

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
“SAN GABRIEL”**



ESPECIALIDAD: INFORMÁTICA MENCIÓN ANÁLISIS DE SISTEMA

TEMA:

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO BÁSICO DE UNA SILLA DE RUEDAS DESARROLLADO EN ANDROID, EN EL PERIODO 2021”

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

“TECNÓLOGO EN INFORMÁTICA MENCIÓN ANÁLISIS DE SISTEMAS”

AUTOR:

CARLOS XAVIER CHAMBA CRUZ

TUTOR:

ING. SEGUNDÓ CHÁVEZ

RIOBAMBA - ECUADOR

Noviembre - 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el Sr. **CARLOS XAVIER CHAMBA CRUZ**, con N° de Cédula 060411849-7 ha elaborado bajo mi Asesoría el Proyecto de Investigación titulado:

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO BÁSICO DE UNA SILLA DE RUEDAS DESARROLLADO EN ANDROID, EN EL PERIODO 2021”.

Por lo tanto, autorizo la presentación para la calificación respectiva.

Ing. Segundó Chávez

DOCENTE DEL ITSGA

LA DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

“El presente Proyecto de Investigación constituye un requisito previo para la obtención del Título de **Tecnólogo en Informática Mención Análisis de Sistema**”



“Yo, **CARLOS XAVIER CHAMBA CRUZ** con N° de Cédula 060411849-7, declaro que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que se han llegado es de mi absoluta responsabilidad.”

Sr. CARLOS XAVIER CHAMBA CRUZ

FIRMA DEL ESTUDIANTE

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
“SAN GABRIEL”
ESPECIALIDAD INFORMÁTICA
TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
TECNÓLOGO EN INFORMÁTICA MENCIÓN ANÁLISIS DE
SISTEMAS

TEMA:

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO BÁSICO DE UNA SILLA DE RUEDAS DESARROLLADO EN ANDROID, EN EL PERIODO 2021”

APROBADO:

ASESOR DE TESIS DE GRADO

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

DESIGNACIÓN	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIRECTOR DE TESIS			
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL			
MIEMBRO DEL TRIBUNAL			
MIEMBRO DEL TRIBUNAL			

NOTA FINAL DE LA TESIS

DEDICATORIA

Al ser más poderoso papito Diós, por la gran oportunidad de estar vivo y por estar siempre a mi lado en cada paso que he dado, por iluminar mi mente y mi camino, por haber puesto en mi vida a aquellas personas que han sido mi mayor tesoro y esa bella compañía durante todo el periodo de estudio. Mi hermosa madre Esperanza Cruz, por traerme a la vida, creer en mí y nunca me dejo de apoyar. Mi querido padre Carlos Chamba por ser un ser único y comprensible que me apoyo en todo momento y sus consejos y experiencia. A mi linda familia que son todo mi mundo mis Hermanos, Jonnathan, Andy, Cristina, Jennifer, por compartir siempre esos bellos e inolvidables momentos y por el apoyo incondicional que siempre me dieron.

Xavier

AGRADECIMIENTO

A mis tutores, Ing. Segundó Chávez por siempre brindar ese apoyo con ese buen carisma siempre ayudando y colaborando en cada momento de consulta y soporte en este trabajo de investigación y al Ing. Luis Freire por la enseñanza hasta la última revisión de la realización de mi tesis.

A Dios por siempre tenerme firme y nunca decaer a pesar de las adversidades presentadas durante este proceso de mi Tecnología en Informática Mención Análisis de Sistemas.

A mi Madre una guerrera de mucha admiración por ser una madre que me supo apoyar en todo momento de la carrera a mis hermanos para convertirnos en triunfadores profesionales de bien. Mi Padre porque es un buen padre y gracias a su apoyo puedo culminar una meta más y demostrar que con esfuerzo y coraje se ha logrado cumplir un sueño más en mi vida.

Xavier

ABREVIATURAS

CONADIS:	Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades
OMS:	Organización mundial de la Salud
OPS:	Organización Panamericana de la Salud
DCA:	Daño Cerebral Adquirido
Vdc:	Voltaje corriente continua
V:	Voltaje
A:	Amperios
mA:	Mili Amperios
Ah:	Amperios Hora
WPAN:	Redes Inalámbricas de Área Personal

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Monoplejía:** Parálisis que afecta a un solo miembro o grupo muscular.
- Paraplejía:** Parálisis de la mitad inferior del cuerpo que se debe a una lesión nerviosa en el cerebro o en la médula espinal.
- Tetraplejía:** Parálisis conjunta de las cuatro extremidades del cuerpo.
- Hemiplejía:** Parálisis de un lado del cuerpo causada por una lesión cerebral o de la médula espinal.
- Espina bífida:** Malformación ósea que consiste en una fisura de la columna vertebral a causa de la falta de soldadura entre los arcos posteriores de una o varias vértebras y que provoca que quede descubierta la médula espinal.
- Esclerosis múltiple:** Enfermedad crónica producida por la degeneración de las vainas de mielina de las fibras nerviosas, que ocasiona trastornos sensoriales y del control muscular.
- Distrofia muscular:** Enfermedad muscular degenerativa de base genética, las fibras musculares degeneran y son reemplazadas por tejido graso y fibroso, por lo que se produce una atrofia muscular con debilidad progresiva.
- Ergonomía:** Estudio de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplea habitualmente, para lograr una mayor comodidad y eficacia.
- Joystick:** Palanca de control que permite desplazar manualmente, y con gran rapidez, el cursor en una pantalla de computadora o videojuego; se usa especialmente en programas informáticos de juego.
- Interfaz:** Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones.
- Frecuencia:** Variedad instantánea de la amplitud de una onda portadora en una cantidad proporcional a la de su amplitud.
- Discapacidad motora:** Dificultad para participar en actividades propias de la vida cotidiana, por ejemplo: manipular objetos o acceder a diferentes espacios, lugares y actividades que realizan las personas normales.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN.....	II
LA DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	III
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ABREVIATURAS	VIII
GLOSARIO DE TÉRMINOS	IX
INTRODUCCIÓN.....	XV
RESUMEN.....	XVIII
SUMMARY	XIX
1. CAPÍTULO I	20
MARCO REFERENCIAL	20
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	21
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.3. JUSTIFICACIÓN	24
1.4. OBJETIVOS.....	26
1.4.1. Objetivo general	26
1.4.2. Objetivos específicos.....	26
2. CAPÍTULO II	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. DISCAPACIDAD MOTORA	28
2.1.1. Condiciones que producen discapacidad física.....	29
2.2. HERRAMIENTAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD	30
2.3. SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL	32
2.3.1. Elementos básicos de una silla de ruedas convencional	32
2.3.2. Elementos básicos de una silla de ruedas eléctrica.....	33
2.4. AUTOMATIZACIÓN DE SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL	34
2.4.1. Placa Arduino.....	34
2.4.2. Arduino IDE.....	35
2.4.3. Driver de motores	36
2.4.4. Bluetooth Hc-05	37
2.4.5. Motorreductores.....	39
2.4.6. Mit App inventor	40
2.4.7. Batería 12v.....	41
3. CAPÍTULO III	43
ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA	43
3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	44
3.1.1. Descripción de la población.....	44
3.1.2. Tipos de investigación	44
3.2. ANÁLISIS.....	44
3.2.1. Estudio de factibilidad	44
3.2.2. Estudio de requerimientos	46

3.2.3. Caso de uso	49
3.3. DISEÑO.....	49
3.3.1. Diseño conceptual	50
4. CAPÍTULO IV	51
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	51
4.1. CONFIGURACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	52
4.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA	56
4.2.1. Diseño Conceptual	56
4.2.2. Diagrama de conexiones	57
4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	58
4.3.1. Programación de la pantalla de autenticación.....	59
4.3.2. Elaboración de la pantalla principal	61
4.3.3. Programación pantalla principal	62
4.3.5. Desarrollo del hardware	77
4.4. PRUEBAS AL SISTEMA	82
4.5. CAPACITACIÓN AL PERSONAL.....	90
4.6. MANTENIMIENTO.....	92
5. CAPÍTULO V	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1. CONCLUSIONES	95
5.2. RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factibilidad Económica.....	45
Tabla 2. Requerimientos Funcionales Aplicación.....	47
Tabla 3. Requerimientos no funcionales de la aplicación	47
Tabla 4. Requeriminetos funcionales prototipo	48
Tabla 5. Requerimientos no funcionales prototipo.....	48
Tabla 6. Prueba de revisión de dispositivo de control	87
Tabla 7. Prueba de control por botones	87
Tabla 8. Prueba de control por voz.....	88
Tabla 9. Prueba de control por acelerómetro.....	88
Tabla 10. Tabla comparativa prototipo vs silla eléctrica comercial	89
Tabla 11. Pruebas de autonomía de la batería	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Silla con orugas.....	30
Figura 2: Scooter eléctrico.....	31
Figura 3: Silla de ruedas eléctrica.....	31
Figura 4: Silla de ruedas convencional.....	32
Figura 5: Elementos de una silla de ruedas convencional.....	33
Figura 6: Elementos de una silla de ruedas eléctrica.....	34
Figura 7: Arduino Mega.....	35
Figura 8: Arduino IDE.....	36
Figura 9: Driver 50A doble canal.....	37
Figura 10: Módulo Bluetooth HC-05.....	38
Figura 11: Motorreductor Fulihua 550.....	40
Figura 12: MIT App Inventor.....	41
Figura 13: Batería de plomo acido.....	42
Figura 14: Casos de uso.....	49
Figura 15: Diseño conceptual.....	50
Figura 16: Diagrama Conceptual.....	56
Figura 17: Diagrama de conexiones.....	57
Figura 18: Autenticación.....	58
Figura 19: Pantalla Principal.....	58
Figura 20: Diseño pantalla autenticación.....	59
Figura 21: Comparación de contraseña.....	60
Figura 22: Programación Botón Salir.....	60
Figura 23: Filtros del campo de contraseña.....	61
Figura 24: Pantalla Principal.....	62
Figura 25: Configuración inicial de pantalla principal.....	62
Figura 26: Enlace Bluetooth con Smartphone.....	63
Figura 27: Clave de emparejamiento.....	64
Figura 28: Selección de Bluetooth.....	65
Figura 29: Botón desconectar.....	66
Figura 30: Selección de control.....	66
Figura 31: Botones de control.....	67
Figura 32: Programación botones.....	68
Figura 33: Programación de movimientos.....	69
Figura 34: Control por comandos de voz.....	70
Figura 35: Programación botón voz.....	70
Figura 36: Reconocimiento de Voz.....	71
Figura 37: Movimiento por Voz.....	71
Figura 38: Programación botón acelerómetro.....	72
Figura 39: Activación del acelerómetro.....	72
Figura 40: Valores acelerómetro.....	73
Figura 41: Información.....	74
Figura 42: Diagrama de flujo programa de control.....	75
Figura 43: Diseño de silla de ruedas.....	77
Figura 44: Prototipo en 3D.....	78

Figura 45: Acople mecánico para motor	78
Figura 46: Mantenimiento de la silla de ruedas.....	79
Figura 47: Acople físico para el motor y llanta.....	79
Figura 48: Instalación del acople	80
Figura 49: Acople con motor	80
Figura 50: Sujeción de motores	81
Figura 51: Sistema de control.....	81
Figura 52: Prototipo finalizado.....	82
Figura 53: Diagrama de cuerpo libre.	83
Figura 54: Diagrama de cuerpo libre con inclinación.	83
Figura 55: Diagrama de vectores	84
Figura 56: Presentación del prototipo en funcionamiento.....	90
Figura 57: Manejo de silla de ruedas con conectividad vía Bluetooth.....	91
Figura 58: Demostración de funcionalidad de la silla de ruedas con Android.	91
Figura 59: Acoples usados como unión de las ruedas.	92
Figura 60: Mantenimiento de los servomotores.	93
Figura 61: Mantenimiento de las Ruedas por desgaste.....	93

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación surge de la dificultad que presenta una persona con capacidad de movilidad reducida debido a una discapacidad física (parálisis de medio cuerpo), lo que repercute en el normal desenvolvimiento o en la manera de realizar determinadas actividades. La discapacidad en esta persona es parte de su condición humana, este problema se agudiza a medida que cambian las características demográficas de la población, así como también se incrementa el número de personas con mayor grado de discapacidad, requiriendo de una silla de ruedas mecánica que le permita la movilidad, sin embargo, existen otros problemas como la dependencia de terceras personas para poder operar la silla de ruedas; esto involucra realizar un esfuerzo extraordinario para movilizarse por diferentes tipos de superficies.

En cada época se ha enfrentado la cuestión moral y política de encontrar la mejor forma de incluir y apoyar a las personas con discapacidad. Las respuestas a la discapacidad se han modificado desde la década de 1970, motivadas principalmente por la propia organización de las personas con discapacidad y la creciente tendencia a considerar la discapacidad como una cuestión de derechos humanos. (ANASTACIO, 2020)

La relevancia del desarrollo de un sistema para mejorar la movilidad de personas que utilizan las sillas de ruedas manuales se fundamenta en la necesidad que estos tienen para integrarse al medio en el cual vivimos como acudir al trabajo, a un supermercado, realizar pagos de servicios básicos, citas médicas, etc., lo cual crea la necesidad de diseñar prototipos electrónicos en software y hardware libre que facilite su transporte y sea accesible económicamente permitiendo una gran accesibilidad de las partes y piezas del sistema, de modo que este proyecto pueda ser reproducible por otros especialistas generando de esta manera un aporte a la sociedad.

Con el propósito de superar los problemas expuestos en el uso de una silla de ruedas mecánicas, se propone mediante este trabajo de investigación, desarrollar e implementar una aplicación móvil para el control de movimiento básico de una silla de ruedas desarrollado en Android, permitiendo que sea mucho más fácil para las personas con discapacidad física y que usan una silla de ruedas mecánica movilizarse por sí mismas, esto

gracias al control de la misma mediante botones en un dispositivo móvil, además para superar falencias en los sistemas existentes se incluye una función avanzada de control con voz y acelerómetro, permitiendo que cualquier persona con amputación de mano pueda operar este prototipo sin ningún esfuerzo.

Lo que motivó el desarrollo de esta investigación fue conocer de cerca las distintas dificultades de movilidad que poseen las personas con discapacidad, y sobre la base de los conocimientos adquiridos durante la formación profesional establecer una solución en beneficio de este sector vulnerable.

Para alcanzar lo propuesto, se plantea como objetivo general el desarrollo e implementación de una aplicación móvil para el control de movimiento básico de una silla de ruedas desarrollado en Android.

La presente investigación está conformada por cinco capítulos estructurados de la siguiente manera:

Capítulo I: Conformado por el marco referencial, contiene los antecedentes, la definición del problema, la justificación y los objetivos; este capítulo permite tratar la problemática de las personas con discapacidad reducida en relación a su movilidad o traslado, además se enumeran las causas y consecuencias, así como criterios para la evaluación del problema, constituyéndose en el referente fundamental para realizar la investigación.

Capítulo II: En este capítulo se detalla el marco teórico, lo que permite exteriorizar sobre la fundamentación teórica, describiendo los conceptos que contemplan la investigación, además se analiza las bondades de los dispositivos electrónicos y mecánicos para el análisis y la implementación del prototipo (silla de ruedas), diseño de la aplicación informática basada en el programa app inventor 2, la misma que es implementada en el sistema operativo Android (Celular).

Capítulo III: En este apartado se describe el análisis y diseño del prototipo; obteniendo como conclusión el sector vulnerable que fue objeto de estudio como son las personas con capacidades especiales de motricidad gruesa en lo relacionado con su movilidad, además se

realiza un análisis concienzudo de cada uno de los diseños electrónicos, eléctricos, programación en alto nivel y mecánicos a ser utilizado para la implementación del prototipo en base a las hojas de información de los componentes (Datasheet), permitiendo mediante este capítulo la construcción del prototipo.

Capítulo IV: En este capítulo se detalla la implementación del prototipo, obteniendo como resultado el cumplimiento de los objetivos propuestos, además se detalla las pruebas de funcionamiento del prototipo mostrando su aporte o ayuda a la población que fue objeto de estudio.

Capítulo V: En él se establece las conclusiones y resultados derivados durante el desarrollo de la investigación, las recomendaciones que se surgieron como guía de posibles trabajos futuros, así como también la bibliografía y anexos.

