo mejor de acabar esta etapa es poder dedicaros este logro a vosotros, que sois lo que más quiero en este mundo.

Gracias a mi madrina, Virginia, por ser una segunda madre para mí. Gracias a mis primos, Gonzalo y Clara, porque poder ser un ejemplo a seguir para vosotros siempre ha sido el motor que me ha levantado después de cada fracaso.

A mi hermana Sara, por inspirarme a ser mejor persona cada día, y a su marido Eddy, por cuidarla como lo hace.

Y por último y más importante, a mis dos superhéroes: mis padres, Carmen y Jesús. La palabra gracias se queda pequeña para vosotros que me habéis apoyado con fe ciega en cada uno de mis aciertos y errores. Gracias por la educación que me habéis dado, por la familia que hemos construido juntos y el amor infinito que siempre he recibido de vosotros. Gracias por cada lágrima que habéis secado durante esta etapa, por cada taper para las largas jornadas de biblioteca y por cada celebración después de los largos cursos. Y, por último, gracias por ser mis padres, por ser los referentes más importantes de mi vida y por ser un ejemplo a seguir tanto en lo personal como en lo profesional, no podría haber elegido un equipo mejor para enfrentarme a la vida porque, ¿qué es una rayita para un tigre? Os quiero mucho.

Me siento muy orgullosa de estar a día de hoy donde estoy y tener tanto que agradecer a los que me rodean. Gracias a todos vosotros que os habéis alegrado y habéis celebrado mis logros como vuestros. Gracias a todos vosotros que nunca habéis dudado de mi capacidad y gracias a todos vosotros por formar parte de mis mejores recuerdos. Todos vosotros sois los responsables de que hoy pueda decir que soy Ingeniera de Telecomunicaciones.

GRACIAS.

TOYSLA

Autor: Meseguer López, M^a Victoria.

Director: Fernández-Pacheco, Atilano.

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

En este Trabajo de Fin de Grado se desarrolla el prototipo de un vehículo eléctrico infantil. La aportación de este TFG se basa en la adición de cuatro sistemas externos que aseguran el juego de los jóvenes usuarios. Toysla es un producto novedoso sin competencia directa en el mercado que elimina el riesgo de accidentes durante el juego.

Palabras clave: Bluetooth, Smartphone, geofence, geofencing, geovallas, anticolidión, ultrasensores.

1. Introducción

Los vehículos eléctricos para niños son algunos de los juguetes más peligrosos del mercado. Uno de cada tres accidentes relacionados con juguetes ocurre mientras un niño está manejando un vehículo infantil [1]. Durante el juego del niño, este se expone a varias situaciones peligrosas que los padres no pueden controlar de manera realista. Toysla tiene como objetivo disminuir la cantidad de accidentes al agregar características de seguridad que permiten que los niños jueguen mientras que brindan a los padres una mayor tranquilidad. Toysla está diseñado para proporcionar un tiempo de juego más seguro y agradable para toda la familia.

2. Definición del proyecto

Toysla ofrece una variedad de características de seguridad como: *geofencing*, un sistema de detección de colisión a bordo y un modo de arranque suave, así como una aplicación de teléfono inteligente para padres.

El sistema de *geofencing* brinda a los padres la opción de colocar una cerca invisible alrededor de un área de juego designada para mantener al niño alejado de las carreteras y otras áreas prohibidas.

El sistema de prevención de colisiones a bordo detecta objetos que se encuentran en el camino del juguete y detiene el vehículo. El sistema para evitar colisiones detecta objetos fijos, como árboles o automóviles estacionados, y objetos en movimiento, como hermanos menores o mascotas.

Toysla ofrece dos modos de juego: inicio suave y inicio normal. En el modo de arranque suave, la aceleración del vehículo aumenta suavemente a la velocidad deseada para que el niño no experimente un tirón inicial cuando se presiona el pedal. Mientras está en modo de arranque normal, el automóvil acelera inmediatamente a su velocidad de fabricación.

La adición final que distingue a Toysla es la aplicación para teléfonos inteligentes. La aplicación para teléfonos inteligentes permite a los padres controlar el automóvil, establecer el modo de juego y mantener *geofences*, además, la aplicación notifica a los padres cuando se evitan las colisiones.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

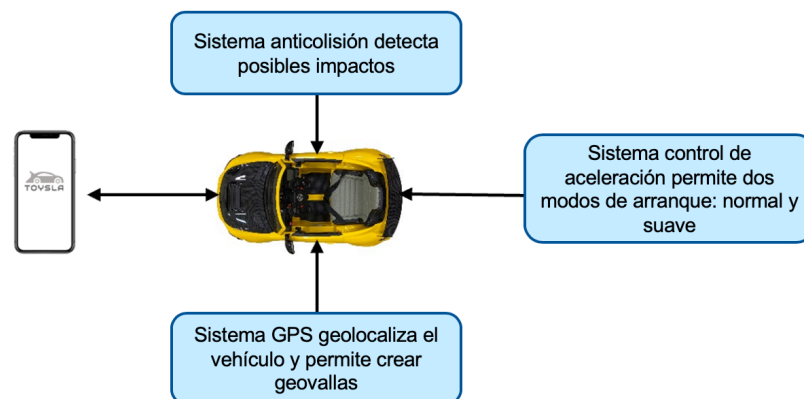
El diseño de Toysla se basa en la integración de cuatro sistemas separados que interactúan con un microcontrolador incorporado en el vehículo.

Para el sistema de *geofencing*, se requiere que el sistema GPS sea preciso hasta 3 metros. Mediante el uso de un módulo GPS, el sistema puede ubicarse y detener el automóvil antes de que pueda salir de la geovalla.

El sistema anticolidión utiliza múltiples sensores para verificar los alrededores en busca de accidentes inminentes. Los sensores tienen un alcance considerable de 4 metros, pero solo se necesitan 1,2 metros de alcance para detener el vehículo de forma segura.

Para la implementación de un modo de arranque suave, se utiliza un controlador de motor con modulación de ancho de pulso para acelerar lentamente el vehículo. El vehículo puede acelerar a 0.3 m/s^2 durante este período de aceleración inicial, y un niño no sentirá ningún tirón.

La comunicación entre la aplicación y el vehículo tiene un alcance de 50 metros a través de un módulo Bluetooth. Este rango permite a los padres sentir que están jugando con sus hijos en tiempo real mientras controlan el juguete desde su teléfono.



4. Resultados

Finalizado la construcción del prototipo Toysla, se sometió al juguete a un exhaustivo proceso de verificación y test. Primero se verificaron los sistemas por separado, y, una vez comprobado su funcionalidad, estos se integraron al sistema final.

Toysla supero con exito esta etapa de verificación y cumplió los objetivos y requisitos definidos durante el diseño.

5. Conclusiones

La integración de estas tecnologías de seguridad crea un producto que es diferente a cualquier otro juguete actual del mercado. Ningún fabricante tiene un producto que contenga todas las características de seguridad y el control remoto del teléfono inteligente de Toysla en un solo sistema.

Toysla mejora el tiempo de juego para las familias, y la preocupación de los padres por la seguridad de sus hijos puede dejarse de lado sabiendo que Toysla está allí para mantener a sus hijos seguros.



6. Referencias

[1] Resnick, Brian. (2014). *The Toys That Send Kids to the Emergency Room*. [Online]. The Atlantic Available theatlantic.com/health/archive/2014/12/the-toys-that-send-kids-to-the-emergency-room/383383

TOYSLA

Author: Meseguer López, M^a Victoria.

Supervisor: Fernández-Pacheco, Atilano.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

ABSTRACT

This Final Degree Project consists in developing the prototype of a children's electric vehicle. The contribution of this TFG is based on the addition of four external systems that ensure the game of young users. Toysla is a novel product without direct competition in the market that eliminates the risk of accidents during the game.

Keywords: Bluetooth, Smartphone, geofence, geofencing, anti-collision, ultrasensors.

1. Introduction

Children's ride-on electric vehicles are some of the most dangerous toys on the market. One in three toy-related accidents occur while a child is operating a ride-on toy [1]. When a child plays with a ride-on vehicle, they are exposed to several dangerous situations that are realistically uncontrollable by even the most vigilant parents. Toysla aims to decrease the amount of accidents by adding safety features that allow children to play while giving parents greater peace of mind. Toysla is designed to provide a safer, more enjoyable playtime for the whole family

2. Definition of the project

Toysla offers a variety of safety features such as geofencing, an on-board collision detection system, and a soft start mode, as well as a smartphone application for parents.

The geofencing system gives parents the choice to set an invisible fence around a designated play area to keep a child away from roadways and other off-limits areas.

The on-board collision avoidance system detects objects that are in the path of the toy and stops the vehicle. The collision avoidance system senses both stationary objects such as trees or parked cars and moving objects such as younger siblings or pets.

Toysla offers two play modes: soft start and normal start. In soft start mode, the acceleration of the vehicle smoothly increases to its desired speed so that a child does not experience an initial jerk when the pedal is pressed. While in normal start mode, the car immediately accelerates at its manufactured rate.

The final addition that sets apart Toysla is the smartphone application. The smartphone application allows for parents to control the car, to set the play mode, and to maintain geofences, and the application notifies parents when collisions are avoided.

3. System description

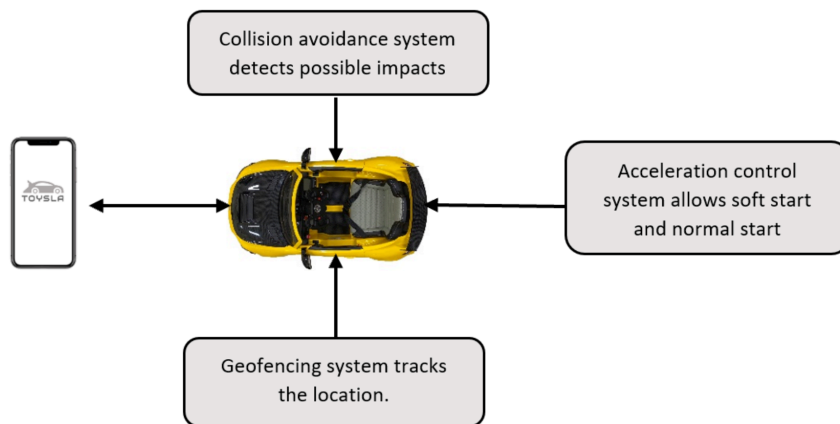
The design of Toysla relies on the integration of four separate systems that all interface with an embedded microcontroller in the vehicle.

For the geofencing system, it is required that the GPS system is accurate up to 3 meters. By using a GPS module, the system can locate itself and bring the car to a stop before it can exit the geofence.

The collision avoidance system uses multiple sensors to check the surroundings for any imminent crashes. The sensors have a sizable range of 4 meters, but only 1.2 meters of range are needed to stop the vehicle safely.

For the implementation of a soft start mode, a motor controller with pulse width modulation is used to slowly accelerate the vehicle. The vehicle can accelerate at 0.3 m/s^2 during this period of initial acceleration, and a child will feel no jerk.

The communication between the application and the vehicle has a range of 50 meters via a Bluetooth module. This range allows parents to feel as though they are playing with their children in real-time while controlling the toy from their phone.



4. Results

Once the construction of the Toysla prototype was finished, the toy was subjected to an exhaustive verification and test process. The systems were first verified separately, and, once their functionality was verified, they were integrated into the final system.

Toysla successfully passed this verification stage and met the objectives and requirements defined during the design of the project.

5. Conclusions

The integration of these safety technologies creates a product that is unlike anything currently on the market. No manufacturer has a product that compiles all of Toysla's safety features and smartphone remote controller into one system.

Toysla improves play time for families, and a parent's concern for their child's safety can be put aside knowing that Toysla is there to keep their child safe.



6. References

[1] Resnick, Brian. (2014). *The Toys That Send Kids to the Emergency Room*. [Online]. The Atlantic Available theatlantic.com/health/archive/2014/12/the-toys-that-send-kids-to-the-emergency-room/383383

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción.....	11
1.1 Introducción.....	11
1.2 Motivación.....	12
1.3 Objetivos.....	13
Capítulo 2. Estado del Arte	17
2.1 Introducción histórica	17
2.2 Análisis de mercado y competencia	18
2.3 Estado de la cuestión	20
2.4 Descripción de tecnologías	21
2.4.1 Android Studio	22
2.4.2 Arduino.....	22
2.4.3 Raspberry Pi.....	23
Capítulo 3. Descripción del modelo desarrollado	25
3.1 Identificación de necesidades.....	25
3.1.1 Alcance del sistema	25
3.1.2 Objetivos	26
3.2 Requisitos del sistema.....	28
3.2.1 Estándares de ingeniería apropiados	29
3.2.2 Requisitos técnicos del diseño.....	30
3.2.3 Requisitos prácticos del diseño.....	32
3.3 Metodología y plan de trabajo	34
3.4 Estimación económica	36
Capítulo 4. Plan de Negocio	39
4.1 Visión General.....	39
4.1.1 Misión.....	40
4.1.2 Objetivos	40
4.1.3 Clave del Éxito	40
4.1.4 Ventaja Competitiva.....	41
4.1.5 Objetivos	42
4.1.6 Estrategia	42
4.2 Resumen de Empresa.....	42
4.2.1 Descripción de la Empresa	42

4.2.2 Ubicación e instalaciones de la Empresa	43
4.2.3 Estrategia de la Empresa	43
4.2.4 Costes iniciales y Balance de Inicio de actividad	44
4.3 Resumen del producto	45
4.3.1 Descripción del producto	45
4.3.2 Necesidades y beneficios del cliente	46
4.3.3 Productos futuros	46
4.3.4 Comparación competitiva	46
4.4 Resumen del Mercado	47
4.4.1 Análisis de mercado	47
4.4.2 Estrategia de mercado	47
4.4.3 Proyección de ventas	47
4.4.4 Estrategia de fabricación y distribución	48
4.5 Plan financiero	49
4.5.1 Estado de Pérdidas y Ganancias	49
4.5.2 Flujo de caja	50
4.5.3 Balance de situación	51
Capítulo 5. Sistema/Modelo Desarrollado.....	53
5.1 Diseño	53
5.1.1 Hardware	54
5.1.2 Software	65
5.2 Implementación	69
5.2.1 Sistema de anticolidión	70
5.2.2 Módulo aplicación Android	75
5.2.3 Módulo central	89
Capítulo 6. Análisis de Resultados	95
6.1 Test de verificación TEC001	95
6.1.1 Verificación rango de los sensores	96
6.1.2 Verificación Secuencia de Frenado	97
6.2 Test de verificación TEC002	98
6.2.1 Verificación precisión del GPS	99
6.2.2 Verificación geofence compleja	100
6.3 Test de verificación TEC003	102
6.4 Test de verificación TEC004	103

6.5 Test de verificación TEC005.....	105
6.6 Test de verificación Aplicación Android.....	107
6.7 Test de verificación Toysla.....	110
6.8 Análisis de resultados	113
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	115
Capítulo 8. Bibliografía.....	117
ANEXO A: Guía de instalación.....	121
Guía de instalación para desarrolladores	121
Android Studio	121
Arduino Uno.....	124
Guía de instalación para usuarios	126
ANEXO B: Manual de usuario.	129

Índice de figuras

Figura 1.1 Vehículo eléctrico infantil.....	11
Figura 1.3 Esquema Objetivos Toysla.....	11
Figura 2.1 Juguete de 1960/1970 fabricado por Pines of America.....	18
Figura 4.2.4.a Gastos iniciales Startup.....	38
Figura 4.2.4.b Balance de Situación.....	39
Figura 4.2.3 Grafico estimación de ventas.....	42
Figura 4.5.1 Cuenta de Perdidas y Ganancias.....	43
Figura 4.5.2 Flujo de Caja.....	44
Figura 4.5.2 Balance de Situación.....	45
Figura 5.1.1 Esquema hardware.....	47
Figura 5.1.1.a Sistema de geofencing.....	47
Figura 5.1.1.b Caso de uso geofencing.....	49
Figura 5.1.1.2 Diagrama sistema anticolidión.....	53
Figura 5.1.1.2.2 Conexión Arduino Uno y ultrasensores.....	56
Figura 5.1.1.3 Esquema modulo de arranque.....	57
Figura 5.1.2.1 Aplicación Android.....	60
Figura 5.1.2.2 Interacción entre los microcontroladores y los sistemas.....	61
Figura 5.2.1.1.a Disposición sensores.....	63
Figura 5.2.1.1.b Esquema Arduino Uno.....	64
Figura 5.2.1.2.a Método checkDistanceRF().....	65
Figura 5.2.1.2.b Método sensorLF().....	66
Figura 5.2.1.2.c Método clearRB().....	67
Figura 5.2.1.2.d Método stopBack().....	67
Figura 5.2.2 Caso de uso Aplicación Android ().....	68
Figura 5.2.2.1.a Pantalla inicial.....	70
Figura 5.2.2.1.b Pantalla de enlace.....	71
Figura 5.2.2.1.c Pantalla principal.....	72
Figura 5.2.2.2.a Método onResume().....	74
Figura 5.2.2.2.b Método verificarEstadoBT().....	75
Figura 5.2.2.2.c Pantalla de enlace implementada.....	75
Figura 5.2.2.2.d Método escribir(String input).....	77
Figura 5.2.2.2.e Método handleMessage().....	78
Figura 5.2.2.3 Botones control remoto().....	79
Figura 5.2.2.4 Modo de arranque.....	80
Figura 5.2.2.5 Sistema de geofence.....	81
Figura 5.2.3.2.a Modulocentral.....	85
Figura 5.2.3.2.b Conexión Bluetooth.....	86

Figura 6.2.1 Test precisión GPS.....	95
Figura 6.2.2 Geofence compleja.....	96
Figura 6.4.a Aplicación Bluetooth DSD Tech.....	99
Figura 6.4.b RSSI vs Distancia.....	100
Figura 6.5 Arranque suave vs normal.....	101
Figura 6.6.a Pantalla inicial.....	102
Figura 6.6.b Pantalla de enlace.....	103
Figura 6.6.b Pantalla principa.....	104
Figura 6.7 Prototipo Toysla.....	106

Índice de tablas

Tabla 3.2 Requisitos Toysla.....	29
Tabla 3.3.2 Requisitos técnicos del diseño	30
Tabla 3.2 Requisitos Toysla.....	26
Tabla 3.2.1 Estándares del sistema.....	27
Tabla 3.2.2 Requisitos técnicos del diseño.....	27
Tabla 3.2.2 Requisitos prácticos del diseño.....	30
Tabla 3.3 Cronograma plan de trabajo.....	31
Tabla 3.4 Coste prototipo	34
Tabla 5.1.1.1.1 Opciones GPS	53
Tabla 5.1.1.1.2 Opciones microcontrolador	54
Tabla 5.1.1.1.3 Opciones modulo Bluetooth.....	55
Tabla 5.1.1.2.1 Opciones Sensores Ultrasónicos.....	57
Tabla 5.1.1.2.2 Opciones Arduino.....	58
Tabla 5.1.1.3.1 Opciones H-bridge.....	60
Tabla 6.1 Rango de detección Sensor Ultrasónico.....	95
Tabla 6.1.2 Test generación de la señal de stop.....	98
Tabla 6.3 Comunicación en menos de un segundo.....	100
Tabla 6.5 Medidas de aceleración y jerk.....	104
Tabla 6.6 Verificación comandos.....	108
Tabla 6.7.a Test Sistema.....	110
Tabla 6.7.b Test módulos.....	111

Glosario

<i>Abreviatura</i>	<i>Descripción</i>
ATSM	Instituto Americano de Estándares Nacionales (<i>American National Standards Institute</i>).
dBm	Decibelios milivatios (<i>Decibel-milliwatts</i>).
DIY	Hazlo tu mismo (<i>Do-It-Yourself</i>).
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (<i>Federal Communication Commision</i>).
GPIO	Propósito general de entrada / salida (<i>General Purpose Input/Output</i>).
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (<i>Global Positioning System</i>).
IP	Protección de ingreso (<i>Ingress Protection</i>).
MOSFET	Transistor de efecto de campo de semiconductor de óxido de metal (<i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor</i>).
PWM	Modulación de ancho de pulso (<i>Pulse Width Modulation</i>).
RAM	Memoria de acceso aleatorio (<i>Random-Access Memory</i>).
RSSI	Indicador de intensidad de señal recibida (<i>Received Signal Strength Indicator</i>).
USB	Bus serie universal (<i>Universal Serial Bus</i>).

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día uno de los juguetes más demandados son los vehículos eléctricos infantiles. Estos coches son la evolución de los antiguos coche teledirigidos, los cuales ahora permiten que los infantes imiten a sus padres simulando que ellos también conducen (*Figura 1.1*). El mercado nos ofrece una gran variedad de coches a elegir para nuestros hijos; desde todoterrenos, coches deportivos o hasta *buggies*. Además, también simulan diferentes marcas comerciales como Mercedes, BMW, Tesla o Ferrari, lo cual hace el producto más atractivo.



Figura 1.1 Vehículo eléctrico infantil.

Por otro lado, los vehículos eléctricos permiten ser usados por niños desde muy temprana edad y eso conlleva que la seguridad del vehículo eléctrico sea un factor crucial en estos juguetes.

Las estadísticas demuestran que el 22.2% de todas las lesiones relacionadas con juguetes provienen de colisiones durante el uso de vehículos eléctricos, situándose como la segunda lesión más habitual. Toysla, un vehículo eléctrico modificable para niños está diseñado y adaptado para minimizar lesiones y dar mayor control a los padres.

INTRODUCCIÓN

Toysla tiene como objetivo detectar y evitar colisiones, y minimizar el tirón inicial de arranque del motor. Para esto, incluirá una aplicación Android que permitirá al adulto controlar el automóvil, así como, configurar un “*geofence*” alrededor de un área.

Estas adaptaciones ofrecidas por Toysla brindan a los niños una experiencia más segura y a los padres una mayor tranquilidad. El sistema de detecciones de colisiones permite que los padres se relajen mientras el niño disfruta al aire libre sin la preocupación de posibles choques. En el caso de que los padres deseen tener un mayor control sobre el vehículo, pueden usar el control remoto para dirigir Toysla sin interferencia del niño. Además, minimizando el tirón de arranque, Toysla evitará un movimiento que a muchos niños no les gusta y puede causar miedo al uso de vehículos típicos para niños.

Toysla es un vehículo eléctrico para niños más seguro y confiable, manteniendo la diversión de un coche tradicional para niños.

1.2 MOTIVACIÓN

Hoy en día, los vehículos eléctricos para niños son unos de los juguetes más peligrosos del mercado, las estadísticas revelan que uno de cada tres accidentes que se producen en niños en Estados Unidos provienen de este tipo de juguetes [1]. Toysla pretende ser un kit de postventa diseñado para ofrecer características de seguridad como *geofencing*, un sistema de control remoto, prevención de colisiones y un modo de arranque suave para la mayoría de los vehículos eléctricos de paseo para niños en el mercado. Toysla hará que los vehículos eléctricos de los niños sean más seguros al evitar el acceso a lugares como carreteras o piscinas, al detectar objetos en el camino de un vehículo, para detener o ralentizar el vehículo, y al darles a los padres el control directo del vehículo mediante la aplicación móvil.

Actualmente, los vehículos eléctricos de muchos niños no tienen suficientes medidas de seguridad. Para garantizar un uso seguro del juguete, los padres deben vigilar de cerca a los niños cuando conducen y, aun así, a veces eso no es suficiente para evitar el accidente. Además, no siempre los niños juegan a la vista de los padres y eso puede dar lugar a que el niño se escape. Un niño pudo escabullirse de su casa mientras su padre estaba en el baño, y terminó en la carretera con su vehículo eléctrico de juguete [2]. A veces los niños pueden hacerse daño incluso cuando el padre está vigilando. Por ejemplo, un niño murió después de conducir bajo un trampolín y lesionarse la columna [3]. Estos eventos y muchos otros podrían haberse evitado con las modificaciones de seguridad de Toysla.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de fin de grado se trabaja sobre el actual modelo de vehículo eléctrico y se propone ciertas modificaciones que permitan asegurar la seguridad del niño, así como, el completo control del vehículo mediante la aplicación.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo global de este TFG es diseñar un kit de post-venta para los vehículos eléctricos infantiles que garantice la seguridad del usuario durante el juego. Esto se desglosa en tres objetivos principales que se buscan cumplir en este TFG.

A continuación, se expondrán los principales propósitos. Además, se hablará de la motivación detrás de cada objetivo descrito.

1. Crear sistema de protección: el primer y principal objetivo de este trabajo de fin de grado es el desarrollo de las funciones necesarias para que el uso del vehículo sea seguro. Para alcanzar este objetivo, se implementarán tres sistemas de protección y prevención, por ello, Toysla incluye los siguientes sub-objetivos a cumplir:

a. Sistema anticollisión: este sub-objetivo busca implementar un sistema capaz de detectar posibles colisiones y detener el motor como medida de prevención. Este objetivo es primordial ya que la mayoría de los accidentes de vehículos eléctricos se deben a colisiones. Las colisiones en el vehículo de un niño pueden provocar lesiones o la muerte, y las colisiones son muy difíciles de detener a tiempo por los padres [2]. Para implementar este objetivo, se incluirán sensores tanto en la parte delantera como trasera del vehículo. Estos sensores serán los encargados de detectar cualquier obstáculo que pueda ocasionar una colisión con el vehículo.

b. Sistema control de aceleración: durante el análisis de los actuales vehículos eléctricos, se detectó que el arranque del motor produce un tirón cuando el niño presiona el pedal, o cuando se inicia la marcha desde el control remoto. Aunque este defecto no es un factor de riesgo para los accidentes, es una característica molesta para los niños. Este tirón inicial, produce desagrado en los jóvenes usuarios, y en los más pequeños, incluso miedo ya que la inercia les hace chocar la cabeza contra el respaldo. Toysla eliminará la sacudida brusca de los motores para crear una conducción más suave, evitando así los incómodos tirones al pisar el pedal. Esta característica permitirá que los niños con discapacidades disfruten del paseo y estos vehículos se conviertan más accesibles para ellos. Además, esta

INTRODUCCIÓN

modificación del motor supondrá incluir un motor de dirección para controlar el volante directamente. Este motor de dirección permitirá que el padre tome el control del vehículo cuando el niño esté a punto de entrar en una situación peligrosa.

c. Sistema geofencing: otro objetivo primordial para convertir los vehículos eléctricos en juguetes seguros es la adición de un sistema GPS. Toysla tiene como objetivo mantener a los niños fuera de situaciones peligrosas geolocalizando su posición y creando *geofence* áreas. Para conseguir esto, Toysla propone el uso de un sistema GPS para mantener la conducción del vehículo en un recinto seguro creado por los padres. El área de *geofencing*, será una geovalla invisible que detendrá el vehículo en caso de sobrepasarla, evitando así que el niño pueda salir del jardín o incluso caer a la piscina que se encuentra en este. La motivación de este objetivo deriva de los múltiples casos dados donde el niño, haciendo uso del vehículo eléctrico, ha escapado [2] o ha conducido por zonas de riesgo.

2. Estudiar la aplicabilidad de utilizar tecnología móvil en la seguridad de los vehículos eléctricos: como consecuencia de la implementación de un sistema de protección para el vehículo eléctrico infantil, surge la necesidad de encontrar un modo con el cual el usuario pueda interactuar con este sistema. Por ello, Toysla pretende desarrollar una aplicación móvil que permita al usuario interactuar con los servicios nombrados anteriormente. Este objetivo es indispensable para proporcionar al cliente un producto fácil de manejar y entender. Esta aplicación tendrá una interfaz sencilla e intuitiva que permita el fácil uso de esta. A través de la aplicación, el usuario podrá teledirigir el vehículo con exactitud, podrá seleccionar el modo de arranque del motor y por último, editar y añadir las diferentes áreas de *geofencing*. Para permitir dicha interacción entre el vehículo y la aplicación Android, se hará uso de comunicación Bluetooth.

3. Estudio del modelo de negocio para el sistema Toysla: como último objetivo, Toysla busca patentar y comercializar este producto. Para poder garantizar el éxito en su venta es necesario desarrollar un modelo de negocio donde se haga un análisis de la compañía Toysla, del producto y de la competencia para poder así elaborar una estrategia de venta.

A continuación, se muestra un esquema donde se exponen los objetivos a gran escala del sistema Toysla.

INTRODUCCIÓN

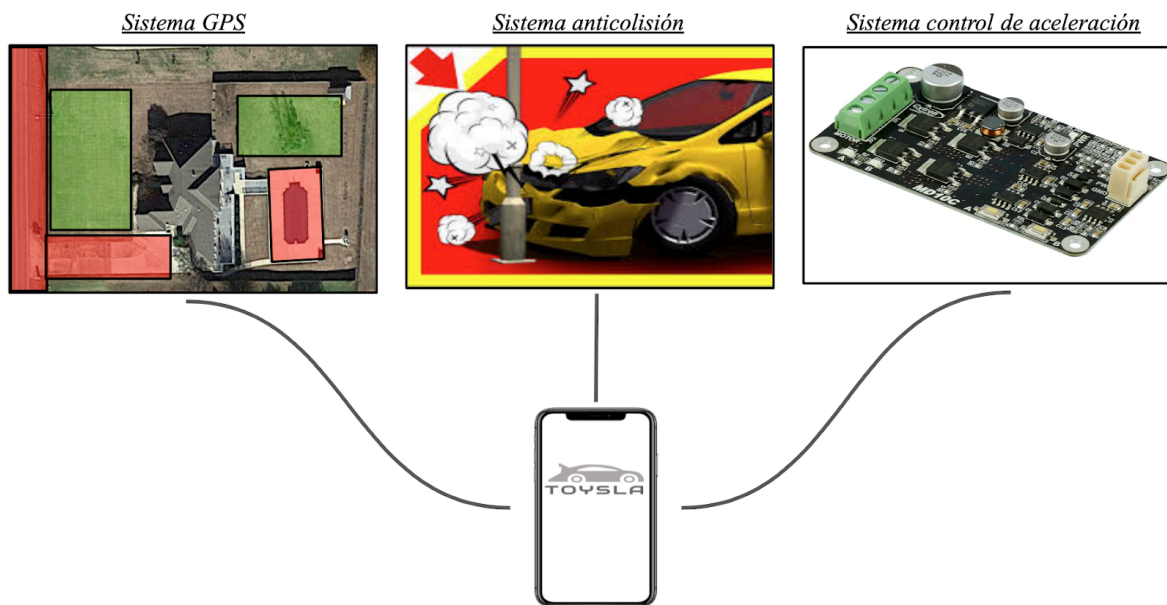


Figura 1.3. Esquema objetivos Toysla.

Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

A medida que la industria automotriz comenzó a florecer a principios de 1900, también lo hizo la industria de los juguetes “ride-on”. Kirk-Latty Manufacturing Company fue la primera compañía en producir autos a pedales, un juguete para niños inspirado en los automóviles de la calle. Estos juguetes “ride-on” cumplieron el deseo de conducir de muchos niños pequeños que aún estaban a años de poder hacerlo. A finales del siglo XX, un nuevo juguete introdujo un concepto único a la industria.