RESUMEN

En el trabajo de investigación titulado Desarrollo e Implementación de una aplicación móvil para el control de movimiento básico de una silla de ruedas, fue desarrollado en Android, durante el periodo 2021. El diseño de la Implementación y aplicación para el control de la silla de ruedas parte de la identificación de las necesidades de las personas que las usan, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica, una vez identificadas las necesidades se propone un prototipo de silla de ruedas eléctrica controlada mediante botones, voz y acelerómetro. Para el efecto se utilizó hardware y software libre; el hardware tiene como elemento central una silla de ruedas reciclada, a la cual primero se debió dar un mantenimiento general, sobre el espaldar se ubica un contenedor impreso en 3D que contiene el sistema de control que está conformado por: una placa Arduino la cual se comunica con un dispositivo bluetooth Hc-05 que permite la comunicación con el smartphone, un puente H para el control de los motores acoplados a las ruedas; la programación del sistema de control se desarrolló mediante el uso de la interfaz IDE propia de Arduino. Una vez finalizada la estructura del prototipo, se desarrolló la aplicación para lo cual fue necesario el uso de AppInventor 2, en donde se crearon todas las interfaces de los diferentes tipos de control. Finalmente se aplicaron pruebas de funcionalidad, alcanzando los resultados requeridos de funcionabilidad y operatividad. Los resultados obtenidos con el diseño de la aplicación móvil fueron: un prototipo 100% funcional, reporte de nivel de batería y distancia de conexión. Con lo que se logra una mejor gestión de la batería ya que el usuario pueda visualizar en todo momento el porcentaje de carga, optimización del tiempo de movilización, aprovechamiento de los recursos existentes en los Smartphones para garantizar una conexión correcta con el prototipo.

Palabras claves: Silla de ruedas, motricidad gruesa, interfaz, comando de voz, Arduino.

SUMMARY

In the research work entitled Development and Implementation of a mobile application for the control of basic movement of a wheelchair, it was developed on Android, during the period 2021. The design of the Implementation and application for the control of the wheelchair Part of the identification of the needs of the people who use them, for which a bibliographic review was carried out. Once the needs were identified, a prototype of an electric wheelchair controlled by buttons, voice and accelerometer was proposed. For this purpose, free hardware and software were used; The hardware has as a central element a recycled wheelchair, which first had to be given general maintenance, on the back there is a 3D printed container that contains the control system that is made up of: an Arduino board which is communicates with a bluetooth device Hc-05 that allows communication with the smartphone, an H bridge to control the motors attached to the wheels; Control system programming was developed using Arduino's own IDE interface. Once the prototype structure was finalized, the application was developed for which the use of AppInventor 2 was necessary, where all the interfaces of the different types of control were created. Finally, functionality tests were applied, reaching the required results of functionality and operability. The results obtained with the design of the mobile application were: a 100% functional prototype, battery level report and connection distance. With which a better management of the battery is achieved since the user can visualize the charge percentage at all times, optimization of the mobilization time, use of the existing resources in the Smartphones to guarantee a correct connection with the prototype.

Keywords: wheelchair, gross motor skills, interface, voice command, Arduino.

1. CAPÍTULO I
MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El primer diseño de una silla de ruedas remonta al año 525 a. C donde en una lámina china se aprecia una silla con tres ruedas, de ahí es en 1595 donde se comienza a tener registro de los distintos modelos de silla de ruedas que trascendieron a lo largo de la historia, pero es en 1933 cuando el ingeniero mecánico Harry Jennings crea la primera silla de ruedas ligera, desplegable y de acero que se conoce hoy en día. La silla de ruedas de propulsión eléctrica aparece en 1950 por George Klein como ayuda a los soldados que quedaron discapacitados en la Segunda Guerra Mundial.

Con el pasar del tiempo las sillas de ruedas han ido evolucionando a fin de mejorar la calidad de vida de las personas que las utilizan, es por ello que en la actualidad existen sillas con una variedad en modelos, tamaños, materiales y funciones.

En la Escuela Superior Politécnica del Litoral se presentó el proyecto elaborado por los autores Chévez Baquerizo & Silva Rosado (2015), “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA POR VOZ A UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA”, que consiste en adaptar una forma de manejo a una silla de ruedas eléctrica empleando un sistema de control por voz utilizando un dispositivo Easy VR y una placa microcontroladora (Arduino) a través de una conexión vía Bluetooth.

Mediante los avances tecnológicos se ha logrado que los artefactos presentes en una casa se comuniquen entre sí, y, a su vez reciban órdenes mediante un dispositivo móvil, área que se denomina domótica. Este mismo escenario se puede aplicar al control de otros dispositivos, empleando actuadores y sensores que pueden ser accionados desde un Smartphone.

A continuación, mencionamos algunos atributos de las redes inalámbricas, tecnología aprovechada en los sistemas de automatización y control:

1. **Movilidad:** Este tipo de redes permite que la información pueda ser desplazada de un dispositivo a otro en tiempo real y desde cualquier punto que se disponga, esto ayuda que la productividad aumente, así como, la optimización de recursos.

2. **Costos bajos:** Una importante característica y beneficio de esta tecnología es que al ser dinámica logra optimizar varios recursos dando como resultado una disminución de costo significativa, además tiene un mayor tiempo de vida.
3. **Escalabilidad:** Esta tecnología permite una mayor soltura al momento de realizar algún cambio dentro de su topología porque carece de complejidad y no tiene diferencia si se realiza dentro una red pequeña o en grandes redes.
4. **Facilidad de instalación:** Una de las ventajas de la tecnología inalámbrica es que no necesita de una gran infraestructura para funcionar, no requiere de una gran obra en donde se utilice cables lo que permite una importante reducción de costos.
5. **Flexibilidad:** Al ser una red inalámbrica permite que la comunicación entre dispositivos tenga un mayor alcance e incluso puede llegar a lugares de muy difícil acceso razón por la cual se lleva por delante a la tecnología que utiliza cable.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las personas con discapacidad física motora enfrentan día a día dificultades para desplazarse incluso en entornos conocidos, el diseño e implementación de hardware y software de un prototipo de silla de ruedas enfocado a las personas con discapacidad motriz de la provincia de Chimborazo del cantón Riobamba, es una herramienta complementaria de ayuda para la movilidad.

Actualmente en la ciudad de Riobamba las personas con este tipo de limitaciones físicas necesitan de la ayuda de una silla de ruedas para realizar su movilidad de un lugar a otro, este tipo de sillas de ruedas son en su mayoría de accionamiento manual es decir necesita un esfuerzo físico realizado por una persona, esto provoca que limitaciones o a su vez que se dependa de terceros para el movimiento.

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende contribuir hacia las personas con algún tipo de limitaciones físicas permitiendo su movilidad por sus propios medios, evitando así la intervención de terceros para su movilidad.

El costo de diferentes tipos de sillas de ruedas con motores eléctricos es alto, lo que imposibilita que personas con discapacidad y escasos recursos no puedan acceder a este tipo de tecnología, al implementar un prototipo de silla de ruedas automatizada y controlada mediante un Smartphone se pretende sentar un precedente para que se pueda instalar este tipo de sistema a sillas de ruedas convencionales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Existen discapacidades motoras que limitan el desplazamiento de las personas que las poseen y las obligan a depender de dispositivos externos como la silla de ruedas; este es el caso de la cuadriplejía total, que impide cualquier movimiento y por ende la manipulación y control clásico de estos implementos, relegando a la persona una dependencia total para la realización de los más simples procesos de desplazamiento y a un decaimiento emocional por la incapacidad sostenida (García, 2013).

Este proyecto de investigación está enfocado a la población con discapacidad física parcial o total, este prototipo es una herramienta a disposición de este segmento poblacional, la tecnología actual permite desarrollar herramientas cada vez más sofisticadas enfocadas a ayudar a los no videntes, como la presentada en este estudio.

Android es una aplicación con código abierto proporciona herramientas de fácil uso para el diseño de códigos para la creación de aplicaciones móviles. En el desarrollo de las aplicaciones móviles se llevan a cabo el desarrollo de tareas como: programación de botones, desarrollo de interfaz gráfica, etc. En la actualidad se conoce sobre la creación de aplicaciones en el área de salud que permite ayudar al mejoramiento de la alimentación sana, control de presión arterial y cronómetros para el mejoramiento de la actividad física de las personas.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades en el Ecuador se registran 472213 personas con alguna discapacidad según el último censo realizado el año de 2021, de estas personas el 45,84% son de tipo física, las dificultades que estas personas poseen son: descoordinación de movimientos, escasez de fuerza, movilidad reducida, estos problemas son los que impiden realizar actividades de la vida cotidiana delimitando su desarrollo personal y social.

En este tema de proyecto se presenta a la necesidad de las personas con discapacidad motriz para poder ejercer su movilidad de forma libre es decir con un grado de autonomía que radica en no depender de otra persona; una silla de ruedas involucra tener los recursos económicos necesarios para poder adquirirla, una silla de ruedas eléctrica es muy costosa

por lo que no todas las personas con discapacidad pueden tener acceso a ellas, debido a esto y a los grandes se avisto la necesidad de la implementación de una aplicación móvil para el control de una silla de ruedas basado en Android a través de un Bluetooth con las conexión de la silla y el teléfono móvil, el prototipo permitirá una fácil adaptación a una silla de ruedas convencional para el acceso de todas las personas con discapacidad física.

Esta herramienta es un sustancial aporte tecnológico que permitirá un cambio de vida en las personas con este tipo de discapacidad motriz, se ha buscado con contribución con este proyecto para que las personas no sean dependientes y puedan ser incluidos en la sociedad sin ningún defecto.

El presente proyecto de investigación pretende presentar este avance de tecnología en la ciudad, así como en el país de manera general, el cual es un proyecto aplicable, lo que servirá como base para ideas nuevas y aplicaciones futuras para sillas de ruedas, causando diversos beneficios para sus usuarios.

El país posee políticas de inclusión para personas con discapacidad motora reducida, lo que ha permitido mejorar la cultura de compromiso ciudadano, las sillas de ruedas suministradas por parte de entidades gubernamentales, así como diferentes fundaciones, son del tipo manual, lo que ha permitido una solución para personas que poseen cierta limitación motriz (movimiento de piernas) permitiendo así que puedan tener movilidad y un grado de autonomía.

Debido al diseño que presentan este tipo de silla de ruedas personas que solo puedan mover una mano o no posean movilidad en sus extremidades inferiores o superiores no pueden movilizarse al no ser con la ayuda de otra persona, este tipo de personas necesitan de una silla de ruedas eléctrica, debido a las condiciones económicas de la población no pueden tener acceso a este tipo de instrumento.

Esta investigación pretende solucionar las limitaciones que presentan las personas con algún tipo de limitación de movilidad motriz, lo que permitirá mejorar las condiciones de vida además de facilitar la adquisición o adaptación de una silla de ruedas de bajo coste y que se pueda manejar de manera sencilla, con una alta calidad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Desarrollar e implementar una aplicación móvil para el control de movimiento básico de una silla de ruedas desarrollado en Android.

1.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar los diseños a ser implementados en la silla de ruedas.
- Automatizar la parte mecánica en la silla de ruedas.
- Desarrollar los softwares a utilizarse en la placa Arduino y aplicación móvil del prototipo.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.

2. CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. DISCAPACIDAD MOTORA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido al término discapacidad como toda restricción o ausencia de la capacidad de realizar una actividad dentro del margen que se considera normal para un ser humano (OMS, 2021), las personas con discapacidad llegan a experimentar desigualdades en la salud, la OPS busca mejorar la etiqueta sanitaria y la inclusión del sistema de salud para las personas con discapacidad (OPS/OMS, 2020).

Entre los distintos tipos de discapacidad, la discapacidad física motriz se puede definir cuando una persona tiene un estado físico que le impide de forma permanente e irreversible moverse con la plena funcionalidad, afecta al aparato locomotor e incide especialmente en las extremidades, aunque también puede aparecer como una deficiencia en la movilidad de la musculatura esquelética (ODF, 2016).

De acuerdo con el tipo de discapacidad motriz, se puede clasificar dos categorías, ambulatorios y no ambulatorios; los ambulatorios son las personas que manipulan elementos como bastones, muletas, andaderas, etc. Debido a que pueden usar sus miembros inferiores para sostenerse en pie; los no ambulatorios son las personas que forzosamente deben usar una silla de ruedas para moverse, debido a que no pueden usar sus extremidades inferiores y en algunas ocasiones también las extremidades superiores.

Entre los diferentes tipos de discapacidad, la física motora se origina cuando una persona tiene un estado físico que impide de manera permanente o irreversible moverse con plena funcionalidad de su sistema motriz (ODF, 2016), las deficiencias se pueden denominar según el número de extremidades y las partes del cuerpo afectadas, de acuerdo a esta definición se originan las siguientes variantes:

- **Monoplejía**, se trata de una parálisis de una única extremidad.
- **Paraplejía**, se trata de la parálisis de la mitad inferior del cuerpo.
- **Tetraplejía**, se trata de la pérdida de movilidad de todas las extremidades.
- **Hemiplejía**, se trata de la parálisis de un lado del cuerpo.

2.1.1. Condiciones que producen discapacidad física

Existen diferentes condiciones que pueden producir discapacidad física, puede ser por ejemplo condiciones genéticas como es el caso de la enfermedad fibrosis quística; de igual pueden provocar discapacidad física accidentes, amputaciones, sin embargo, existen otras condiciones que afectan al cerebro, la médula espinal y la musculatura, a continuación, se enlista cada una de estas condiciones:

a) Daños cerebrales

- Daño Cerebral Adquirido (DCA). – se trata de una lesión repentina en el cerebro, se origina de manera abrupta y puede presentar una diversa variedad de secuelas, entre las que se encuentran las físicas.
- Parálisis Cerebral. – se trata de una afectación crónica que se origina durante el desarrollo cerebral del feto o del bebé, produce graves secuelas como la rigidez, agitación, convulsiones o incluso parálisis de los músculos.

b) Daños en la médula espinal

- Lesión en la medula espinal. – se trata de una lesión cuando se recibe demasiada presión en la espalda, se corta la circulación de sangre y oxígeno; estas condiciones llevan a una disfunción motriz y sensorial.
- Espina bífida. – se trata de una formación incompleta de la espina dorsal en el útero de la madre, los síntomas son variables, pero en casos más graves pueden conllevar a la parálisis en las piernas.
- Esclerosis múltiple. – se trata de un daño en la capa de mielina que recubre la médula espinal, lo que puede producir diversos síntomas, entre los cuales están la pérdida de control motriz, así como la difusión del sistema locomotor.

c) Daños en la musculatura

- Distrofia muscular. – se trata del conjunto de trastornos que llevan a la debilitación y la pérdida de masa muscular, los síntomas pueden incluir dificultad para caminar, restricciones en la moción conjunta.

2.2. HERRAMIENTAS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD

En la actualidad existen diversos mecanismos que permiten ayudar al desplazamiento de personas con discapacidad ya sea por las calles de la ciudad, hogares, edificios, escaleras, entre otros, a continuación, se detalla cada una de estas herramientas:

- **Silla de orugas.** – se trata de equipos que permiten a las personas desplazarse por escaleras, sin la necesidad que estas se conviertan en un obstáculo.



Figura 1:Silla con orugas

Fuente: <https://bit.ly/3mu0Vcg>

- **Scooter eléctrico.** – es una herramienta diseñada para el desplazamiento para distancias medias, brindan comodidad además de poder ser desmontables.



Figura 2: Scooter eléctrico.

Fuente: <https://bit.ly/3BisL1v>

- **Silla de ruedas eléctrica.** - se trata de una silla de ruedas motorizadas, son ideales para el desplazamiento realizando un esfuerzo menor, poseen un radio de giro pequeño por lo que son versátiles en lugares pequeños.



Figura 3: Silla de ruedas eléctrica

Fuente: <https://bit.ly/3ahzAo5>

- **Silla de ruedas estándar.** – se trata de una silla de ruedas convencional que necesita de fuerzas aplicadas a las ruedas para poder realizar el movimiento.



Figura 4: Silla de ruedas convencional.
Fuente: <https://bit.ly/3DcLXhw>

2.3. SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL

La elección de una silla de ruedas es una parte fundamental para la persona con discapacidad, no todas las personas poseen las mismas proporciones de sus extremidades, la silla de ruedas se debe ajustar de acuerdo a estas medidas, además se debe considerar el peso, y el tipo de terreno en donde se realizará el movimiento.

Al no tener en cuenta estos requerimientos el usuario podría sufrir problemas de ergonomía (MEDICAL, 2015); de acuerdo a la OMS se recomienda que se base en la normativa ISO 7176 para las correctas adaptaciones que los países deben realizar de acuerdo a su realidad.

2.3.1. Elementos básicos de una silla de ruedas convencional

Conocer los elementos que conforman la silla de ruedas es de vital importancia para el análisis y acople de diferentes elementos, así como para el correcto funcionamiento de la silla de ruedas, estos elementos se pueden observar en la figura 5.

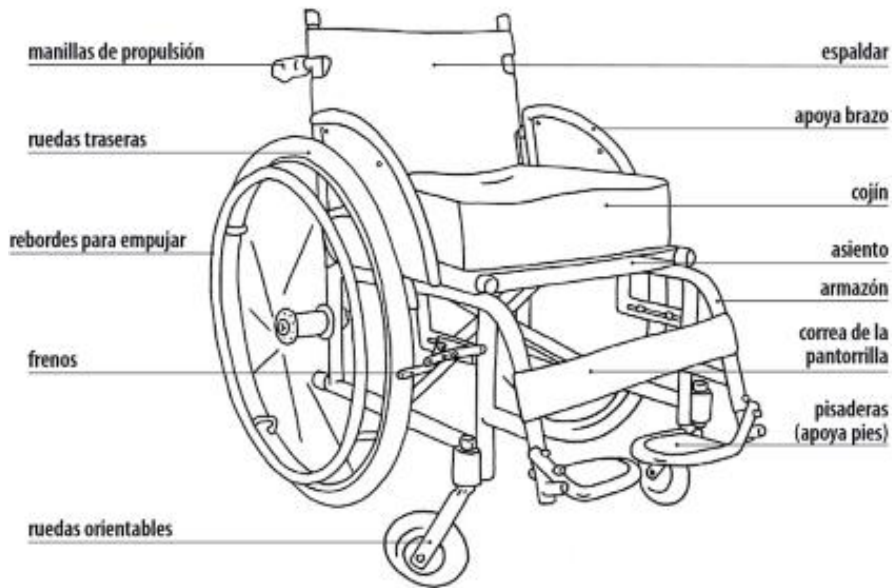


Figura 5: Elementos de una silla de ruedas convencional.
Fuente: (OMS, 2021)

De los elementos señalados anteriormente los que se pueden considerar más importantes son las ruedas, las mismas que dependen de cada persona, si la persona con discapacidad puede mover sus brazos las ruedas vienen equipadas con un rin de propulsión al costado (IMAGINA, 2016).

2.3.2. Elementos básicos de una silla de ruedas eléctrica

A diferencia de una silla de ruedas convencional, la silla eléctrica incorpora en su estructura dos motores que permiten la movilidad de la misma, este tipo de silla de puede controlar mediante un mando que está incorporado en su estructura llamado joystick, evitando así que el usuario realice algún esfuerzo físico con sus brazos.



Figura 6: Elementos de una silla de ruedas eléctrica.
Fuente: <https://bit.ly/3BpQYTG>

2.4. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE SILLA DE RUEDAS CONVENCIONAL

Para convertir una silla de ruedas convencional a una silla de ruedas eléctrica involucra elementos tanto mecánicos como electrónicos, el proceso de llevar una silla de ruedas convencional a una eléctrica se denomina automatización, los mismos que se detallan a continuación

2.4.1. Placa Arduino

Es una placa electrónica que basa su funcionamiento en un micro controlador que es un circuito integrado el cual realiza ordenes previamente programadas, la placa seleccionada para esta investigación se denomina placa Arduino Mega 2560 tal como se puede observar en la figura 7, la misma que dispone un micro controlador Atmega 2560, posee un gran poder de cómputo, mayor capacidad de memoria en comparación a otras placas (González, 2016).

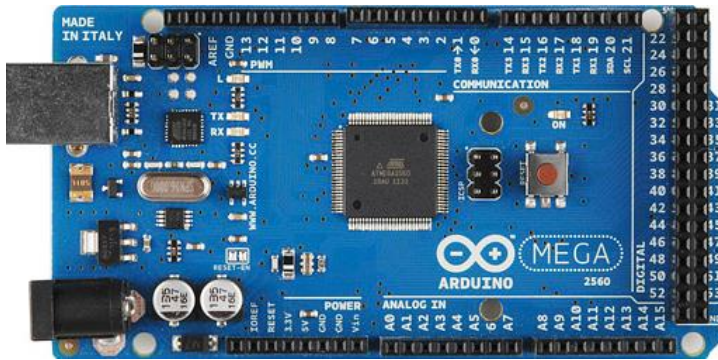


Figura 7: Arduino Mega
Fuente: <https://bit.ly/3FrjwhJ>

El Arduino Mega 2560 posee las siguientes características:

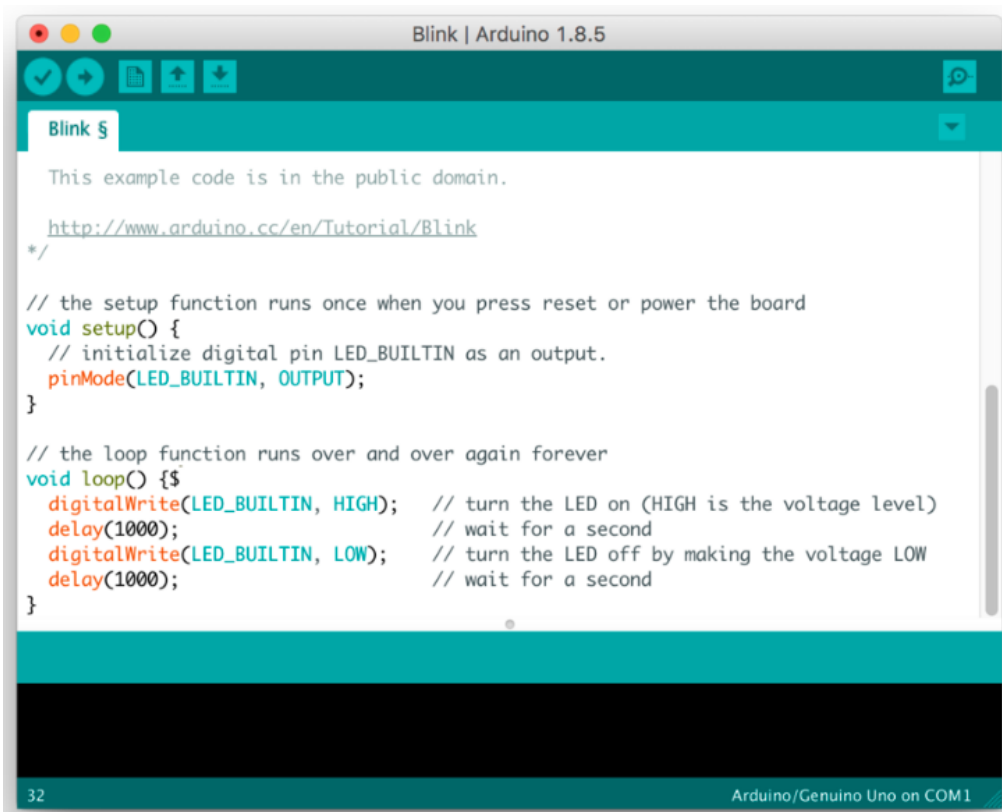
- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- Pines analógicos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16 MHz

Arduino puede ser programado de una manera muy fácil utilizando el lenguaje propio de Arduino junto con la interfaz Arduino IDE. (González, 2016).

2.4.2. Arduino IDE.

El entorno de desarrollo integrado (IDE) es una multiplataforma que se basa en lenguaje Java, es usado para elaborar y cargar programas en placas compatibles con Arduino, también

se puede crear y cargar programas de otros desarrolladores mediante la ayuda de otros núcleos de programación (Purdum, 2015).

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink | Arduino 1.8.5". The main text area contains the following code:

```
This example code is in the public domain.

http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
```

The status bar at the bottom indicates "32" on the left and "Arduino/Genuino Uno on COM1" on the right.

Figura 8: Arduino IDE
Fuente: <https://bit.ly/3uRvj43>

Una de las ventajas de esta multiplataforma es que trabaja bajo licencia de código público general, además que admite los lenguajes universales C y C++ lo que genera reglas especiales de estructuración de códigos generales. Además, el IDE Arduino emplea avrdude que permite convertir las líneas de código en un archivo ejecutable con codificación hexadecimal (Wikipedia, 2015).

2.4.3. Driver de motores

Un driver de motores es un circuito electrónico que permite que un motor eléctrico de corriente continua (DC) gire en ambos sentidos, además de controlar su velocidad, estos drivers comúnmente se denominan Puente H (Ingeniería Mecafenix, 2018), la selección de este componente electrónico depende principalmente de la corriente que consume el motor.

Para el desarrollo de esta investigación se ha seleccionado un puente H de 50 amperios, el mismo que se puede observar en la figura 9.

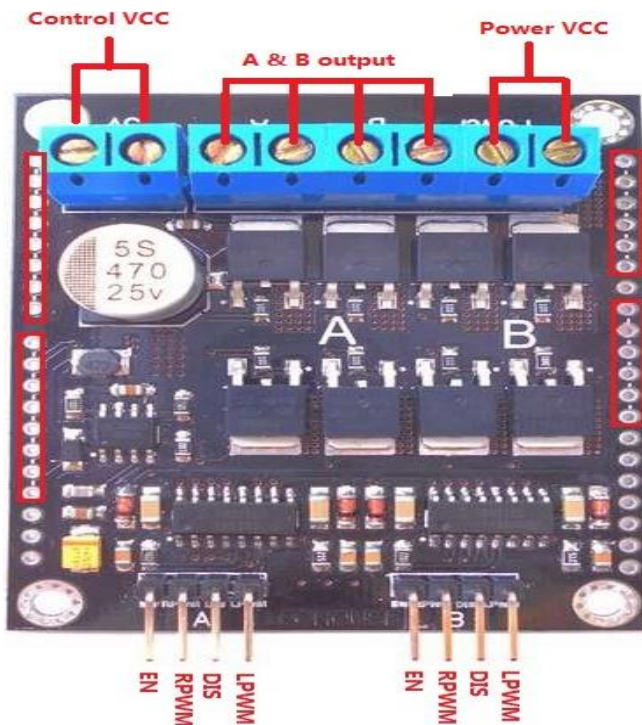


Figura 9: Driver 50A doble canal.
Fuente: <https://bit.ly/3af8bTy>

Las características de este driver se detallan a continuación:

- Corriente máxima (carga): 150A
- Recomendar corriente de trabajo máxima (carga): 50A
- Potencia VCC (carga): 0 V ~ 30 V
- Recomendar potencia VCC (carga): 12V ~ 26V
- Control de VCC: 4 V ~ 12 V
- Control de voltaje TTL: 2,5 V ~ 12 V

2.4.4. Bluetooth Hc-05

La comunicación Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que permite la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz (Enrique Crespo, 2016). Los objetivos principales que esta norma permite son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre estos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Estos dispositivos son de bajo consumo, poseen un alcance corto de emisión y recepción, los dispositivos que usan este protocolo de comunicación se enlazan entre si al encontrarse dentro de su alcance, los módulos más frecuentes que se encuentran en el mercado son los módulos HC-06 y HC-05 que son muy económicos y están disponibles independientes o en modo SHIELD y para zócalo XBEE (Enrique Crespo, 2016).

En el desarrollo de esta investigación se utilizó el módulo HC-05, el mismo que se puede visualizar en la figura 10.

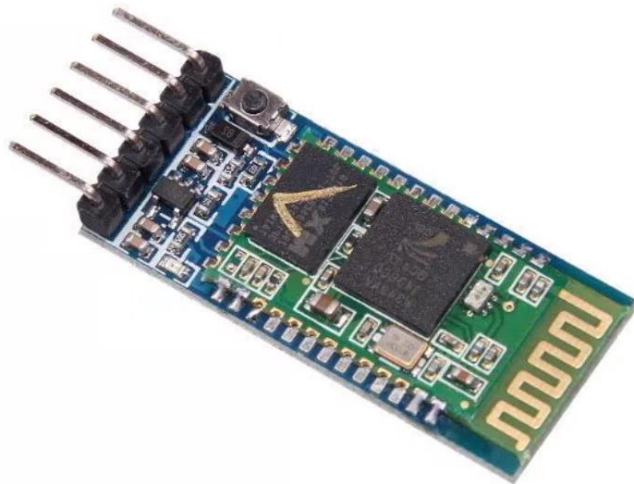


Figura 10: Módulo Bluetooth HC-05
Fuente: <https://bit.ly/3Blfogl>

Sus especificaciones técnicas son:

- Voltaje de funcionamiento: 4 V a 6 V (normalmente + 5 V)
- Corriente de funcionamiento: 30 mA
- Alcance: <10 m a la redonda sin obstáculos gruesos
- Funciona con comunicación en serie (USART) y compatible con TTL ideal Arduino y otros microcontroladores.

- Sigue el protocolo estandarizado IEEE 802.15.1
- Utiliza espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS).
- Puede operar en modo maestro, esclavo o maestro / esclavo
- Se puede conectar fácilmente con computadoras portátiles o teléfonos móviles con Bluetooth.

2.4.5. Motorreductores

Los motorreductores son elementos mecánicos formados por uno o varios engranes que permiten ajustar la velocidad y potencia mecánica de un motor de corriente continua o alterna (TERCESA, 2017).

Los reductores de velocidad o motorreductores son apropiados para el buen accionamiento de las máquinas y aparatos que necesitan reducir su velocidad eficientemente. Ejemplos de este proceso son un compresor industrial o un automóvil.

El motorreductor sirve para dar la capacidad de iniciar el movimiento por ejemplo del vehículo o del motor del compresor y mantener la velocidad.

Este sistema mecánico posee las siguientes desventajas:

- Tienen un elevado costo.
- Mientras está funcionando hace un fuerte ruido.
- Precisa de un mantenimiento para conservarse en óptimas condiciones de funcionamiento.

Mientras que posee las siguientes ventajas:

- Más eficacia para la transmisión de la potencia proporcionada por el motor.
- Más seguridad en la transmisión, para reducir así el coste en el mantenimiento.
- Se necesita menos espacio y proporciona rigidez al montaje.
- Reduce los tiempos para su instalación.

El modelo del motorreductor que se utilizó en esta investigación se puede observar en la figura 11, el mismo que se puede encontrar en las motos o vehículos que utilizan los niños.



Figura 11: Motorreductor Fulihua 550

Fuente: <https://amzn.to/3lfOTDP>

Este tipo de motores poseen las siguientes características:

- Voltaje: 12 V.
- Potencia: 45 W.
- Corriente Nominal: 3.75 A
- Posee una velocidad de 10000 rpm

2.4.6. Mit App inventor

AppInventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google para la elaboración de aplicaciones para celulares con sistema operativo Android. El entorno de programación es gratuito y se puede acceder fácilmente desde la web es decir que es programación en la nube sin la necesidad de la instalación de ningún software extra. Las aplicaciones creadas con AppInventor están limitadas debido a su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil (Programo Ergo Sum, 2020).

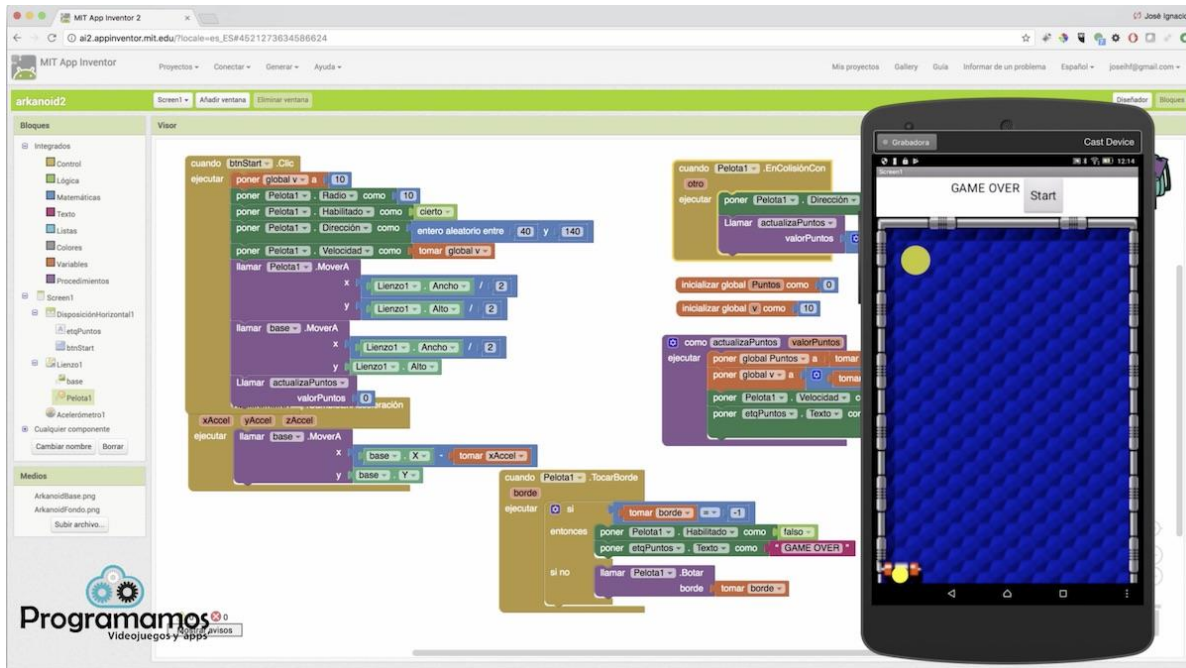


Figura 12: MIT App Inventor
Fuente: <https://bit.ly/3uP9t0Y>

Las ventajas de utilizar este entorno de programación son:

- Se pueden crear aplicaciones por medio de bloques de manera intuitiva y gráfica, sin necesidad de saber código de programación, tal como se puede observar en la figura 12.
- Se puede acceder en cualquier momento y cualquier lugar siempre que se tenga acceso a internet.
- Ofrece la posibilidad de varias formas de conectividad: directa, wifi y por medio de un emulador propio.

Permite descargar la aplicación .apk al computador o generar un código de barras para descarga directa en el smartphone.