Peg Perego era un fabricante de productos para niños, como cochecitos y pedales. En la década de 1970, los ingenieros de Peg Perego crearon lo que ahora se conoce como Power Wheels® (ver Figura 2.1). Esto supuso un cambio en la fuente de movimiento del juguete, los juguetes de paseo ya no se mueven gracias al niño usuario del juguete, sino que, estos pasaron a utilizar una batería recargable y un motor para alimentar el vehículo. Este invento fue traído a los Estados Unidos como una extensión de Peg Perego llamada Pines of America. Pines of America vendió tres variaciones diferentes del vehículo eléctrico: "Classic Convertible", "Raider" y "High Rider". A pesar de su indudable éxito, Peg Perego decidió vender Pines of America a Kransco, quien ayudó a patentar y marcar la tecnología [4]. En 1986, Pines of America comenzó a vender una versión del vehículo inspirada en un Jeep®. En 1994, Mattel compró Pines of America e integró a la compañía en la sucursal de Fisher Price [5]. Fue aquí donde se produjeron el Jeep Barbie®, el camión Ford® y muchos otros Power Wheels.



Figura 2.1 Juguete de 1960/1970 fabricado por Pines of America.

Hoy en día, las características de los Power Wheels ha evolucionado hasta el punto de incluir Bluetooth, paneles de pantalla táctil, altavoces, luces y otras adiciones. Estas nuevas características hacen sin duda el juguete mas atractivo tanto para padres como para niños, pero ninguna de estas innovaciones ha aumentado la seguridad de Power Wheels. En enero de 2017, la Comisión de Seguridad de Productos para el Consumidor de los Estados Unidos emitió la retirada de todas las baterías de vehículos Power Wheels Ride-On producidas entre 1984 y 1998 [6]. Esta decisión se produjo tras demostrar que algunas baterías de estos vehículos se podían calentar y fundir el cableado próximo a esta. Esto hacía que los frenos de los vehículos quedaran desactivados. En 2018, el Barbie® Camper fue retirado del mercado debido a que el vehículo continuó funcionando después de que se soltó el pedal [7].

Más allá de las fallas mecánicas, los juguetes para montar son la mayor fuente de lesiones para los niños. Las causas de estas lesiones se deben a los accidentes que se producen durante el uso de estos juguetes. Con frecuencia, los niños chocan con objetos estacionarios u otras personas, conducen en las carreteras o caen en piscinas mientras operan un Power Wheels [6]. Muchas de estas situaciones se pueden prevenir con tecnología moderna, como aplicaciones de teléfonos inteligentes y controles remotos vía Bluetooth. Toysla tiene como objetivo agregar seguridad al juguete y dar así el siguiente paso en la industria.

2.2 ANÁLISIS DE MERCADO Y COMPETENCIA

El juguete para niños Toysla no tiene competencia directa. Existe cierta competencia indirecta en el mercado, pero están significativamente por encima de nuestro rango de precios o son para niños mayores. Ningún competidor ofrece las mismas características en

ESTADO DEL ARTE

un paquete que Toysla. Parte de esa competencia indirecta incluye Actev Motors, la cual no es una marca de juguetes “on-ride”, y kits de modificación. Actualmente, Fisher-Price, el fabricante de la conocida marca Power Wheels, es el único competidor potencial. Dado que Toysla es un juguete “on-ride” completamente modificado, Fisher-Price podría convertirse en un competidor si comenzara a vender juguetes con las características de seguridad que Toysla implementa.

Uno de nuestros competidores, Actev Motors, vende un "Arrow Smart Kart" de \$ 1,500 con varias características de seguridad [8]. Estas características incluyen geofencing, control de velocidad, prevención de colisiones y parada de emergencia a través de una aplicación. Sin embargo, el vehículo no incluye un control remoto que permita que los padres puedan tomar el control del vehículo. El "Arrow Smart Kart" tiene varias características de seguridad, pero se vende a un costo mucho mayor y no está desarrollado para niños pequeños. Este juguete está dirigido a niños mayores que buscan emociones al parecerse más a los vehículos todo terreno que a los automóviles.

Otra potencial competencia, proviene de empresas que no están especializadas en la fabricación y venta de vehículos eléctricos para niños. Estas empresas suelen ofrecer vehículos de calidad inferior, provisto de control remoto para que el adulto tenga la posibilidad de dirigir el juguete [9]. Este tipo de vehículos eléctricos son generalmente baratos y no vienen con ninguna característica de seguridad que Toysla ofrecerá.

Como última posible competencia, existen algunos kits de modificación para añadir seguridad y comodidad al vehículo. Estos kits están pensados para hacer este tipo de juguetes más accesible para niños con discapacidad. Sin embargo, ninguna compañía vende estos kits. La mayoría de los kits centrados en la accesibilidad se publican en foros de bricolaje.

Como consumidor potencial, Toysla apunta a padres con niños pequeños en términos de un mercado amplio. Para reducir nuestro mercado específico, Toysla se centrará en los padres que desean más características de seguridad para los juguetes que se montan. Nuestro producto también será beneficioso para los padres con varios niños pequeños a quienes les resulta difícil hacer un seguimiento de sus hijos durante el tiempo de juego. Además, este incremento de seguridad en los vehículos puede resultar muy interesante para padres con hijos con discapacidad.

2.3 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para analizar el estado de la cuestión, es necesario hacer un estudio de antecedentes. Como se ha mencionado en el apartado anterior, a día de hoy no existe en el mercado ningún producto que ofrezca las mismas características que Toysla, ya que Toysla no se centra en la fabricación de un vehículo eléctrico, si no que, se centra en las posibles adiciones a este para garantizar la seguridad de niño durante el uso.

Aunque estas características no existan en los vehículos eléctricos, sí aparecen aplicadas a otros productos y en otras condiciones. En este caso, ha sido necesario estudiar varios textos científicos que ayuden a determinar qué componentes hardware son los más adecuados para que Toysla cumpla con sus objetivos. A continuación, se exponen los más destacados.

- “*An Experiment on Electric Power Steering (EPS) System of a Car*”[10] Toysla se basa en gran medida en la modificación de la dirección asistida eléctrica. Este componente del diseño es de gran importancia ya que contribuye a las capacidades de control remoto del vehículo. El documento proporciona un análisis profundo sobre todos los aspectos de la dirección asistida eléctrica para automóviles. Aunque los autores se centraron en un diseño a gran escala, proporciona el principio de funcionamiento del sistema junto con una explicación de la selección de los componentes utilizados.

Como se mencionó anteriormente, este documento se centra en automóviles, pero los conceptos se pueden usar para solidificar la implementación y dar un sólido fundamento de la comprensión del sistema. Toysla depende en gran medida de la dirección asistida electrónica y es crucial para el funcionamiento de este diseño.

- “*Obstacle Detection and Collision Avoidance Using Ultrasonic Distance Sensors for an Autonomous Quadraocopter.*” [11] Gageik explora diferentes enfoques de implementación para un sistema de detección de colisión.

Durante su análisis llega a la conclusión de que los sensores ultrasónicos son el mejor enfoque. Los sensores ultrasónicos son rentables y una solución confiable que detecta objetos estacionarios sin interferencia, como la niebla o el humo. Este estudio explora la detección y evitación de colisiones utilizando sensores ultrasónicos en un quadcopter.

En este diseño, los sensores están monitoreando 360 grados, mientras que para implementación de Toysla se necesitan aproximadamente 180 grados. Este problema tiene una solución que tiene inconvenientes de tiempo de muestra y precisión, pero, debido al diseño de Toysla, este problema podría minimizarse

fácilmente o incluso resolverse. El uso de sensores ultrasónicos incluso con este inconveniente parece ser el mejor enfoque para diseño de Toysla.

- *“Effectiveness of Sensors for an Arduino Microcontroller: Initial Comparisons.”*[12] Este estudio presenta información sobre la interfaz entre Arduino y los diferentes tipos de sensores.

Los investigadores explicaron brevemente su decisión de usar Arduino sobre otros microcontroladores debido a su mayor efectividad. Este hecho es importante para el diseño del proyecto debido a la necesidad de un microcontrolador confiable.

Además, esta publicación compara sensores ultrasónicos, láser e infrarrojos como componentes para la detección de obstáculos. Se concluye que los sensores láser son los mejores para la detección de obstáculos debido al gran rango de detección que poseen. Además, el estudio expone cómo pueden interactuar fácilmente los tres sensores con Arduino.

De nuevo, la efectividad del sensor ultrasónico, así como el alcance del sensor, solidifica la idea de usarlo en el diseño. Si bien el sensor láser es una mejor opción, pero Toysla no necesita ese alcance y el proyecto no cuenta con la financiación adecuada para dicho sensor.

2.4 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS

En este apartado se describirán las tecnologías, protocolos y herramientas más relevantes durante el desarrollo de Toysla. Durante este trabajo de fin de grado los principales recursos que se van a emplear son los siguientes:

- *Android Studio*: desarrollaremos la aplicación Android.
- *Arduino*: implementaremos el sistema anticollisiones de Toysla.
- *Raspberry Pi*: será el encargado de gestionar los diferentes sistemas de Toysla y, además, de implementar el sistema GPS y la comunicación Bluetooth con la aplicación móvil.

En los siguientes apartados se explica en detalle dichas herramientas.

2.4.1 ANDROID STUDIO



Android Studio es el entorno oficial de desarrollo integrado (IDE) para el desarrollo de aplicaciones Android. Se basa en IntelliJ IDEA, un entorno de desarrollo integrado de Java para software que, además, incorpora sus herramientas de edición y desarrollo de código.

Para admitir el desarrollo de aplicaciones dentro del sistema operativo Android, Android Studio utiliza un sistema de compilación basado en Gradle, emulador, plantillas de código e integración de Github. Cada proyecto en Android Studio tiene una o más modalidades con código fuente y archivos de recursos. Estas modalidades incluyen módulos de aplicaciones de Android, módulos de biblioteca y módulos de Google App Engine [40]. Por estas características, Toysla decidió hacer uso de Android Studio para el desarrollo de la aplicación Android.

Por último, Android Studio está disponible para plataformas de escritorio Mac, Windows y Linux completamente gratuito.

2.4.2 ARDUINO



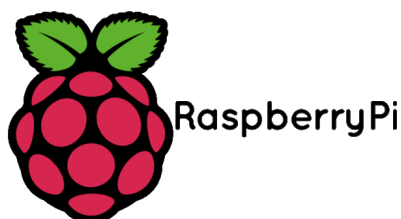
Arduino es un ecosistema que combina software y hardware muy popular hoy en día debido a su política de código abierto. La parte hardware consiste en una placa Arduino la cual se conecta al software a través de un puerto USB. Ese puerto USB tiene como destino el entorno de desarrollo Arduino (IDE). El usuario escribe el código Arduino en el IDE y luego lo carga en el microcontrolador que ejecuta el código, interactuando con entradas y salidas.

Respecto al entorno de desarrollo, este lenguaje se base en el lenguaje C++ añadiendo sus propias librerías. Estos métodos y funciones únicos de Arduino hacen más accesible la

programación del microcontrolador, por eso, Toysla decidió su uso de este para el sistema de anticolisión.

En ultimo lugar, cabe destacar que este la parte software de este recurso es completamente gratuita y está disponible para los principales Sistemas Operativo del mercado. Además, cuenta con un editor web en caso de que no desees instalar. Por otro lado, el hardware no es gratuito y su precio depende del modelo de Arduino. Sin embargo, el coste de este es bastante económico.

2.4.3 RASPBERRY PI



Raspberry Pi, es un microordenador u ordenador con placa reducida (SBC). Raspeberry, cuenta con un SO propio llamado Raspbian, el cual es una distribución de Linux desarrollada por la compañía de Raspberry. Sin embargo, esta tecnología también permite el uso de otros SO dentro del entorno de Linux.

En cuanto al lenguaje de programación se utiliza por regla general Phyton, aunque se podría utilizar cualquier otro lenguaje que permita compilar en Linux, Phyton es el lenguaje principal ya que es el empleado por Raspbian, incluyendo las librerías oportunas de C, y con el que se permite el mayor acceso a los sistemas físicos del dispositivo [41].

Por ultimo, el precio de esta herramienta depende del modelo de Raspberry elegido. El coste de esta tecnología proviene de la parte hardware ya que la parte software no supone ningún coste.

Capítulo 3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

DESARROLLADO

En este tercer capítulo se expone la descripción técnica de Toysla. El objetivo de esta sección es identificar las necesidades que justifican la creación de Toysla, definir los requisitos del sistema y establecer la metodología y la planificación para el buen desarrollo del proyecto. Además, se hará una estimación del costo de producción.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

3.1.1 ALCANCE DEL SISTEMA

Tras una investigación a fondo del sector, Toysla ha detectado los siguientes problemas reales durante el uso de vehículos eléctricos infantiles:

- *Accidentes por colisiones:* con más frecuencia de lo esperado, se producen colisiones durante el uso de este juguete.
- *Riesgo de huida:* la libertad que proporciona el vehículo a sus jóvenes usuarios en ocasiones es mal utilizada y provoca que los niños se escapen y se ponga en peligro.
- *Los padres son un elemento pasivo durante el juego:* los actuales vehículos eléctricos no dan opción a que los padres sean conscientes de la posición del niño, ni de la velocidad, ni de las zonas por las que juega
- *Situaciones de riesgo difíciles de rectificar a tiempo:* relacionado con el punto anterior, el padre, al no tener control sobre el juego de forma directa, muchas veces no es capaz de advertir una situación de riesgo, y en el caso de prevenirlo, a veces no le da tiempo a evitarlo.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

- *Los vehículos actuales no informan a los padres en caso de accidente:* una vez que ha surgido el accidente, si el padre no lo detecta por sus medios, el juguete no tiene forma de avisar al tutor de que el niño necesita asistencia.
- *La aceleración del motor no varía según el usuario:* estos juguetes son usados por niños de diferentes edades y la aceleración inicial es la misma siempre. Esto provoca incomodidad e incluso miedo en los más pequeños al sentir ese tirón inicial.
- *El control remoto del vehículo requiere un dispositivo externo:* los vehículos infantiles que permite se teledirigidos requieren un mando externo. Ningún juguete del mercado permite conducirlo a través del smartphone del usuario.

Estos problemas traen como consecuencia accidentes y situaciones de riesgo que se podrían evitar añadiendo un sistema de seguridad solvente. Hoy en día, ninguna compañía ofrece soluciones, el objetivo de Toysla consiste en aprovechar este hueco en el mercado para lanzar un sistema que asegure la integridad del usuario y de una solución actual y eficaz a estos problemas reales

3.1.2 OBJETIVOS

El objetivo de Toysla es modificar los actuales vehículos eléctricos infantiles para convertirlos en juguetes seguros manteniendo su accesibilidad a todos los públicos al intentar no aumentar en exceso el costo de estos tras las modificaciones. Para conseguir este objetivo, Toysla propone las siguientes soluciones:

- *Sistema anticollisiones:* para evitar los accidentes causados por colisiones, Toysla propone el uso de sensores en la parte delantera como trasera del vehículo. Con este objetivo Toysla busca solventar los accidentes por colisiones y, así, eliminar el principal riesgo durante el uso de los vehículos eléctricos infantiles.
- *Sistema de geolocalización:* añadiendo un sistema GPS al vehículo, el tutor tendrá la oportunidad de conocer la posición del juguete en todo momento. Este sistema busca dar tranquilidad a los padres mientras sus hijos disfrutan del paseo, ya que geolocalizando el vehículo podremos conocer su ubicación a tiempo real en todo momento.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

- *Sistema de geovallas:* haciendo uso del sistema GPS nombrado en el punto anterior, Toysla propone crear geovallas que limiten el área de uso del vehículo. Así, Toysla erradica el riesgo de huida durante el uso del vehículo eléctrico ya que el juguete sólo podrá ser conducido dentro de este recinto. En caso de encontrarse fuera del área de juego seleccionada, el motor del vehículo no funcionara.
- *Modificación del motor:* para adecuar la aceleración al usuario, Toysla requiere diseñar dos modos de arranque: normal y suave que permitan evitar los tirones al pisar el pedal. Así, Toysla será un vehículo eléctrico infantil más accesible y agradable para los niños.
- *Uso de una aplicación Android:* para convertir a los padres en un elemento activo durante el juego, Toysla quiere implementar una aplicación Android que permite al usuario:
 - Teledirigir el vehículo.
 - Seleccionar el modo de arranque del vehículo.
 - Añadir/Editar/Eliminar geofences.
 - Recibir notificaciones en caso de posible accidente.
 - Recibir notificación en caso de accidente.
 - Detener el vehículo en cualquier momento.

Este objetivo permite que los padres sean partícipes durante el juego interaccionando con las distintas funcionalidades nombradas anteriormente. Además, incluir una aplicación Android al sistema Toysla permitirá informar al usuario en caso de riesgo de accidente y reaccionar a tiempo. Sin embargo, si el usuario no puede reaccionar a tiempo, Toysla evitará el accidente por defecto. Otra ventaja que presenta el uso de esta aplicación es que esta permitirá el control remoto, por lo cual, no hará falta añadir un dispositivo externo para realizar esta función.

- *Económico:* el coste total de las adiciones de seguridad y funcionalidad no debe superar los \$200 ya que eso elevaría en exceso el precio del juguete. Toysla, tiene como objetivo convertir los vehículos eléctricos infantiles en juguetes más seguros y, además, que este juguete siga teniendo un precio competente.

3.2 REQUISITOS DEL SISTEMA

En este apartado se realiza un análisis minucioso de los requisitos del sistema para justificar los objetivos nombrados anteriormente. Es importante dedicar esfuerzo al análisis de requisitos para facilitar el diseño de la solución, así como para la especificación, construcción y despliegue del sistema en su ambiente de explotación. Los requisitos serán listados y detallados de manera organizada en dos bloques (técnicos y prácticos). Además, se listará un tercer bloque para detallar los requisitos necesarios para seguir los estándares de ingeniería a seguir por Toysla.

Toysla debe integrar sin problemas varios subsistemas que mejoran la seguridad general de los autos de juguete. Estas adiciones incluyen:

- *Sensor GPS*: con una precisión de 3 metros con el propósito de geolocalización.
- *Sensores ultrasónicos*: que detectan objetos desde al menos 1,5 metros de distancia con el fin de evitar colisiones.
- *Aplicación de teléfono inteligente*: que se comunica con estos sensores con menos de uno segundo retraso para garantizar una respuesta en tiempo real.

Las siguientes secciones describen los requisitos de diseño y las limitaciones de Toysla. La primera sección define con precisión los requisitos técnicos de diseño, las cuales hacen referencia a las limitaciones técnicas que Toysla debe cumplir para ser un producto que funcione completamente. La segunda sección describe las limitaciones prácticas de diseño, las cuales hacen referencia a las preocupaciones y necesidades generales que Toysla debe cumplir. La tercera sección final define los estándares de ingeniería que Toysla sigue. A continuación, se muestra el listado de los requisitos del sistema (ver *Tabla 3.2*).

Nombre del requisito
Rango de detección de colisión de un objeto estacionario: 1,5 metros.
Rango de control remoto: 20 metros.
Tiempo de espera máximo de la comunicación entre el control remoto y Toysla: 0.5 segundos.
Velocidad de desaceleración cuando se detecta un objeto: 0.098 pies por segundo.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

Peso máximo: 100 libras.
Velocidad máxima de Power Wheel: 4 millas por hora.
Amortiguación de inicio y parada sin tirón inicial.
Control remoto de la dirección del vehículo.
Condiciones de la superficie: terreno plano, seco o hierba corta.
Toysla no será impermeable.

Tabla 3.1 Requisitos Toysla.

3.2.1 ESTÁNDARES DE INGENIERÍA APROPIADOS

Estándar	Documento	Descripción/Aplicación
ASTM F963-17	<i>Toy Safety Standard</i>	Los juguetes serán seguros para los niños pequeños al no tener objetos afilados, riesgos de descargas eléctricas o riesgos de asfixia o deglución.
47CFR15	<i>FCC Regulations</i>	El dispositivo debe cumplir con las regulaciones de la FCC para radiadores.
IP-44	<i>IEC 60529</i>	El dispositivo tiene protección contra un objeto sólido de más de 1 mm de diámetro y contra salpicaduras de agua.

Tabla 3.2.1 Estándares del sistema

3.2.1.1 ASTM F963-17

Toysla debe seguir el estándar de seguridad F963-17 del Instituto Nacional Americano de Normas (ATSM). Esta norma se aplica a los juguetes destinados a niños menores de 14 años. Esta norma establece que los riesgos deben ser conocidos por el comprador en un intento de mitigar las preocupaciones de seguridad. La norma no cubre los problemas de seguridad inherentes relacionados con montar juguetes como caer al suelo [15].

3.2.1.2 47CFR15

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

Dado que Toysla utilizará Bluetooth para comunicarse a través de la interfaz de la aplicación, el juguete y el control remoto deberán cumplir con el Reglamento 47CFR15 de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) [16]. Esta regulación aborda la comunicación inalámbrica. Detalla cómo deben regularse los dispositivos que emiten radiación electromagnética. Esta regulación se usa con frecuencia para cubrir el espectro que usa Bluetooth.

3.2.1.3 IP-44

Debido a que Toysla tendrá componentes eléctricos, deberá tener cierto grado de protección contra el agua y el polvo. El estándar de protección de ingreso (IP) describe los estándares de resistencia al agua y al polvo. Toysla tendrá una calificación IP-44. El primer número es la cantidad de resistencia a la penetración de objetos, con el 4 significa que las modificaciones no permitirán que objetos de más de un milímetro penetren en el recinto. El segundo número es el nivel de resistencia al agua, y el 4 significa que las modificaciones podrán resistir salpicaduras de agua [17].

3.2.2 REQUISITOS TÉCNICOS DEL DISEÑO

La *tabla 3.3.2* muestra los requisitos técnicos del diseño que Toysla debe cumplir.

Identificador	Nombre del requisito	Descripción requisito
TEC001	<i>Sistema anticolidión</i>	El juguete evitará objetos que estén a un mínimo de 15 centímetros del suelo y que posean un mínimo de 5 centímetros de ancho.
TEC002	<i>Precisión GPS</i>	El GPS debe tener una precisión de ± 3 metros.
TEC003	<i>Comunicación vehículo/aplicación</i>	El tiempo de respuesta entre la aplicación y el vehículo debe ser inferior a un segundo.
TEC004	<i>Distancia comunicación</i>	La aplicación debe poder comunicarse con el vehículo a una distancia sin obstáculos de 50 metros.
TEC005	<i>Tirón de arranque</i>	El juguete debe tener un tirón inicial en arranque de menos de 0.3m/s ³ en modo de juego "soft".

Tabla 2.3.2 Requisitos técnicos del diseño

3.2.2.1 TEC001. Sistema anticolidión

El vehículo Toysla evitará objetos de mínimo 5 centímetros de ancho y que estén a 15 centímetros del suelo. Este requisito permite que el automóvil sea capaz de detectar la mayoría de los objetos que podrían causar un accidente durante el uso del juguete.

Los objetos por debajo de estas dimensiones son demasiado bajos para considerarlos objetos peligrosos o demasiado estrechos como para ser detectados por los sensores de manera realista. Para evitar colisiones con objetos más pequeños Toysla ofrece otros métodos para evitarlo como una geovalla o un controlador parental para ayudar a evitarlo.

Para objetos mayores que nuestras limitaciones, el sistema anticolidión detectará un objeto a menos de 1 metro del vehículo y aplicará los frenos de inmediato.

3.2.2.2 TEC002. Precisión GPS

Uno de los servicios que ofrece Toysla es la creación de un *geofencing* que evite que el niño acceda a áreas peligrosas o simplemente para acotar el recinto de juego. Para mantener a los niños dentro de la geovalla predefinida, Toysla tendrá una precisión de GPS de 3 metros. La precisión debe ser de ± 3 metros para tener en cuenta las dimensiones del vehículo y el espacio necesario para detener el vehículo por completo. Dado que el juguete en sí tiene un metro de largo, el vehículo debe tener un tiempo de frenado amplio tanto para la conducción hacia adelante como hacia atrás. Una tolerancia de tres metros en cualquier dirección sería suficiente para eliminar cualquier error de GPS y dar al automóvil de juguete el tiempo suficiente para detenerse.

3.2.2.3 TEC003. Comunicación vehículo/aplicación

Con este requisito Toysla promete que el tiempo de respuesta entre vehículo y aplicación será más rápido de un segundo. Este requisito se hace de vital importancia para poder conseguir una conducción a tiempo real a través de la aplicación, lo que mejora enormemente la experiencia de juego tanto para padres como para niños. Además, la respuesta entre aplicación y Toysla debe ser lo más rápida posible para que en caso de emergencia el padre tenga tiempo a reaccionar desde la aplicación móvil. Sin embargo, si en el momento de riesgo de colisión, el dispositivo no responde en un segundo, Toysla iniciará el protocolo de detección del vehículo.

3.2.2.4 TEC004. Distancia comunicación

Dado que el tamaño promedio de un jardín en los Estados Unidos es de 10,000 pies cuadrados (aproximadamente 929 metros cuadrados), la aplicación debe poder comunicarse con Toysla en esta área [13]. Para cubrir el tamaño promedio de jardín, la aplicación debe ser capaz de comunicarse con el vehículo eléctrico infantil a una distancia de 50 metros.

3.2.2.5 TEC005. Tirón de arranque

Este requisito hace referencia al objetivo de eliminar el tirón inicial de arranque tan molesto para los usuarios mas jóvenes del vehículo. La aceleración de Toysla debe ser suave y constante en el modo de juego *suave*. Según el European Journal of Physics, el tirón es la sensación de aceleración no constante [14]. Toysla debe acelerar a un ritmo más lento para minimizar esta sensación de tirón, que se calcula utilizando la siguiente ecuación (1).

$$j = \frac{da}{dt} \quad (1)$$

Este requisito impone que un niño que viaja en un Toysla no debe experimentar una un tiron inicial mayor de 0.3m/s^3 si Toysla está en modo de juego suave para reducir en gran medida la sensación de aceleración no constante. Cualquier tirón mayor de 0.3m/s^3 es considerado incómodo para un niño por lo cual este es el límite establecido de aceleración.

3.2.3 REQUISITOS PRÁCTICOS DEL DISEÑO

Identificador	Nombre	Tipo	Descripción
PRAC001	<i>Resistencia al agua</i>	Ambiental	De acuerdo con IP 44, el hardware debe ser capaz de resistir el contacto con objetos de más de 1 mm de tamaño, así como la pulverización de agua.
PRAC002	<i>Low-cost</i>	Económico	Las adiciones de seguridad de hardware no aumentarán el precio del automóvil de juguete base en más de \$

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

			200.
PRAC003	<i>Aplicación</i>	Social	Toysla permitirá a los padres con dispositivos Android controlar el vehículo.
PRAC004	<i>Tamaño</i>	Manufacturabilidad	El sistema debe caber dentro del marco y las dimensiones actuales (120 x 100 x 65 cm) de un vehículo eléctrico de juguete.
PRAC005	<i>Protección del diseño</i>	Sustentabilidad	La Raspberry y los sistemas de sensores deben soportar el juego normal de los niños, como golpes y choques.

Tabla 3.2.3 Requisitos prácticos del sistema

3.2.3.1 PRAC001. Resistencia al agua

Con el objetivo de cumplir con el IP 44, Toysla será resistente a objetos de más de 1 mm de tamaño, así como, si se rocía agua hacia el vehículo desde cualquier dirección. Debido a que Toysla es un juguete, este tiene que ser capaz de soportar las posibles condiciones durante el juego. El vehículo debe soportar la exposición a elementos que se encuentran comúnmente en un entorno de juego, como palos, grava u otros juguetes que se puedan encontrar durante el recorrido. Además, Toysla debe poder circular por terrenos planos, secos o con césped corto. Esta conformidad establece que el vehículo debe ser capaz de soportar el agua rociada desde cualquier dirección, como lluvia ligera, agua de una manguera o incluso un charco.

3.2.3.2 PRAC002. Low-cost

Las adiciones de Toysla deben tener un coste de, como máximo, \$ 200. Los vehículos de juguete comparables con solo algunas características de seguridad adicionales aumentan el precio minorista en más de \$ 300, por lo que la adición de \$ 200 al costo proporciona más características de seguridad a un costo menor.

3.2.3.3 PRAC003. Aplicación

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

Para hacer que Toysla sea ampliamente accesible, contará con una aplicación gratuita para teléfonos inteligentes que se podrá encontrar en la *PlayStore* de *Google*. En el futuro, esta aplicación podría aparecer en la App Store de Apple, pero Android es actualmente la plataforma más fácil para los desarrolladores de bajo presupuesto para publicar aplicaciones. La aplicación permitirá a los padres controlar el vehículo de forma remota, crear geofences y elegir el modo de juego (normal o suave). Además, la aplicación informará a los padres de la ubicación del vehículo y las posibles colisiones.

3.2.3.4 PRAC004. Tamaño

Toysla debe caber en el marco estándar del vehículo eléctrico para niños para reducir los aumentos en el costo de producción y los cambios en el proceso de fabricación.

3.2.3.5 PRAC005. Protección del diseño

Toysla debe soportar golpes y salpicaduras que puedan ocurrir durante el uso de este. Toysla deberá ser capaz funcionar normalmente después de recibir el posible daño ocurrido cuando las funciones de seguridad no están activadas.

3.3 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

El proceso de creación de Toysla consta de diferentes etapas. Para el buen desarrollo de este, es importante definir las tareas, así como, la duración de estas para evitar problemas durante el desarrollo.

Primero, se realizará un planteamiento del problema. Toysla tiene como objetivo convertir los vehículos infantiles en juguetes seguros y para ello ha de estudiar cuales son los riesgos principales de estos, las causas de los accidentes y el estado actual de la técnica. Con esta investigación se busca poder detectar el problema principal a resolver y, así, poder definir con exactitud los requisitos y objetivos que Toysla debe cumplir solventar el problema. Este proceso se realiza durante el mes de agosto.

La segunda etapa del proyecto corresponde a la investigación de componentes y metodología. Una vez definida la funcionalidad de Toysla, se ha de estudiar el hardware adicional que el vehículo necesita para incluir las nuevas funcionalidades. Además, en esta

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

etapa se plantea el diseño de software a implementar y se hace un primer diseño de la arquitectura del sistema. Este proceso se realiza durante el mes de septiembre.

Solicitar los componentes para construir el hardware es la tercera etapa del proceso. En la etapa anterior hemos definido los requisitos de nuestro sistema y estudiado los componentes que necesitamos para llevarlo a cabo. Durante el mes de septiembre, todos estos componentes se comprarán. Esto nos lleva a la siguiente etapa, una vez que los componentes llegan, es necesario testarlos primero para comprobar su funcionamiento antes de usarlos en el prototipo. Esto ayuda a descartar posibles causas del error a la hora de testear el prototipo. Esta tarea se alarga desde septiembre hasta octubre ya que depende de la rapidez del envío de las empresas proveedoras de los componentes.

La quinta etapa y la sexta etapa se realizarán al mismo tiempo. Para construir el prototipo de Toysla el diseño se dividirá en diferentes módulos y se realizarán pruebas por separado antes de unificar el prototipo. Una vez Toysla esté funcionando, seguirá sometiéndose a diferentes test que comprueben la eficacia y la seguridad del sistema. Esta tarea requiere más tiempo que las anteriores por lo que su duración estimada es de 3 meses aproximadamente (octubre, noviembre y diciembre).

Finalmente, Toysla será presentado en diciembre. Se realizará una presentación final donde se expondrá todo el proceso de desarrollo desde un punto de vista técnico. Además, se realizará una demo ante el público para ver el sistema en acción y comprobar su funcionamiento.

Actividad	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<i>Planteamiento del problema</i>					
<i>Investigación de componentes y metodología</i>					
<i>Solicitar piezas y componentes</i>					
<i>Testar los componentes</i>					
<i>Construir prototipo</i>					
<i>Testar el prototipo</i>					
<i>Presentación diseño final</i>					

Tabla 3.3. Cronograma plan de trabajo.

Respecto a la metodología a seguir el diseño se va a dividir en cuatro módulos:

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

1. *Módulo de geofencing*: este módulo gestiona el sistema GPS.
2. *Módulo anticolidión*: este módulo gestiona los sensores para la detección de objetos.
3. *Módulo arranque del motor*: este módulo gestiona el motor para eliminar los tirones en el arranque del vehículo.
4. *Módulo aplicación móvil*: este módulo desarrolla la aplicación móvil que permite controlar el vehículo remotamente, ajustar las *geofencing* y editar el modo de arranque.

Estos módulos se desarrollarán de manera independiente y paralela. Una vez terminados se testarán de manera independiente. Después, se irán incluyendo uno por uno realizando test en cada paso. Es muy importante ir verificando el funcionamiento en cada paso ya que Toysla es un sistema grande y complejo.

La comunicación, control y gestión de los diferentes módulos se hará a través de una Raspberry PI y además se incluirá un módulo Bluetooth para comunicarse con la aplicación Android. A continuación, se muestra la visión general del diseño.

3.4 ESTIMACIÓN ECONÓMICA

Para implementar las modificaciones que propone Toysla, es necesario incluir hardware al vehículo eléctrico infantil. Este proyecto busca diseñar esas adiciones e incluirlas para así poder testar su efectividad y funcionalidad. Por esto, es necesario construir un prototipo de Toysla.

Para este prototipo se necesita:

1. Un vehículo eléctrico: este automóvil será la base para realizar las adiciones de Toysla.
2. Un microcontrolador: este elemento será el encargado de gestionar los diferentes módulos de Toysla.
3. Sensores: encargados de detectar colisiones. Harán falta al menos 4 sensores. Aunque en la práctica sería interesante tener alguno de reserva ya que no tienen un coste elevado y estos componentes son los más expuestos en el vehículo.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

4. Sistema GPS: Toysla necesita añadir un sistema GPS en el vehículo para implementar la funcionalidad de *geofence*.
5. Acelerómetro: es necesario encontrar un acelerómetro compatible con Arduino, ya que será el lenguaje que emplearemos para el software.
6. Modulo Bluetooth: este componente es el encargado de permitir la comunicación entre el microcontrolador y la aplicación móvil.
7. Motor: el prototipo necesita un motor de vehículos eléctricos infantiles sobre el que realizar las modificaciones.
8. Motor driver: el objetivo de este componente es poder controlar la cantidad de corriente que recibe el motor.

En la siguiente tabla (ver *Tabla 3.4*) se muestran los costes que supondría la creación de Toysla, desde el inicio hasta su implantación y su futuro desarrollo.

Concepto	Precio por unidad	Cantidad	Precio total
Vehículo	\$299.99	1	\$299.99
Sensor ultrasónico	\$10	1	\$10
Acelerómetro	\$17.50	1	\$17.50
Modulo Bluetooth	\$17.50	1	\$17.50
Motor Driver	\$10.10	2	\$20.20
Multilayer Ceramic Capacitors	\$0.37	10	\$3.7
Fixed Inductors	\$0.91	2	\$1.82
Raspberry Pi	\$35.00	1	\$35.00
Adafruit GPS Breakout	\$39.95	1	\$39.95
12/5V DC-DC converter	\$6.99	1	\$6.99
12V/5V Relay	\$6.99	1	\$6.99
Arduino uno R3	\$15.82	1	\$15.82
Total			\$475.46

Tabla 3.4 Coste prototipo

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

Como se observa en la tabla el coste de Toysla es de \$ 475,46. Teniendo en cuenta que el coste del vehículo eléctrico original es de casi \$300, el precio de estas modificaciones no será superior a \$200, cumpliendo así el objetivo de Toysla de seguir manteniendo un precio competente. Además, este presupuesto se podría reducir en un futuro a través de una colaboración con los proveedores ya que se plantearía una producción mayor, no como en este caso en el que solo se va a producir un vehículo Toysla.

Capítulo 4. PLAN DE NEGOCIO

En este capítulo se realiza un análisis en profundidad del plan de negocio del producto Toysla. Para ello, es importante definir los objetivos de la empresa, en este caso:

- Reducir el número de lesiones y accidente.
- Ampliar las funcionalidades de los vehículos eléctricos infantiles a un bajo coste.

Además, es necesario identificar las claves de éxito que nos brinda nuestro producto, que en este caso son:

- Facilidad de incorporación a la fabricación original.
- Asociación con empresas más experimentadas en este sector.
- Ofrecer más ventajas respecto a la competencia a bajo coste.

Este plan de negocio se dividirá en cuatro bloques principales que darán una visión global del producto, un análisis de éste, además del estudio de mercado y una estimación de coste y beneficio para los próximos tres años

4.1 VISIÓN GENERAL

Toysla brinda a los padres más control sobre el viaje de sus hijos en vehículos eléctricos mediante el uso de nuevos subsistemas de seguridad y una aplicación telefónica de control remoto.

Los subsistemas incluyen *geofencing*, por lo que el padre puede establecer una cerca invisible alrededor de su patio, y el niño no puede conducir fuera de esa área. Además, incorpora un sistema anticolidión para que el niño no pueda toparse con objetos. Toysla incluye controles de aceleración que pueden ralentizar el vehículo.

Todos estos sistemas se combinan en una aplicación de Android para que el padre siempre tenga el control del juguete remotamente. Estos sistemas son fáciles de usar y pueden brindar un tiempo de juego más seguro para el niño.

4.1.1 Misión

Toysla aporta mayor seguridad a la hora de jugar. El producto que diseña Toysla es confiable, y los padres no tendrían que preocuparse por el bienestar de sus hijos. Los padres, así, pueden concentrarse en disfrutar el tiempo de juego con sus hijos en lugar de preocuparse por el juguete que se está utilizando. Cada juguete está cuidadosamente diseñado y producido manteniendo siempre en mente nuestro principal usuario, los niños. Las interacciones con el producto es una gran parte del proceso de diseño y pretenden ser lo más fáciles de usar posible. Aunque Toysla tiene como objetivo crear un juguete que sea más seguro que los equivalentes del mercado, los diseñadores enfocan el diseño sabiendo que la experiencia de juego no debe cambiar.

4.1.2 OBJETIVOS

Toysla tiene dos objetivos principales para brindar seguridad a los vehículos eléctricos infantiles:

1. Reducir la cantidad de lesiones y colisiones.
2. Ofrecer una mayor variedad de características a bajo coste.

Al incluir tecnología innovadora en el diseño de automóviles de juguete, Toysla puede prometer a los padres un producto más seguro y agradable. Algunas de las características claves agregadas al automóvil de juguete base incluyen:

- Una aplicación Android para el control remoto del vehículo.
- Capacidad de *geofencing*.
- Evitación de colisiones.
- Funcionalidad de arranque suave.

Toysla agrega estas características de seguridad a los autos de juguete a un bajo coste de fabricación para que más padres estén dispuestos a comprar el producto.

4.1.3 CLAVE DEL ÉXITO

Toysla se esfuerza por brindar a los niños un ambiente de juego seguro mientras usa juguetes de conducción y, además, los hace más accesibles para los niños con discapacidades. Toysla es el primer juguete en el mercado que proporciona estas características de seguridad en un solo paquete, y puede agruparlas en un vehículo de juguete sin dejar de mantener un bajo coste. Todas las modificaciones de seguridad de

PLAN DE NEGOCIO

Toysla encajan dentro del marco original del automóvil de juguete fabricado, lo que brinda a los fabricantes flexibilidad en la implementación de las características adicionales de Toysla. Esto es muy beneficioso para el equipo de Toysla porque preferimos vender nuestra tecnología a un fabricante de juguetes para evitar incurrir en costes de producción del automóvil infantil. Una plataforma de redes sociales nos ayudará a conectarnos con los fabricantes y potencialmente hacer que compren nuestra tecnología.

4.1.4 VENTAJA COMPETITIVA

Toysla incluye un conjunto de características de seguridad que se implementarán en el proceso de fabricación de vehículos eléctricos infantiles. Estas características brindan una ventaja competitiva frente a otros vehículos de juguete eléctricos debido a su capacidad de proporcionar un método seguro para que los padres controlen el juguete y, al mismo tiempo, permitir que los niños mantengan la sensación de un tiempo de juego ilimitado. Algunas características de seguridad implementadas en Toysla ya existen individualmente en otros autos de juguete, pero ningún fabricante agrupa todas las características que Toysla ofrece en conjunto. La capacidad de Toysla para ampliar estas funcionalidades proporcionará una ventaja competitiva al fabricante que decidirá implementar estas características en sus propios vehículos infantiles. Las novedades que presenta Toysla frente a nuestra competencia son las siguientes:

1. La capacidad de crear una *geovalla* alrededor de un patio para limitar la salida durante el uso del juguete no se ha visto en el mercado.
2. El uso de una aplicación móvil para controlar remotamente el automóvil también presenta una novedad en el mercado.
3. La ventaja de la aplicación móvil sobre los controladores físicos que se ven en el mercado es que la aplicación móvil se puede descargar en los dispositivos móviles de los padres. Así, Toysla consigue presentar un avance tecnológico al no necesitar hardware externo y, también, brinda mayor accesibilidad al tener el control del coche en tu propio teléfono a modo de aplicación.
4. Toysla también proporciona controles de aceleración directamente a los padres.

Todas estas características se han desarrollado teniendo en cuenta tanto al padre como al niño y proporcionarán una ventaja competitiva, porque brindan una mayor tranquilidad al padre sin limitar el juego del niño.

4.1.5 OBJETIVOS

El objetivo de mercado de Toysla son los padres con niños pequeños que buscan más características de seguridad para los juguetes de sus hijos y un mayor control sobre el tiempo de juego de sus hijos. Toysla también se enfoca a padres con niños que tienen discapacidades y no pueden usar los juguetes motorizados típicos.

Las características de seguridad que proporciona Toysla son útiles para cualquier padre con un niño pequeño porque alivia parte de la preocupación de que el niño se encuentre una situación peligrosa mientras disfruta del juguete. Debido a que nuestras modificaciones no aumentan el precio inicial del automóvil de juguete, la mayoría de los padres podrán pagar el producto.

Toysla cubre un amplio mercado porque está diseñado para usarse en cualquier área donde se pueda usar un juguete motorizado, este incluye, superficies de tierra, hierba corta y asfalto.

4.1.6 ESTRATEGIA

La estrategia de Toysla para recibir fondos iniciales es solicitar fondos a través del E-Center de la Mississippi State University (MSU). Con este dinero, Toysla creará el producto y comenzará a comercializarlo. Toysla se comercializará utilizando plataformas de redes sociales y sitios web. Estos anuncios estarán dirigidos a padres con niños pequeños que puedan estar interesados en comprar el producto.

El objetivo final de Toysla es ser comprado por una empresa que fabrica vehículos eléctricos infantiles. El equipo de Toysla cree que el coste de unirse a la industria del automóvil de juguete será demasiado alto y que una empresa ya instalada en el sector podría estar interesada en agregar nuestras ventajas a sus productos. Proporcionar juguetes más seguros es el mayor atractivo de compra para un padre.

4.2 RESUMEN DE EMPRESA

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Toysla es una Corporación de Responsabilidad Limitada (LLC) con sede en Starkville, Mississippi. Toysla es propiedad exclusiva de cinco estudiantes universitarios de ingeniería

PLAN DE NEGOCIO

eléctrica y de telecomunicaciones en Mississippi State University (MSU) que están interesados en varios aspectos del diseño de ingeniería.

El producto estrella que ofrece Toysla es un vehículo eléctrico de alta tecnología para niños que integra muchos mecanismos modernos de seguridad en el proceso de fabricación estándar de un automóvil de juguete. Estos mecanismos de seguridad incluyen la funcionalidad de arranque y parada suave, *geofencing*, prevención de colisiones y una aplicación Android para interaccionar con estos servicios.

El objetivo principal de Toysla es reducir la cantidad de accidentes relacionados con el uso de este tipo de juguetes, y ninguna otra compañía ha implementado estas nuevas tecnologías de la misma manera que Toysla. Lo que nos hace dueños de un producto único y sin competencia directa.

4.2.2 UBICACIÓN E INSTALACIONES DE LA EMPRESA

Actualmente, Toysla tiene su sede en el edificio *Simrall Electrical and Computer Engineering*. Todo el proceso de producción es realizado en los laboratorios de diseño y en los espacios para reuniones de dicho edificio. Una vez que estos espacios ya no estén disponibles, Toysla comenzará a operar desde uno de los garajes de los miembros del equipo para ahorrar costes en las instalaciones.

4.2.3 ESTRATEGIA DE LA EMPRESA

Toysla se enfoca en crear juguetes para niños de alta tecnología que tengan mayor seguridad que los productos actuales del mercado. Para lograr este objetivo, el equipo se enfoca en conocer el mercado, estar a la vanguardia del desarrollo y diseñar un producto completo.

La investigación de mercado es la clave principal para el éxito de Toysla. Conocer el mercado en el cual queremos trabajar le permite a la compañía diseñar un producto que sea deseado por el cliente. El desarrollo de un producto que en el mercado está demasiado saturado o no es necesario, desperdicia el tiempo y el capital que genera Toysla.

La investigación de mercado es una tarea continua que requiere atención constante para mantenerse alerta ante los competidores potenciales y las tendencias del mercado. Las encuestas a padres e hijos, así como a compradores potenciales como *Fisher-Price*, brindan información sobre las brechas que se pueden utilizar en beneficio de Toysla. Estos espacios

PLAN DE NEGOCIO

colocan a Toysla en posición de desarrollar productos que unen nuevas tecnologías y crean juguetes que antes no existían. Estar a la vanguardia del desarrollo es importante para el éxito, ya que la competencia son empresas más grandes y más establecidas. Con el desarrollo, es importante tener en cuenta el costo de la tecnología utilizada para los prototipos y encontrar un equilibrio entre lo más avanzado y lo más rentable.

A través del proceso de avance de productos, el equipo se enfoca en crear productos que incluyen pruebas expansivas de casos extremos. Ejecutar pruebas de situaciones extremadamente periféricas y llevar la tecnología al límite crea un producto completo del cual, el equipo de Toysla se enorgullece. La presentación de un producto completo que esté bien diseñado y probado es una garantía que Toysla se esfuerza por hacer. Cuando los compradores potenciales ven la marca "Toysla", saben que el producto que tienen delante es de alta calidad y cumple con las promesas hechas. Esto crea una base de clientes leales que rara vez cuestiona la integridad del producto o marca. Al centrarse en estos principios, Toysla continuará creciendo más allá de la etapa de inicio y se convertirá en una empresa conocida.

4.2.4 COSTES INICIALES Y BALANCE DE INICIO DE ACTIVIDAD

La hoja de cálculo que se describe a continuación (ver *Figura 4.2.4*) muestra los costes de inicio presupuestados para Toysla. Solicitar una Corporación de Responsabilidad Limitada (LLC) en Mississippi (EEUU) cuesta \$50. Nuestros costos de creación de prototipos son de \$1,100 que incluye \$800 del departamento con \$300 en inversiones personales. Nuestro espacio publicitario de elección será Google Adsense y ha presupuestado \$200 para publicidad. Para la producción inicial, se necesitan soldadores, fuentes de alimentación y otras herramientas junto con el hardware necesario para construir los juguetes. Se espera que el hardware cueste \$ 1,000, y Toysla mantendrá \$1,000 extra disponibles como fondo de emergencia para circunstancias imprevistas. El dinero que Toysla no tiene en caja será aportado por los miembros del equipo como una inversión inicial.

Gastos Startup	Importe	Concepto
Legales	\$50.00	Mississippi LLC Formation
Prototipo Dev	\$1,100	\$800 from ECE, \$300 personal
Publicidad inicial	\$200.00	Instagram y Facebook
Seguro	\$0.00	
Alquiler	\$0.00	Simrall Lab (gratis hasta Mayo)
Gastos Equipo	\$0.00	
Otros	\$0.00	
Total gastos Startup	\$1,350.00	

Figura 4.2.4.a Gastos iniciales Startup.

Además, también se realizó el Balance de Situación de la Startup al inicio de su actividad (ver Figura 4.2.4.b).

ACTIVO			PASIVO	
Saldo de caja en la fecha de inicio	\$1,000.00		Fondos Aportados Socios	\$2,250.00
Inventario Startup	\$0.00		Total Inversión	\$2,250.00
Otros activos circulantes	\$1,000.00		Cuentas por pagar	\$0.00
Total Activo Circulante	\$2,000.00		Préstamo actual	\$0.00
Total de Activos Corrientes	\$250.00		Otros pasivos corrientes	\$0.00
			Total Pasivo Circulante	0,00
			Total Pasivo a largo plazo	0,00
TOTAL ACTIVO	\$2,250.00		TOTAL PASIVO	\$2,250.00

Figura 4.2.4.b. Balance de Situación

4.3 RESUMEN DEL PRODUCTO

4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Actualmente, Toysla es un conjunto de cuatro sistemas de seguridad diseñados para mejorar la experiencia del vehículo eléctrico para niños.

Toysla está controlado por una aplicación Android para Smartphone que usa conexión Bluetooth para la comunicación con el juguete. La aplicación móvil se empareja con el vehículo y permite a los padres controlar de forma remota la dirección y la velocidad del juguete.

La aplicación también permite a los padres configurar la geovalla alrededor del patio. El *geofence* permitirá que el niño conduzca en el patio, pero si el vehículo intenta abandonar el área definida por los padres, se detendrá el motor.

La aplicación Android también habilita las diferentes configuraciones del modo de arranque. Hay dos modos de juego en Toysla, normal y suave. En el modo de arranque normal, Toysla acelerará de la misma forma que solía antes de las modificaciones, y en el modo de arranque suave, el auto de juguete acelerará lentamente para evitar tirones.

Finalmente, Toysla también implementa una función para evitar colisiones que impedirá que los niños puedan chocar con objetos dentro del área de juego.

4.3.2 NECESIDADES Y BENEFICIOS DEL CLIENTE

Uno de cada tres niños se lesiona con los juguetes de conducción infantiles [1], y ha habido muchos casos en los que los niños haciendo uso de sus autos de juguete acaban transitando por carreteras, siendo esto un claro peligro para ellos. Algunos vehículos infantiles en el mercado tienen un control remoto parental, pero ningún otro vehículo infantil brinda seguridad y control a los padres sin afectar al disfrute del niño durante el tiempo de juego. Toysla puede evitar las lesiones producidas por los choques con objetos con el sistema anticolidión, por lo que, cuando el padre no presta atención, el niño puede seguir disfrutando de la conducción de una forma segura. No hay vehículos de juguete en el mercado que incluyan *geofencing*. El sistema de *geofencing* permitirá a los padres quitar la vista de sus hijos de vez en cuando y saber que sus hijos permanecerán en el área de juego. La aplicación Android mantiene el control del juego en los bolsillos de los padres.

4.3.3 PRODUCTOS FUTUROS

En los planes de futuro de Toysla está la idea de mejorar el producto, estas ideas de mejora del producto se están investigando actualmente. Toysla podría mejorarse agregando un GPS más preciso al juguete. Otra característica que se está investigando actualmente es el uso de una transmisión de video en vivo, para que los padres puedan vigilar a sus hijos mientras juegan. A Toysla también le gustaría implementar nuestra aplicación en dispositivos iOS para aumentar el mercado de usuarios.

Estas características le darían a Toysla la ventaja frente a posibles competidores además de un mercado de clientes más amplio, y añadirían a los padres más visibilidad sobre lo que está haciendo su hijo.

4.3.4 COMPARACIÓN COMPETITIVA

Toysla se dirige a los padres que desean tener control y tranquilidad sobre el tiempo de juego de sus hijos. Si bien, otros fabricantes de automóviles de juguete han implementado algunas de estas características en sus vehículos, no las tienen todas. Los fabricantes de automóviles de juguete venden versiones con un control remoto principal por separado y vehículos donde el niño tiene la capacidad de cambiar los modos de juego. Los sistemas de *geofencing* y anticolidión no se venden actualmente en el mercado, y proporcionarán a Toysla una ventaja sobre nuestros competidores.

4.4 RESUMEN DEL MERCADO

4.4.1 ANÁLISIS DE MERCADO

Hay muchas compañías que venden juguetes eléctricos para niños, pero pocas ofrecen las características de seguridad avanzadas que ofrece Toysla. Además, ningún competidor vende un producto con todas las características de seguridad que tiene Toysla. Algunas compañías, como *Fisher-Price*, han indicado que ven una necesidad en el mercado de mayor seguridad y están creando competencias de ingeniería para llenar este vacío.

Toysla tiene una ventaja de adopción temprana sobre otras empresas aspirantes que desean enfatizar la seguridad de los niños, por lo que Toysla tiene una oportunidad única de asociarse con líderes de la industria como *Fisher-Price* para llevar nuestro producto al mercado. Debido a que Toysla es un producto tan superior a sus competidores, es probable que experimente una gran cantidad de ventas desde el principio, y las compañías no desearán vender autos de juguete comparativamente "inseguros" frente los "muy seguros" Toyslas.

4.4.2 ESTRATEGIA DE MERCADO

El equipo de Toysla ha decidido comercializar su producto a una empresa ya establecida con una buena capacidad de fabricación, como *Fisher-Price*. Esta estrategia de marketing permite que el equipo de Toysla simplemente venda una tecnología a una empresa en lugar de establecer sus propias instalaciones y procedimientos de fabricación, lo que es mucho más costoso para un startup. Al hacer esto, podemos llevar nuestro producto al mercado más rápido y evitar muchos reveses costosos que ocurren en las nuevas plantas de fabricación.

4.4.3 PROYECCIÓN DE VENTAS

Los gastos iniciales para el comienzo del negocio Toysla suman un total de \$2,250, lo que abarca la construcción de un prototipo funcional. Dado que el equipo de Toysla se compone principalmente de aficionados que trabajan juntos, el costo de la mano de obra es bajo y la mayoría de las ganancias pueden ir directamente a la expansión o al beneficio.

El equipo de Toysla agregó alrededor de \$150 en electrónica y características de seguridad a un automóvil de juguete prefabricado de \$300, por lo que una compañía como *Fisher-Price*, que puede comprar componentes al por mayor y además tiene los vehículos

PLAN DE NEGOCIO

infantiles a precio de coste, probablemente podría producir un automóvil Toysla por \$400 y aún así obtener un beneficio. Suponiendo que los Toyslas se vendan a \$500 cada uno, eso deja \$100 de ganancias para dividir entre los cinco miembros de la junta de Toysla.

Toysla espera que su producto sea popular y atractivo para los fabricantes, por lo que las ventas probablemente serán altas. Una proyección de ventas para los primeros tres años se muestra a continuación en la Figura 4.4.3.



Figura 4.4.3 Gráfico estimación de ventas

Como se ve en la Figura 4.4.3, se proyecta que las ventas aumenten exponencialmente a medida que Toysla aumenta su participación en el mercado. Las ganancias a \$100 /venta serían entonces \$25.000 para el primer año, \$50.000 para el segundo año y \$125.000 para el tercer año.

4.4.4 ESTRATEGIA DE FABRICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

La fabricación del prototipo inicial de Toysla se realizará en el laboratorio *Simrall* en el estado de Mississippi. Dado que Toysla se enfoca en vender el diseño a un fabricante, el proceso de fabricación recaerá en una empresa con experiencia en la fabricación de este tipo de juguetes. Toysla construirá el primer prototipo de juguete y describirá el proceso para modificar el juguete original.

El proceso para modificar el juguete se mantendrá simple para que el fabricante realice la menor cantidad posible de modificaciones en su proceso de fabricación. Debido a que nuestros requisitos de diseño establecen que nuestras modificaciones se ajustarán al marco original del juguete, el fabricante puede conservar las características de diseño y fabricación del mismo y no añadir nuevos costes en el proceso de fabricación. Esto le permite a Toysla centrarse más en el desarrollo tecnológico del juguete que en los detalles de fabricación.

4.5 PLAN FINANCIERO

4.5.1 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

A continuación, se muestran los estados de Pérdidas y Ganancias de Toysla en los próximos tres años (ver *Figura 4.5.1*). Las estimaciones de ventas durante dicha etapa son los siguientes:

- 20 vehículos infantiles en el primer año.
- 80 vehículos infantiles en el segundo año
- 240 vehículos infantiles en el tercer año

Los gastos operativos son costes estimados de alquiler en Mississippi, publicidad en Facebook e Instagram, y seguros.

		Año 1 20 unidades	Año 2 80 unidades	Año 3 240 unidades
Ventas		\$10.000,00	\$40.000,00	\$120.000,00
Materiales (coste de ventas)		\$4.000,00	\$16.000,00	\$48.000,00
Salarios (coste de ventas)		\$4.000,00	\$8.000,00	\$24.000,00
Subtotal (coste de ventas)		\$8.000,00	\$32.000,00	\$96.000,00
Beneficio bruto		\$2.000,00	\$8.000,00	\$24.000,00
Beneficio bruto (%)		20%	20%	20%
GASTOS DE EXPLOTACIÓN				
Salarios		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Alquiler		\$0,00	\$500,00	\$1.000,00
Utilidades (Eléctricidad / Gas / Teléfono)		\$0,00	\$250,00	500
Seguro		\$330,00	\$330,00	\$330,00
Mantenimiento Bldg		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Viajes		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Publicidad		\$200,00	\$800,00	\$1.000,00
Cargos Financieros Bancarios		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Gastos de capital		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Pagos de préstamos		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Misc		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Depreciación		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Gastos totales de operación		\$530,00	\$1.880,00	\$2.830,00
Beneficio de operación		\$1.470,00	\$6.120,00	\$21.170,00
Ingresos Misc		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Beneficio neto (antes de impuestos)		\$1.470,00	\$6.120,00	\$21.170,00
Impuestos		\$441,00	\$1.836,00	\$6.351,00
Beneficio neto (después de impuestos)		\$1.029,00	\$4.284,00	\$14.819,00
Beneficio Neto/Ventas		10,29%	10,71%	12,35%

Figura 4.5.1. Cuenta de Pérdidas y Ganancias.

4.5.2 FLUJO DE CAJA

A continuación, se muestra el flujo de caja proyectado de Toysla para los próximos tres años de producción y operación (ver *Figura 4.5.2*). Se ha estimado un ingreso \$ 120,000 en ventas para el tercer año.

	Startup	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos				
Ventas		\$10.000,00	\$40.000,00	\$120.000,00
Capital recibido/préstamos		\$4.000,00	\$16.000,00	\$48.000,00
Otros ingresos		\$4.000,00	\$16.000,00	\$48.000,00
Ingreso total		\$18.000,00	\$72.000,00	\$216.000,00
Gastos				
Materiales		\$4.000,00	\$16.000,00	\$48.000,00
Salarios		\$4.000,00	\$8.000,00	\$24.000,00
Alquiler		\$0,00	\$500,00	\$1.000,00
Utilidades (Eléctricidad / Gas / Teléfono)		\$0,00	\$250,00	\$500,00
Seguro		\$330,00	\$330,00	\$330,00
Mantenimiento Bldg		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Viajes		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Publicidad		\$200,00	\$800,00	\$1.000,00
Cargos Financieros Bancarios		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Gastos de capital		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Pagos de préstamos		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Misc		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Total		\$8.530,00	\$25.880,00	\$74.830,00
Impuestos				
		\$441,00	\$1.836,00	\$6.351,00
Ingresos menos gastos				
Saldo	\$3.000,00	\$4.470,00	\$17.120,00	\$48.170,00

Figura 4.5.2. Flujo de Caja.

4.5.3 BALANCE DE SITUACIÓN

A continuación, se muestra la hoja de balance de situación de Toysla para los próximos tres años de operación (ver *Figura 4.5.3*).

	Startup	Año 1	Año 2	Año 3
Activos actuales				
Saldo en efectivo	\$5,000.00	\$8,530.00	\$25,880.00	\$74,830.00
Inventario de mercancía	\$500.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Subtotal	\$5,500.00	\$8,530.00	\$25,880.00	\$74,830.00
Capital de activos	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Depreciación		\$0.00	\$0.00	\$0.00
Subtotal	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Activos totales	\$5,500.00	\$8,530.00	\$25,880.00	\$74,830.00
Pasivos				
Pasivos actuales	\$5,500.00			
Pasivos a largo plazo	\$0.00			
Pasivos totales	\$5,500.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Capital(aka Net Worth)				
Capital(aka Net Worth)	\$0.00	\$8,530.00	\$25,880.00	\$74,830.00
Pasivos y Capital total	\$5,500.00	\$8,530.00	\$25,880.00	\$74,830.00

Figura 4.5.3. Balance de Situación

Capítulo 5. SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Toysla ofrece una variedad de características de seguridad avanzadas en el vehículo eléctrico infantil para que los padres tengan mayor tranquilidad sobre cómo y dónde juegan sus hijos.

Primero, Toysla ofrece un entorno de juego más agradable al incluir un modo de arranque suave para reducir el tirón inicial que sienten los niños al acelerar. También, el vehículo de juguete cuenta con un sistema anticolidión para ayudar a los jóvenes usuarios a conducir de manera segura por el área de juego. Por último, además de estas modificaciones físicas sobre el actual vehículo eléctrico infantil, los padres pueden utilizar una aplicación Android para establecer geovallas alrededor del área de juego y tomar el control de juguete de forma remota.

En este capítulo se describe el sistema desarrollado. Los servicios que ofrece Toysla se pueden dividir en cuatro módulos independientes:

1. Sistema de *geofencing*.
2. Sistema de anticolidión.
3. Módulo de arranque.
4. Módulo aplicación Android.

Además, para gestionar los cuatro módulos anteriores Toysla necesita de un quinto módulo encargado de la gestión:

5. Módulo central.

El proceso de desarrollo del sistema cuenta con tres etapas: diseño, implementación y verificación y durante este capítulo se detalla el desarrollo de las dos primeras, que dan lugar a la creación del prototipo de Toysla.

5.1 DISEÑO

Durante la fase de diseño de Toysla se realizó un análisis sobre los componentes y herramientas necesarias para la posterior fase de implementación. Las siguientes dos

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

secciones describen de manera detallada los enfoques de hardware y software que Toysla ha adoptado para implementar las anteriormente mencionadas características de seguridad.