2.4.7. Batería 12v

“El funcionamiento de las baterías está basado en la pila electroquímica. Existen dos electrodos, uno positivo y otro negativo, que al conectarlos formando un circuito cerrado, generan una corriente eléctrica, es decir, los electrones fluyen de manera espontánea de un

electrodo a otro. Las baterías están formadas por varios pares de electrodos que se sitúan en compartimentos independientes llamados celdas. En las celdas los electrodos están sumergidos en una disolución que recibe el nombre de electrolito (Autosolar Energy Solutions, 2015)”.

Las baterías de plomo ácido, el electrodo positivo se compone de una placa de plomo recubierta por óxido de plomo, PbO_2 , y el electrodo negativo está compuesto de plomo esponjoso. Reciben el nombre de baterías de plomo ácido debido a que se utilizan como electrolito una disolución de ácido sulfúrico, en la figura 13 se puede observar los componentes de una batería de plomo ácido.

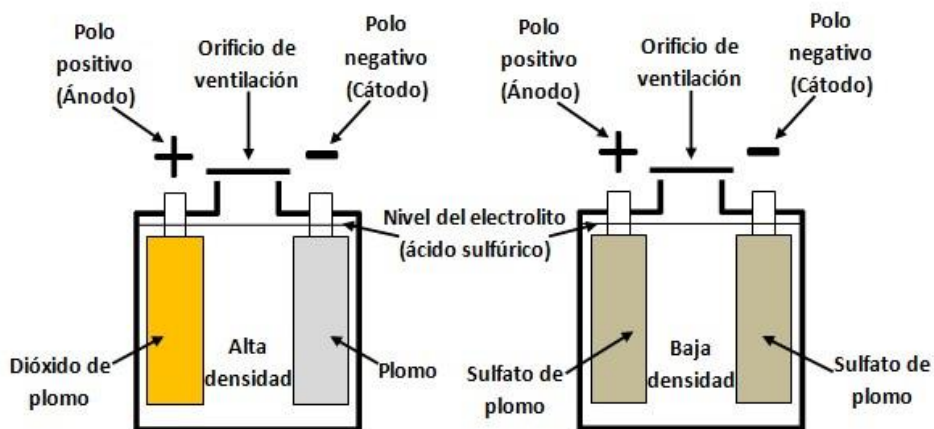


Figura 13: Batería de plomo ácido

Fuente: <https://bit.ly/3uMaPd9>

3. CAPÍTULO III
ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

3.1.1. Descripción de la población

La implementación de la presente investigación sobre una aplicación para el control de una silla de ruedas automatizada permite contribuir al mejoramiento de personas con limitaciones físicas en la ciudad de Riobamba; el prototipo de silla de ruedas está dirigido a niños comprendidos en la edad de 5-10 años, o que estén dentro del rango de peso de 25Kg, logrando con esto que tengan una mejor forma de vida ya que no dependerán de terceras personas, además de aportar con seguridad y eficiencia a este tipo de herramientas.

3.1.2. Tipos de investigación

Para el desarrollo de este prototipo se usó los siguientes tipos de investigación:

- **Investigación Bibliográfica.** – Mediante la utilización de este tipo de investigación se pudo recopilar la mayor cantidad de información en base a trabajos de titulación de ingeniería, receptando la información que sea necesaria para el procesamiento y posteriormente la referenciación del trabajo investigativo, en lo relacionado a la parte teórica.
- **Investigación de Campo.** – Con la implementación de este tipo de investigación, se realizó la recopilación de datos como: el peso de personas con discapacidad, horas de uso de la silla de ruedas, ángulos de inclinación de las rampas para silla de ruedas, datos apegados a la realidad y que permitieron el correcto desempeño del prototipo.

3.2. ANÁLISIS

3.2.1. Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones de un proyecto o investigación. Lo que ayudará a determinar si el proyecto está técnico, operacional, económico y legalmente apto para su desarrollo o aplicación. A continuación, se detalla cada una de las factibilidades:

- **Factibilidad Técnica**

El presente prototipo resulta factible debido a que se cuenta con todos los materiales además del software necesario para su elaboración e implementación, esto conlleva a un desarrollo óptimo del prototipo.

Luego de realizar la investigación necesaria el autor de este trabajo posee los conocimientos necesarios para la elaboración de aplicaciones móviles, programación de placas Arduino, así como conocimientos electrónicos básicos.

- **Factibilidad Operativa**

Tras analizar la situación de los usuarios de sillas de ruedas, se determina que existe una inconformidad en la movilidad de personas con discapacidad motriz además debido a su limitado accesos a una herramienta innovadora, se inicia este proyecto con una exhaustiva la indagación sobre el segmento de población con bajos recursos económicos con discapacidad motriz, el prototipo desarrollado permitirá la movilidad optima de personas con discapacidad.

- **Factibilidad Económica**

En cuanto tiene que ver con la elaboración del prototipo se maneja el siguiente costo:

Tabla 1. Factibilidad Económica

ARTICULO	VALOR (dólares)
Silla de ruedas	200.00
Motorreductores	100.00
Arduino Mega 2560	25.00
Bluetooth HC-05	7.00
Driver de motores	75.00
Acoples mecánicos	50.00
Soporte sistema control	25.00
Batería	50.00
Varios	20.00
Total	552.00

Al usar software libre no se contabiliza un costo de licencias, además el smartphone esta fuera del presupuesto total ya que se considera que en la actualidad toda persona posee uno.

- **Factibilidad Legal**

La aplicación y el prototipo propuesto está desarrollado con herramientas Open Sources, por lo tanto, no se tendrá inconvenientes legales a futuro. Además, al tratarse de una investigación, todos los derechos de autoría y propiedad intelectual, por lo que es factible en su implementación.

La factibilidad legal permite determinar los derechos que tienen los autores sobre la documentación realizada por estos en este proyecto, la cual es exclusividad de los desarrolladores de este sistema, por tal motivo queda prohibida la distribución y reproducción de este documento, tales como la publicación impresa o su grabación (Calderón, 2020).

3.2.2. Estudio de requerimientos

Para determinar los requerimientos que permitieron definir las funciones que debe cumplir el prototipo, así como la aplicación, se utilizó un conjunto de técnicas y procedimientos además permitió determinar las posibles restricciones que se debe cumplir.

- **Requerimientos Funcionales (RF)**

Estos requerimientos permiten definir que función debe realizar el prototipo y aplicación, como y cuando lo hará, y las restricciones que tendrá, a continuación, se detallan los RF de la aplicación en la tabla 2:

Tabla 2. Requerimientos Funcionales Aplicación

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PRIORIDAD
RF_1	Enlace	La APK debe enlazar el celular con el bluetooth de la placa Arduino.	Alta
RF_2	Selección Control	El usuario debe seleccionar el método de control de la silla de ruedas en la APK, pudiendo ser estas: botones, voz, acelerómetro	Alta
RF_3	Desconexión	La APK debe realizar la desconexión de forma manual o automática del bluetooth del celular, para evitar errores de comunicación.	Media

Fuente: Autor

- **Requerimientos No Funcionales (RF)**

Tabla 3. Requerimientos no funcionales de la aplicación

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PRIORIDAD
RNF_1	Autenticación	La APK debe permitir el ingreso solo a los usuarios que dispongan de la contraseña.	Alta
RNF_2	Lógica de datos	La aplicación garantiza que los datos solo pueden ser enviados por el usuario de control, así como un único método de control	Alta
RNF_3	Uso	El sistema de la APK proporciona mensajes de error informativos que orienten al usuario sobre posibles soluciones.	Alta
RNF_4	Eficiencia	La aplicación debe responder o enviar los datos en menos de 10 segundos.	Alta
RNF_5	Escalabilidad	La APK debe ser capaz de permitir en un futuro el desarrollo de nuevas funcionalidades	Media

Fuente: Autor

Los RF del prototipo de silla de ruedas se muestra en la tabla 4:

Tabla 4. Requerimientos funcionales prototipo

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PRIORIDAD
RF_1	Enlace	El prototipo debe enlazar el bluetooth con el celular	Alta
RF_2	Recepción de datos	La placa Arduino recibe los datos y los decodifica	Alta
RF_3	Movimientos	Según la decodificación realizada se producen los movimientos para adelante, atrás, derecha, izquierda y detener la silla de ruedas.	Alta
RF_4	Batería	El prototipo garantiza el nivel de batería necesario para el desarrollo de los movimientos	Alta

Fuente: Autor

- **Requerimientos No Funcionales (RF)**

Tabla 5. Requerimientos no funcionales prototipo

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	PRIORIDAD
RNF_1	Seguridad	El prototipo solo garantiza el movimiento con datos desde la APK	Alta
RNF_2	Lógica de datos	El prototipo garantiza que los datos no están llenos de inconsistencias	Alta
RNF_3	Uso	El prototipo muestra mensajes informativos que orienten al usuario sobre el estado del prototipo	Alta
RNF_4	Eficiencia	El prototipo debe responder o enviar los datos en menos de 10 segundos.	Alta
RNF_5	Escalabilidad	El prototipo debe ser capaz de permitir en un futuro el desarrollo de nuevas funcionalidades	Media

Fuente: Autor

3.2.3. Caso de uso

Los casos de uso describen los cambios de información que debe existir entre el prototipo y usuario final a través del smartphone con el que interactúan. Los actores que interactúan con el sistema se muestran a continuación:

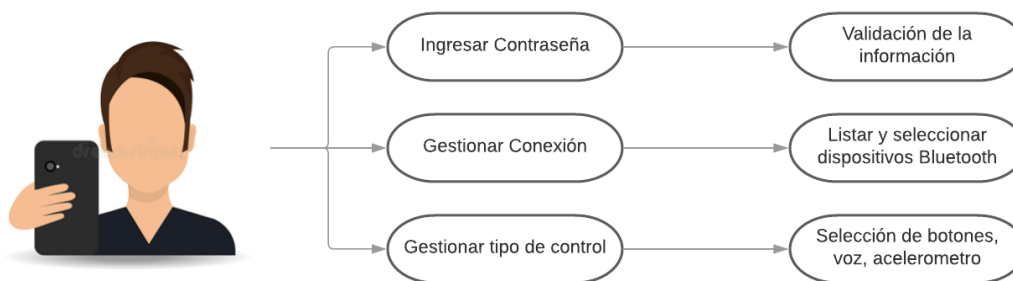


Figura 14: Funcionalidad del aplicativo.

Fuente: Autor

3.3. DISEÑO

El diseño del prototipo es un proceso que se guía por varios principios ya definidos, parte de un total dominio de donde se obtendrá un modelo conceptual, luego un modelo lógico y finalmente obtener un modelo físico que se implementó.

3.3.1. Diseño conceptual

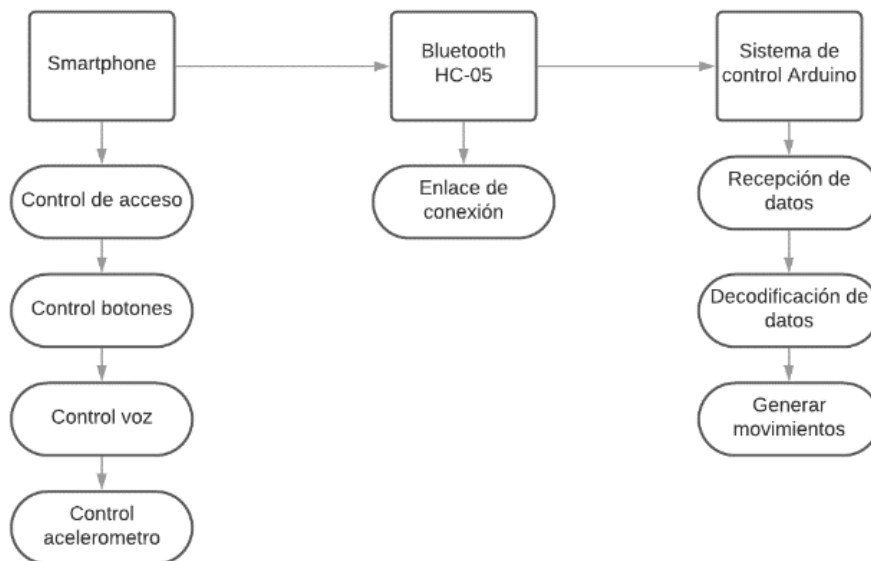


Figura 15: Compatibilidad de hardware y software

Fuente: Autor

Diseño

- APK (aplicación para smartphone)
- QR (código de barras bidimensional cuadrada)
- Puente H (circuito de control de motores)
- Vcd (Voltaje de corriente continua)
- Vac (Voltaje de corriente alterna)
- IDE (Interfaz de programación Arduino)
- **Figura 16:** pantalla principal
- **Fuente:** Autor

4. CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1. CONFIGURACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Configuración de las diferentes herramientas de hardware se la realizó mediante el uso del lenguaje de programación C, para la configuración de la tarjeta de control la cual funciona a base de microcontroladores, en este caso de la marca Arduino, a continuación, se presenta el código desarrollado en la plataforma IDE.

```
// pines del motor derecho
#define velocidad_motor_derecha 2
#define direccion1_motor_derecha 3
#define direccion2_motor_derecha 4
// pines del motor dere izquierdo
#define velocidad_motor_izquierdo 5
#define direccion1_motor_izquierdo 6
#define direccion2_motor_izquierdo 7
//// variables del programa
char c; // creo la variable del tipo caracter llamada c
String palabra; // variable para guardar todo el dato desde el bluetooth
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // velocidad de comunicacion en baudios /// comunicacion para el computador
  Serial1.begin(9600); // para el bluetooth
  pinMode(velocidad_motor_derecha,OUTPUT); /// poner el pin de velocidad como salida
  pinMode(direccion1_motor_derecha,OUTPUT);
  pinMode(direccion2_motor_derecha,OUTPUT);
  pinMode(velocidad_motor_izquierdo,OUTPUT);
  pinMode(direccion1_motor_izquierdo,OUTPUT);
  pinMode(direccion2_motor_izquierdo,OUTPUT);
  Serial.println("TESIS CONTROL SILLA DE RUEDAS POR APP"); // para escribir un mensaje en
  el computador
  Serial.println("DESARROLLADO POR: ");
  Serial.println("CARLOS XAVIER CHAMBA CRUZ");
  Serial.println("INSTITUTO TEGNOLOGICO SUPERIOR SAN GABRIEL");
  delay(1000); // ^ pausa de 1 segundo
}
```

```

void loop()
{
while (Serial1.available()) // sentencia de control para ver si el bluetooth esta disponible {
c=Serial1.read();
// palabra+=c;
Serial.println(c);
if (c=='A')
{
adelante();
}
if (c=='B')
{
atras();
}
if (c=='I')
{
izquierda();
}
if (c=='D')
{
derecha();
}
if (c=='S')
{
detener();
}
c=' ';
}
delay(100);
}
void detener()
{
analogWrite(velocidad_motor_derecha,0); /// para controlar la velocidad

```

```

digitalWrite(direccion1_motor_derecha,LOW);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion2_motor_derecha,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
analogWrite(velocidad_motor_izquierdo,0); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion1_motor_izquierdo,LOW);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion2_motor_izquierdo,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
}
void adelante()
{
analogWrite(velocidad_motor_derecha,255); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion1_motor_derecha,HIGH);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion2_motor_derecha,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
analogWrite(velocidad_motor_izquierdo,255); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion1_motor_izquierdo,HIGH);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion2_motor_izquierdo,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
}
void atras()
{
analogWrite(velocidad_motor_derecha,255); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion2_motor_derecha,HIGH);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion1_motor_derecha,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
analogWrite(velocidad_motor_izquierdo,255); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion2_motor_izquierdo,HIGH);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA

```

```

digitalWrite(direccion1_motor_izquierdo,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
}
void derecha()
{
analogWrite(velocidad_motor_derecha,0); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion2_motor_derecha,LOW);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion1_motor_derecha,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
analogWrite(velocidad_motor_izquierdo,255); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion1_motor_izquierdo,HIGH);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion2_motor_izquierdo,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
}
void izquierda()
{
analogWrite(velocidad_motor_derecha,255); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion1_motor_derecha,HIGH);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA
digitalWrite(direccion2_motor_derecha,LOW);/// ESCRIBIR CERO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHO
analogWrite(velocidad_motor_izquierdo,0); /// para controlar la velocidad
digitalWrite(direccion1_motor_izquierdo,LOW);///ESCRIBIR UNO EN EL PIN DEL MOTOR
DERECHA

```

4.2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Al considerar el diseño general del prototipo de silla de ruedas, se tomó en cuenta como modelo general los diferentes elementos, tanto la aplicación del smartphone, el sistema mecánico, y el sistema de control; se partió de un modelo general, para obtener así un modelo físico que se pueda implementar.

4.2.1. Diseño Conceptual

En el diagrama se puede observar la conectividad entre la aplicación móvil con la tarjeta Arduino mediante un módulo de control bluetooth el cual es el encargado de recibir las diferentes instrucciones pedidas por el usuario, esta a su vez es transmitida hacia los módulos de control de automatización para girar los motores que darán movilidad a la silla de ruedas. El sistema cuenta con un módulo de alimentación independiente de 25VA el cuál alimenta todo el sistema incluyendo las tarjetas embebidas y motores.