5.1.1 HARDWARE

El hardware de Toysla implica a los siguientes módulos:

1. Sistema de *geofencing*.
2. Sistema de anticolidión.
3. Módulo de arranque.

La *Figura 5.1.1* muestra una visión general del sistema de hardware. El objetivo principal de esta fase de diseño al seleccionar el hardware que utiliza Toysla es proporcionar un producto más seguro a un precio más bajo que sus competidores. Todos estos componentes son altamente eficientes y encajan con el presupuesto de Toysla. Todas las modificaciones a realizar en el vehículo eléctrico infantil original no producirán cambios significativos en las dimensiones físicas del vehículo de juguete. Además, todas estas adiciones de hardware se ajustan a los requisitos de diseño de Toysla.

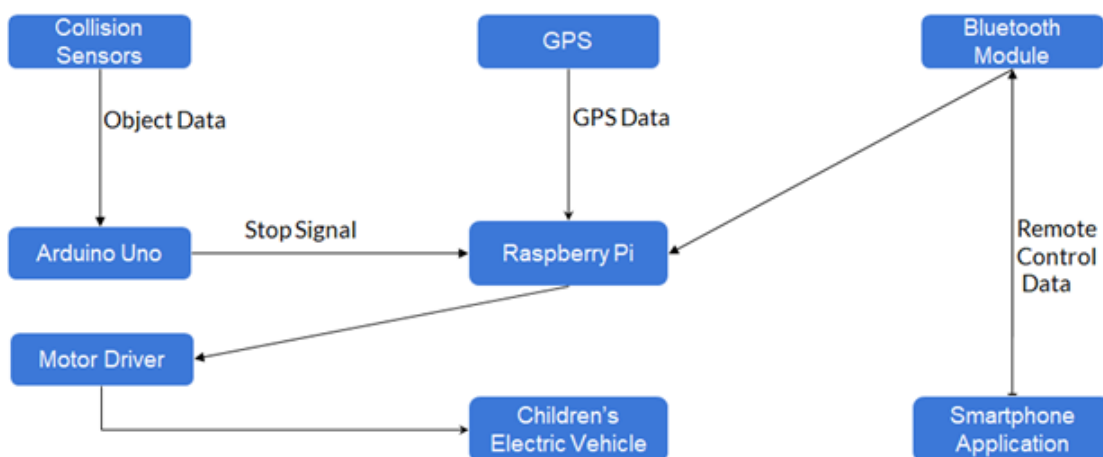


Figura 5.1.1. Esquema hardware

5.1.1.1 Geofencing

El sistema de *geofencing* se compone de dos subsistemas: el sistema de comunicación con Smartphone y el sistema de ubicación GPS.

El sistema de comunicación con el teléfono inteligente se comunica con el automóvil a través del módulo Bluetooth (explicado en detalle en el *apartado 5.1.1.1.3*) ubicado en la

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Raspberry Pi. El uso de la aplicación Android será imprescindible para crear las geovallas. Para ello, el usuario desde la aplicación debe seleccionar el *modo geofence* en la pantalla principal, y conducir el vehículo infantil alrededor del perímetro del área de juego que desee fijar. El Raspberry Pi almacena las coordenadas GPS, procesa la forma que dibujó el usuario y forma la geovalla.

Un módulo GPS dentro del automóvil recolecta datos de ubicación de los satélites y los transmite a la Raspberry Pi. La ubicación actual se compara con los datos de geovalla almacenados, y si se acerca a la geovalla, se inicia una secuencia de frenado. Si el sistema aplica la secuencia de frenado y detiene el vehículo, el automóvil puede moverse en cualquier dirección que permanezca dentro del área de juego fijada para evitar que el automóvil quede atascado permanentemente en una ubicación no deseada.

El Raspberry Pi almacena diferentes *geofences* en la memoria, y el modo *geofence* permanece encendido durante las sesiones de juego hasta que el padre lo desactive. La *Figura 5.1.1.1a* ilustra la interacción entre los satélites GPS, el vehículo de juguete y la aplicación del smartphone, que se coordinan para establecer y mantener la geovalla.

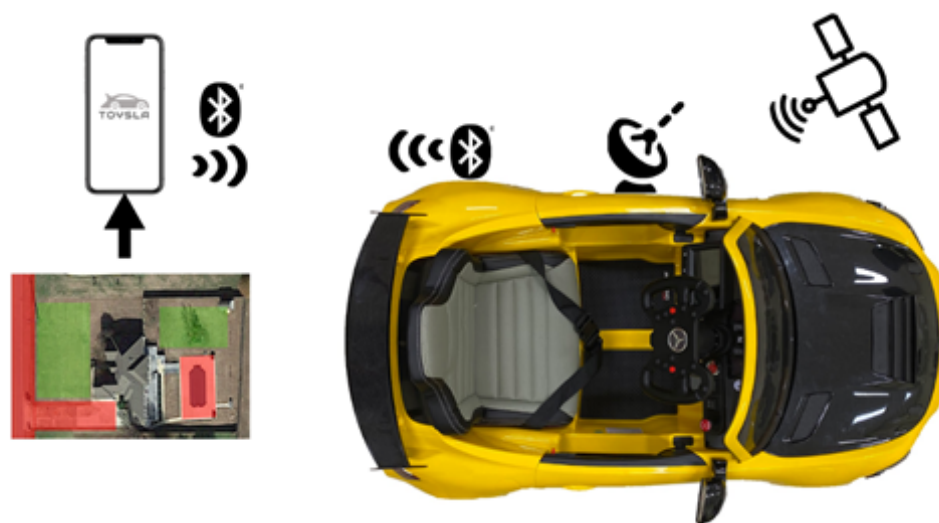


Figura 5.1.1.1a Sistema de geofencing [18],[19]

La *Figura 5.1.1.1b* ilustra el caso de uso de la configuración de geofence de Toysla desde la aplicación Android. Como se puede observar en el diagrama, el usuario puede agregar nuevos perfiles de geovalla que se guardan automáticamente para uso futuro, editar los mismos para adaptarse a los cambios del entorno y eliminar aquellos perfiles de geovalla existentes que ya no son relevantes.

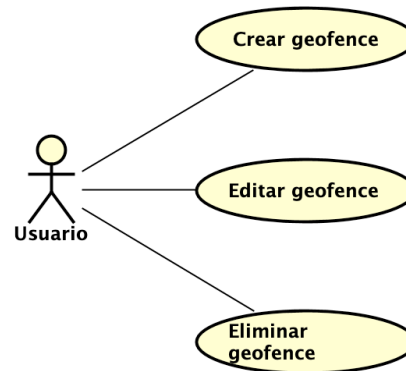


Figura 5.1.1.1.b. Caso de uso *geofencing*.

GPS

El subsistema de *geofencing* de Toysla requiere una ubicación precisa para el vehículo de juguete. Debido a que el *geofencing* se usa en exteriores, Toysla usa el GPS para determinar su propia ubicación. El GPS puede rastrear la ubicación del vehículo infantil con una precisión de hasta 3 metros. Toysla usa una antena y un receptor para comunicarse con los satélites que triangulan la posición del automóvil.

La *Tabla 5.1.1.1.1* compara las opciones de GPS disponibles que Toysla estudió antes de elegir el más adecuado.

Producto	Coste	Numero de canales	Uso de batería	Comunicación	Precisión	Tiempo de actualización
Requisito	<\$30	>50	Mínimo	Serial/UART	Mínima	Mínimo
Adafruit Ultimate GPS Breakout	<i>\$39.95</i>	<i>66</i>	<i>0.1 W</i>	<i>Serial/UART</i>	<i>2.5 m</i>	<i>10 Hz</i>

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Sparkfun GPS Breakout	\$39.95	72	Desconocido	Serial/ UART	2.5 m	10 Hz
GP-20U7	\$17.95	22	0.132 W	SPI	2.5 m	Desconocido

Tabla 5.1.1.1.1 - Opciones GPS

Ventajas vs. Desventajas

[20], [21], [22]

La precisión es la principal preocupación con el módulo GPS de Toysla. Conseguir una precisión en centímetros pueden costar más de \$1000 [23]. Por razones económicas, Toysla utiliza un GPS de precisión llamado Adafruit Ultimate GPS Breakout board, que tiene una precisión promedio de 2.5 metros. Esta placa de conexión presenta una gran cantidad de canales, por lo que actualiza las comunicaciones por satélite rápidamente.

Otra preocupación para el módulo GPS es el uso de energía. Toysla debe tener el mismo tiempo de funcionamiento que un vehículo eléctrico normal para niños, por lo que los sensores adicionales no deben consumir demasiada energía. El Adafruit Ultimate GPS Breakout tiene el menor consumo de energía de todos los módulos GPS comparados. El GPS seleccionado también utiliza la comunicación UART, por lo que puede conectarse a Raspberry Pi a través de USB o los pines de entrada/salida general (GPIO). La placa Sparkfun GPS Breakout es similar a la Adafruit Ultimate Breakout, pero Toysla no pudo verificar su uso de energía, por lo cual esta opción quedó descartada.

Microcontrolador

El microcontrolador es responsable de procesar los datos del GPS, almacenar las geovallas y controlar los modos de operación.

Toysla utiliza el microcontrolador para comunicarse con el módulo GPS, analizar los datos del GPS, almacenar *geofences* establecidos en la memoria y mantener el vehículo de juguete dentro de la geovalla. Estas operaciones requieren almacenamiento en el microcontrolador y la memoria para tener *geofences* abiertos en segundo plano. Para mantener a Toysla accesible, el microcontrolador debe costar menos de \$40, ya que algunos microcontroladores pueden llegar a ser muy caros y cumplir con el presupuesto es uno de los objetivos de Toysla. Los pines GPIO se utilizan para comunicarse con el GPS y el controlador del motor.

Estas características para varios microcontroladores se comparan en la *Tabla 5.1.1.1.2*.

Producto	OS	Almacenamiento	GPIO	Coste	RAM
Requisito	Linux	>1GB	Yes	<\$40	>1GB
Raspberry Pi Zero	<i>Linux</i>	<i>SD card</i>	<i>Yes</i>	<i>\$5</i>	<i>512 MB</i>
Raspberry Pi 3B+	<i>Linux</i>	<i>SD card</i>	<i>Yes</i>	<i>\$35</i>	<i>1 GB</i>
Arduino Uno	<i>Ninguno</i>	<i>32 KB Flash</i>	<i>Yes</i>	<i>\$22</i>	<i>2 KB</i>
Raspberry Pi 4	<i>Linux</i>	<i>SD card</i>	<i>Yes</i>	<i>\$35</i>	<i>1 - 4 GB</i>

Tabla 5.1.1.1.2 - Opciones microcontrolador

Ventajas vs. Desventajas

[24], [25], [26], [27]

Como se puede observar en la tabla, el Arduino Uno no cumple con los requisitos de GPS establecidos por las restricciones de diseño. El Arduino Uno no tiene la RAM o el almacenamiento necesario para el módulo GPS de Toysla.

Alternativamente, la Raspberry Pi tiene varias opciones para microcontroladores que funcionan para el módulo GPS de Toysla. El Raspberry Pi Zero carece de la RAM requerida, por lo que no fue seleccionado. Tanto la Raspberry Pi 3B + como la Raspberry Pi 4 tienen los pines GPIO necesarios, son el coste apropiado y tienen la RAM necesaria para ejecutar la geovalla. Cualquiera de los dos podría haber sido seleccionado, pero el Raspberry Pi 4 fue seleccionado sobre el Raspberry Pi 3B + por sus nuevas características Bluetooth detalladas más adelante en este capítulo.

Modulo Bluetooth

Toysla utiliza la tecnología Bluetooth para establecer la comunicación entre la aplicación del smartphone y el automóvil de juguete. El Bluetooth proporciona un método simple pero eficiente para transmitir datos a distancias cortas.

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

En el pasado, el Bluetooth tenía un alcance extremadamente limitado; Bluetooth 3 y Bluetooth 4 sólo pueden prometer rangos máximos teóricos de hasta 50 metros. La llegada de Bluetooth 5 en 2018 y su adopción rápida y generalizada permiten distancias de comunicación aún mayores. Bluetooth es prácticamente universal en los teléfonos inteligentes con sistemas operativos Android, y no depende de los datos o la conectividad Wi-Fi.

Estos aspectos de Bluetooth lo convierten en un candidato ideal para que Toysla lo use como herramienta de comunicación, especialmente dada la restricción de diseño de requerir 50 metros de distancia de comunicación para acomodar el tamaño promedio del patio [27].

La *Tabla 5.1.1.1.3* compara los populares módulos Bluetooth disponibles en el mercado.

Producto	Versión Bluetooth	Rango	Coste
Requisito	Bluetooth 5	> 50m	Mínimo
Adafruit Bluefruit LE UART Friend	Bluetooth 4	10 m	\$17.50
Raspberry Pi 3B+	Bluetooth 4	50 m	No añade coste
Raspberry Pi 4	Bluetooth 5	250 m	No añade coste

Tabla 5.1.1.1.3 - Opciones módulo Bluetooth.

Ventajas vs. Desventajas

[28], [29]

El Raspberry Pi 4 es la mejor opción para un módulo Bluetooth porque proporciona todas las características que Toysla necesita para cumplir con sus limitaciones de diseño y sirve como el microcontrolador principal de Toysla.

Este beneficio adicional da como resultado un proceso de diseño más simple y un menor costo de hardware. Bluetooth 5 tiene un rango máximo teórico de 250 metros, aunque este rango solo se encuentra en perfectas condiciones de comunicación.

La única desventaja respecto al uso de Bluetooth es su inestabilidad, las distancias máximas de comunicación pueden variar mucho. Aunque la Raspberry Pi 3B + tiene un alcance teórico máximo de 50 metros, su alcance práctico está mucho más cerca de los 10

metros. En consecuencia, el Raspberry Pi 4 puede proporcionar un alcance de comunicación de 50 metros más constante a pesar del increíble alcance teórico.

5.1.1.2 Sistema anticolidión

El segundo bloque hardware corresponde al sistema de prevención de colisiones. Una serie de sensores ultrasónicos y un microcontrolador Arduino son los componentes necesarios para implementar el sistema anticolidión de Toysla. Dos de los sensores están situados en la parte trasera del automóvil, y dos están situados en la parte delantera del automóvil. Los sensores ultrasónicos solo están conectados al Arduino. El Arduino interactúa con el microcontrolador principal Raspberry Pi, que controla el automóvil.

La *Figura 5.1.1.2* muestra cómo el Arduino se conecta en red con los sensores ultrasónicos en funcionamiento en tiempo real.

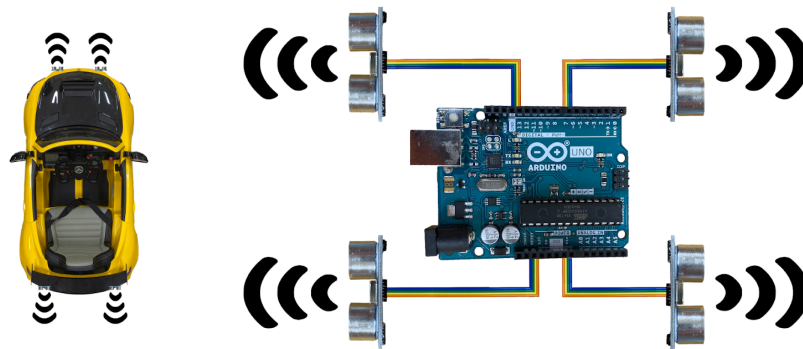


Figura 5.1.1.2 Diagrama sistema anticolidión.

Sensor detector de distancia

Hoy en día existen varias tecnologías de sensores para detectar la distancia. En la fase de diseño, diferentes tecnologías de sensores se compararon para determinar el mejor sensor para Toysla. El debate se centró entre los sensores ultrasónicos, radar y buscadores de alcance infrarrojos. Al final, se eligieron sensores ultrasónicos porque estos sensores tienen un precio bastante económico y funcionan correctamente para las necesidades de Toysla. El principal inconveniente de estos sensores es que generalmente tienen un rango corto en comparación con otras tecnologías. El alcance de los sensores no es una preocupación para el vehículo Toysla porque la distancia de frenado requerida para reaccionar a los objetos que pueda encontrar en su camino es corta.

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Se consideraron las otras tecnologías, pero se determinó que eran inferiores. El radar se usa en aplicaciones automotrices, especialmente para evitar colisiones [30]. Los sensores de radar tienen un alcance más largo y están mejor equipados para trabajar en condiciones más duras debido al uso de ondas electromagnéticas en lugar de ondas de sonido. Los sensores ultrasónicos son más rentables que el radar, y Toysla no está diseñado para funcionar en condiciones ambientales extremas [31]. Debido a los requisitos de diseño del sistema, los sensores ultrasónicos son una mejor opción que el radar para Toysla. También se determinó que los sensores infrarrojos son menos adecuados para el uso de Toysla porque son más direccionales y tienen un ancho de haz más pequeño. Dado que tienen un ancho de haz pequeño, los sensores sólo pueden medir objetos directamente frente a ellos.

El sistema anticolidión de Toysla debe detectar objetos de un alcance mayor que el que pueden ofrecer los sensores infrarrojos.

Las características del sensor ultrasónico se comparan en la *Tabla 5.1.1.2.1*.

Producto	Coste	Rango máximo	Rango mínimo	Medida ángulo	Consumo de corriente
Requisito	<\$15	3 metros	2 centímetros	>10 degrees	>20 miliamps
HC-SR04	\$4	4 metros	2 centímetros	15 degrees	15 miliamps
SUI04	\$16	4.5 metros	40 centímetros	60 degrees	18 miliamps
PING)))	\$30	3 metros	2 centímetros	Desconocido	30 miliamps

Tabla 5.1.1.2.1 - Opciones Sensores Ultrasonicos

Ventajas vs. Desventajas

[32], [33], [34]

El sensor ultrasónico seleccionado por los diseñadores de Toysla es el HC-SR04 compatible con Arduino. Tiene un alcance de hasta cuatro metros, lo que le da al vehículo de juguete una distancia más que suficiente para detenerse. El único inconveniente aparente es que el sensor tiene un ángulo de visión de sólo 15 grados [32]. Dado que dos sensores están unidos a la parte delantera del vehículo de juguete, proporcionan una cobertura superpuesta suficiente para garantizar que toda la parte delantera esté protegida contra colisiones. La parte posterior, sigue la misma estructura, porque que también está bien protegida debido a los dos sensores situados en esa zona.

Microcontrolador

Los sensores ultrasónicos en el sistema anticolidión están conectados a un Arduino Uno. Cada uno de los cuatro sensores ultrasónicos utilizados en el vehículo de juguete tiene cuatro pines de conexión, lo que equivale a un total de 16 conexiones que se requieren para conectarse al microcontrolador. La tierra y el suministro de 5 V de cada uno de los sensores están conectados entre sí, lo que condensa estas conexiones en dos pines. La combinación de los cables de tierra y 5 V deja 10 conexiones restantes para hacerse con el microcontrolador. Para conservar los pines GPIO en la Raspberry Pi, Toysla determinó que estos sensores serían controlados usando un microcontrolador separado.

El Arduino Uno fue seleccionado sobre los otros microcontroladores de Arduino. El Arduino Mega y el Arduino Pro Mini también se consideraron, pero no se seleccionaron debido a las características beneficiosas del Arduino Uno. El Arduino Pro Mini es muy compacto, pero también tiene el mayor inconveniente. El Arduino Pro Mini no tiene una forma de conectarse a USB, por lo que requiere una placa de conexión para la programación. El Arduino Mega también fue considerado debido a su gran cantidad de puntos de conexión. Tiene 54 pines GPIO, que es mucho más de lo que requiere Toysla.

Estos microcontroladores se comparan en la *Tabla 5.1.1.2.2*

Producto	Coste	Procesador	Conector	Memoria	GPIO Pins
Requisito	<\$25	ATmega	USB	32KB	16
Uno	\$23	ATmega328P	USB Type B	32KB	20
Pro Mini	\$10	ATmega328P	6-pin UART	32KB	22
Mega	\$39	ATmega2560	USB Type B	256 KB	54

Tabla 5.1.1.2.2 - Opciones Arduino

Ventajas vs. Desventajas

[35]

La única tarea del Arduino Uno es controlar y leer los datos de los cuatro sensores ultrasónicos. El Arduino proporciona una señal pulsada a cada uno de los sensores y lee los

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

datos de eco proporcionados en el retorno. El código del Arduino Uno determina si se detecta un objeto y si existe riesgo de colisión. Una vez que el Arduino Uno determina que una colisión es inminente, envía una señal de parada al Raspberry Pi principal que controla el automóvil.

La *Figura 5.1.1.2.2* ilustra cómo el microcontrolador interactúa con el Arduino Uno para evitar colisiones.

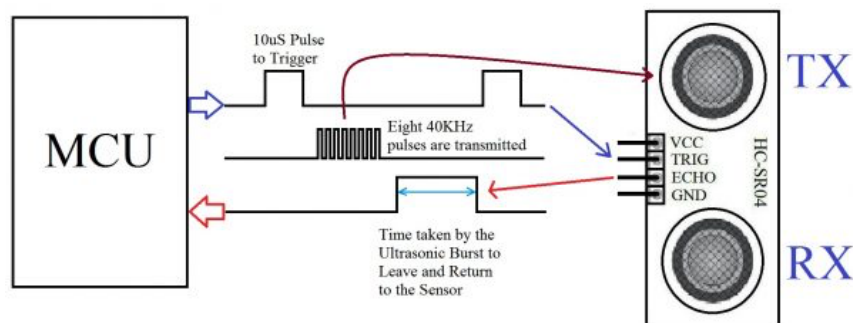


Figura 5.1.1.2.2. Conexión Arduino Uno y ultrasensores.

5.1.1.3 Modulo de arranque

El módulo de arranque de Toysla es el encargado de controlar la aceleración inicial de arranque que propicia el tirón. Este módulo proporciona la oportunidad de seleccionar dos modos de arranque.

Los dos modos incluyen inicio suave o inicio normal, entre los cuales el niño o el padre pueden elegir. El modo de arranque suave elimina la mayor parte del tirón inicial al tener una aceleración más suave y lenta. El modo de inicio normal funciona con la aceleración estándar. La diferencia en la aceleración se logra mediante el uso de un puente H con una Raspberry Pi. Una vez que se presiona el pedal del vehículo de juguete, el Raspberry Pi controla la modulación del ancho de pulso de la señal actual y el aumento incremental de la corriente que pasa a través del puente H, dependiendo del modo seleccionado [36]. El puente H pasa la corriente al motor, causando aceleración.

La *Figura 5.1.1.3* muestra el sistema de modo de operación.

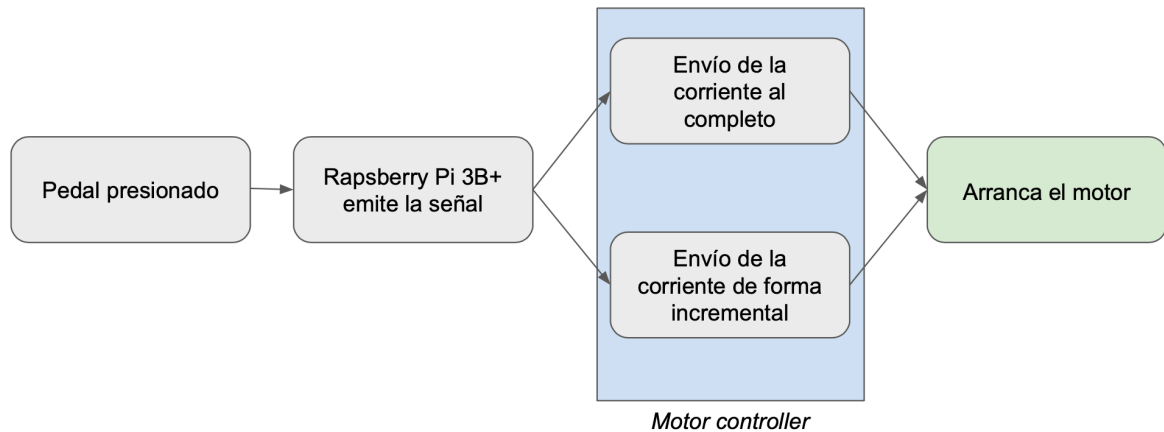


Figura 5.1.1.3. Esquema modulo de arranque

Motor Driver

El controlador del motor del puente H es el componente principal del módulo de arranque. El conductor controla la cantidad de corriente que reciben los motores, que a su vez controla la aceleración y la sacudida que experimenta un niño durante el uso de un Toysla.

La *Tabla 5.1.1.3.1* muestra las especificaciones consideradas para el controlador de motor de puente H.

Producto	Coste	Tipo Transistor	Caída de voltaje total	Pico corriente
Requisito	< \$10	MOSFET	< 1 V	> 1 A
L298N	\$6.98	Bipolar	1.4 V	2 A
MD10C	\$11.50	MOSFET	0.2 V	13 A

Tabla 5.1.1.3.1- Opciones H-bridge

Ventajas vs. Desventajas

[37], [38]

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Existen muchas opciones para un controlador de motor de puente H. El L298N y el MD10C se consideraron inicialmente debido a la facilidad de acceso. Como podemos observar el precio del MD10C es menos rentable frente al L298N, pero tras analizar las especificaciones de estos se llegó a la conclusión de que era más rentable el primero debido a sus especificaciones.

El MD10C está construido con transistores de efecto de campo de semiconductor de óxido de metal (MOSFET) que producen solo 0.2 V de caída de voltaje, sin embargo, el L298N usa transistores bipolares que producen una caída de voltaje de 1.4 V.

Las diferencias en la caída de voltaje son importantes para el diseño porque la pérdida de potencia es un factor importante cuando varios sistemas utilizan la misma fuente de alimentación. La caída de voltaje del L298N también produce una gran cantidad de calor en comparación con el MD10C, que produce una cantidad insignificante en comparación.

El MD10C está conectado no solo a la Raspberry Pi, sino también a la batería y al motor del vehículo infantil. El controlador del motor utiliza tres pines GPIO en la Raspberry Pi: tierra, dirección y PWM. El motor se conecta a los terminales A y B de la placa y la batería se conecta a los terminales de alimentación positivo y negativo.

Sí Toysla está configurado para estar en modo de arranque suave, la Raspberry Pi reconoce el modo de operación e incrementa el PWM del puente H usando el pin PWM. Incrementar el PWM del puente H aumenta lentamente la cantidad de corriente recibida por el motor, asegurando una aceleración suave.

Si el vehículo de juguete está configurado en modo de juego normal, el Raspberry Pi permite PWM completo, y el motor recibe la corriente completa cuando se presiona el pedal.

5.1.2 SOFTWARE

El software de Toysla consta de cuatro bloques principales:

- Localización GPS.
- Detección de colisión.
- Frenado automático.
- Comunicación con Smartphone.

Todo el software se almacena y se ejecuta en Raspberry Pi.

El bloque de localización GPS lee los datos GPS del receptor GPS y calcula la posición del vehículo infantil. El software verifica la posición respecto a las coordenadas de la geovalla y determina si el automóvil se está acercando a un límite. En caso de que el automóvil se acerque al límite, el Raspberry Pi activa la secuencia de frenado.

El bloque para evitar colisiones se basa en una señal del Arduino. Una vez que el Arduino recibe una señal de detección de los sensores ultrasónicos, pasa la señal al Raspberry Pi, que a su vez activa el bloqueo para evitar colisiones. El bloque de detección de colisiones llama a la secuencia de frenado, que detiene inmediatamente el automóvil. El bloque de secuencia de frenado envía una señal al puente H, anula el pedal y obliga al vehículo de juguete a detenerse.

La aplicación para teléfonos inteligentes es la conexión entre el software de Toysla y el padre o usuario.

A continuación, se detalla el diseño de la parte software mencionada anteriormente.

5.1.2.1 Aplicación Android

Toysla utiliza una aplicación para smartphones con sistema operativo Android para controlar el funcionamiento del vehículo eléctrico infantil. Esta aplicación cuenta con un control remoto parental que contiene cuatro flechas direccionales (adelante, atrás, izquierda y derecha), así como una parada de emergencia.

Otras características de la aplicación incluyen la notificación cuando ocurre un evento, la selección del modo de arranque (normal o suave), la geovalla, y la identificación de la ubicación GPS del vehículo.

La *Figura 5.1.2.1.* proporciona un modelo del aspecto de la aplicación de Android.



Figura 5.1.2.1. Aplicación Android

Cuando un usuario abre la aplicación Toysla, aparece una pantalla inicial con el logotipo de Toysla y se mantiene mientras la aplicación se conecta con el Raspberry Pi y la base de datos.

La siguiente pantalla, que es la pantalla principal, contiene las flechas de control direccional que los padres pueden usar para controlar el juguete. Esta pantalla también tiene otros dos botones: uno para geofencing y otro para el modo de operación. Al seleccionar el botón de geovalla, aparecerán los elementos necesarios para que el usuario pueda configurar la geovalla conduciendo físicamente el vehículo de juguete alrededor del perímetro del área de juego deseada. Una vez que el usuario ha configurado la geovalla, puede esconder fácilmente esos botones para poder centrarse en la conducción del vehículo. La selección del botón de modo de juego da al usuario dos opciones: inicio suave e inicio normal. Cualquier notificación de advertencia del sistema aparece como un banner, así como en la pantalla principal de la aplicación.

Toysla ha elegido usar el sistema operativo móvil Android de Google porque es más rentable.

Aunque el iOS de Apple abarca casi el 60% de la cuota de mercado del sistema operativo de teléfonos móviles de Estados Unidos, su costo de \$ 100 para publicar una aplicación en la App Store es demasiado alto para el presupuesto actual de Toysla [39]. Alternativamente, la tienda Google Play le permite a Toysla publicar una aplicación sin costo, y la cuota de mercado estadounidense aproximada del 40% de Android todavía le brinda a Toysla una importante base de clientes [39]. A fin de cuentas, el ecosistema de Android es preferible para que Toysla desarrolle su software.

5.1.2.2 Software Sensores

Toysla requiere un software para controlar el módulo GPS, los motores, el puente H y los sensores ultrasónicos.

Los sensores ultrasónicos son controlados por el Arduino Uno. El Arduino Uno está programado en C usando el entorno de desarrollo integrado Arduino. Si se detecta un objeto, Toysla determina si existe riesgo de colisión con ese objeto. Si una colisión es inminente, el Arduino Uno envía una señal al controlador del motor para detener los motores.

El software de *geofence* está escrito en Python en la Raspberry Pi 4. Si se está creando una nueva *geofence*, los datos de ubicación se almacenan en un archivo en la Raspberry Pi. Al activar la geovalla, el archivo se lee y la geovalla se activa. Los datos de ubicación se transmiten desde el GPS, y si el automóvil de juguete comienza a conducir fuera de la geovalla, los motores se detienen.

El módulo Bluetooth recibe comandos de control remoto desde el teléfono, y el Raspberry Pi toma esos datos, los procesa y mueve el motor de dirección.

La *Figura 5.1.2.2* muestra una descripción general de los dispositivos controlados por cada microcontrolador y cómo los dos microcontroladores interactúan entre sí para detener el vehículo de juguete.