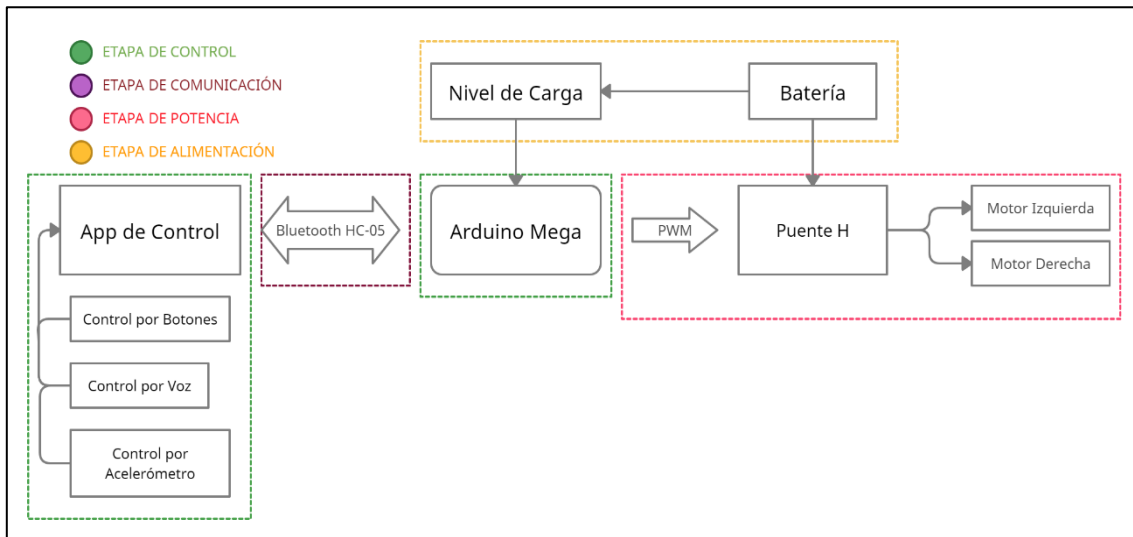


Figura 17: Diagrama Conceptual

Fuente: Autor

4.2.2. Diagrama de conexiones

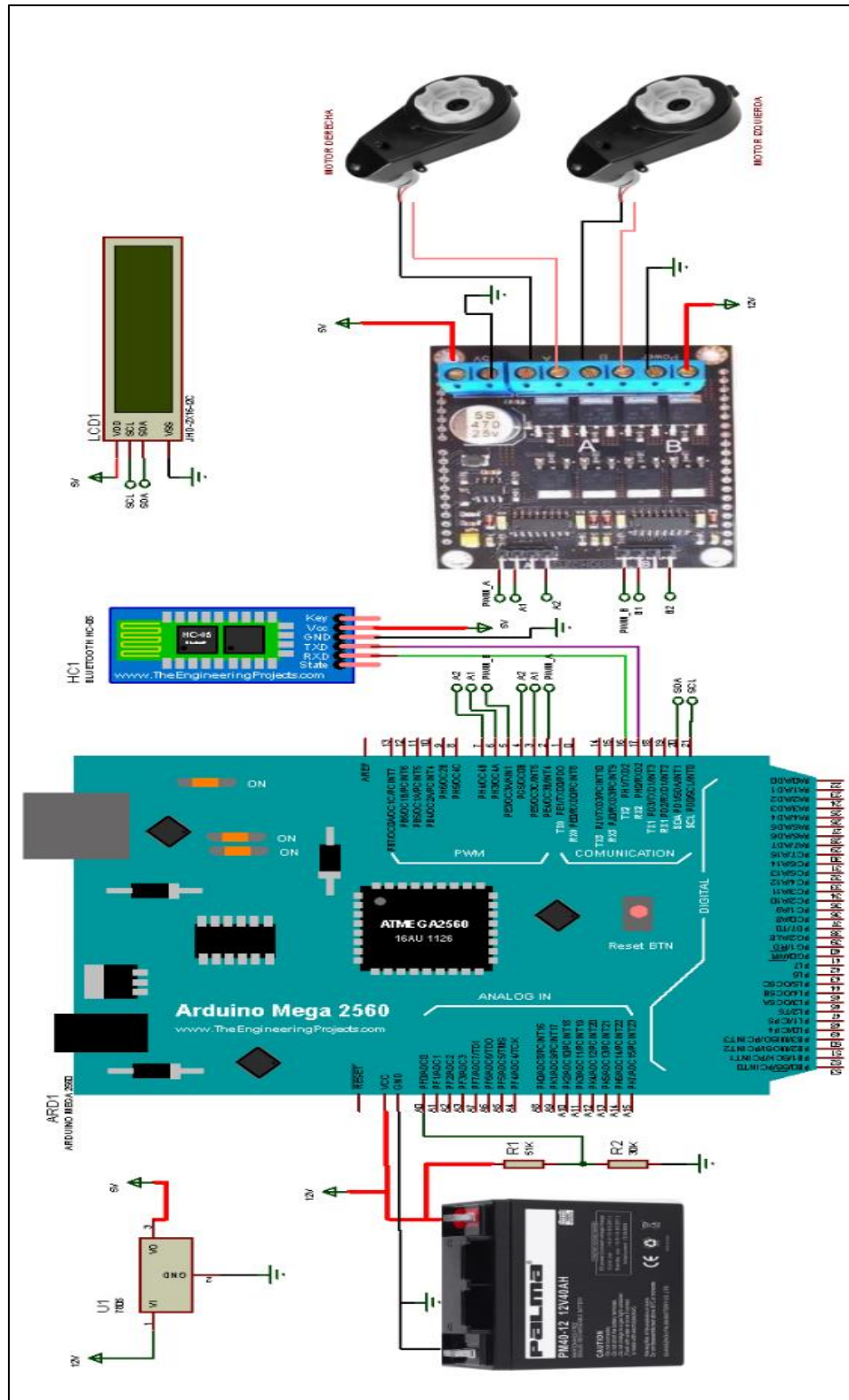


Figura 18: Diagrama de conexiones

Fuente: Autor

4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El diseño de la interfaz con la cual interactuará el usuario fue desarrollado mediante el uso del software App Inventor 2, a continuación, se muestra las principales pantallas del desarrollo de la interfaz, así como el detalle del funcionamiento de cada una de ellas.

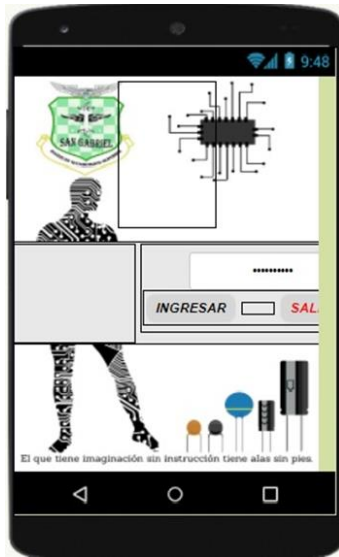


Figura 19: Autenticación
Fuente: Autor



Figura 20: Pantalla Principal
Fuente: Autor

La aplicación de control fue totalmente diseñada en la plataforma App Inventor 2, la cual es de acceso libre es decir es una plataforma open Source, como primera pantalla de la aplicación se tiene un control de acceso para que únicamente las personas autorizadas puedan controlar la silla de ruedas tal como se puede observar en la figura 18.

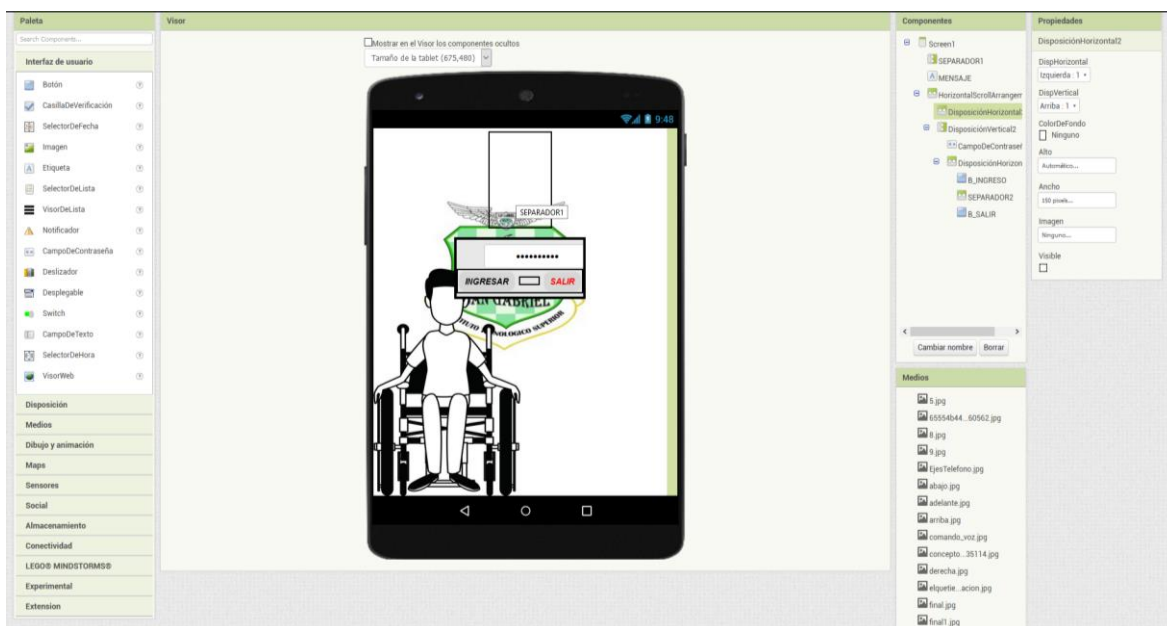


Figura 21: Diseño pantalla autenticación

Fuente: Autor

En esta pantalla de autenticación se colocó un recuadro llamado campo de contraseña, en el cual el usuario ingresa la contraseña proporcionada, este campo de contraseña se configuró para que permita el ingreso de letras y números; también se encuentran dos botones, el botón de ingresar el cual permite comparar la contraseña ingresada con la almacenada y permite el ingreso a la pantalla principal de la aplicación, caso contrario emite un mensaje de contraseña incorrecta; el botón de salir permite cerrar la aplicación en el celular.

4.3.1. Programación de la pantalla de autenticación

Una vez definida el diseño posición, forma y configuración de todos los elementos de la pantalla de autenticación se realizó la programación, la misma que tiene un formato de bloques.

En la figura 19 se muestra el proceso de comparación al accionar el botón INGRESAR.



Figura 22: Comparación de contraseña
Fuente: Autor

Como se puede observar la contraseña por defecto es “1234ABCD”, si el programa detecta que el texto ingresado en el campo de contraseña no es igual va a mostrar un mensaje de error e inmediatamente borrará el texto ingresado para que pueda volver a escribir, si el texto ingresado es correcto la aplicación mostrará la pantalla principal mediante el bloque llamado “abrir otra pantalla”.

Para el botón de salir sea presionado se debe cerrar la aplicación, esto se logró mediante el bloque “cerrar aplicación”, tal como se puede apreciar en la figura 20.

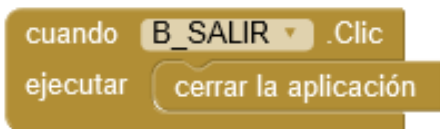


Figura 23: Programación Botón Salir
Fuente: Autor

Es importante verificar que el cuadro campo de contraseña no tenga ningún texto ya sea al empezar a ejecutar la aplicación o a su vez cuando se presione el icono de regresar del smartphone, por lo tanto, se realizó la programación para estos casos, tal como se puede observar en la figura 21.



Figura 24: Filtros del campo de contraseña
Fuente: Autor

La programación de estos filtros consiste en eliminar cualquier texto que se haya ingresado mediante el bloque “poner campodecontraseña. texto” y enlazarlo con un texto vacío, y ubicar como pista la palabra “clave” mediante el bloque “poner campodecontraseña. pista”.

4.3.2. Elaboración de la pantalla principal

En esta pantalla denominada “BOTONES” en el entorno de programación de App Inventor 2, se encuentran los métodos de control de la silla de ruedas, los mismos que son: control por botones, control por comandos de voz y control mediante el uso de un sensor acelerómetro del smartphone; al igual que la pantalla anterior, lo primero que se debe realizar es el diseño de la pantalla, la misma que se puede observar en la figura 22, esta pantalla está dividida en dos secciones: sección de Conexión Bluetooth, y selección de control.

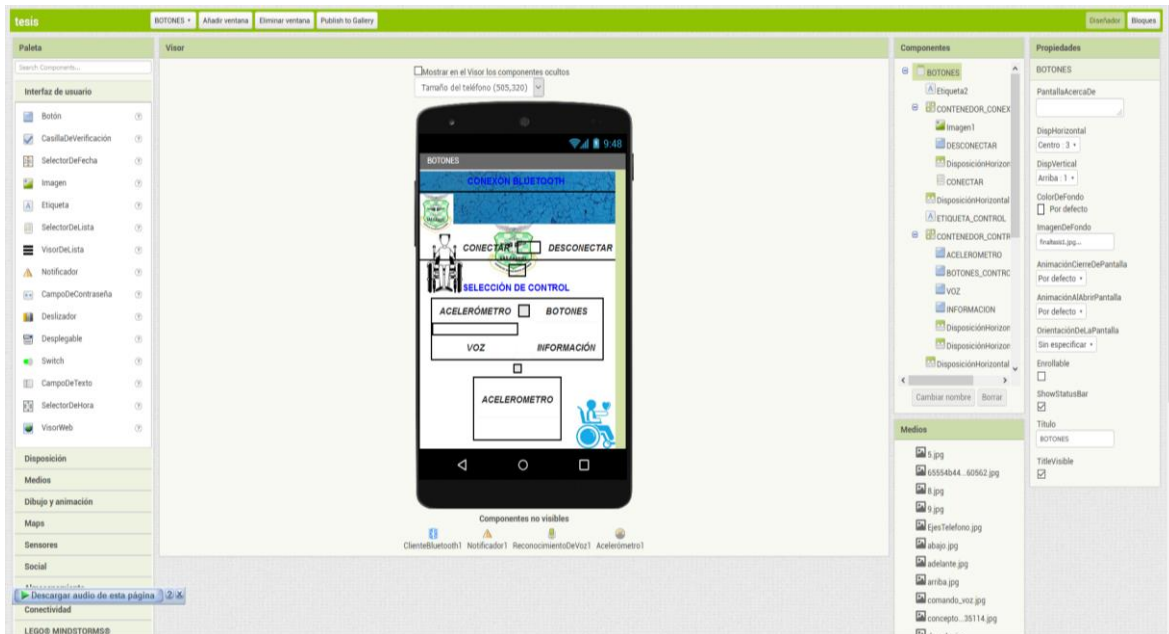


Figura 25: Pantalla Principal.

Fuente: Autor

4.3.3. Programación pantalla principal

Al ingresar a esta pantalla, la selección de control, así como los propios controles se encuentran deshabilitados, esto se logró mediante la configuración de la pantalla al iniciar con el bloque “cuando botones. inicializar”, tal como se puede observar en la figura 23, además con los bloques “poner como” se desactivan los demás elementos de la pantalla.



Figura 26: Configuración inicial de pantalla principal.

Fuente: Autor

Para habilitar los elementos de control de la aplicación, primero se debe realizar la conexión con el bluetooth HC-05 que se encuentra conectado a la placa Arduino, para esto lo primero que se debe realizar es enlazar el bluetooth HC-05 con el celular, en la configuración de smartphone seleccionar Bluetooth y buscar en dispositivos visibles el nombre HC-05, tal como se puede apreciar en la figura 24.



Figura 27: Enlace Bluetooth con Smartphone
Fuente: Autor

Una vez seleccionado el dispositivo bluetooth aparecerá una pantalla de emparejamiento en donde se debe ingresar una clave propia de cada dispositivo HC-05, la misma que es 1234, tal como se puede observar en la figura 25.

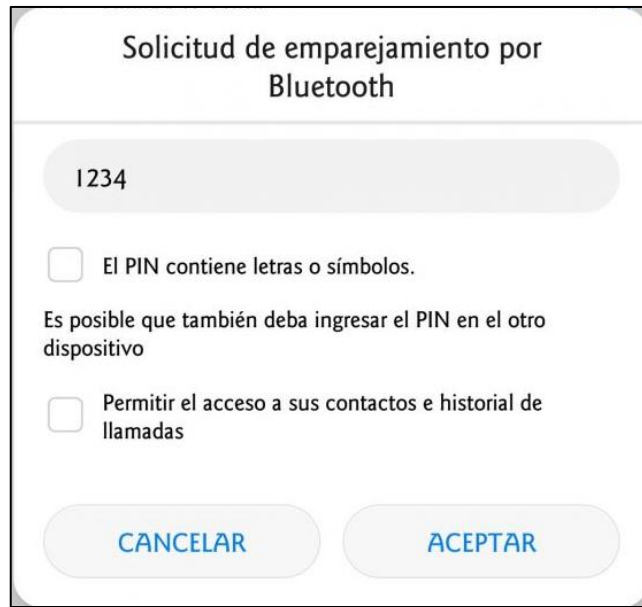


Figura 28: Clave de emparejamiento
Fuente: Autor

Con estos pasos el bluetooth HC-05 ya se encuentra enlazado o emparejado con el smartphone y se encontrará habilitado para la selección en la aplicación, caso contrario no se podrá conectar la aplicación con la placa Arduino.