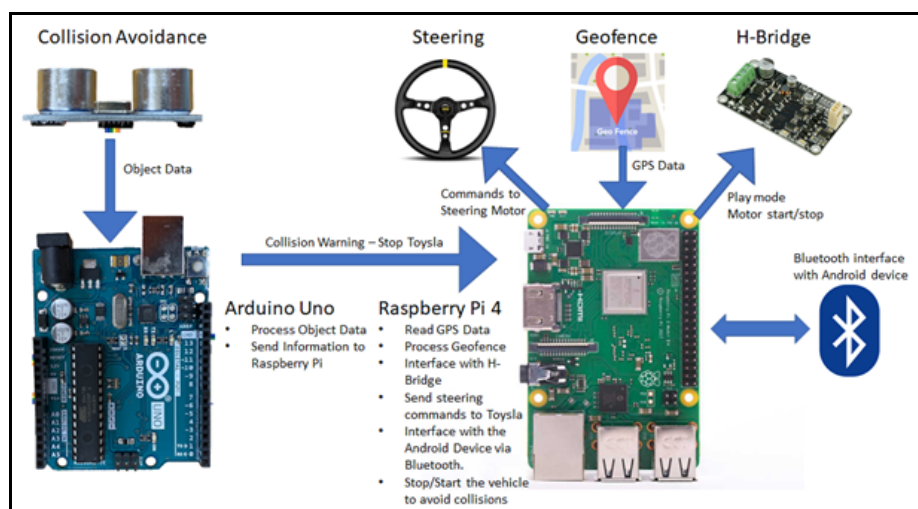


Figura 5.1.2.2. Interacción entre los microcontroladores y los sistemas

El software de los sensores requiere la integración de cada subsistema. Si bien cada subsistema funciona de manera individual y paralela, es decir, los subsistemas no interfieren con los otros. El software debe leer continuamente la posición GPS del automóvil mientras verifica posibles colisiones y recibe comandos de Bluetooth. La necesidad de procesamiento paralelo conduce a un software complejo que se ejecuta de manera eficiente en la Raspberry Pi.

5.2 IMPLEMENTACIÓN

Tras la fase de diseño, comienza la fase de implementación. Durante este periodo, se comienza a desarrollar el prototipo en los diferentes módulos de forma independiente y paralela. La implementación de forma paralela es indispensable, primero para lograr los tiempos definidos en la planificación inicial y, segundo, para conseguir un sistema escalable y de fácil modificación o actualización.

Como se mencionó al inicio de este capítulo, Toysla consta de cinco módulos independientes:

1. Sistema de *geofencing*: la parte hardware de este módulo se implementa a través del GPS situado en el vehículo (5.1.1.1.1 GPS). La programación de la parte software se desarrolla en la Raspberry Pi.
2. Sistema de anticolisión: la parte hardware de este módulo se implementa a través de los sensores de ultrasonidos seleccionados (5.1.1.2.1 Sensores de detección), situados tanto en la parte delantera como posterior del vehículo. La programación de la parte software se desarrolla en el Arduino Uno.
3. Módulo de arranque: la parte hardware de este módulo se implementa a través del motor *driver* seleccionado (5.1.1.3.1 Motor driver). La programación de la parte software se desarrolla en la Raspberry Pi.
4. Módulo aplicación Android: este módulo no cuenta con parte hardware. El desarrollo de software se hará con la herramienta Android Studio.
5. Módulo central: la parte hardware y software de este módulo se implementa a través de la Raspberry Pi.

A continuación, se detalla el desarrollo de los módulos 2, 4 y 5 en los cuales la autora de este TFG centro su trabajo.

5.2.1 SISTEMA DE ANTICOLISIÓN

La función de este módulo es detectar los objetos que se encuentren en el camino del vehículo Toysla y ordenar la detención del motor en caso de peligro de colisión. Además, la implementación de este módulo debe tener como objetivo cumplir con el requisito técnico **TEC001** donde se estipula que el sistema de anticolisión debe ser capaz de detectar objetos de 5 cm de ancho y 15 cm de altura (apartado 3.2.2 Requisitos técnicos).

5.2.1.1 Hardware

Como se definió en el apartado de diseño, la parte hardware de este sistema estará compuesta por cuatro ultrasensores modelo HC-SR04 y un microcontrolador Arduino Uno. Los sensores HC-SR04 se situarán dos en la parte delantera y dos en la parte trasera. Haciendo uso de dos sensores en vez de uno conseguimos una precisión y un campo de visión mayor que aseguran la eficacia del sistema de anticolisión.

A continuación, en la *Figura 5.2.1.1.a* se muestra la disposición de los sensores en el vehículo eléctrico infantil.



Figura 5.2.1.1.a. Disposición sensores.

En cuanto al microcontrolador Arduino Uno, este se encuentra dentro del capó del vehículo en la parte delantera de este.

Aunque el funcionamiento software del sensor será detallado en el siguiente apartado, para entender las conexiones hardware es necesario saber que los sensores ultrasónicos detectan

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

objetos mediante la emisión de señales ultrasónicas. El sensor emite la onda y si esta choca con un objeto, recibe la onda reflejada. Midiendo el tiempo entre la emisión y la recepción podemos estimar la distancia al objeto.

Cada ultra sensor HC-SR04 tiene cuatro pines que se conectan al Arduino Uno:

- **VCC:** fuente de alimentación del sensor. Este pin es conectado al pin de salida del Arduino Uno de 5V.
- **TRIG:** pin de salida del ultra sensor, el cual es el encargado de enviar la onda ultrasónica.
- **ECHO:** pin de entrada del ultra sensor, el cual recibe la onda reflejada emitida por el anterior pin tras rebotar con un objeto.
- **GND:** este pin es tierra y por lo cual, estará conectado a tierra.

A continuación, en la *Figura 5.2.1.1.b* se muestra un diagrama de las conexiones entre los sensores y la placa.

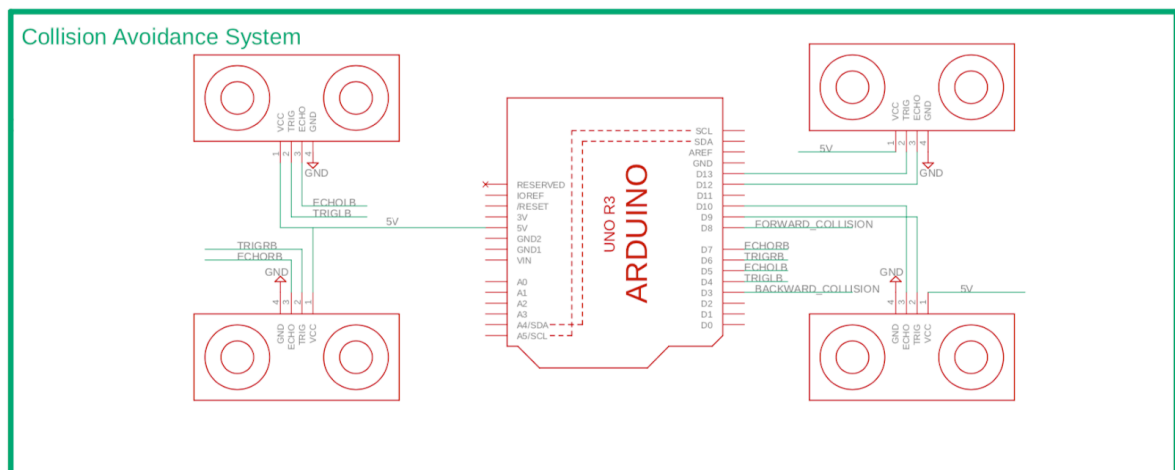


Figura 5.2.1.1.b. Esquema Arduino Uno.

5.2.1.2 Software

La programación software se realizó en el microcontrolador Arduino Uno. Para ello, se hizo uso del Arduino Web Editor.

La lógica del sistema de anticollisión se encuentra recogida en el archivo "Collision_Avoidance.ino". Las funciones más relevantes dentro del programa se describen a continuación.

Void setup()

Esta es la función inicial para configurar los pines. Cada sensor conecta dos pines al microcontrolador, uno de entrada (*echo*) y otro de salida (*trig*). En esta función se configuran los puertos de entrada y salida utilizados por los cuatro ultra sensores.

Int checkDistance()

Esta función es la encargada de emitir la onda y recibir el eco. Una vez calculado el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción, transforma el tiempo a distancia. Al final, devuelve el valor distancia en centímetros.

Esta función se define para cada uno de los sensores, es decir, cada sensor tiene su función *checkDistance()* personalizada para sus puertos.

A continuación, en la *Figura 5.2.1.2.a* se muestra el código para el *sensorRF* que significa *right-front*, es decir, derecho-frontal.

```
int checkDistanceRF(){
  // Generate the pulse
  digitalWrite(trigPinRF, LOW); // Low for 4 us
  delayMicroseconds(4);
  digitalWrite(trigPinRF, HIGH); // Generate trigger signal for 10 us
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPinRF, LOW);

  // Measure the pulse
  frontDuration = pulseIn(echoPinRF, HIGH); // Measure time between pulses in microseconds
  frontDistanceCm = frontDuration * 0.034/2; // Convert to cm

  // Output the data
  Serial.print("SENSOR RF - ");
  Serial.print("Distance: ");
  Serial.print(frontDistanceCm);
  Serial.println(" cm");

  // Return distance in cm
  return frontDistanceCm;
}
```

Figura 5.2.1.2.a. Método checkDistanceRF().

Int sensor()

Este método hace uso de la función anterior para saber la distancia a la que se encuentra el objeto. Para asegurar la exactitud de la medida, se repite seis veces el proceso de medición. En caso de que la distancia sea considerada como distancia peligrosa se llamará a la función *stopFront()* o *stopBack()* dependiendo de a qué área corresponda el sensor.

La función *int sensor()* se repite cuatro veces a lo largo del código, una por cada sensor.

A continuación, en la *Figura 5.2.1.2.b* se muestra el código para el *sensorLF* que significa *left-front*, es decir, izquierdo-frontal.

```
// Function that checks to see if the LF sensor is clear
int sensorLF(){

    // Check the distance of the front left sensor
    distanceLF = checkDistanceLF();

    // M of N Detection Loop to reduce false
    if (distanceLF < dangerDistance){
        counter = 0;

        // Check for 3 out of 6 detections
        for (int i = 0; i <= 6; i++){
            distanceLF = checkDistanceLF();
            if (distanceLF < dangerDistance){
                counter = counter + 1;
            }
        }

        // If three of the detections are within range, send stop signal
        if (counter > 2){
            stopFront();
        }
    }
}
```

Figura 5.2.1.2.b. Metodo sensorLF().

Int clear()

El objetivo de esta función es determinar cuando el vehículo puede reanudar su marcha una vez que el vehículo se ha detenido por detectar un objeto a una distancia potencialmente peligrosa. Para ello mide la distancia usando la función *checkDistance()*. Para asegurar que no hay error en la medida repite la medición 20 veces. Si finalmente el objeto ya no se encuentra en el camino, el coche puede reanudar su marcha y la función devolverá un 0.

Esta función se implementa cuatro veces, una para cada sensor.

A continuación, en la *Figura 5.2.1.2.c* se muestra el código para el *sensorRB* que significa *right-back*, es decir, derecho-trasero.

```
// Function serves as a more thorough M of N check
int clearRB(){

    // Initial check of distance
    distanceRB = checkDistanceRB();

    // M of N loop to check if front LF is clear
    while(stopRB == 1){
        counter = 0;

        // Loop to check 20 times if obstacle is no longer present
        for (int i = 0; i <= 6; i++){
            distanceRB = checkDistanceRB();
            if (distanceRB > dangerDistance){
                counter = counter + 1;
            }

            // If it gets 15 out of 20 detections are clear, sends a clear signal
            if (counter == 3){
                stopRB = 0;
                return 1;
            }
        }
    }
}
```

Figura 5.2.1.2.c. Metodo clearRB().

Void stopFront()/stopBack()

Esta función es la encargada de detener el vehículo en caso de posible colisión. Además, una vez detenido el vehículo utiliza la función anterior clear para determinar cuando el coche puede reanudar su marcha.

A continuación, en la *Figura 5.2.1.2.d* se muestra el código para el *stopBack()* que significa que el objeto ha sido detectado por los sensores traseros, por lo cual son estos los que tienen que verificar que el objeto ha sido retirado del camino antes de reanudar la marcha.

```
void stopBack(){

    // Temporary pin for alert
    digitalWrite(LED2, HIGH);

    // Set stop bit to 1
    stopLB = 1;
    stopRB = 1;

    // Check if front sensors are clear
    clearLBstate = clearLB();
    clearRBstate = clearRB();
    if (clearLBstate == 1 && clearRBstate == 1){
        digitalWrite(LED2, LOW);
        clearLBstate = 0;
        clearRBstate = 0;
    }
}
```

5.2.2 MÓDULO APLICACIÓN ANDROID

El desarrollo de una aplicación Android que permita al usuario controlar el vehículo desde su Smartphone convierte las funcionalidades de Toysla en más accesibles y dinámicas. Los servicios que la aplicación debe cumplir son:

- Ofrecer al usuario una interfaz sencilla e intuitiva.
- Permitir al usuario emparejar la aplicación con el vehículo mediante Bluetooth.
- Permitir al usuario conducir el vehículo de manera remota.
- Permitir al usuario crear y guardar geovallas.
- Permitir al usuario seleccionar el modo de arranque.

A continuación, mediante un diagrama de casos de uso (*Figura 5.2.2*) se mostrarán las funciones a las que esta aplicación da servicio.

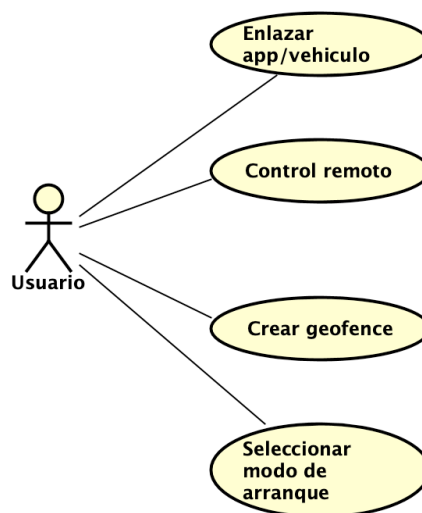


Figura 5.2.2. Caso de uso Aplicación Android.

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Para describir la implementación de la aplicación Android vamos a dividir el proceso en subsistemas. Cada subsistema está relacionado con un objetivo de los mencionados anteriormente:

1. Interfaz
2. Conexión Bluetooth.
3. Control remoto del vehículo.
4. Sistema de *geofence*.
5. Modo de arranque.

En las siguientes secciones se detalla la implementación de cada uno de estos subsistemas. Cabe destacar que para el desarrollo de la aplicación se hizo uso del software Android Studio (descrito en el apartado 2.4.1).

5.2.2.1 Interfaz

El objetivo de este subsistema es implementar una aplicación Android que recoja todos los servicios ofrecidos por Toysla de una manera intuitiva y visual.

Las funcionalidades implementadas en la aplicación deben interactuar de manera sencilla y eficaz con el usuario. Por eso, es primordial desarrollar una interfaz sencilla que evite posibles confusiones o que agobie al cliente con un sin fin de botones, pantallas, o componentes.

Toysla decidió condensar esta aplicación en tres pantallas:

1. Pantalla inicial
2. Pantalla de enlace
3. Pantalla principal

Estas tres pantallas son secuenciales, es decir, para llegar a la última el usuario debe pasar previamente por las dos anteriores. Así, la navegación del usuario por la aplicación es guiada, lo cual, hace más simple el uso de la misma.

A continuación, se detalla estas tres pantallas, describiendo la finalidad de cada una y su interfaz.

Pantalla inicial

La pantalla inicial es la primera en aparecer una vez que se abre la aplicación móvil. En ella podemos ver el logo de Toysla y el botón “Press to start”. Para cambiar a la siguiente pantalla el usuario debe pulsar dicho botón.

En la siguiente imagen se muestra la pantalla inicial (ver *Figura 5.2.2.1.a*)



Figura 5.2.2.1.a. Pantalla inicial.

El equipo de Toysla cree que una pantalla introductoria es completamente necesaria. Iniciar la aplicación con la pantalla que incluye las diferentes funcionalidades no da esa imagen de sencillez que se busca para la aplicación.

Pantalla de enlace

La pantalla de enlace es la segunda pantalla de la aplicación Android. En ella se comprueba la conexión Bluetooth del smartphone y se muestran los dispositivos enlazados al teléfono. Para avanzar a la siguiente y última pantalla, el usuario debe seleccionar un dispositivo para comenzar la conexión Bluetooth.

En la siguiente imagen se muestra la pantalla inicial (ver *Figura 5.2.2.1.b*).

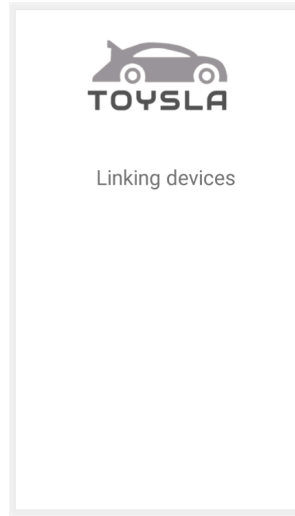


Figura 5.2.2.1.b. Pantalla de enlace.

Como podemos comprobar en la *Figura 5.2.2.1.b*, esta pantalla sigue la línea de diseño de la pantalla inicial manteniendo la simplicidad. No mostrar la pantalla principal hasta que se haya seleccionado el vehículo para establecer la conexión Bluetooth permite evitar que el usuario haga un uso erróneo de la aplicación. Si la función de emparejar el vehículo se encontrase en la pantalla principal, el usuario podría olvidar ese paso y confiar en los servicios de Toysla sin estar estos en funcionamiento.

Pantalla principal

La pantalla principal es la última pantalla de la aplicación Android donde se recogen todos los servicios que ofrece Toysla.

En la siguiente imagen se muestra la pantalla principal (ver *Figura 5.2.2.1.c*).

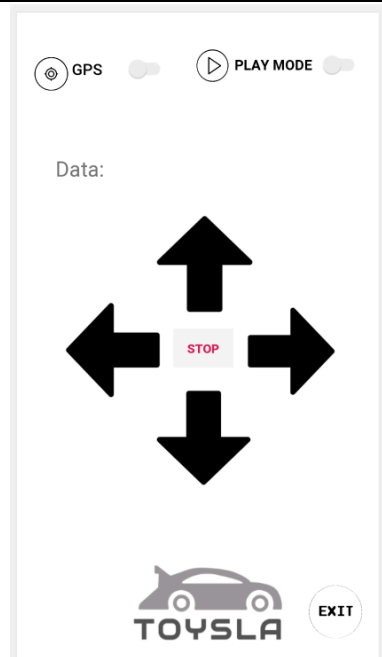


Figura 5.2.2.1.c. Pantalla principal.

Desde esta pantalla el usuario podrá conducir el vehículo, seleccionar el modo de arranque y crear geovallas. Todos estos servicios se recogen en una única pantalla donde los botones de ajustes, tanto del sistema GPS como del modo de arranque, se esconden mediante un interruptor *switch*. Así, una vez terminada la configuración de estos, el usuario puede enfocarse en la conducción del vehículo, escondiendo los elementos distractores dando lugar a una pantalla más espaciosa y visual.

El control remoto del vehículo se ejecuta con las flechas centrales. Los botones encargados de la conducción remota son bastante intuitivos al ser flechas posicionadas hacia el sentido correspondiente a la respuesta del vehículo.

Por último, en la esquina inferior derecha, se encuentra el botón de “Exit” con el cual el usuario saldrá de la aplicación y finalizará la conexión con el vehículo.

5.2.2.2 Conexión Bluetooth

En este apartado se describe la implementación de la conexión Bluetooth. Sin dicho sistema, la aplicación móvil carecería de sentido al ser de vital importancia la comunicación con el vehículo para poder controlarlo.

La conexión Bluetooth se implementa en dos clases:

- ActivityBT.java
- ActivityRC.java

A continuación, se explican estas clases, su funcionalidad y los métodos más relevantes utilizados.

5.2.2.2.1 ActivityBT.java

El objetivo de esta clase es identificar los dispositivos enlazados con el Smartphone, listarlos y permitir al usuario la selección del dispositivo deseado para iniciar la conexión Bluetooth. Esta clase es la encargada de proporcionar la funcionalidad a la pantalla de enlace.

Los métodos más importantes implementados para conseguir dicho objetivo son:

- onResume()
- verificarEstadoBT()

A continuación, se explican dichos métodos y, además, se muestra la pantalla de enlace tras implementar la funcionalidad de esta.

onResume()

Primero se hace uso del método onResume(), el cual, es un método ya existente que sirve para ser ejecutado siempre al inicio. Este método contiene el código necesario para determinar cuáles son los dispositivos vinculados al Smartphone. Una vez identificado los dispositivos vinculados, este método lista los dispositivos incluyendo su nombre y dirección MAC.

En la *Figura 5.2.2.2.a* se muestra el código el método onResume().


```
@Override
public void onResume()
{
    super.onResume();
    //-----
    VerificarEstadoBT();

    //Inicializa el array que tendra la lista de los disp vinculados
    mPairedDevicesArrayAdapter= new ArrayAdapter<String>(this,R.layout.name_devices);

    //Dispositivos vinculado en el ListView
    IdList= (ListView) findViewById(R.id.Idlist);
    IdList.setAdapter(mPairedDevicesArrayAdapter);
    //-----!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
    IdList.setOnItemClickListener(mDeviceClickListener);

    //obtiene el adaptador local bt
    mBtAdapter= BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
    //obtiene los disp emparejados y agrega a pariedDevice

    if(mBtAdapter.getBondedDevices()!=null)
    {
        Set<BluetoothDevice> pairedDevices = mBtAdapter.getBondedDevices();
        //añade el dispt previo emparejado al array
        if(pairedDevices.size()>0)
        {
            for(BluetoothDevice device: pairedDevices)
            {
                mPairedDevicesArrayAdapter.add(device.getName() + "\n" + device.getAddress());
            }
        }
    }
}
```

Figura 5.2.2.2.a. Método onResume().

VerificarEstadoBT()

El método verificarEstadoBT() ha sido implementado por Toysla. Este método se destaca ya que es completamente necesario para iniciar la conexión Bluetooth. Se utiliza en el método onResume() y su objetivo es verificar que el dispositivo móvil tiene configuración Bluetooth y que esté encendido.

En la *Figura 5.2.2.2.b* se muestra el código del método verificarEstadoBT().

```
private void VerificarEstadoBT()
{
    mBtAdapter= BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
    if(mBtAdapter==null)
    {
        Toast.makeText(getBaseContext(),"The device does not have Bluetooth", Toast.LENGTH_LONG).show();
    }
    else
    {
        if(mBtAdapter.isEnabled())
        {
            Log.d(TAG,"...Bluetooth activated... ");
        }
        else
        {
            //Solicita al usuario que active el bt
            Intent enableBtIntent = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
            startActivityForResult(enableBtIntent,1);
        }
    }
}
```

Figura 5.2.2.2.b. Método verificarEstadoBT().

Esta clase es la encargada de dar la funcionalidad de la pantalla de enlace. A continuación, en la *Figura 5.2.2.2.c* se muestra la pantalla de enlace tras implementar su funcionalidad.

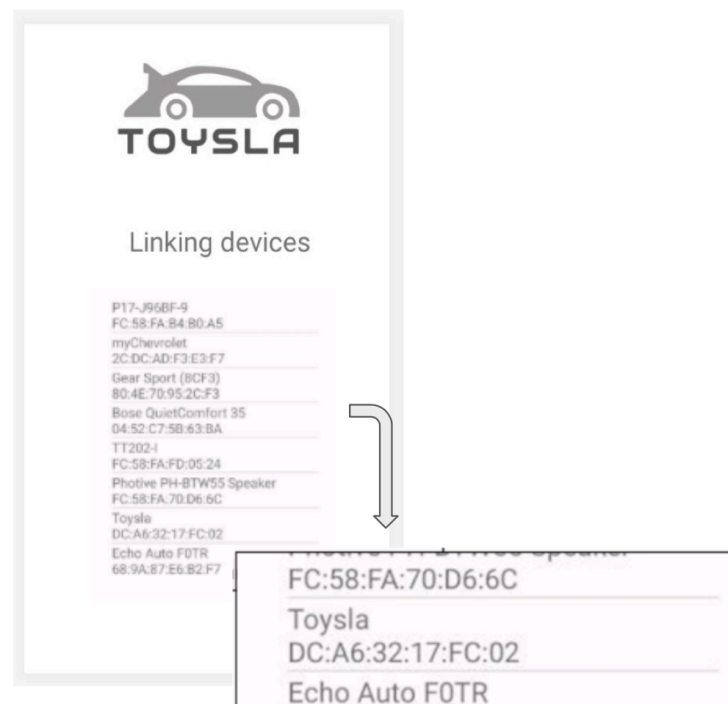


Figura 5.2.2.2.c. Pantalla de enlace implementada.

Esta pantalla ofrece un listado de los dispositivos vinculados al Smartphone. Como se puede observar en la imagen, la aplicación ofrece tanto el nombre del dispositivo como la dirección MAC de este. El usuario sólo necesita pulsar encima del dispositivo deseado para

comenzar la conexión y pasar a la pantalla principal donde se encuentran todas las funcionalidades de Toysla.

En caso de que el Smartphone tenga la conexión Bluetooth desactivada, la aplicación lanzará una alerta al usuario para notificárselo.

5.2.2.2.2 ActivityRC.java

En esta clase se implementa todo el código necesario para iniciar la comunicación con el dispositivo seleccionado en la pantalla anterior. Además, una vez establecida la comunicación se implementa el código necesario para el intercambio de comandos entre la Raspberry Pi y la aplicación Android.

Esta clase da funcionalidad a la pantalla principal. En ella, el usuario puede interactuar con todas las funcionalidades de Toysla.

Para la conectividad y la comunicación Bluetooth se hace uso de los siguientes paquetes:

- **import** android.bluetooth.BluetoothAdapter;
- **import** android.bluetooth.BluetoothDevice;
- **import** android.bluetooth.BluetoothSocket;

La implementación de la conexión Bluetooth no se describe en detalle. Toysla ha hecho uso de sockets para establecer la comunicación y de métodos ya existentes por lo que no se estaría introduciendo ninguna novedad.

Sin embargo, en esta clase cabe destacar los dos métodos más relevantes:

- *escribir(String input)*
- *handleMessage()*

escribir(String input)

El objetivo de este método es enviar trama a la Raspberry Pi. Cada vez que el usuario pulsa un botón de la pantalla principal, la aplicación envía un *String* convertido a *Bytes* a la Raspberry Pi. Cada botón tiene un *String* asociado único, el cual la Raspberry Pi es capaz de traducirlo a un comando y ejecutar la orden.

En la *Figura 5.2.2.2.d* se muestra el código del método *escribir(String input)*.

```
public void escribir(String input)
{
    if(btSocket!=null)
    {
        try{
            btSocket.getOutputStream().write(input.toString().getBytes());
        } catch (IOException e)
        {
            Toast.makeText(getBaseContext(),"Conexion failed", Toast.LENGTH_LONG).show();
            finish();
        }
    }

    try{
        mmOutputStream.write(input.getBytes());
    } catch (IOException e)
    {
        Toast.makeText(getBaseContext(),"Conexion failed", Toast.LENGTH_LONG).show();
        finish();
    }
}
```

Figura 5.2.2.2.d. Método escribir(String input).

handleMessage()

El segundo método relevante es handleMessage(). El objetivo de este método es recibir información de la Raspberry Pi.

Este método es completamente necesario ya que la Raspberry Pi es la encargada de informar al usuario de cualquier novedad durante el juego. En caso de emergencia, la Raspberry Pi enviará una notificación a la aplicación la cual se mostrará a modo de textView en la pantalla.

En la *Figura 5.2.2.2.e* se muestra el código del método handleMessage().

```
bluetoothIn= new Handler(){  
    @Override  
    public void handleMessage(Message msg) {  
        if(msg.what== handlerState)  
        {  
            String readMessage = (String) msg.obj;  
            DataStringIN.append(readMessage);  
  
            int endOfLineIndex= DataStringIN.indexOf("#");  
  
            if(endOfLineIndex>0)  
            {  
                String dataInPrint = DataStringIN.substring(0,endOfLineIndex);  
                IdBufferIn.setText(" "+ dataInPrint);  
                DataStringIN.delete(0,DataStringIN.length());  
            }  
        }  
    }  
};
```

Figura 5.2.2.2.e. Método handleMessage().

Con la implementación de estas dos clases java conseguimos que la aplicación establezca conexión con el vehículo y habilitamos la comunicación entre estos. El resto de los servicios que ofrece la aplicación necesitan de esta comunicación Bluetooth, por ello se decidió comenzar el desarrollo por este objetivo ya que el resto no pueden ser implementados en su totalidad hasta cumplimentar con la comunicación Bluetooth.

5.2.2.3 Control remoto

El objetivo de este sistema es permitir que el usuario pueda controlar la conducción del vehículo, es decir, definir la dirección y sentido del juguete desde el Smartphone.

Para ello, una vez que el usuario se encuentra en la pantalla principal, la interfaz ofrece cuatro flechas para direccionar el vehículo además de un botón de *stop* para frenar el juguete con inmediatez.

A continuación, se muestra los botones destinados al control remoto (ver *Figura 5.2.2.3*)

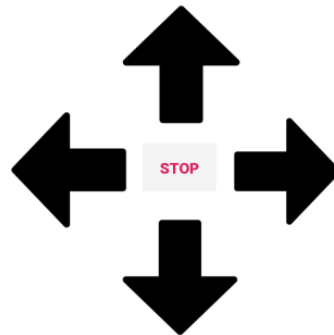


Figura 5.2.2.3. Botones control remoto.

Como se menciona durante el apartado 5.2.2.2 Conexión Bluetooth, cada botón tiene asociado un carácter (variable String). Cuando el usuario pulsa un botón este carácter es enviado a la Raspberry Pi, traducido en comando y esta ejecuta la orden.

Los caracteres asociados en este caso comenzando por la flecha superior y siguiendo el sentido horario son: “F”, “R”, “B” y “L”.

5.2.2.4 Modo de arranque

El objetivo de este sistema es permitir al usuario elegir desde la aplicación Android el modo de arranque. El sistema de arranque durante el juego tiene dos modos: normal y suave. En la etapa de diseño se acordó añadir un acceso desde la pantalla principal a otra pantalla para seleccionar el modo de arranque. Durante el desarrollo, se decidió no implementar el modo de arranque en otra pantalla diferente ya que esta se podía añadir a la pantalla principal y así ayudar al objetivo de Toysla de desarrollar una interfaz visual y sencilla.

Las opciones del modo de arranque se presentan en la esquina superior derecha. Para ello se ha implementado un botón *switch* que, en caso de estar desactivado, oculta las opciones de arranque. Si el usuario hace uso del interruptor, podrá visualizar los dos modos de arranque, seleccionar el deseado y guarda los cambios.

A continuación, en la *Figura 5.2.2.4* se muestra los ajustes del modo de arranque de la pantalla principal.

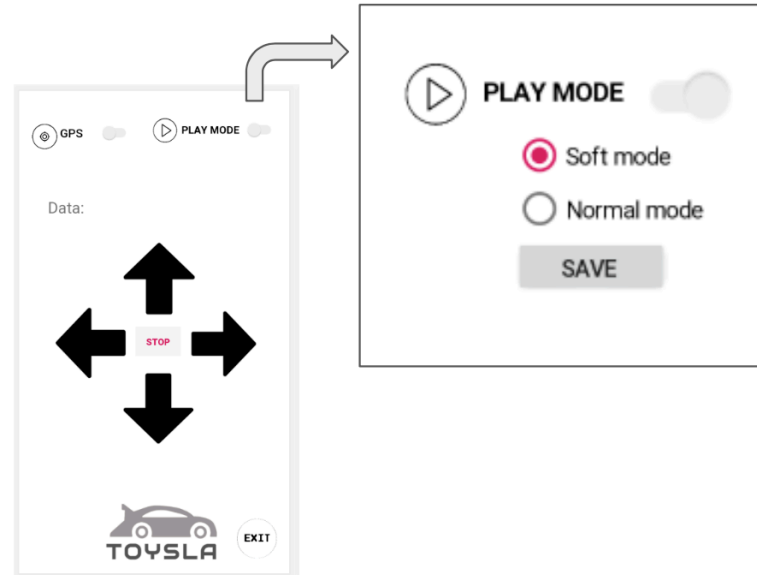


Figura 5.2.2.4. Modo de arranque.

Como se puede observar en la *Figura 5.2.2.4* el modo de arranque seleccionado por defecto es el suave. Toysla decidió que esta opción es la más segura y adecuada para todo tipo de usuarios, ya que, en caso de que el padre olvide seleccionar el modo de arranque siempre estará configurado en el modo más agradable para el niño.

Una vez que se pulsa el botón “Save” (guardar), la aplicación manda la selección a la Raspberry Pi. Una vez que el usuario haya seleccionado el modo de juego puede volver a esconder los ajustes y liberar espacio en la pantalla principal.

5.2.2.5 Geofence

El objetivo de este sistema es permitir al usuario crear geovallas que acoten el área de juego.

La implementación de este sistema es muy parecida a la anterior. Durante la fase de diseño también se decidió desarrollar una pantalla exclusiva para esta funcionalidad, pero durante la implementación se decidió reunir todos los servicios en una única pantalla. Por ello, los ajustes del sistema de *geofence* también están escondidos mediante un *switch* hasta que el usuario decide mostrarlos haciendo uso del interruptor.

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

A continuación, en la *Figura 5.2.2.5* se muestra los ajustes del sistema de *geofence* en la pantalla principal.

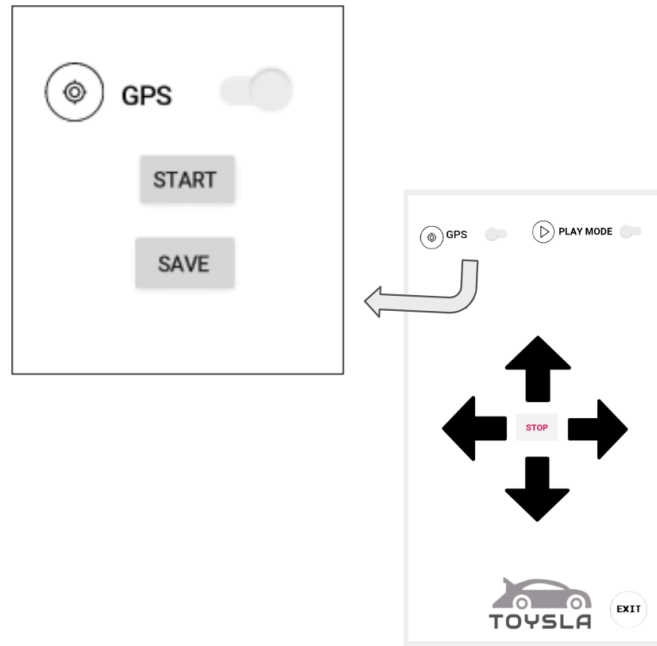


Figura 5.2.2.5. Sistema de geofence.

Como podemos ver en la *Figura 5.2.2.5*, una vez encendido el interruptor GPS, se muestran dos opciones: “Start” y “Save” (empezar y guardar respectivamente). Cuando el usuario pulsa el botón “Start” el comando que recibe la Raspberry informa de que se va a crear un geovalla. Después, el usuario debe conducir el vehículo alrededor de la cerca que se quiere establecer. Cuando el usuario se encuentre en los vértices de la geovalla o cuando lo crea necesario debe pulsar el botón “Save”. Este botón indica a la Raspberry Pi que debe obtener las coordenadas de la posición del vehículo y guardarlas como puntos de unión de la geovalla.

Una vez que el usuario haya finalizado, podrá volver a esconder los ajustes GPS. De esta forma el sistema entiende que la geovalla se ha terminado de definir.

Con este sistema finaliza la implementación de la aplicación Android. Una vez terminado su desarrollo se verificó su funcionamiento tanto de forma independiente como una vez integrado en el sistema final. En el siguiente capítulo se detalla este proceso de verificación.

5.2.3 MODULO CENTRAL

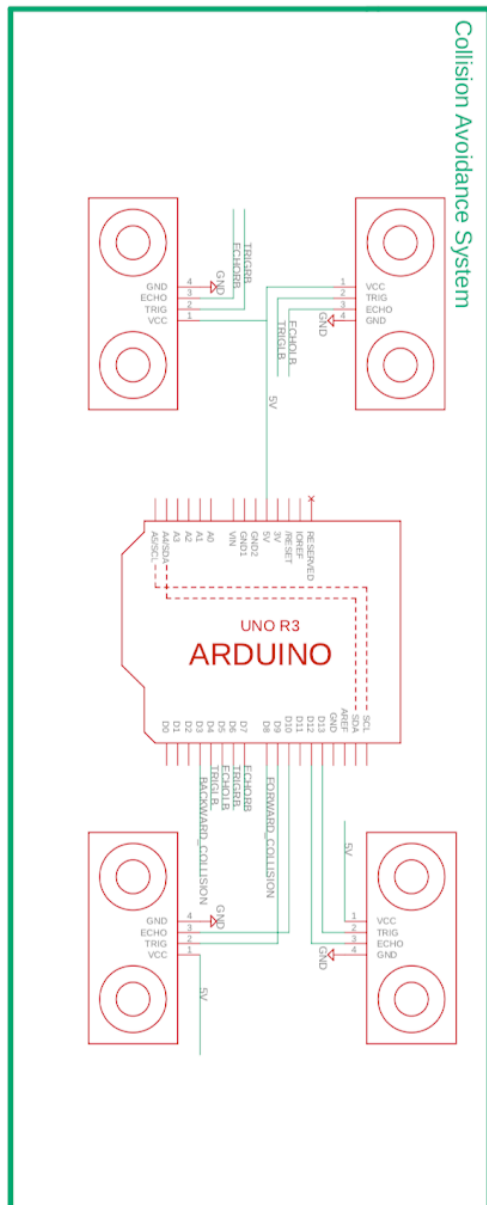
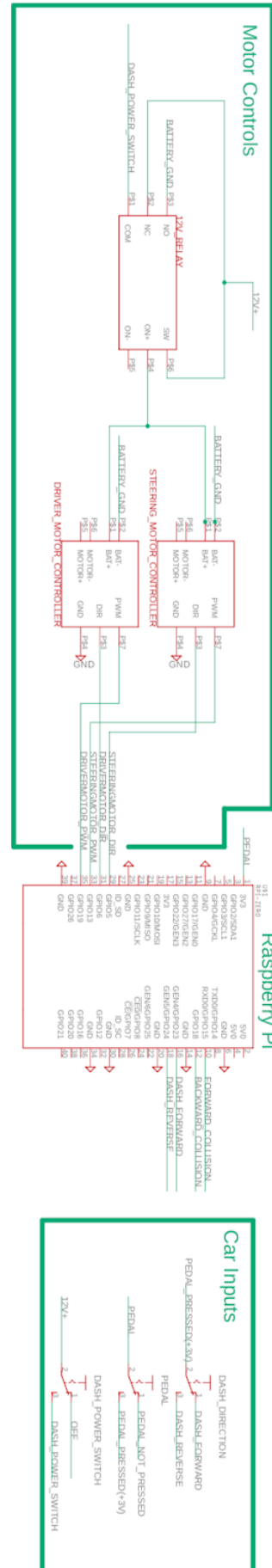
Este módulo es el encargado de gestionar los diferentes subsistemas. El módulo central es el que maneja el vehículo eléctrico infantil y se comunica con la aplicación Android. Este sistema se compone de una parte hardware y software, las cuales se explican en los dos siguientes apartados en detalle.

5.2.3.1 Hardware

La parte hardware del módulo central se implementa mediante el uso de la Raspberry Pi. A continuación, (ver *Figura 5.2.3.1*) se muestra un esquema de la parte hardware del sistema al completo, para así, poder discutir las funciones de este sistema.

TOYSLA

12V Car Battery



La Raspberry Pi se comunica con tres sistemas físicamente:

1. *Arduino Uno*: este microcontrolador envía a la Raspberry Pi las señales de detección de colisión. Los puertos designados para esta comunicación son el 10 y el 12 para la detección de obstáculos en la parte delantera y trasera respectivamente. Mientras cualquiera de estas dos señales este activa, la Raspberry Pi deberá frenar el coche e impedir el movimiento del vehículo hacia el obstáculo. Es decir, si el obstáculo ha sido detectado por los sensores delanteros, el vehículo frena y se permitirá reanudar su marcha solo hacia atrás.
2. *Controles de motor*: este sistema es el encargado de gestionar el arranque inicial del motor. El vehículo tiene dos modos de arranque: normal y suave. Por ello, este sistema necesita de cuatro puertos de comunicación con la Raspberry Pi (puertos 29, 31, 33 y 35) ya que cada modo envía dos señales, *steering* y *driving*. Los puertos de entrada para el modo suave son el 33 y el 35. Los puertos designados para el modo de arranque normal son el 29 y el 31. Dependiendo del puerto activado, la Raspberry Pi es capaz de distinguir y ejecutar el modo de arranque seleccionado.
3. *Vehículo*: el último sistema con el cual la Raspberry Pi se comunica es el propio vehículo de juguete. El microcontrolador controla tanto el motor de arranque como la dirección del vehículo, mientras Toysla esté en funcionamiento el vehículo pierde su autonomía y la cede a la Raspberry Pi.

5.2.3.2 Software

La parte software del módulo central se ha implementado en la Raspberry Pi haciendo uso del lenguaje Python para su desarrollo. Esta parte software es la encargada de coordinar todos los sistemas y, además, de implementar dos sistemas más:

1. *Sistema GPS*: el desarrollo del sistema GPS que permite al usuario crear geovallas se implementa dentro de la Raspberry Pi. Este desarrollo se encuentra en el archivo

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

picket.py, en él se encuentra la clase *Fence* que permite desarrollar la cerca invisible que acota el área de juego.

2. *Modulo Bluetooth*: para la comunicación entre el módulo central y la aplicación Android se requiere de un módulo Bluetooth. En el caso de la Raspberry Pi este módulo ya viene integrado y no requiere de hardware externo. La implementación de la comunicación Bluetooth se desarrolla en el archivo Toysla.py, el cual se detalla más adelante.

A continuación, en la *Figura 5.2.3.2.a* se muestra un diagrama del módulo central.

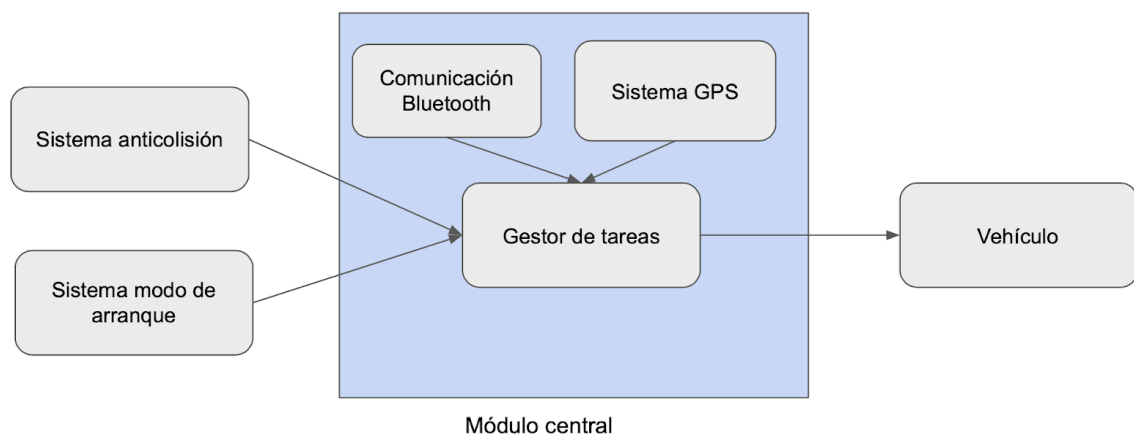


Figura 5.2.3.2.a. Módulo central.

Este diagrama clarifica la estructura de la parte software. En la Figura 5.2.3.2.a podemos observar como el desarrollo de la parte software del sistema de anticollisión y el sistema de modo de arranque se realizan de forma independiente. Sin embargo, la comunicación Bluetooth y el sistema GPS se desarrollaron dentro del módulo central haciendo uso de la Raspberry Pi. Por último, este módulo central cuenta con un desarrollo software representado como gestor de tareas para manejar las diferentes funciones de Toysla. El módulo central recibe información de todos los módulos y es el único que se comunica con el vehículo.

En el siguiente apartado, se comenta el código Toysla.py. Este archivo es el más destacable del módulo central ya que es el que establece la comunicación Bluetooth y el que gestiona los diferentes módulos

Toysla.py

El módulo central implementa toda su funcionalidad en el archivo Toysla.py. Con este código la Raspberry Pi es capaz de interpretar las señales recibidas y generar la respuesta correspondiente. Este software coordina todas las funcionalidades de Toysla siendo el encargado de controlar el sistema de anticollisiones y el sistema de arranque y el sistema GPS, así como de satisfacer las peticiones procedentes de la aplicación Android.

Para implementar la comunicación Bluetooth, la Raspberry Pi hace uso de sockets al igual que la aplicación Android.

A continuación, en la *Figura 5.2.3.2.b*, se muestra el código donde se establece la conexión Bluetooth con la aplicación Android.

```
uuid = "94f39d29-7d6d-437d-973b-fba39e49d4ee"
server_socket = bluetooth.BluetoothSocket(bluetooth.RFCOMM)
port = bluetooth.PORT_ANY
server_socket.bind("", port)
server_socket.listen(1)
port = server_socket.getsockname()[1]

bluetooth.advertise_service( server_socket, "SampleServer",
                             service_id = uuid,
                             service_classes = [uuid,bluetooth.SERIAL_PORT_CLASS],
                             profiles = [bluetooth.SERIAL_PORT_PROFILE],
#                             protocols = [OBEX_UUID
                             )

client_socket,address = server_socket.accept()
client_socket.setblocking(0)
print("Accepted connection from ", address)
time.sleep(.1)
```

Figura 5.2.3.2.b. Conexión Bluetooth.

Por último, cabe destacar la lógica seguida para desarrollar el código. Toda la funcionalidad se desarrolla dentro de un bucle en el cual se chequea constantemente el sistema de anticollision, el sistema de GPS y los comandos recibidos desde la aplicación Android. Mediante sentencias condicionales, la Raspberry Pi adquiere la capacidad de toma de decisión según las circunstancias que se den durante el juego.

SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

Con este último módulo, se da por terminada la implementación del prototipo Toysla. Cada módulo se desarrolló por separado y antes de integrar el sistema al completo se realizará un proceso de verificación.

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se describe el proceso de verificación del sistema Toysla. Toysla está formado por diferentes subsistemas que deben trabajar de manera independiente y paralela, por eso, se ha realizado una verificación previa en estos subsistemas antes de probar el sistema al completo.

La siguiente tabla expone los requisitos técnicos a verificar durante el análisis de resultados para una operación exitosa.

Identificador	Nombre del requisito	Descripción requisito
TEC001	Sistema anticolidión	El juguete evitará objetos que estén a un mínimo de 15 centímetros del suelo y que posean un mínimo de 5 centímetros de ancho.
TEC002	Precisión GPS	El GPS debe tener una precisión de ± 3 metros.
TEC003	Comunicación vehículo/aplicación	El tiempo de respuesta entre la aplicación y el vehículo debe ser inferior a un segundo.
TEC004	Distancia comunicación	La aplicación debe poder comunicarse con el vehículo a una distancia sin obstáculos de 50 metros.
TEC005	Tirón de arranque	El juguete debe tener un tirón inicial en arranque de menos de 0.3m/s^3 en modo de juego suave.

6.1 TEST DE VERIFICACIÓN TEC001

El requisito **TEC001** estipula que mediante el sistema anticolidión, Toysla debe ser capaz de evitar objetos que estén a un mínimo de 15 centímetros del suelo y que posean un mínimo de 5 centímetros de ancho.

Para asegurar el cumplimiento de este requisito hay que verificar dos factores:

1. *Rango de los sensores:* los sensores deben ser capaces de detectar objetos dentro del rango establecido de ancho y altura.

2. *Secuencia de frenado:* el sistema debe ser capaz de activar la señal de stop en caso de detectar un objeto a una distancia próxima al vehículo.

A continuación, se muestran las pruebas realizadas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema anticolidión.

6.1.1 VERIFICACIÓN RANGO DE LOS SENSORES

Una de las características clave de Toysla es la capacidad de evitar obstáculos y peligros.

El sistema anticolidión de Toysla se basa en un conjunto de sensores ultrasónicos. Dos de los sensores se colocan en la parte delantera del juguete, y los otros dos se colocan en la parte trasera. El sistema debe evitar objetos que estén al menos a 15 centímetros del suelo y que posean al menos a 5 centímetros de ancho. Se usan cuatro sensores en el juguete porque cada sensor tiene un campo de visión estrecho, y el automóvil de juguete probablemente perdería posibles colisiones si solo estuviera presente un sensor.

Los sensores se conectaron a un Arduino y se escribió un programa para probar los sensores. Primero, el programa probó solo un sensor para verificar la capacidad de detección de distancia. El programa se implementó para que calculara continuamente la distancia hasta el objeto detectado por el sensor. Este cálculo se realiza midiendo cuánto tiempo tarda la señal en regresar en función de la velocidad del sonido. El problema con este método de prueba es que puede producir falsos positivos debido a que el tiempo de espera para la señal de retorno no es lo suficientemente alto.

Una vez que se verificó que un solo sensor podía leer la distancia correctamente, se conectaron dos sensores al Arduino y se modificó el programa para que funcionaran en serie. Toysla comprobó la capacidad de los sensores para medir la distancia de un objeto dentro de las restricciones correctamente, pero ocasionalmente tenían falsas detecciones. Para remediar esto, se creó un bucle en el archivo para probar las detecciones de M-de-N. Más específicamente, si el sensor detecta un objeto muy cerca, también verifica si recibe la misma señal tres o seis veces.

Este muestreo se realiza en milisegundos para que no obstaculice la capacidad de detección y elimine casi todos los falsos positivos.

La *Tabla 6.1* muestra el rango de detección de los sensores en función del tamaño del objeto sin las falsas detecciones.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Ancho objeto(cm)	Altura desde el suelo (cm)	Rango de detección mínimo (cm)
3 cm	10 cm	43 cm
3 cm	15 cm	4 cm
3 cm	25 cm	64 cm
5 cm	10 cm	37 cm
5 cm	15 cm	5 cm
5 cm	25 cm	58 cm
10 cm	10 cm	32 cm
10 cm	15 cm	5 cm

Tabla 6.1 Rango de detección Sensor Ultrasónico.

Durante esta prueba se probaron tres anchos y alturas de objetos diferentes para proporcionar una comprensión precisa de cómo funcionan los sensores.

Los sensores ultrasónicos funcionan dentro del rango de al menos cinco centímetros de ancho del objeto y al menos quince centímetros de altura del objeto sobre el suelo. En cada caso de prueba, la precisión de los datos de retorno del sensor está dentro de un centímetro.

6.1.2 VERIFICACIÓN SECUENCIA DE FRENADO.

Una vez que se verificó que los sensores podían detectar objetos con precisión, se probaron los sistemas de prevención de colisión delantera y trasera en el automóvil de juguete.

El sistema de prevención de colisiones tanto delantero y como trasero consiste en dos sensores ultrasónicos. Estos cuatro sensores trabajan juntos para dar cobertura a la parte delantera y trasera del vehículo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como la efectividad de estos sensores se comprobó en las pruebas anteriores, este conjunto de pruebas se centró únicamente en si el sistema podía detener el automóvil de juguete. Es decir, esta prueba se centró en la capacidad del Arduino Uno de generar la señal de *stop* al detectar un objeto. Tanto el sistema delantero como el trasero se probaron de la misma manera.

Toysla verificó si el auto de juguete se detuvo en cada caso de prueba que se muestra en la *Tabla 6.1.2*.

Parte delantera/trasera	Objeto	Toysla Stops
Delantera	Pared	TRUE
Delantera	Persona	TRUE
Delantera	Silla laboratorio	TRUE
Trasera	Pared	TRUE
Trasera	Persona	TRUE
Trasera	Silla laboratorio	TRUE

Tabla 6.1.2: Test generación de la señal de stop.

En esta prueba, Toysla verificó que los sensores delanteros y traseros son capaces de detener con precisión el automóvil de juguete ante las diferentes situaciones de colisiones inminentes.

Tras esta verificación pudimos comprobar la efectividad de los sensores y el sistema de frenado el cumplimiento del requisito técnico **TEC001**, por lo cual el sistema de anticolidión fue implementado con éxito.

6.2 TEST DE VERIFICACIÓN TEC002

El requisito **TEC002** define que el sistema GPS debe tener una precisión de ± 3 metros. Para comprobar dicho requisito Toysla se ha sometido a dos test.

El primero consistió en crear una *geofence* cuadrada, dando prioridad a estudiar la precisión del GPS antes que a la capacidad de trabajar con geovallas complejas.

El segundo consistió en crear una *geofence* compleja incluyendo zonas de interferencias para comprobar la eficacia del sistema GPS en dichas condiciones.

A continuación, se muestran las pruebas realizadas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema GPS.

6.2.1 VERIFICACIÓN PRECISIÓN DEL GPS

Toysla debe crear, mantener y permanecer dentro de una geovalla con precisión. La precisión de la unidad GPS es la característica más importante en la geovalla ya que la precisión es el factor decisivo para evitar que un niño conduzca en áreas peligrosas.

La ubicación leída por el GPS debe estar a menos de tres metros de donde se encuentra físicamente el vehículo. Para probar la precisión del GPS, Toysla creó una geovalla utilizando objetos en el patio de un miembro del equipo. El GPS se conectó a un puerto USB de la Raspberry Pi. Se escribió un programa Python para registrar las coordenadas GPS del automóvil de juguete, y dividió los datos en dos archivos de Excel en función de si las coordenadas estaban dentro de la geovalla definida o no.

La *Figura 6.2.1* traza los datos del archivo Excel sobre el límite del área de juego simulada en esta verificación.



Figura 6.2.1 Test precisión GPS.

Como se ve en la *Figura 6.2.1*, Toysla puede identificar el área de juego designada por el padre y luego verificar los datos del GPS para determinar si el automóvil de juguete está dentro del área de juego. El cuadro verde en la figura es el área de juego, y se puede ver que cuando el GPS está dentro del área de juego, el vehículo permite al niño la conducción del mismo. Cuando el marcador es rojo, el automóvil está fuera del área de juego y el niño ya no puede operar el vehículo. Esta funcionalidad es clave para mantener el automóvil de juguete dentro del área de juego y fuera de peligro.

6.2.2 VERIFICACIÓN GEOFENCE COMPLEJA

Una *geofence* rectangular simple como la mostrada en la verificación anterior no es el caso de uso ideal para su comprobación. El objetivo de Toysla implica que un padre pueda confiar en la geovalla lo suficiente como para permitir que un niño juegue alrededor de objetos, como piscinas.

Se realizó una prueba de *geofence* compleja en un estacionamiento utilizando ocho puntos. Para que la geovalla funcione correctamente, el padre tendría que conducir el automóvil hasta los puntos en el orden indicado en la *Figura 6.2.2*. Esta prueba determina si la geovalla puede tener múltiples esquinas y qué tan bien responde la *geofence* a las posibles

ANÁLISIS DE RESULTADOS

interferencias. Al igual que en la prueba anterior, el área de juego se grabó en la Raspberry Pi, y el equipo de diseño de Toysla entró y salió del área de juego para probar la clasificación de la ubicación. La clasificación de ubicación indica si el automóvil de juguete está dentro de la geovalla o fuera de ella.

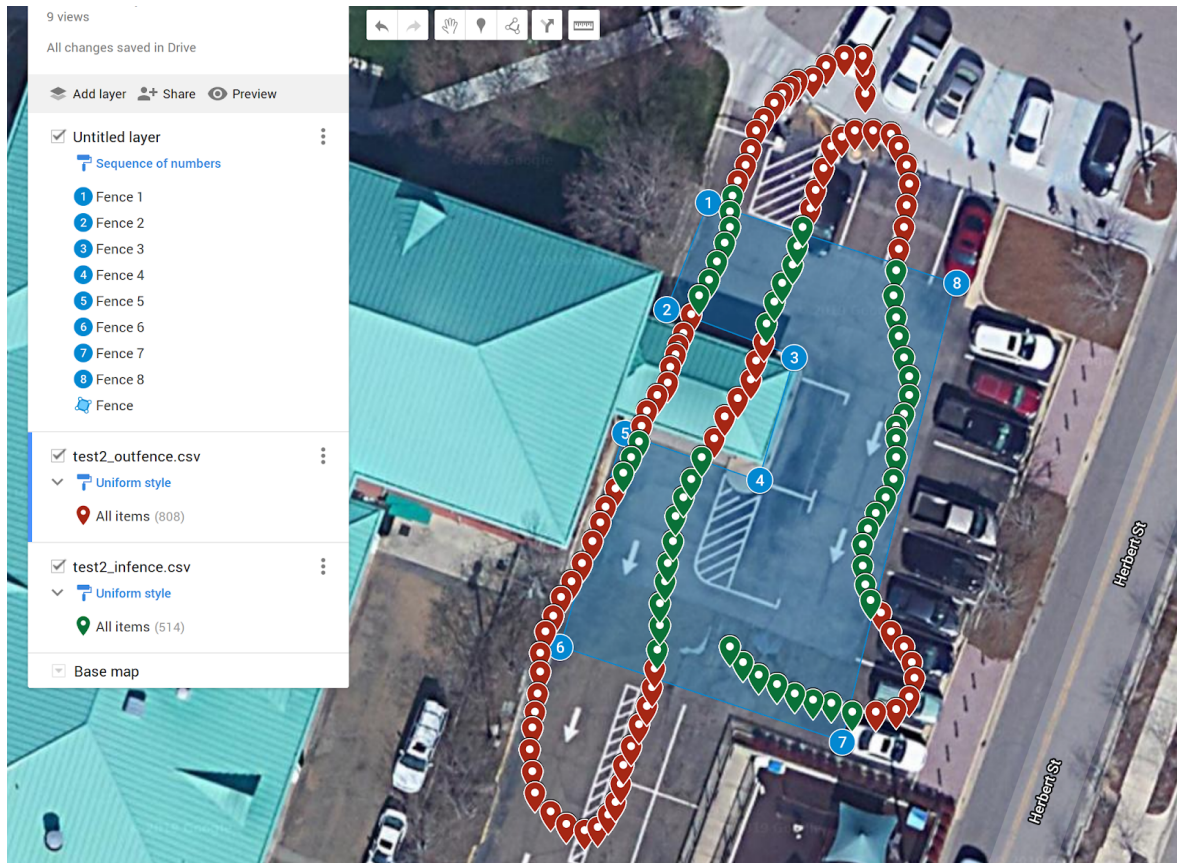


Figura 6.2.2 Geofence compleja.

Como se ve en la *Figura 6.2.2* el área de la geovalla incluye un espacio techado el cual puede producir pérdida de la señal GPS o interferencia. Sin embargo, el sistema de *geofencing* identificó la sección que fue cortada de la *geofence* debajo del área techada. El GPS tampoco mostró signos de interferencia al caminar debajo del área cubierta. A medida que la prueba movía la Raspberry Pi cerca del edificio, el GPS comenzó a marcar las etiquetas de ubicación de manera incorrecta. El GPS utiliza una etiqueta de calidad y, a medida que la calidad de la señal disminuye, el sistema de *geofence* comenzará a clasificar los puntos fuera de la cerca para aumentar la seguridad. El resto de la prueba respondió a la geovalla correctamente.

Tras esta verificación pudimos comprobar la efectividad de la *geofence* junto al GPS, el cumplimiento del requisito técnico **TEC002** consiguiendo una precisión de ± 3 metros, por lo cual, el sistema GPS fue implementado con éxito.

6.3 TEST DE VERIFICACIÓN TEC003

El requisito **TEC003** define que la comunicación entre la aplicación Android y el vehículo infantil Toysla debe tener un tiempo de respuesta de menos de un segundo. Esta respuesta rápida permite la sensación de comunicación en tiempo real entre los dos dispositivos, lo que puede mejorar la experiencia de juego entre padres e hijos.

Es difícil lograr medir con precisión el tiempo de respuesta del sistema durante un período de tiempo tan corto, pero siempre que el tiempo de respuesta sea inferior a un segundo, Toysla dará por cumplido su objetivo. Además, la aplicación móvil debe recibir datos de GPS y notificaciones de advertencia de colisión en menos de un segundo.

Para probar el tiempo de respuesta, la *Tabla 6.3* detalla si el sistema responde a varios comandos o recibe datos en menos de un segundo sin necesidad de registrar los tiempos de respuesta reales.

Comando	Responde en menos de 1s (T/F)
Conducción hacia delante	TRUE
Conducción hacia atrás	TRUE
Girar a la izquierda	TRUE
Girar a la derecha	TRUE
Parar	TRUE
Cambiar el modo de arranque	TRUE
Cambiar <i>geofence</i>	TRUE

Enviar notificación de alerta	TRUE
-------------------------------	------

Tabla 6.3 Comunicación en menos de un segundo

Los resultados de la *Tabla 6.3* muestran que Toysla responde a cada comando de aplicación en menos de un segundo. Tras esta verificación, concluimos que el requisito **TEC003** fue cumplido.

6.4 TEST DE VERIFICACIÓN TEC004

El requisito **TEC004** estipula que la aplicación debe poder comunicarse con el vehículo a una distancia sin obstáculos de 50 metros.

Toysla utiliza el Bluetooth 5, el cual, es una tecnología muy reciente pero ampliamente experimentada para establecer una comunicación confiable entre el vehículo de juguete físico y la aplicación Android correspondiente desde al menos 50 metros de separación. Esta distancia cubre el tamaño promedio de un patio americano de aproximadamente 25 metros por 25 metros, por lo que reduce en gran medida la posibilidad de que el cliente de Toysla pueda perder la conectividad con su automóvil de juguete durante el juego [27].