Para visualizar los controles primero se debe conectar con el bluetooth HC-05 por motivos de seguridad, al presionar el botón "CONECTAR" se desplegará los elementos bluetooth que posee el smartphone, de los cuales se debe seleccionar el HC-05, la programación que permitió enlistar y seleccionar el dispositivo bluetooth se detalla en la figura 26.

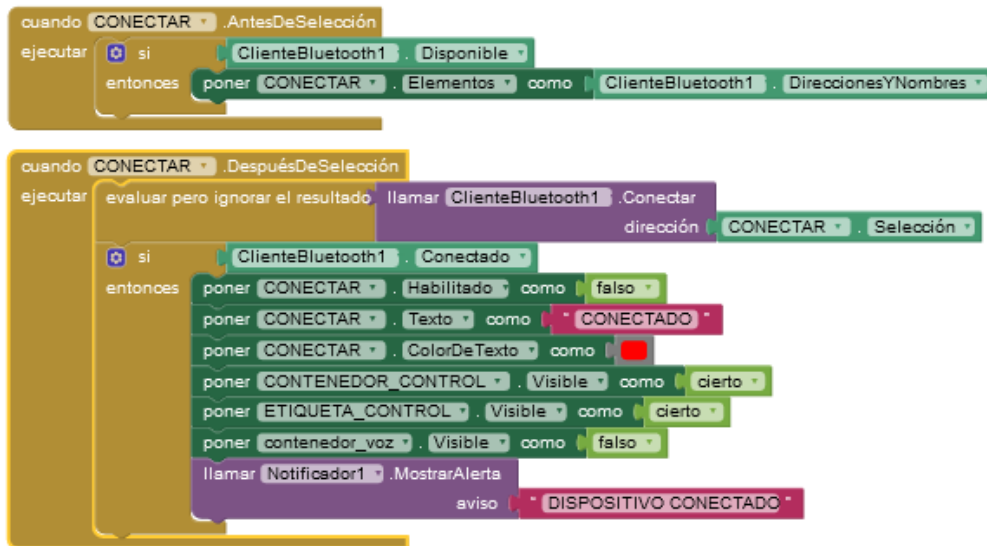


Figura 29: Selección de Bluetooth

Fuente: Autor

El bloque “conectar.antesdeSeleccion” permite realizar el control para conocer si el bluetooth del smartphone se encuentra encendido, si el mismo este encendido mediante el bloque “poner.conectar.elementos.como” ubica todos los dispositivos bluetooth que se han enlazado alguna vez al smartphone, entre los cuales de estar ubicado el bluetooth HC-05.

Mediante el bloque “conectar.despuesdeSeleccion” se puede determinar el dispositivo bluetooth que el usuario ha seleccionado, luego se realizó el control si el dispositivo seleccionado se encuentra disponible y conectado, si pasa este control automáticamente se habilitan los controles, así como el texto del botón cambia a conectado, mediante el uso del bloque “poner.como”, de igual manera se muestra un mensaje de alerta “DISPOSITIVO CONECTADO”.

El botón desconectar permite realizar una desconexión segura entre el bluetooth del smartphone y el HC-05, si únicamente se cierra la aplicación sin realizar una desconexión se puede provocar errores de funcionamiento en el smartphone, por lo que se debe realizar la desconexión antes de cerrar la aplicación, el bloque “cuando.desconectar.clic” permite realizar la acción de desconexión cuando sea presionado el botón, tal como se puede observar en la figura 27.



Figura 30: Botón desconectar

Fuente: Autor

Luego que los controles se habilitan el usuario debe seleccionar el tipo de control: botones, comandos de voz, acelerómetro, para ello el usuario cuenta con una sección en donde se encuentran botones con estos nombres, tal como se puede observar en la figura 28.



Figura 31: Selección de control

Fuente: Autor

Cuando el usuario seleccione el control por medio de botones, se mostrará en la parte inferior de la pantalla del Smartphone cuatro botones en forma de flecha tal como se puede observar

en la figura 29, los mismos que permitirán mover la silla para adelante, atrás, girar a la derecha e izquierda.



Figura 32: Botones de control

Fuente: Autor

Para lograr el efecto que los botones de control se muestren solo cuando se seleccionan se utilizaron los bloques “cuando.clic” y “poner.visible como”, tal como se puede observar en la figura 30.

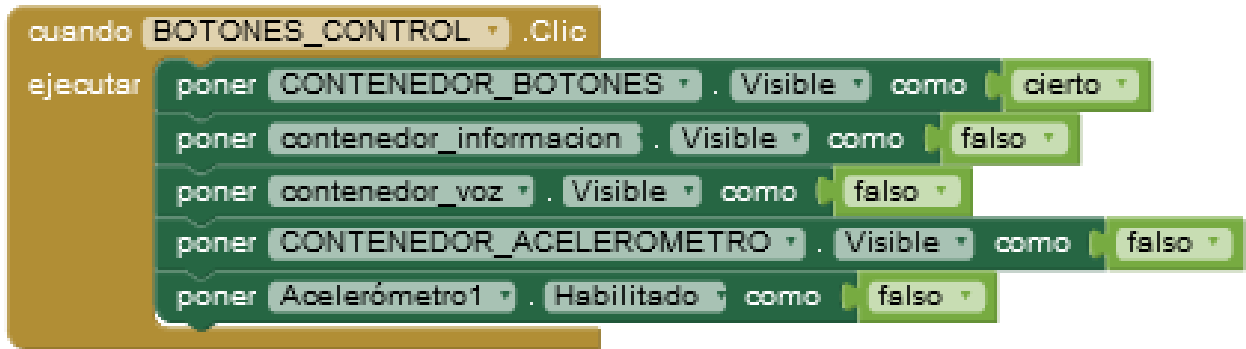


Figura 33: Programación botones

Fuente: Autor

Mientras que, para determinar la dirección de movimiento, cada botón dispone de su propia programación, es necesario que se pueda identificar cada tipo de movimiento y que la placa Arduino pueda decodificar este movimiento; para lograr el movimiento se optó por enviar una letra del solo cuando el botón este presionado en la aplicación, si el botón no está presionado enviara otra letra para dar a entender que la silla ya no debe moverse, las letras que se envían son:

- La letra “A” indica un movimiento para adelante.
- La letra “B” indica un movimiento para atrás.
- La letra “I” indica un giro para la izquierda.
- La letra “D” indica un giro para la derecha.
- La letra “S” indica que la silla de ruedas debe detenerse.

La programación de estos botones se puede observar en la figura 31.

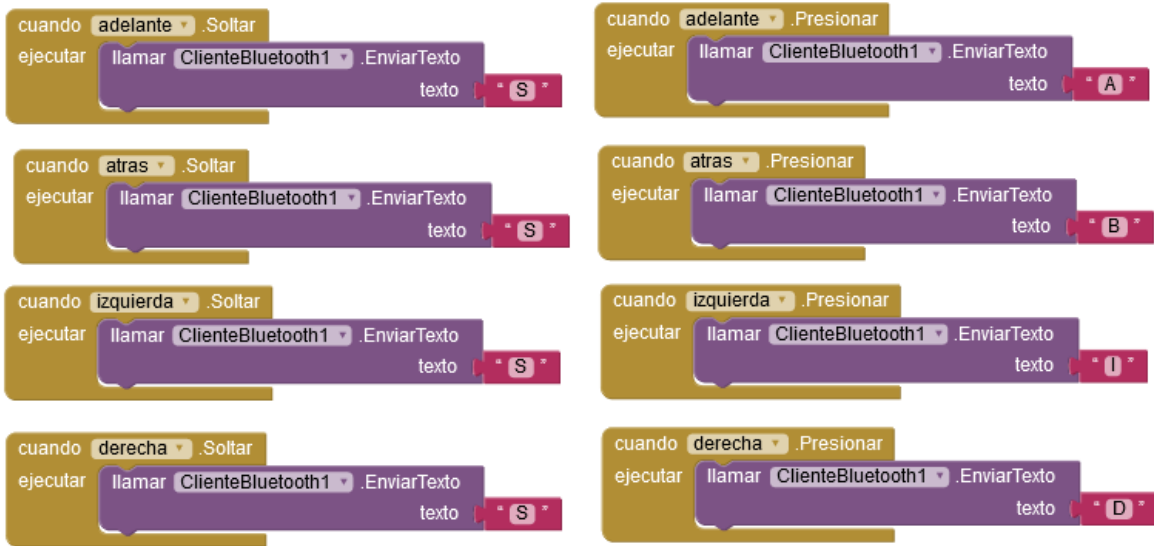


Figura 34: Programación de movimientos
Fuente: Autor

Las letras son enviadas mediante Bluetooth hacia la placa Arduino, en donde se realiza la respectiva comunicación, él envió se realizó mediante el uso del bloque de programación “llamar.clientebluetooth.enviartexto”.

Para el control de la silla de ruedas mediante comandos de voz, se debe seleccionar el botón voz, cuando este botón es seleccionado automáticamente va a aparecer el icono de un micrófono en la parte inferior de la pantalla del smartphone tal como se puede observar en la figura 32.



Figura 35: Control por comandos de voz
Fuente: Autor

Para la desactivación de cualquier otro tipo de control, al presionar voz se realizó la programación mediante el bloque “cuando.voz.clic” y al interior se deshabilita las demás opciones, tal como se muestra en la figura 33.

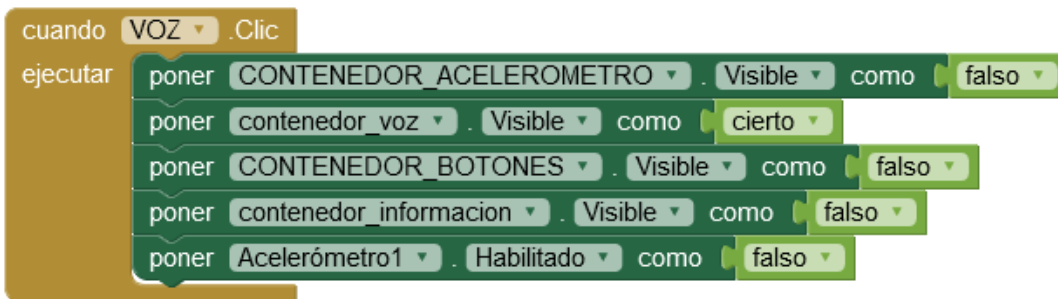


Figura 36: Programación botón voz
Fuente: Autor

Para comenzar a usar los comandos de voz es necesario presionar sobre la imagen del micrófono de la aplicación, luego se debe configurar las palabras con las cuales se realizará el movimiento, las mismas que son: adelante, atrás, izquierda, derecha y detener; para que la aplicación pueda entender estas palabras es necesario que se cuente con una conexión a

internet, el bloque que permite obtener la palabra pronunciada por el usuario es “llamar.reconocimientodevoz.obtenertexto”, tal como se muestra en la figura 34.

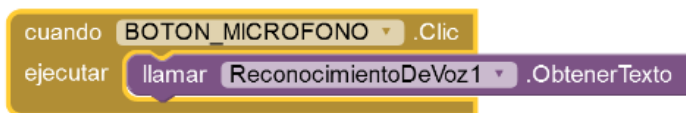


Figura 37: Reconocimiento de Voz
Fuente: Autor

Una vez obtenida la palabra, esta se la compara con las ya predefinidas, y de igual forma se envía una letra para cada tipo de movimiento al igual que se realizó con el control de botones, tal como se puede observar en la figura 35.

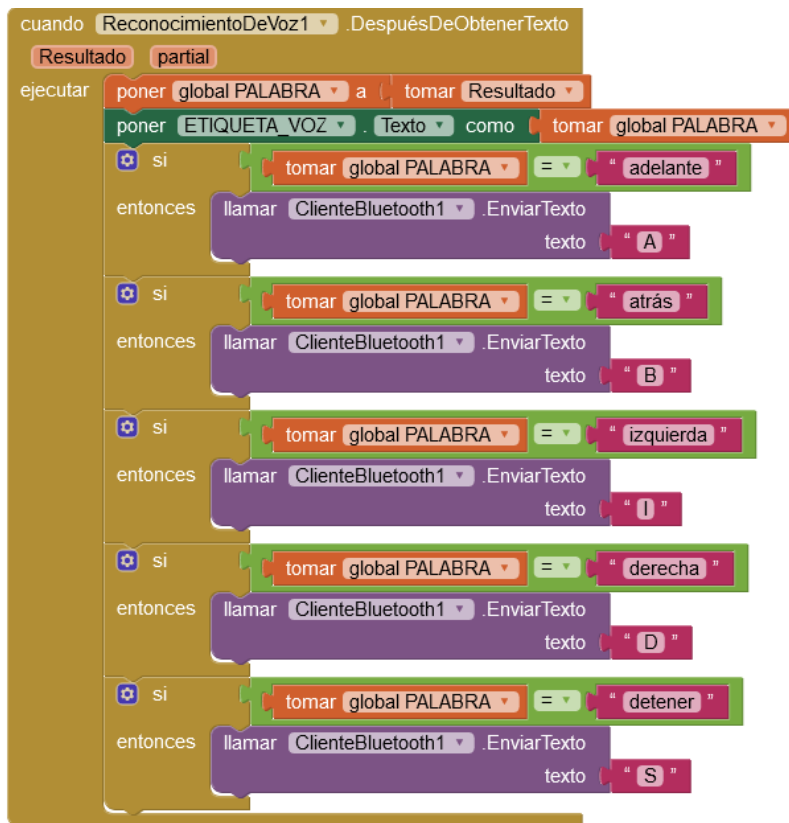


Figura 38: Movimiento por Voz
Fuente: Autor

Para el control del movimiento de la silla de ruedas por el uso del acelerómetro del smartphone, se debe seleccionar el botón de acelerómetro, cuando el mismo es seleccionado

se muestra en la parte inferior del celular la coordenada y el movimiento producido por la inclinación del celular, para la programación de la muestra de las coordenadas y el movimiento se realizó la programación que se muestra en la figura 36.

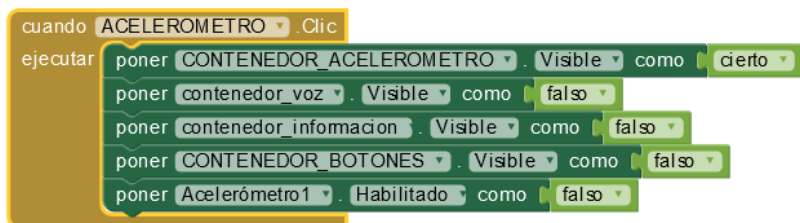


Figura 39: Programación botón acelerómetro.
Fuente: Autor

Para mantener un control sobre el uso del acelerómetro y evitar movimientos involuntarios al inclinar el smartphone, se tiene un botón extra para la activación del acelerómetro, tal como se puede observar en la figura 37.

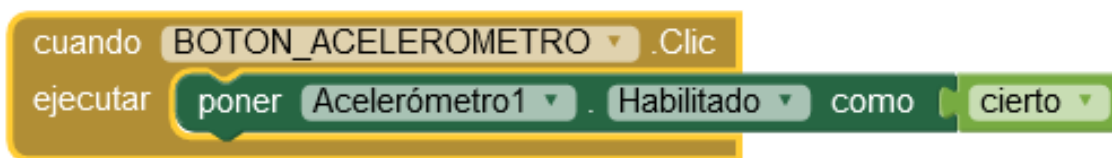


Figura 40: Activación del acelerómetro
Fuente: Autor

Una vez activo el acelerómetro, se debe realizar la medida del grado de inclinación y así poder tener un valor a ser comparado para luego producir el movimiento deseado, al determinar los valores respectivos se realizó una comparación y de igual manera se envían las letras mediante bluetooth, tal como se puede observar en la figura 38.