Los diseñadores de Toysla han verificado que la comunicación se mantiene a esta distancia prometida a través de dos tipos de prueba.

1. La primera prueba consiste simplemente en colocar el microcontrolador Raspberry Pi del automóvil de juguete a 50 metros de un teléfono *Smartphone* conectado y luego verificar que la comunicación se establezca enviando comandos al Raspberry Pi desde el teléfono inteligente. Esta primera prueba es exitosa, ya que el *Smartphone* es capaz de conectarse a la Raspberry Pi desde una distancia de 50 metros.
2. La segunda prueba implica el uso de una aplicación de móvil de terceros llamada DSD Tech Bluetooth, que fue creada por la tecnología *Shenzhen SHSD* con el propósito de probar la intensidad de la señal Bluetooth y transmitir comandos. Esta aplicación registra la intensidad de la señal midiendo el indicador de intensidad de la señal recibida (RSSI) en unidades de decibel-milivatios (dBm). Dado que RSSI es la intensidad de la señal recibida, su valor siempre es menor que la intensidad de la señal de transmisión; en consecuencia, las unidades son siempre números negativos y deben ser inferiores a -30 dBm.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para fines de Bluetooth, los expertos de la industria consideran que cualquier RSSI en el rango de -30 dBm a -70 dBm es bueno. Los valores en el rango de -70 dBm a -90 dBm se consideran aceptables para enviar comandos, pero no aceptables para la transmisión de datos. Dado que Toysla solo envía comandos en lugar de flujos continuos de datos, un RSSI tan bajo como -90 dBm es aceptable. Los valores de RSSI más cercanos a -30 dBm son más fuertes, y cualquier RSSI que sea más débil que -90 dBm se considera inutilizable [42].

La *Figura 6.4.a* muestra la aplicación enviando comandos a una distancia de 50 metros, a los que responde la Raspberry Pi, así como el indicador RSSI en la franja gris en la parte superior.

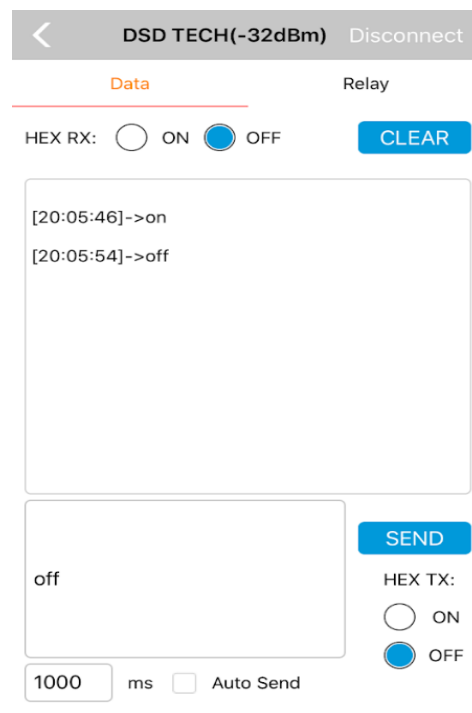


Figura 6.4.a Aplicación Bluetooth DSD Tech.

Mediante el uso de la aplicación Bluetooth DSD Tech, Toysla verifico que el Raspberry Pi responde a comandos de Bluetooth de hasta 50 metros de alcance.

La *Figura 6.4.b* muestra los resultados de las mediciones RSSI tomadas de la aplicación de Shenzen.

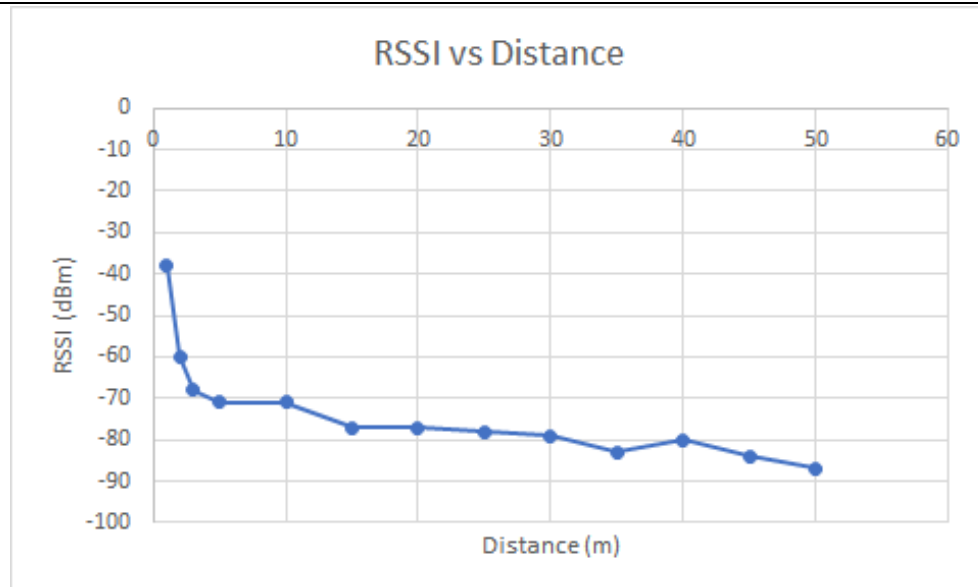


Figura 6.4.b RSSI vs Distancia.

Para los primeros 10 metros, la señal es clara y tiene un RSSI de más de -70 dBm. Para los próximos 40 metros, el RSSI sólo varía ligeramente de -70 dBm a -87 dBm, lo cual es aceptable para transmitir y recibir comandos. En las pruebas, el vehículo infantil respondió a comandos desde más de 50 metros de distancia, pero el equipo de diseño de Toysla no puede garantizar que el control del automóvil desde distancias superiores a 50 metros sea estable. Si la señal se vuelve inestable y pierde la conexión, el automóvil volverá a estar controlado por los niños.

Los resultados que se muestran en la *Figura 6.4.b* indican que Toysla se adhiere a su restricción de diseño **TEC004** de responder a comandos de Bluetooth desde un rango de 50 metros. La señal es fuerte dentro de los primeros 10 metros de distancia del teléfono móvil, y la señal sigue siendo aceptable para todos los rangos probados.

6.5 TEST DE VERIFICACIÓN TEC005

El requisito **TEC005** estipula que el juguete debe tener un tirón inicial de arranque de menos de 0.3m/s^3 en modo de juego suave. Toysla limita el arranque inicial del coche infantil mientras está en modo de arranque suave.

La reducción del tirón inicial se logra incrementando lentamente la cantidad de corriente que entra en los motores en lugar de dejar que toda la corriente entre en los motores de una vez. La unidad física *Jerk* se cuantifica como la derivada de la aceleración. Para esta

ANÁLISIS DE RESULTADOS

verificación se usó un acelerómetro para medir la aceleración del automóvil y el tiempo que tardó en alcanzar la aceleración completa en los diferentes modos de juego. Luego, se calculó la derivada de los datos de aceleración, lo que da como resultado el tirón que experimenta el automóvil.

La *Tabla 6.5* proporciona los valores de aceleración, así como los valores de *jerk* calculados.

Modo de arranque	Aceleración (m/s ²)	Tiempo (s)	Jerk (m/s ³)
Suave	0.71	3	0.24
Normal	0.94	2	0.47

Tabla 6.5 Medidas de aceleración y *jerk*.

La *Tabla 6.5* demuestra que Toysla proporciona un tirón inicial de 0.24 m /s³, que es menor que los 0.3 m /s³ requeridos. La *Figura 6.5* muestra los datos del tirón con respecto al tiempo cuando el vehículo está en modo de arranque suave versus modo de arranque normal. La figura muestra la pequeña cantidad de tiempo que tarda la aceleración en alcanzar su velocidad máxima en el modo de inicio normal, mientras que en el modo de inicio suave la aceleración es más gradual.

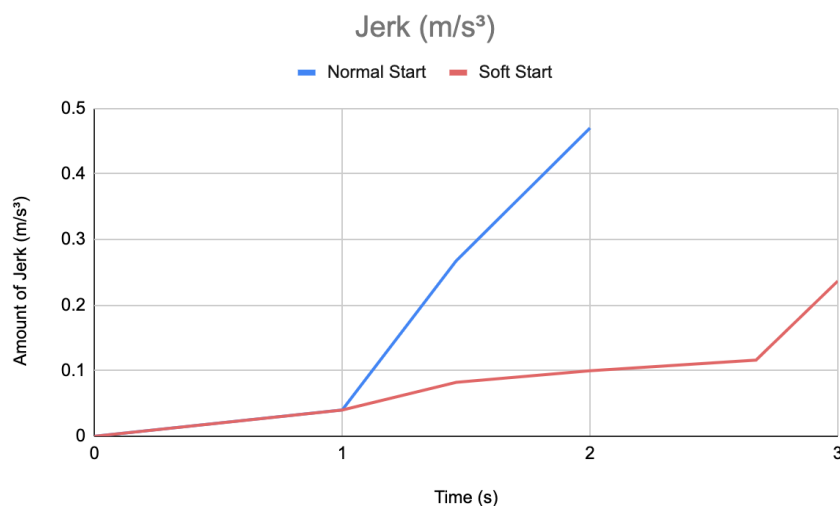


Figura 6.5 Arranque suave vs normal.

El tirón en el modo de arranque suave cumple con la restricción de diseño técnico de que el tirón debe ser inferior a 0,3 m /s³. El cumplimiento de esta restricción de diseño garantiza

que el niño durante el uso del vehículo de juguete no experimentará un tirón notable en la aceleración inicial.

Tras esta verificación, Toysla concluye que el sistema de arranque suave ha sido implementado con éxito y que el requisito **TEC005** ha sido logrado.

6.6 TEST DE VERIFICACIÓN APLICACIÓN ANDROID

La aplicación de Android proporciona el control de los padres sobre Toysla. Aunque su correcto funcionamiento no se define como un requisito técnico, se entiende que la interfaz de la aplicación tiene que funcionar y facilitar el uso de los diferentes servicios de Toysla. Para verificar este sistema se probará la aplicación desde un Smartphone y se probarán las diferentes pantallas y el correcto funcionamiento de los componentes en cada una de ellas.

La primera pantalla de la aplicación es la pantalla de inicio, la función de esta pantalla es introducir la aplicación. Esta pantalla de apertura se puede ver a continuación en la *Figura 6.6.a*



Figura 6.6.a Pantalla inicial

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La verificación de esta pantalla se comprueba con éxito, en ella podemos ver la interfaz deseada y el correcto funcionamiento del botón de inicio.

El siguiente estado es la pantalla de dispositivos de enlace. La pantalla de dispositivos de enlace muestra todos los dispositivos Bluetooth cercanos que están emparejados con el teléfono inteligente. Para que la aplicación interactúe con el automóvil de juguete, el padre primero debe emparejar su dispositivo Android con Toysla fuera de la aplicación. Una vez que Toysla esté emparejado, aparecerá en la lista de dispositivos de enlace como se muestra en la *Figura 6.6.b*.

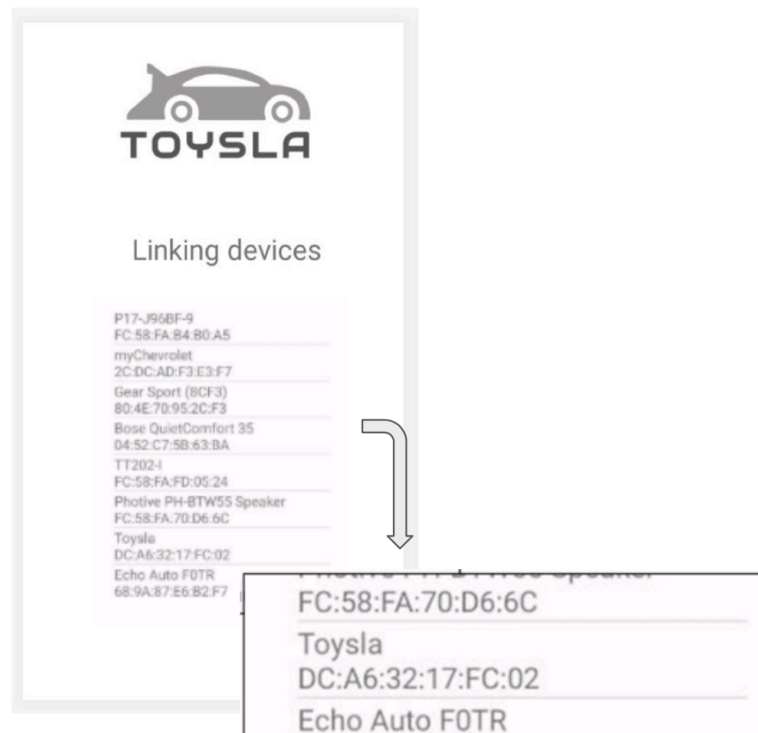


Figura 6.6.b. Pantalla de enlace.

Durante la etapa de verificación se comprobó que la conexión Bluetooth se iniciaba con éxito y que el emparejamiento con el vehículo funcionaba.

Una vez establecida la conexión y seleccionado el vehículo Toysla desde la pantalla de enlace, la aplicación guía al usuario hacia la pantalla principal. En esta pantalla se encuentran todas las funcionalidades de Toysla:

- Conducir el vehículo remotamente.

- Establecer una geovalla.
- Seleccionar el modo de arranque.

A continuación, en la *Figura 6.6.c* se muestra la pantalla principal.

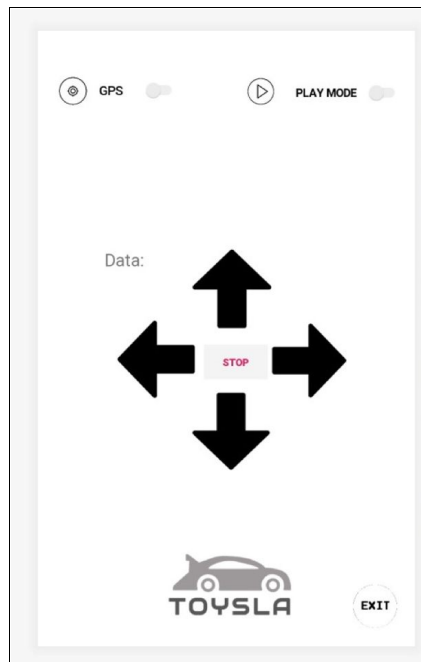


Figura 6.6.c. Pantalla principal.

Mediante el uso de la aplicación se verificó que el desarrollo de la interfaz era correcto. Sin embargo, para comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes componentes de la pantalla se realizó una verificación de cada uno de ellos.

Esta prueba consistió en comprobar que cada botón de la pantalla principal enviaba los comandos Bluetooth correctos, que incluían comandos básicos de control remoto junto con comandos de geovalla y modo de arranque. Los resultados se pueden ver a continuación en la *Tabla 6.6*.

Botón	Comando Enviado	Comando Esperado	Correcto (Y/N)
Adelante	F	F	YES
Atrás	B	B	YES
Izquierda	L	L	YES

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Derecha	R	R	YES
Stop	S	S	YES
GPS Start	V	V	YES
GPS guardar punto	T	T	YES
Modo suave	O	O	YES
Modo normal	N	N	YES
Exit	Disconnect	Disconnect	YES

Tabla 6.6. Verificación comandos.

Al presionar cada uno de los botones, la aplicación envía mediante Bluetooth el comando asociado al botón a la Raspberry Pi. Con dicha verificación, la aplicación cumplió con las expectativas de comportamiento establecidas por Toysla. Además, el desarrollo y prueba de la aplicación verifica una interfaz sencilla e intuitiva para el usuario.

Con estas pruebas Toysla comprueba el desarrollo de una aplicación competente y eficaz para interactuar con el vehículo infantil.

6.7 TEST DE VERIFICACIÓN TOYSLA

Como última fase de verificación, se comprobó el funcionamiento del sistema completo una vez que se integraron los diferentes subsistemas al vehículo infantil eléctrico.

Para probar todos los subsistemas simultáneamente, el automóvil de juguete fue llevado a un estacionamiento vacío. Todos los comandos de la aplicación se probaron individualmente, incluidos los comandos de conducción, los comandos de dirección, los comandos de configuración de geovalla y los comandos de operación del modo de arranque. La función general del vehículo certifica que se establecen las conexiones de PCB. Luego se creó una gran geovalla en forma rectangular alrededor de un poste de luz. La *Figura 6.7* muestra el resultado final de prototipo Toysla en un entorno de prueba.



Figura 6.7 Prototipo Toysla

Para verificar el sistema completo, se buscó un entorno de prueba que permita verificar todos los requisitos de diseño que el sistema debe cumplir.

Primero, el alcance de Bluetooth se verificó observando visualmente el automóvil respondiendo a comandos desde 50 metros de distancia. A continuación, se verificó el tiempo de respuesta del vehículo y la aplicación Android al registrar que el automóvil respondió a los comandos enviados por la aplicación en menos de un segundo, más concretamente, el automóvil respondió a los comandos en menos de $\frac{1}{3}$ de segundo.

Luego, se verificó la geovalla haciendo que el usuario de la aplicación Android intentara conducir el automóvil fuera de su límite. Al entrar en la geovalla, el automóvil se detuvo a 1,5 metros de distancia. Esta distancia de parada de 1,5 metros es mejor que la distancia de parada de 3 metros que requiere Toysla.

Finalmente, el sistema para evitar colisiones se probó haciendo que el usuario de la aplicación Android condujera el automóvil de juguete hacia el poste de luz situado en el medio del entorno de prueba. El auto se detuvo por completo antes de chocar con el poste

ANÁLISIS DE RESULTADOS

de luz y, además, freno manteniendo un espacio de seguridad con el objeto todavía. La prevención de colisiones también se probó en un objetivo en movimiento (es decir, una persona) para garantizar un entorno de juego seguro para otros niños o padres que no están en el automóvil. Al detectar una posible colisión con el voluntario que estaba caminando, el auto de juguete se detuvo por completo.

Tanto con un objetivo fijo como en los escenarios de prueba con un objetivo móvil, se probaron los sensores ultrasónicos delanteros y traseros por su respuesta de frenado para garantizar que el automóvil estuviera protegido en ambos lados.

La *Tabla 6.7.a* proporciona un resumen de la prueba completa del sistema en relación con los requisitos de diseño de Toysla.

ID	Nombre	Resultado esperado	Resultado Test	¿Cumple el requisito? (Y/N)
TEC001	Sistema de anticolidión	Detecta objetos > 15cm alto y > 5 cm ancho	Detecta > 15cm alto y > 5 cm ancho	Yes
TEC002	Precisión GPS	±3 m	±1.5 m	Yes
TEC003	Comunicación app-vehículo	1 s	< 0.33 s	Yes
TEC004	Distancia de comunicación	50 m	> 50 m	Yes
TEC005	Tirón de arranque	0.3 m/s ³	0.24 m/s ³	Yes

Tabla 6.7.a Test Sistema

La *Tabla 6.7.a* revela que se cumplen las cinco restricciones técnicas de diseño de Toysla después de integrar los diferentes módulos al prototipo.

Para cumplir con estas limitaciones de diseño técnico, primero se desarrollaron los diferentes subsistemas en módulos independientes:

- Sistema de *geofence*.

- Sistema de prevención de colisiones de sensores ultrasónicos.
- Sistema de arranque suave.
- Aplicación para Smartphone con control remoto.

La *Tabla 6.7.b* muestra que todos los subsistemas en el automóvil de juguete se prueban y funcionan completamente.

Botón	Comando enviado	Respuesta Esperada	Correcto (Y/N)
Adelante	F	Movimiento hacia delante	YES
Atrás	B	Movimiento hacia atrás	YES
Izquierda	L	Movimiento hacia la izq.	YES
Derecha	R	Movimiento hacia la dcha.	YES
Stop	S	Stop	YES
Arranque suave	O	Aceleración suave	YES
Arranque normal	N	Aceleración normal	YES

Tabla 6.7.b. Test módulos.

En cada caso de prueba, el coche de juguete responde sin problemas a los comandos de la aplicación.

Con la fase de verificación, se da por concluido el desarrollo del prototipo Toysla. Durante esta fase, Toysla ha comprobado que todos los requisitos han sido implementados con éxito. Estos criterios satisfechos indican que Toysla es un producto que funciona completamente y que permite a los padres y al niño controlar de manera segura un automóvil de juguete eléctrico desde la aplicación Android.

6.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizada la etapa de verificación y test, tanto del sistema como de los subsistemas que lo forman, podemos analizar los resultados de dichas pruebas para concluir la eficacia del prototipo, así como de todo el proceso de diseño e implementación.

Tras la exhaustiva etapa de verificación, el equipo Toysla concluye que el prototipo ha cumplido todas las expectativas y objetivos definidos a lo largo de este documento:

ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Toysla es capaz de prevenir y evitar posibles colisiones.
2. Toysla es capaz de crear geovallas e inmovilizar el coche en caso de traspasarlas.
3. Toysla es capaz de proporcionar dos modos de arranque: suave y normal, eliminando, en el primer caso, el tirón inicial.
4. Toysla es capaz de ser controlado y dirigido desde la aplicación Android.
5. Toysla es capaz de asegurar una comunicación rápida y veraz entre la aplicación móvil y el vehículo.
6. Toysla es capaz de mantener un precio asequible y económico.

El logro de estos objetivos da lugar a un vehículo eléctrico infantil completamente novedoso. Pese a las dificultades encontradas durante todo el proceso, Toysla no solamente las ha superado, sino que además ha realizado todas las pruebas de verificación sin ningún tipo de error o fallo.

El éxito en el desarrollo del primer prototipo de Toysla incita a sus desarrolladores a buscar en el futuro nuevos servicios y comodidades para el juego seguro de los jóvenes usuarios y tranquilidad de los padres.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El desarrollo del prototipo Toysla demuestra que el objetivo de conseguir juguetes más seguros ya es una realidad gracias a la ingeniería.

Toysla está diseñado para hacer que el tiempo de juego sea más seguro y agradable para toda la familia. Gracias al sistema de anticolidión, al sistema de *geofence* y al sistema de arranque suave, los vehículos eléctricos infantiles pasarán de ser los más peligrosos, a los más seguros y divertidos. Además, la aplicación Android para conducir el vehículo remotamente sin necesidad de hardware externo, da ese toque de actualidad y modernidad acorde con la época que vivimos.

El proceso de implementación e integración del sistema fue más desafiante de lo inicialmente esperado. Cada subsistema funcionó bien individualmente, pero una vez que se combinaron, sus rutinas tuvieron que modificarse para trabajar juntas. Este reto fue superado con éxito, pero hizo resaltar la importancia de seguir una planificación inicial donde se reserve tiempo para el diseño, la implementación y la verificación. Toysla es un proyecto grande que requiere de una metodología ágil que nos permita trabajar por fases y volver atrás en el proceso si es necesario.

La etapa de verificación fue clave para comprobar el correcto funcionamiento de Toysla. Además, realizar procesos de verificación a cada subsistema antes de integrarlo al sistema completo también fue clave para descartar errores y esclarecer el proceso.

Tras acabar el prototipo, Toysla comprobó cuánto impacto tendría el vehículo en la comunidad.

En este Trabajo de Fin de Grado se ha desarrollado un producto sin competencia directa y con unas características muy atractivas que permiten una fácil inserción en el mercado actual. Además, el objetivo de este trabajo se basa en hacer más seguro el tiempo de juego para los pequeños usuarios. Es por eso, que Toysla se ha preocupado de crear un producto a un precio asequible, dando preferencia al desarrollo de ingeniería antes que al beneficio económico.

En los planes de futuro de Toysla está la idea de mejorar el producto, estas ideas de mejora se están investigando actualmente. Toysla podría mejorarse agregando un GPS más preciso al juguete. Otra característica que se está investigando actualmente es el uso de una transmisión de video en vivo, para que los padres puedan vigilar a sus hijos mientras

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

juegan. A Toysla también le gustaría implementar nuestra aplicación en dispositivos iOS para aumentar el mercado de usuarios. Todo el equipo concluye que Toysla es un prototipo muy interesante para fabricantes, clientes y desarrolladores, por eso, no se descarta la idea de seguir creciendo e incluir nuevos participantes al proyecto.

La oportunidad de trabajar en un proyecto que tiene el potencial de afectar positivamente la vida de muchas personas pone en perspectiva la importancia de la ingeniería. Por esto, Toysla celebra el éxito en el desarrollo del prototipo y deja sus puertas abiertas a seguir creciendo en un futuro.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Resnick, Brian. (2014) *The Toys That Send Kids to the Emergency Room*. [Online] *The Atlantic*. Available theatlantic.com/health/archive/2014/12/the-toys-that-send-kids-to-the-emergency-room/383383 [accessed 4 Sep 2019]
- [2] Maveal, Alex (2016) *Toddler caught driving Power Wheels toy car on highway*. [Online] Global News. Available <https://globalnews.ca/news/2443078/toddler-caught-driving-power-wheels-toy-car-on-highway/> [accessed 3 Sep 2019]
- [3] Spears, Valarie H. (2013) *Knott County Boy ,5, Killed in Accident with Battery Powered Toy Vehicle*. [Online] *Lexington Herald Leader*. Available <https://www.kentucky.com/news/local/article44402706.html> [Accessed 3 Sep 2019]
- [4] Peg-Pérego. (2015). *The History of Peg Perego USA*. [Online]. Available at: <https://us.pegperego.com/company/blog/the-history-of-peg-perego-usa> [Accessed 2 Sep. 2019].
- [5] Smith, Ernie. (2016). *12 Volts of Horsepower* [Online]. Available at: <https://tedium.co/2016/12/01/power-wheels-history-kids/> [Accessed 2 Sep. 2019].
- [6] United States Consumer Product Safety Commission. (2017). *CPSC, Fisher-Price Announce Recall to Repair Power Wheels Ride-On Battery-Powered Vehicles*. [Online]. Available at: <https://www.cpsc.gov/Recalls/1999/CPSC-Fisher-Price-Announce-Recall-to-Repair-Power-Wheels-Ride-On-Battery-Powered-Vehicles/> [Accessed 4 Sep. 2019].
- [7] United States Consumer Product Safety Commission (2019) *Fisher-Price Recalls Children's Power Wheels Barbie Campers Due to Injury Hazard* [Online]. Available at: <https://www.cpsc.gov/Recalls/2019/fisher-price-recalls-childrens-power-wheels-barbie-campers-due-to-injury-hazard> [Accessed 4 Sep. 2019]
- [8] Actev Motors. (2019). *Actev Motors Electric Go Kart*. [Online]. Available at: <https://actevmotors.com/arrow-smart-kart/> [Accessed 4 Sep. 2019].
- [9] dif, O. (2018). *Best Remote Control Power Wheels - 10 Best Power Wheels*. [Online]. On Line Today. Available at: <http://www.on-line-today.com/remote-control-power-wheels/> [Accessed 4 Sep. 2019].

BIBLIOGRAFÍA

- [10] Md Akhtaruzzaman, Norrul Aine Binti Mohd Razali, Mahbub Rashid, and A.A Shafie, "An Experiment on Electric Power Steering (EPS) System of a Car," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 10, no. 4028, pp.110-116, 2011.
- [11] Gageik, Nils, et al. "Obstacle Detection and Collision Avoidance Using Ultrasonic Distance Sensors for anAutonomous Quadraocopter." *Semantics Scholar*, 2012.
- [12]Heikal, Mohd, et al. "Effectiveness of Sensors for an Arduino Microcontroller: Initial Comparisons." *International Journal of Computer Applications*, vol. 171, no. 2, pp. 7–13, 2017.
- [13] Homeadvisor. (2018). *The United States, Ranked by Yard Size*. [Online]. Available at: <https://www.homeadvisor.com/r/average-yard-size-by-state/> [Accessed 26 Oct. 2019].
- [14] D. Eager, A. Pendrill, and N. Reistad, "Beyond velocity and acceleration: jerk, snap, and higher derivatives," *European Journal of Physics*, vol. 37, no. 6, 13 October 2016. [Online]. Available IOP Science, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/37/6/065008/pdf> [Accessed September 25, 2019].
- [15] Compass.astm.org. (2019). *ASTM Compass*. [Online]. Available at: https://compass.astm.org/EDIT/html_annot.cgi?F963+17 [Accessed 15 Sep. 2019].
- [16] Govinfo.gov. (2019). *Code of Federal Regulations*. [Online]. Available at: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2010-title1-vol1/pdf/CFR-2010-title1-vol1.pdf> [Accessed 15 Sep. 2019].
- [17] Dsmt.com. (2019). *IP Rating Chart | DSMT.com*. [Online]. Available at: <http://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/> [Accessed 15 Sep. 2019].
- [18] Freepik. (2019). *Gps Antenna Of Location | Download now free icons on Freepik*. [Online]. Available at: https://www.freepik.com/free-icon/gps-antenna-location_695264.htm [Accessed 16 Oct. 2019].
- [19] Pngfly.com. (2019). *Line Cartoon*. [Online]. Available at: <https://www.pngfly.com/png-g3ivk6/> [Accessed 16 Oct. 2019].
- [20] G.top. (2011). *FGPMNOPA6H GPS Standalone Module Data Sheet*. [Online]. Available at: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/GlobalTop-FGPMNOPA6H-Datasheet-V0A.pdf> [Accessed 29 Oct. 2019].

BIBLIOGRAFÍA

- [21] Sparkfun.com. (2019). *SparkFun GPS Breakout - XA1110 (Qwiic) - GPS-14414 – SparkFun Electronics*. [Online]. Sparkfun.com. Available at: <https://www.sparkfun.com/products/14414> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [22] Cdn.sparkfun.com. (2019). [Online]. Available at: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/GPS/GP-20U7.pdf> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [23] Swift Navigation. (2019). [Online]. Available at: <https://www.swiftnav.com/piksi-multi> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [24] Cdn-learn.adafruit.com. (2019). [Online]. Available at: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adxl345-digital-accelerometer.pdf> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [25] Analog.com. (2019). [Online]. Available at: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL377.pdf> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [26] Analog.com. (2019). [Online]. Available at: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL377.pdf> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [27] Lifehacker. (2019). *The Raspberry Pi Zero W Adds Wi-Fi and Bluetooth to the Zero, Costs \$10*. [Online]. Available at: <https://lifehacker.com/the-raspberry-pi-zero-wireless-adds-wi-fi-and-bluetooth-179278950> [Accessed 29 Oct. 2019].
- [28] Deviceatlas.com. (2019). *Android v. iOS market share 2019*. [Online]. Available at: <https://deviceatlas.com/blog/android-v-ios-market-share#us> [Accessed 1 Oct. 2019].
- [29] Cross, J. (2019). *Bluetooth 5 FAQ: Everything you need to know*. [Online]. Available at: <https://www.macworld.com/article/3262664/bluetooth-5-faq-everything-you-need-to-know.html> [Accessed 23 Oct. 2019].
- [30] J. Fuller. (2019). *How Pre-Collision Systems Work*. [Online]. Available at: <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/pre-collision-systems1.htm> [Accessed: 16 Oct. 2019].
- [31] Instrumentation Tools. (2019). *Ultrasonic Transmitters vs Guided Wave Radar for Level Measurement*. [Online]. Available at: <https://instrumentationtools.com/ultrasonic-transmitters-vs-guided-wave-radar-level-measurement/> [Accessed: 16 Oct. 2019].

BIBLIOGRAFÍA

- [32] Sparkfun Electronics. *HC-SR04*. [Online]. Available at: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> [Accessed: 16 Oct. 2019].
- [33] Radiolink Electronics. (2019). *Ultrasonic Sensor SUI04 User Manual*. [Online]. Available at: <http://radiolink.com.cn/doce/UploadFile/ProductFile/2019072261534281.pdf> [Accessed: 29 Oct. 2019].
- [34] Parallax Inc. (2019). *PING Sensor Product Guide v2.0*. [Online]. Available at: <https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/28015-PING-Sensor-Product-Guide-v2.0.pdf> [Accessed: 29 Oct. 2019].
- [35] Sparkfun Electronics. *Standard Arduino Comparison Guide*. [Online]. Available at: https://www.sparkfun.com/standard_arduino_comparison_guide [Accessed: 16 Oct. 2019].
- [36] J. Dee. *Pulse Width Modulation*. [Online]. Available at: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation/all> [Accessed 16 Oct. 2019].
- [37] Handson Technology. *L298N Dual H-Bridge Motor Driver*. [Online]. L298N datasheet [Accessed 16 Oct. 2019].
- [38] Cytron Technologies. (2019). *10Amp 5V-30V DC Motor Driver* [Online]. Available at: <https://www.cytron.io/p-10amp-5v-30v-dc-motor-driver> [Accessed 16 Oct. 2019].
- [39] J. Kielty. (2019). *Android v iOS Market Share 2019*. [Online]. Available at: <https://deviceatlas.com/blog/android-v-ios-market-share#us> [Accessed 16 Oct. 2019].
- [40] Margaret Rouse. *Android Studio*[Online]. Available at: <https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Android-Studio> [Accessed 8 May 2020].
- [41] ¿Qué cómo programar en Raspberry Pi? ¡Aquí te lo cuento! [Online]. Available at: <https://como-programar.net/en-raspberry-pi/> [Accessed 8 May 2020].
- [42] Metageek.com. (2019). *Understanding RSSI*. [Online]. Available at: <https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi.html> [Accessed 10 Nov. 2019].

ANEXO A: GUÍA DE INSTALACIÓN

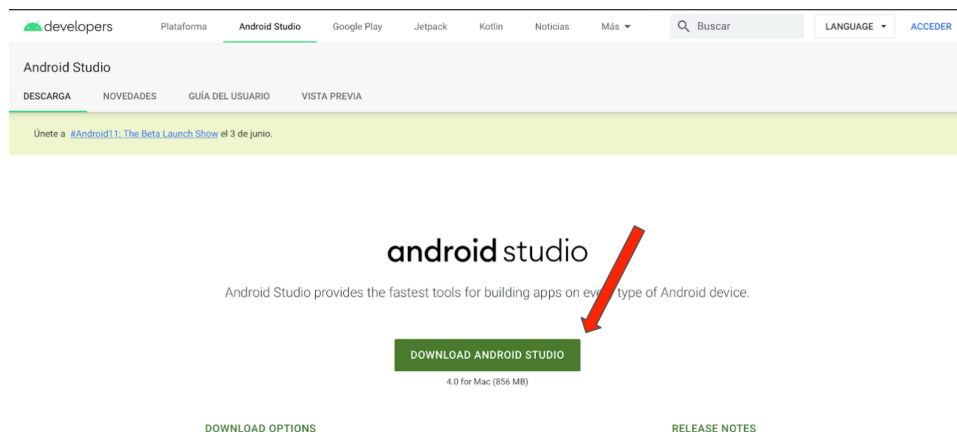
En el presente Anexo se realiza un guía de instalación tanto para desarrollador en caso de querer continuar el proyecto, como para usuario.

GUÍA DE INSTALACIÓN PARA DESARROLLADORES

Como desarrollador hará falta el uso de diferentes softwares para poder interactuar con el código del prototipo. La guía de instalación para cada uno de ellos se desarrolla a continuación.

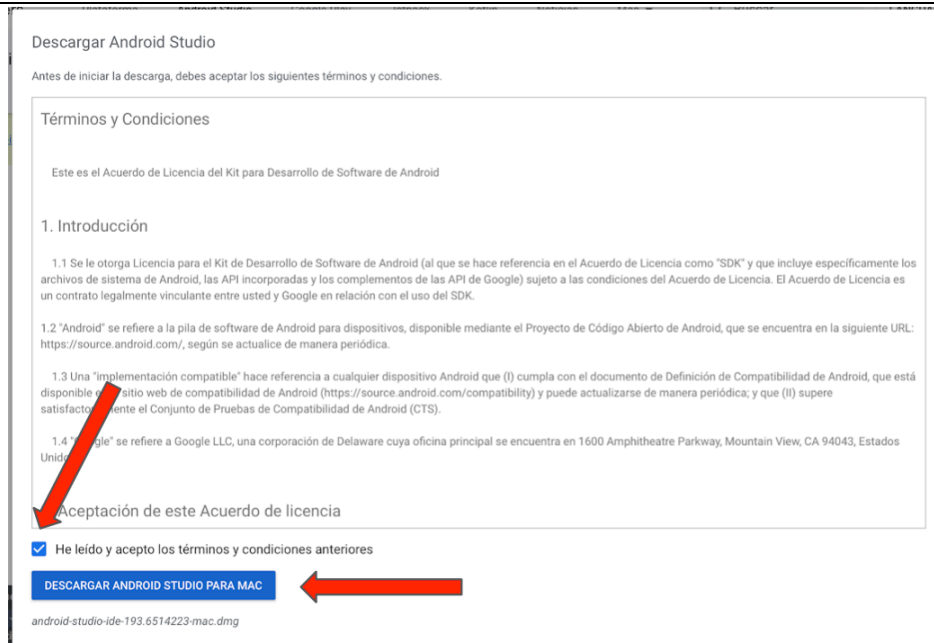
ANDROID STUDIO

Android Studio es el software con el cual se desarrolla la aplicación Android. Para su descarga es necesario acudir a la pagina oficial de *Android Developer* (https://developer.android.com/studio/?gclid=EA1aIQobChMI253hmKTg6QIVWJnVCh3U5wZBEAAYASAAEgL2mvD_BwE&gclidsrc=aw.ds).

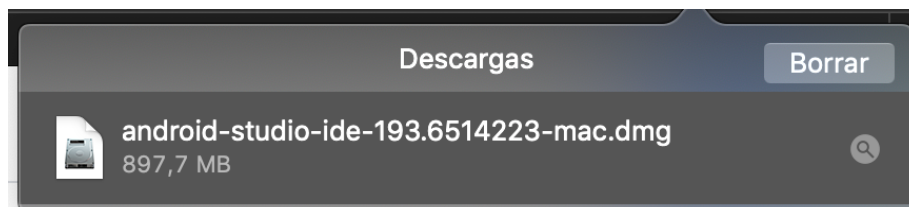


Una vez que accedemos al enlace anterior veremos la pantalla mostrada en la figura anterior. En ella tenemos el enlace directo para iniciar la descarga.

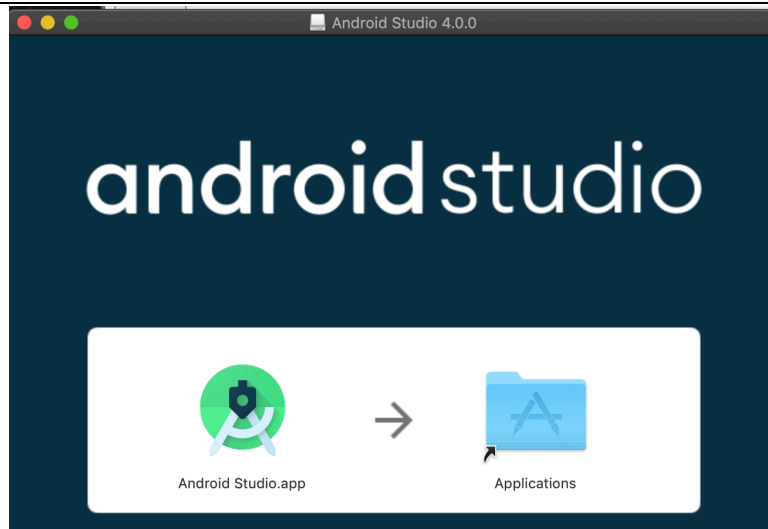
La página detecta automáticamente el sistema operativo usado por el ordenador, en este caso Mac, aunque el software se encuentra también disponible para Windows y Linux.



Antes de iniciar la descarga, debemos leer y aceptar los términos y condiciones, marcando la *checkbox*. La descarga comenzará automáticamente una vez que se pulse el botón “DESCARGAR ANDROID STUDIO PARA MAC”.



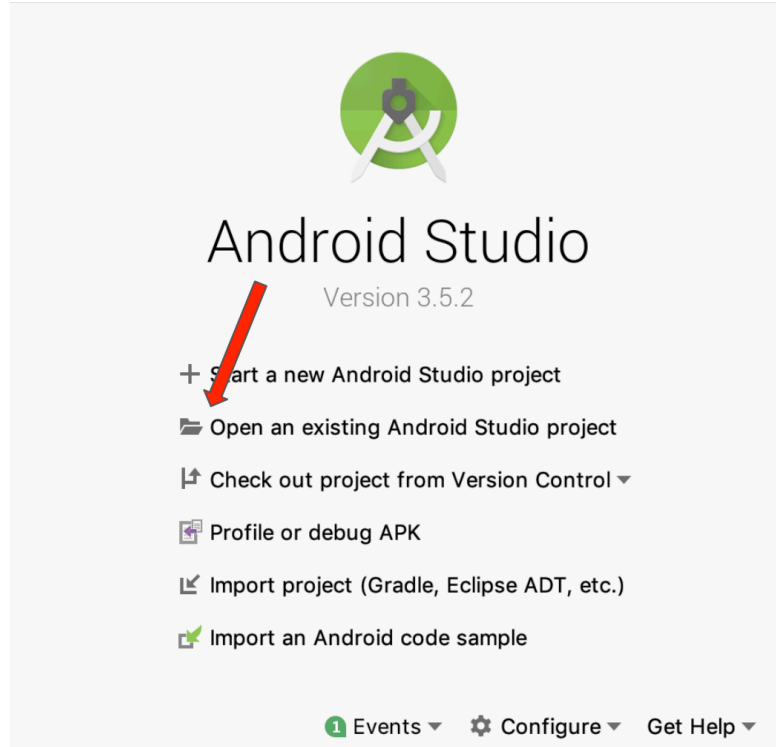
Cuando la descarga finalice tendremos un archivo como el mostrado en la imagen anterior. Haciendo clic sobre el archivo comenzará la instalación en el ordenador.



En el caso de Mac se deberá trasladar el software a las aplicaciones para comenzar su uso.



Al iniciar la aplicación veremos la imagen anterior, mientras el programa termina de cargarse y configurarse.



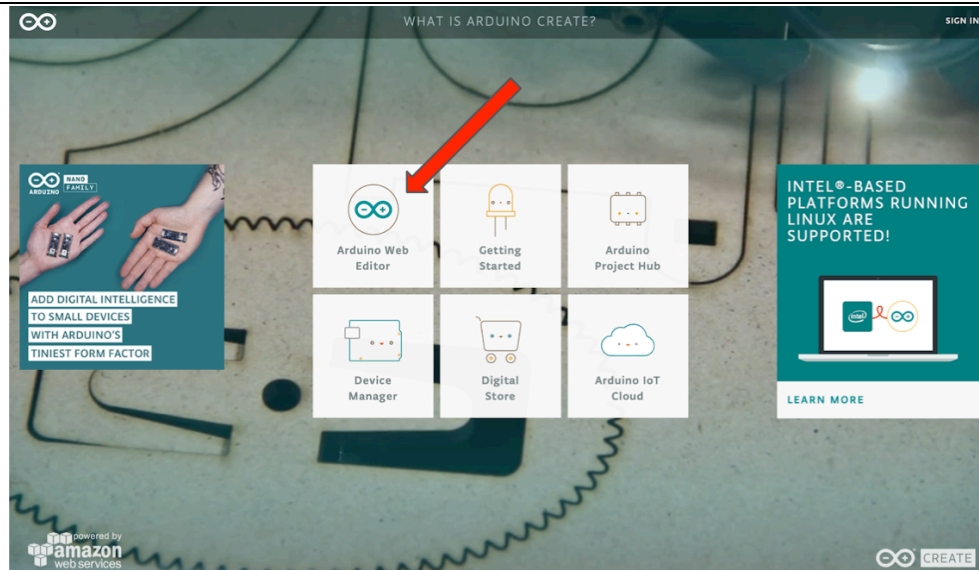
Una vez iniciada la aplicación nos dará las opciones mostradas en la imagen anterior. Para continuar el trabajo de Toysla deberá abrir el proyecto desde la aplicación.

ARDUINO UNO

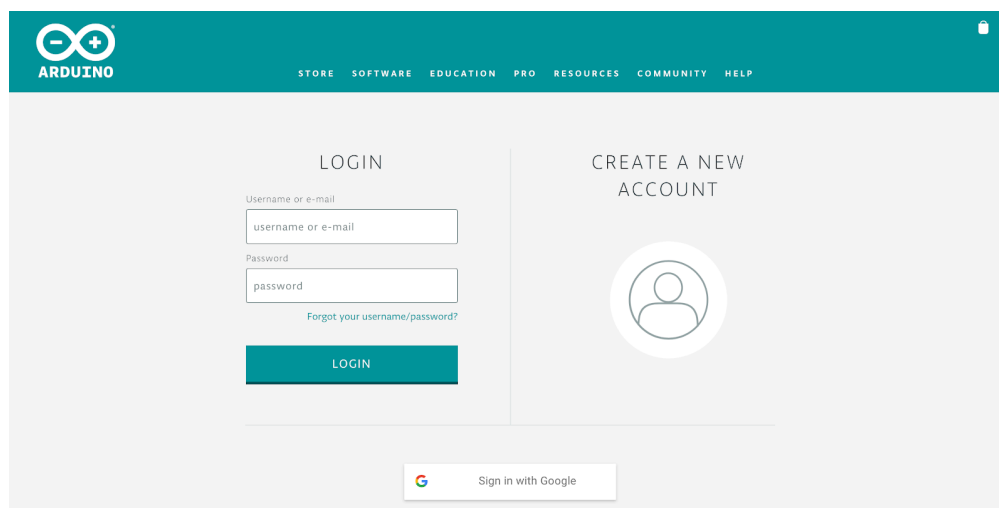
El software Arduino fue el elegido para la programación del microcontrolador Arduino Uno, encargado de controlar el sistema de anticolidión. Para el uso de este software no hace falta instalar ningún compilador.

Para el desarrollo del código se utilizó el Web Editor disponible en la página oficial de Arduino (<https://create.arduino.cc>).

ANEXO A: GUÍA DE INSTALACIÓN



Una vez en la página, debemos seleccionar la opción “Arduino Web Editor” (esquina superior izquierda). Esto nos llevará a una página de *login* donde deberemos registrarnos o iniciar sesión si ya disponemos de una cuenta en la página, o mediante el uso de tu cuenta de Gmail.



Después de realizar el login podremos empezar a hacer uso del Editor Web.

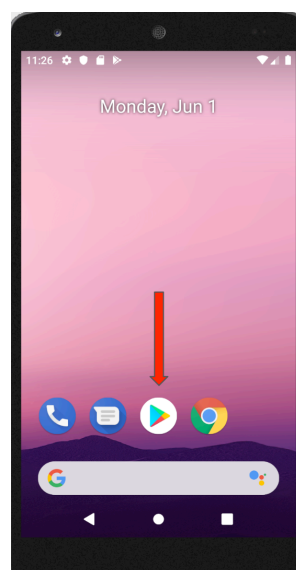


Para continuar el trabajo de Toysla deberá abrir el código desde el Editor Web pulsando en “OPEN CODE” (esquina superior derecha).

GUÍA DE INSTALACIÓN PARA USUARIOS

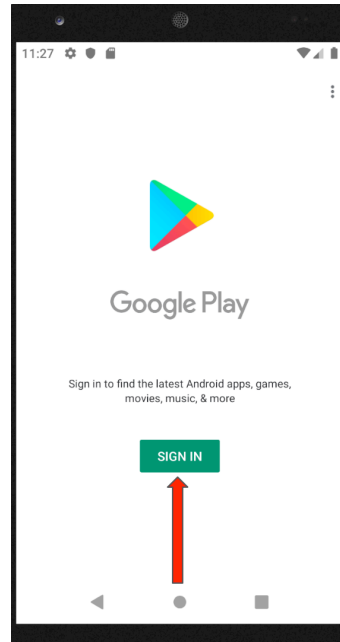
Para hacer uso de la aplicación Toysla será necesario un Smartphone con sistema operativo Android versión 9 o superior.

La instalación de la aplicación deberá realizarse en la Play Store de Google.

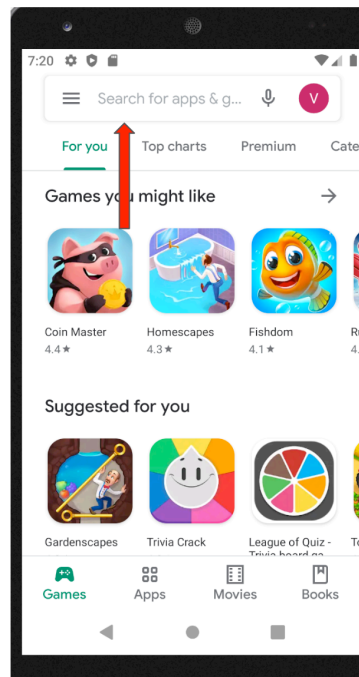


ANEXO A: GUÍA DE INSTALACIÓN

Una vez que accedemos a la Play Store será necesario registrarse con una cuenta Google para acceder al contenido y a las descargas.

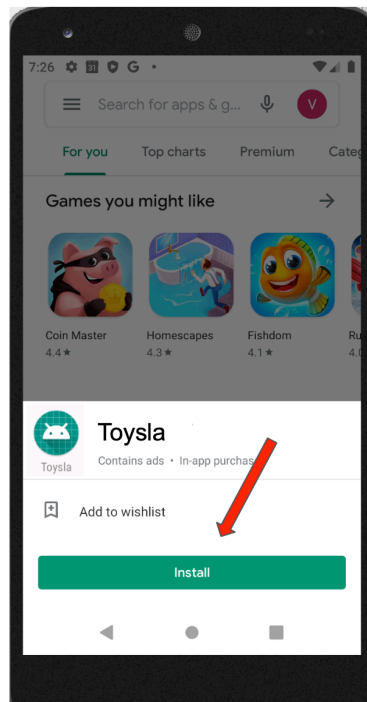


En la Play Store se deberá hacer uso del buscador e introducir la palabra “Toysla”.



Después de encontrar la aplicación bastará con instalarla para comenzar su uso.

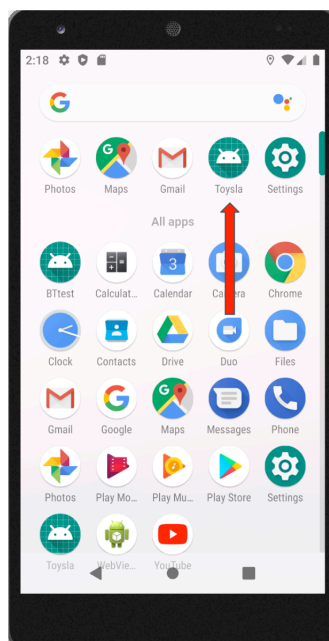
ANEXO A: GUÍA DE INSTALACIÓN



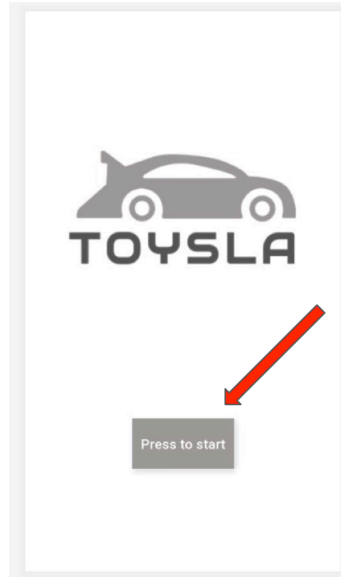
ANEXO B: MANUAL DE USUARIO.

En el presente anexo se explica los pasos a seguir para el correcto funcionamiento de la aplicación Android.

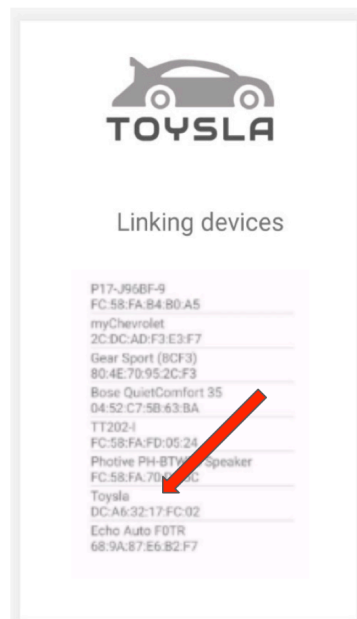
1. Abrir la aplicación móvil.



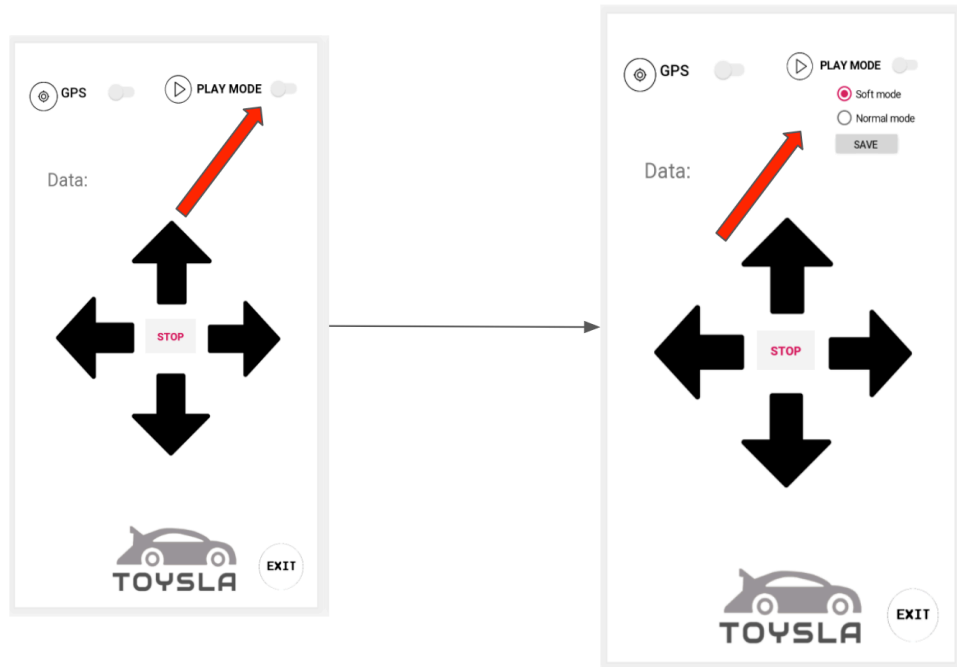
2. Pulsar el botón “*Press to start*”.



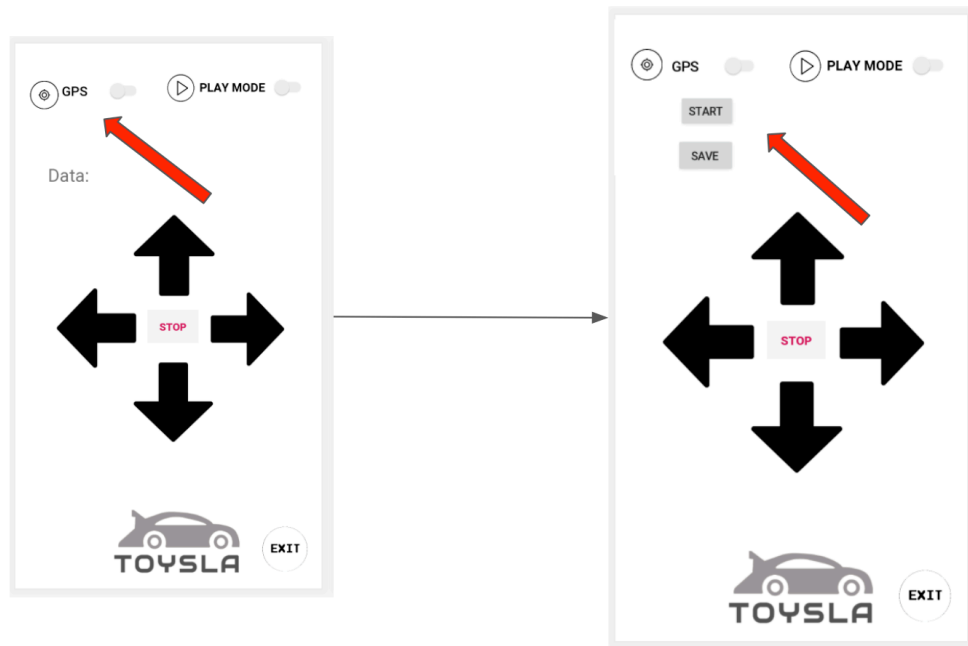
3. Seleccionar el vehículo Toysla para iniciar la conexión Bluetooth. En caso de que el Smartphone tenga el Bluetooth desactivado la aplicación lo notificará.



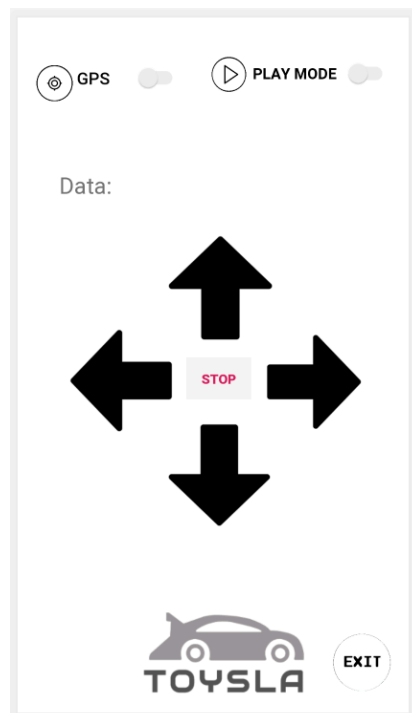
4. Seleccionar el modo de arranque. Primero, debe hacer uso del interruptor *switch* situado en la esquina superior derecha, así se mostrarán las opciones de modo de arranque. Debe seleccionar la deseada y pulsar el botón “Save”. Una vez finalizado puede esconder los ajustes haciendo uso del interruptor *switch*.



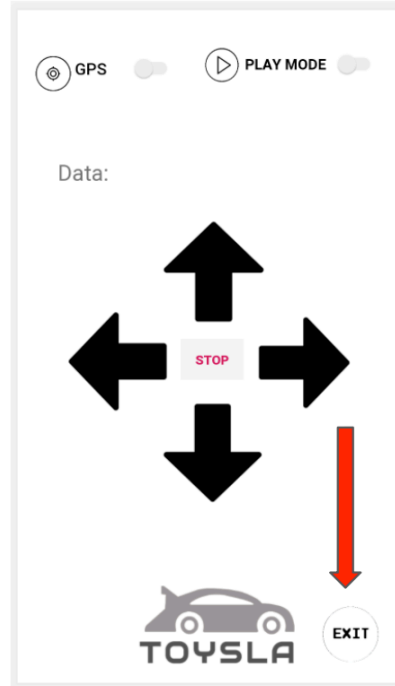
5. Crear una geovalla. Primero, debe hacer uso del interruptor *switch* situado en la esquina superior izquierda, así se mostrarán las opciones “Start” y “Save”. Debe seleccionar la pulsar el botón “Start” para comenzar a guardar la geovalla, conducir el vehículo por el perímetro del área de juego y cuando el juguete se encuentre en los vértices de este, pulsar el botón “Save”. Una vez finalizado puede esconder los ajustes haciendo uso del interruptor *switch*.



6. Conducir el vehículo. Para ello solo necesita hacer uso de las flechas situadas en la parte central de la pantalla. Si necesita frenar el vehículo de forma inmediata puede hacer uso del botón “Stop” situado en el centro.



7. Salir de la aplicación y finalizar la conexión Bluetooth.



ANEXO C: ODS.

En el presente anexo se discute la implicación de este proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tienen como finalidad clarificar las metas a seguir por los proyectos para conseguir un impacto positivo en la sociedad. Los ODS comprenden 17 objetivos que se muestran en la siguiente imagen:



Objetivos Desarrollo Sostenible ODS [1].

Toysla en su objetivo de proteger a los jóvenes usuarios de posibles accidentes a un precio asequible para las familias implica los siguientes objetivos ODS:

- 3. Salud y bienestar.
- 9. Industria, innovación e infraestructura.
- 10. Reducción de desigualdades.
- 12. Producción y consumo responsable.

Salud y bienestar

ANEXO C: ODS.

Este objetivo busca garantizar y promover el bienestar y una vida sana. Toysla se implica con este objetivo buscando el bienestar de los niños durante el uso del vehículo eléctrico.

La idea del prototipo Toysla surge del deseo de querer garantizar la seguridad del usuario durante el juego. Toysla pretende cambiar las rutinas de juego con los vehículos eléctricos infantiles incluyendo un sistema de anticolidión, así como, un sistema de geovallas que permitan acotar el recinto de juego. Estos dos nuevos sistemas de protección tienen como objetivo asegurar el bienestar del joven usuario evitando cualquier accidente que pueda herir o lesionar al niño.

Industria, innovación e infraestructura.

Este objetivo busca construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación [1].

Toysla se ajusta a este objetivo al implementar el sistema de anticolidión, el sistema GPS, el modo de arranque suave y la aplicación Android, cuatro innovaciones en los vehículos eléctricos infantiles.

El kit de seguridad Toysla se presenta como una novedad en el mercado incluyendo unas características de seguridad nunca vistas. Todos los objetivos del proyecto Toysla se basan en innovar en el mundo del juguete eléctrico.

Reducción de desigualdades.

Este objetivo busca reducir las desigualdades tanto en el país como entre países.

Toysla ha implementado un modo de arranque suave que evita el tirón inicial cuando el niño pisa el pedal. Eliminar este tirón inicial fue uno de los objetivos de Toysla ya que este tirón produce desagrado en los mas jóvenes e incluso miedo.

Gracias a esta nueva característica Toysla se convierte en un juguete en más accesible para niños de menor edad y para niños con discapacidad luchando así contra la desigualdad en el mundo del juguete.

Producción y consumo responsable.

Este objetivo busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Toysla se compromete al consumo responsable y a la producción sostenible. Para ello, Toysla ha implementado la aplicación Android que permite controlar remotamente el vehículo eléctrico. Esta innovación elimina la necesidad de hardware externo para la conducción del vehículo, eliminando una producción innecesaria y favoreciendo el consumo responsable.