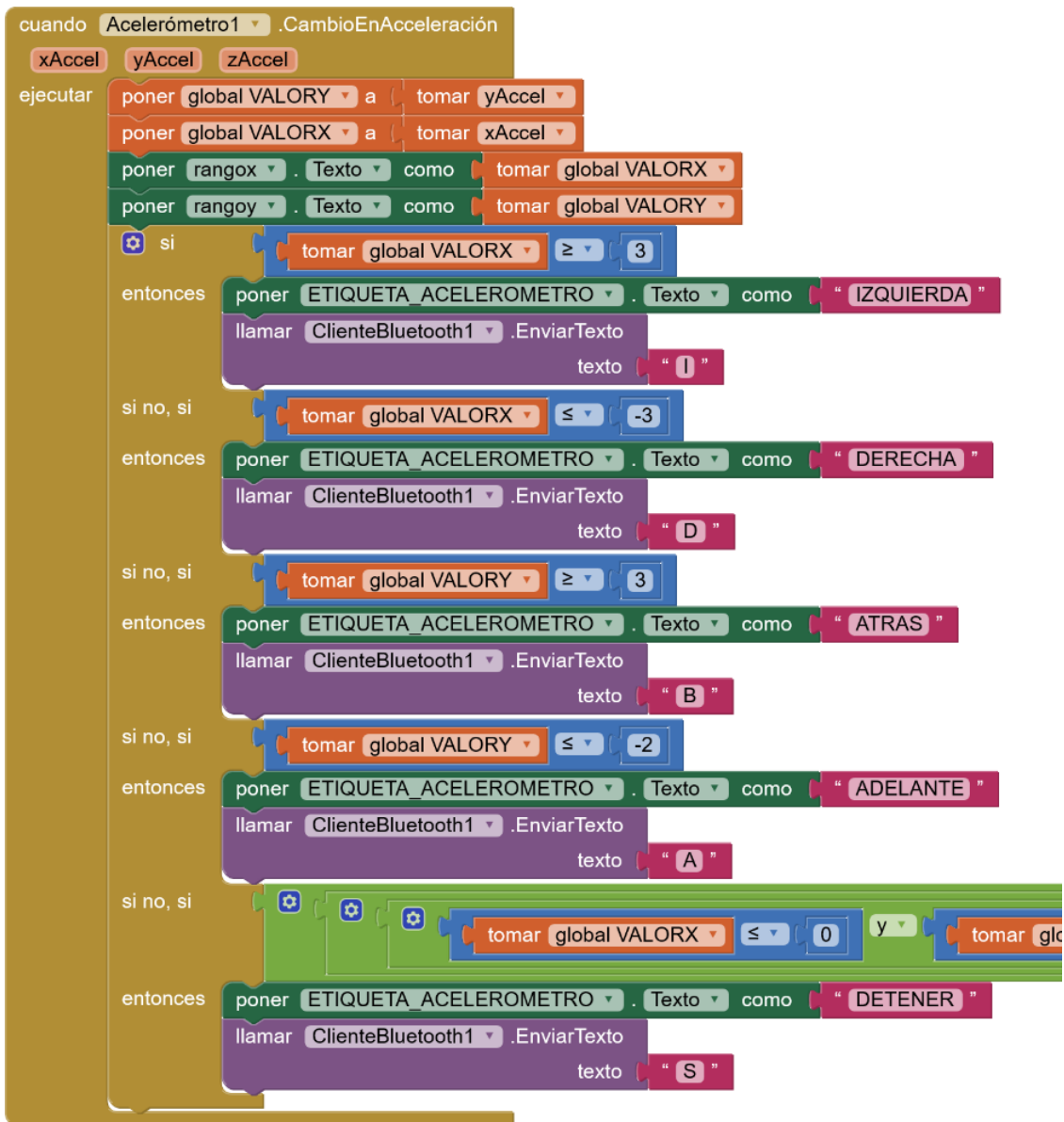


Figura 41: Valores acelerómetro

Fuente: Autor

Finalmente, la aplicación contiene una ventana con información, en donde se va a colocar detalles del desarrollador, así como otra información útil, tal como se muestra en la figura 39.



Figura 42: Información

Fuente: Autor

4.3.4. Desarrollo de la programación de control

Para el desarrollo del programa de control principal que se implementó en la placa Arduino primero se realizó un diagrama de flujo que se muestra en la figura 40.

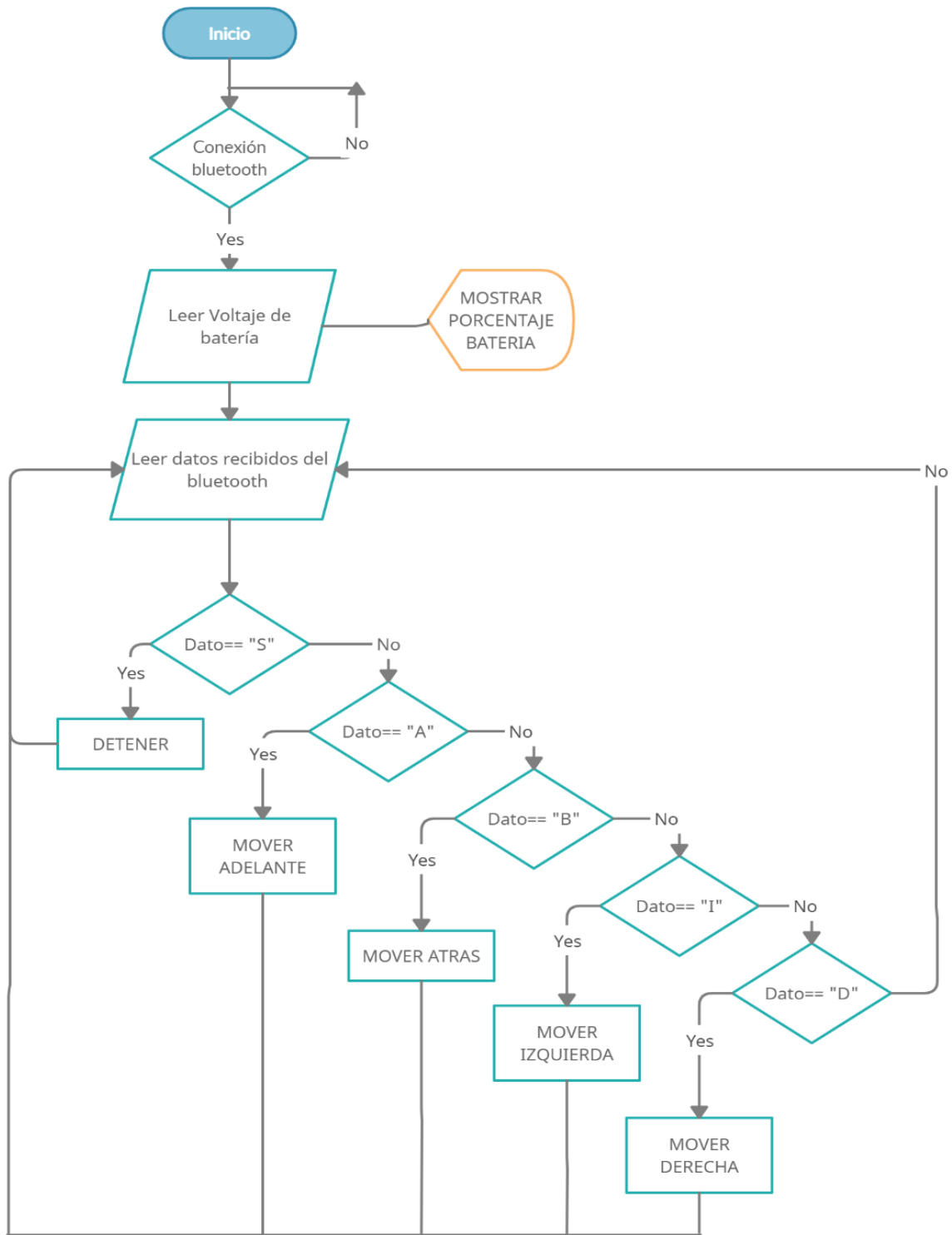


Figura 43: Diagrama de flujo programa de control
Fuente: Autor

El programa elaborado en IDE Arduino se basa en este diagrama de flujo, en donde en primer lugar se define en primer lugar los pines que van a ser usados para conectar el Arduino y el driver de los motores, luego se realizó la declaración de las variables a ser usadas durante el desarrollo del programa.

El entorno IDE Arduino tiene dos funciones principales: Void Setup, Void Loop; en la primera se realizó la configuración de los pines en este caso específico, los pines declarados son del tipo salidas, luego se realizó la configuración de los protocolos de comunicación para el Arduino, el bluetooth y la computadora; esto se logró mediante el uso de las sentencias `Serial.begin(9600)` y `Serial1.begin(9600)`.

La primera comunicación es utilizada para el enlace entre la placa Arduino y el computador para poder visualizar mensajes de alerta, valores de parámetros. La segunda comunicación se utilizó para el enlace entre la placa Arduino y el bluetooth; las dos comunicaciones poseen una velocidad de 9600 baudios.

En la función Void Loop se ubicó las líneas de programación que se repetirán siempre que la placa Arduino este encendido, en esta función se realizó la lectura de los datos que son enviados desde el smartphone hacia la placa Arduino por medio del bluetooth.

Los datos son decodificados mediante una comparación de letras, teniendo la letra “A” para un movimiento hacia adelante, “B” para atrás, “I” para girar hacia la izquierda, “D” para un giro hacia la derecha, finalmente la letra “S” para detener los movimientos.

En el programa también se desarrolló cinco funciones extras, en donde se realizó la configuración de los movimientos antes detallados, para esto se tomó en cuenta las configuraciones de los pines de cada rueda para que giren en la dirección deseada, así mismo se realizó la configuración de la velocidad de movimiento de las ruedas; el programa completo se lo puede observar en el anexo 1.

4.3.5. Desarrollo del hardware

Diseño de la silla del prototipo

Para realizar el diseño del prototipo se tomó en cuenta un modelo de silla estándar, que sea utilizado por la mayoría de personas con discapacidad, con la finalidad que las modificaciones propuestas puedan ser aplicadas de manera sencilla, este modelo se digitalizó mediante el uso de un software CAD, específicamente hablando SolidWorks, para poder realizar las modificaciones necesarias sin necesidad de incurrir en gastos extras. El modelo se puede observar en la figura 41.



Figura 44: Diseño de silla de ruedas
Fuente: Autor

Con este modelo listo se realizó la adaptación de los motores, así como una estructura que permita contener los circuitos de control y un soporte para la batería, tal como se puede observar en la figura 42.

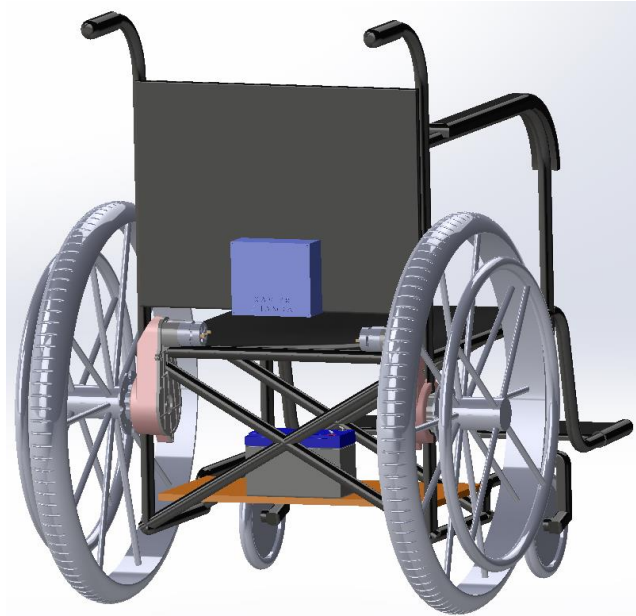


Figura 45: Prototipo en 3D

Fuente: Autor

Para la unión de los motores con las ruedas, fue necesario realizar un acople mecánico permite llevar toda la potencia del motor a la rueda, el mismo que se puede observar en la figura 43.

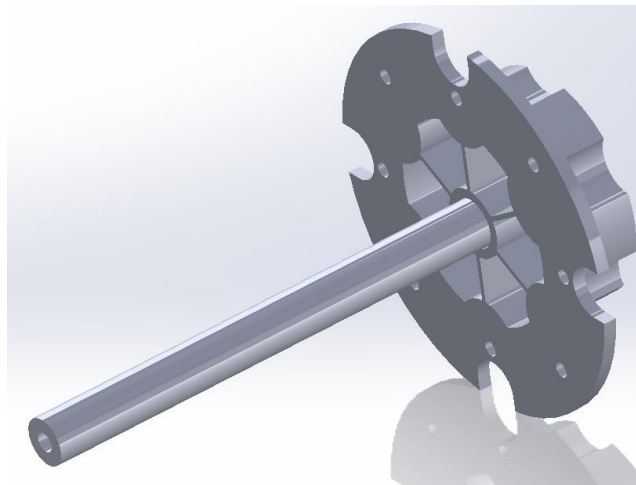


Figura 46: Acople mecánico para motor

Fuente: Autor

Construcción del prototipo

Finalizada la etapa de diseño, se procedió a la construcción física del prototipo para lo cual se reciclo una silla de ruedas. Para realizar las adaptaciones mecánicas y electrónicas necesarias para el desarrollo de esta investigación, se procedió a dar mantenimiento a la silla de ruedas tal como se puede observar en la figura 44.



Figura 47: Mantenimiento de la silla de ruedas.

Fuente: Autor

Con la silla de ruedas ya funcional, se realizó la unión entre los motores seleccionados y las llantas, para ello fue necesario la construcción del acople diseñado tal como se puede observar en la figura 45.



Figura 48: Acople físico para el motor y llanta

Fuente: Autor

Para que la rueda no se desprenda fue necesario la implementación de un roscado en el acople para la colocación de una tuerca de presión, este acople se una al motor gracias a la estructura de la propia silla que a su vez permitió ser usada como soporte a la rueda y el motor, tal como se puede observar en la figura 46 y 47.



Figura 49: Instalación del acople
Fuente: Autor



Figura 50: Acople con motor
Fuente: Autor

Al instalar los dos acoples (uno por cada rueda), se aseguró los motores contra el espaldar de la silla de ruedas para lo cual fue necesario la ubicación de una base de madera que permita ubicar dos abrazaderas metálicas, tal como se puede observar en la figura 48.



Figura 51: Sujeción de motores
Fuente: Autor

En la misma base de madera se procedió a la instalación del sistema de control, el cual está al interior de una caja impresa en 3D, para evitar la manipulación, así como la protección de agentes externos que puedan provocar el daño de la misma, tal como se puede observar en la figura 49.

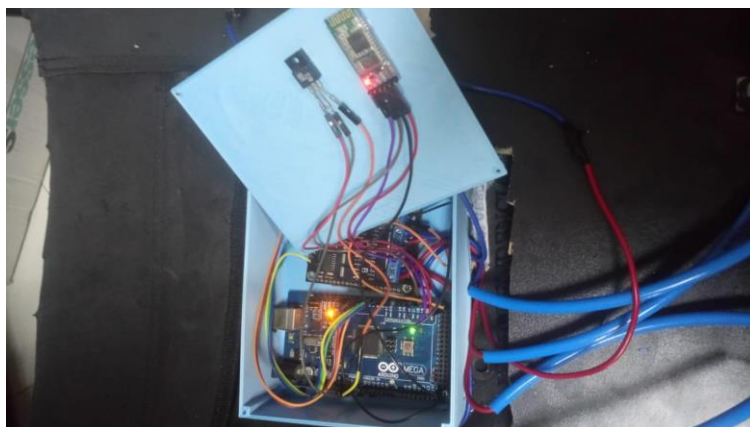


Figura 52: Sistema de control
Fuente: Autor

Luego de realizar todas estas modificaciones, se obtiene el prototipo finalizado tal como se puede observar en la figura 50, el cual está listo para realizar todas las pruebas correspondientes que permitan garantizar su funcionamiento.



Figura 53: Prototipo finalizado.
Fuente: Autor

4.4. PRUEBAS AL SISTEMA

Debido a las características que poseen los motores, se realizó un cálculo para determinar el peso máximo que el prototipo puede soportar; para este cálculo se utilizó las fórmulas de las leyes de Newton. Para ello es necesario realizar un diagrama de cuerpo libre tal como se puede observar en la figura 51.

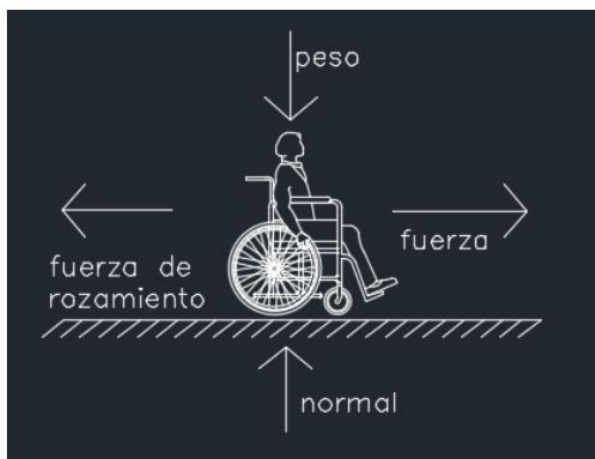


Figura 54: Diagrama de cuerpo libre.

Fuente: (Bedón, 2017)

Se debe tomar en cuenta que las personas que usan la silla de ruedas deben realizar su movilidad a través de una rampa, en el Ecuador el valor de inclinación está determinado por la normativa INEN 2 245:200, lo que provoca que el diagrama de cuerpo libre cambie, tal como se puede observar en la figura 52.

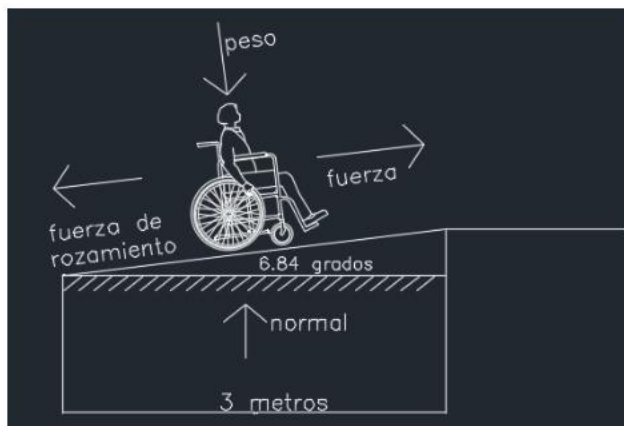


Figura 55: Diagrama de cuerpo libre con inclinación.

Fuente: (Bedón, 2017)

Según la normativa se obtiene que el ángulo de la rampa es de $\alpha = 6.84^\circ$, para el análisis de la velocidad requerida, en el mercado existen sillas eléctricas que poseen una velocidad que va desde los 8km/h , hasta los 13km/h ; para el desarrollo de esta investigación se tomó una referencia de velocidad de 10km/h , lo que equivale a $2,78\text{m/s}$.

Para empezar el análisis matemático se modificó el diagrama de cuerpo libre a un diagrama de vectores, tal como se puede observar en la figura 53.

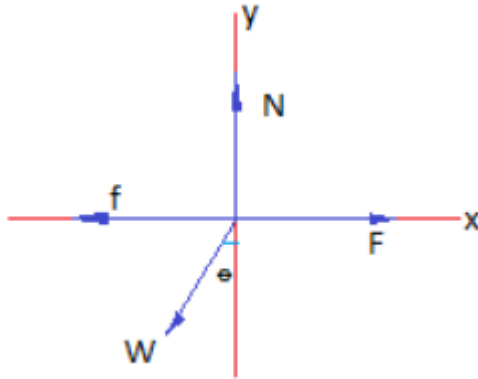


Figura 56: Diagrama de vectores
Fuente: Autor

Luego se realizó el análisis mediante la sumatoria de fuerzas tanto para el eje x (ecuación 1) como para el eje y (ecuación 2).

$\sum F_y = 0$ al realizar el análisis se obtiene:

$$N - W \cos \phi = 0 \quad (1)$$

$\sum F_x = 0$ al realizar el análisis se obtiene:

$$F - f - W \sin \phi = 0 \quad (2)$$

En donde:

- N es la fuerza normal
- W es el peso del prototipo más el usuario
- ϕ es el ángulo formado por el peso ($6,84^\circ$)
- f es la fuerza de rozamiento
- F es la fuerza mínima para mover la silla

Para el cálculo de la velocidad angular se utilizó la ecuación 3:

$$\omega = \frac{V}{2\pi r} \quad (3)$$

En donde:

- ω es la velocidad angular
- V es la velocidad de la silla de ruedas ($2,78m/s$)
- r es el radio de la rueda de la silla ($0,62m$)

Al reemplazar los datos en la ecuación (3) se obtiene la ecuación (4):

$$\omega = \frac{2 \text{ m/s}}{2 * \pi * 0,61} \quad (4)$$

Resolviendo la ecuación (4) se obtiene como resultado que la velocidad angular es de $\omega = 0,52 \text{ rev/s}$, es necesario convertir de rev/s a rad/s , para ello utilizamos la ecuación (5).

$$\omega = 0,52 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) = 3,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (5)$$

Con la velocidad angular encontrada se puede obtener la fuerza mediante la relación de la potencia del motor con el torque y radio de la rueda de la silla, para ello se debe resolver primero la ecuación (6).

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (6)$$

En donde:

- T es el torque
- P es la potencia del motor en Watts

Al reemplazar los datos se obtiene la ecuación (7)

$$T = \frac{60 \text{ W}}{3,26 \text{ rad/s}} = 18,4 \text{ Nm} \quad (7)$$

Con el torque definido se puede encontrar la fuerza que tiene cada rueda, mediante la ecuación (8):

$$F = \frac{T}{r} = \frac{18,4 \text{ Nm}}{0,61 \text{ m}} = 30,16 \text{ N} \quad (8)$$

Para determinar el peso que puede soportar el prototipo se realizó el despeje de la ecuación (1) obteniendo la ecuación (9).

$$N = W \cos \phi \quad (9)$$

La fuerza de rozamiento de la ecuación (2) puede ser expresada en mediante la ecuación (10).

$$f = \mu c * N \quad (10)$$

En donde:

- μc es el coeficiente de rozamiento para este caso es de 0,57

Al reemplazar la ecuación (9) en (10) se obtiene la ecuación (11)

$$f = \mu c * W \cos \phi \quad (11)$$

Finalmente, al reemplazar la ecuación (11) en (2), permite determinar el peso máximo soportado.

$$F - \mu c * W \cos \phi - W \sin \phi = 0 \quad (12)$$

$$W = \frac{F}{\mu c \cos \phi - \sin \phi} = \frac{60,32 \text{ N}}{0,57 \cos 6,84^\circ + \sin 6,84^\circ} = 88.05 \text{ kg.}$$

El peso máximo que puede soportar la silla con el operario es de 88.05 Kg para una batería de 12Vdc, si se desea aumentar el peso es necesario aumentar la capacidad de la potencia de los motores.

Definido el peso que soporta el prototipo se realizó las siguientes pruebas: revisión del dispositivo electrónico, verificación del sistema de control por botones, verificación del sistema de control por voz, verificación del sistema de control por acelerómetro, los resultados se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 6. Prueba de revisión de dispositivo de control

PRUEBA:	REVISIÓN DE DISPOSITIVO DE CONTROL
Descripción	Se realizó la verificación de los componentes electrónicos para su correcto funcionamiento
Precondiciones	Conexión correcta de los componentes electrónicos con la placa electrónica
Estado de caso de prueba	Exitoso
Resultado obtenido	El sistema de control enciende, procesa las señales enviadas desde el smartphone

Fuente: Autor

Tabla 7. Prueba de control por botones

NOMBRE DE LA PRUEBA:	VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL POR BOTONES
Descripción	El operario presiona los botones de control de la aplicación
Precondiciones	Establecer la conexión del bluetooth, caso contrario no se podrá ejecutar la acción de control
Estado de caso de prueba	Exitoso
Resultado obtenido	El prototipo se mueve en la dirección presionada

Fuente: Autor

Tabla 8. Prueba de control por voz

NOMBRE DE LA VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL POR PRUEBA:	
Descripción	El operario presiona en el icono del micrófono y pronuncia la palabra del movimiento
Precondiciones	Establecer la conexión del bluetooth, caso contrario no se podrá ejecutar la acción de control
Estado de caso de prueba	Exitoso
Resultado obtenido	El prototipo se mueve en la dirección que el usuario dispuso

Fuente: Autor

Tabla 9. Prueba de control por acelerómetro

Nombre de la Verificación del sistema de control por acelerómetro prueba:	
Descripción	El operario presiona en el botón iniciar acelerómetro y empieza a inclinar el smartphone para el movimiento
Precondiciones	Establecer la conexión del bluetooth, caso contrario no se podrá ejecutar la acción de control
Estado de caso de prueba	Exitoso
Resultado obtenido	El prototipo se mueve en la dirección de inclinación del celular

Fuente: Autor

El prototipo esta desarrollado de tal manera que pueda ser adaptado a una silla de ruedas convencional o manual, se obtuvo un producto cuyas características son similares a las de una silla de ruedas eléctrica existente en el sector comercial, en la tabla 10 se puede observar una comparativa.

Tabla 10. Tabla comparativa prototipo vs silla eléctrica comercial

<u>Nombre (modelo)</u>	<u>JHB D09</u>	<u>Prototipo silla</u>
Peso Max. soportado	120 kg	88 kg
Plegable	Si	No
Ruedas	Traseras 12'' Delanteras 8''	Traseras 24'' Delanteras 6''
Control	Joystick	Smartphone
Baterías	2x24V 6Ah	1x12V 7Ah
Velocidad máxima	6 km/h	4 km/h
Precio	1350.00	552.00
<u>Fuente:</u> Autor		

La última prueba se trata de la autonomía del prototipo, para esta prueba se tiene varios puntos de vista que permite determinar el nivel de autonomía de un vehículo eléctrico para esta investigación en específico una silla de ruedas.

Se tomo como punto de inicio el consumo de corriente del prototipo, para esto se lo ubico en un terreno totalmente plano y luego sobre un terreno con un grado de inclinación de 8°, con estos datos se busca garantizar un funcionamiento lo más sujeto a las realidades que atraviesan las personas con discapacidad, el consumo se lo midió con tres operarios diferentes y tomando en cuenta que la cantidad de horas de funcionamiento del prototipo es de 8 horas al día.

La autonomía se calculó dividiendo la capacidad de las baterías utilizadas (Ah) para el consumo total medido y que se muestra en la tabla 11, asumiendo que el funcionamiento es constante durante 1 hora.

Tabla 11. Pruebas de autonomía de la batería

<u>Operario</u>	<u>Peso (kg)</u>	<u>Autonomía (horas)</u>	
		<u>Terreno Plano</u>	<u>Inclinación 8°</u>
Donato	30	5	3.5
Nicolas	50	3.5	2.5
Juan	80	2.5	1.5

Fuente: Autor

4.5. CAPACITACIÓN AL PERSONAL

La capacitación que se realizó fue enfocada a los usuarios que harán uso del prototipo de silla de ruedas, los temas tratados fueron sobre el uso de la aplicación y manejo del prototipo con el Smartphone, tal como se puede apreciar en las figuras.



Figura 57: Presentación del prototipo en funcionamiento.

Fuente: Autor



Figura 58: Manejo de silla de ruedas con conectividad vía Bluetooth.
Fuente: Autor



Figura 59: Demostración de funcionalidad de la silla de ruedas con Android.
Fuente: Autor

4.6. MANTENIMIENTO

El mantenimiento se debe realizar cada cierto tiempo debido al desgaste propio que sufre los elementos mecánicos usado para originar el movimiento de las ruedas, en este caso los acoples usados como unión de las ruedas con los motores acoples usados como unión de las ruedas, tal como se puede apreciar en las figuras.

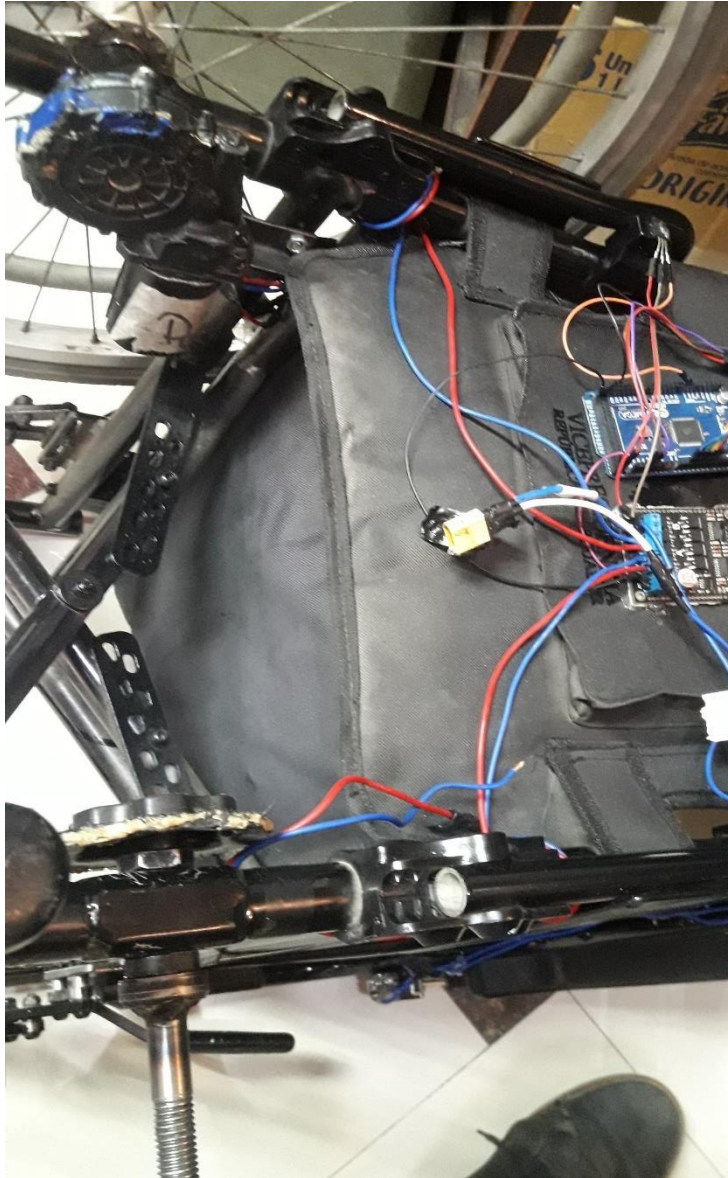


Figura 60: Acoples usados como unión de las ruedas.
Fuente: Autor



Figura 61: Mantenimiento de los servomotores.
Fuente: Autor



Figura 62: Mantenimiento de las Ruedas por desgaste.
Fuente: Autor

5. CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Mediante el estudio del problema de movilización que poseen las personas con capacidades especiales de motricidad gruesa, se pudo determinar los diferentes diseños: electrónico, eléctrico y mecánico para automatizar y construir un prototipo de silla de ruedas que sea estable y asequible.
- El acople mecánico utilizado para automatizar la silla de ruedas permite concluir que es capaz de adaptarse a una gran variedad de sillas de ruedas convencionales, debido a que su ubicación y fijación esta dado en un lugar estratégico de la estructura, la misma que se adapta fácilmente ya que no cambia en los diferentes modelos de silla.
- Los métodos para el control de movimientos programados tanto en la placa Arduino, así como también en la aplicación móvil permiten que el prototipo tenga un control de procesamiento y transmisión de datos para la movilidad en la silla de ruedas en tiempo real, permitiendo además que el usuario tenga varias formas de manejar el prototipo adaptándose a los diferentes tipos de discapacidad física.
- Mediante la realización de las pruebas de funcionamiento se pudo concluir que el prototipo es totalmente funcional, ya que al realizar la comparación con una silla de ruedas eléctrica comercial, el desempeño fue el mismo, sin embargo, posee limitaciones referentes al peso debido a los motores utilizados.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para la implementación del prototipo, el sistema de control está en una estructura sólida sellada, sin embargo, se sugiere no exponerlo a días lluviosos.
- La aplicación únicamente funciona en smartphones con sistema operativo Android, se recomienda que se pueda elaborar una nueva versión compatible con el sistema operativo IOS, con el fin que se pueda utilizar en más dispositivos móviles.
- Para evitar inconvenientes con el pronto agotamiento de la batería se sugiere ubicar una segunda batería en paralelo, y proyectar el nivel de batería en la aplicación con el fin de mantener un control más óptimo del estado de la batería.
- Para trabajos futuros, se recomienda el uso de otro tipo de motores, los mismos que se puedan adaptar a diferentes tipos de pesos.

BIBLIOGRAFÍA

- Anastacio, D. (2020). *Diseño de una Aplicación Móvil Usando el sistema operativo Android Para el control de dispositivos de movilidad reducida* . Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Autosolar Energy Solutions. (2015). *Autosolar Energy Solutions*. Obtenido de <https://autosolar.es/blog/baterias-placas-solares/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido>
- Bedón, L. (2017). *Sistema de control para la movilidad y extension de una silla de ruedas electrica de bipedestación* . Facultad de Ingenieria en sistemas electronica e Insdustrial .
- Calderón, M. F. (2020). *Diseño e implementación de un sistema web para el control de tickets del centro de servicio técnico de la empresa @pc, desarrollada en php orientada a objetos y con un gestor de base de datos mysql* . Instituto Superior Tecnológico “San Gabriel” , 40-60.
- Enrique Crespo. (2016). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/hc-05/>
- García, A. (2013). *Automatización de una silla de ruedas controlada por comandos de voz*. Revista Colombiana de tecnologia de avanzada, 60.
- González, A. G. (2016). *Arduino mega*. Obtenido de <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>
- Imagina. (2016). *Imagina*. Obtenido de http://www.imagina.org/files/Biomecanica_de_una_silla_de_ruedas.pdf
- Ingeniería Mecafenix. (2018). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/puente-h-control-motores/>
- Medical, L. (2015). *LOH Medical*. Obtenido de <http://www.lohmedical.com/es/noticias/tu-pa%C3%ADs-cumple-con-los-pasosb%C3%A1sicos-para-suministro-de-sillas-de-ruedas-de-la-oms>
- Ocampo, D. S. (2018). *investigalia*. Obtenido de <https://investigaliacr.com/investigacion/investigacion-bibliografica/>

- ODF. (2016). *Observatorio de la Discapacitat Física* . Obtenido de <https://www.observatoridiscapacitat.org/es/la-discapacidad-fisica-que-es-y-que-tipos-hay>
- Olivo, M., & Gallegos, E. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de control electrónico de una silla de ruedas eléctrica con ubicación GPS y mando local o remoto a través de una aplicación celular para personas con discapacidad motriz reducida en miembros inferiores* . Guayaquil : Universidad Politecnica Salesiana .
- OMS. (2021). *Discapacidades* . Obtenido de <https://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- OPS/OMS. (2020). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>
- Programo Ergo Sum. (2020). *Programo Ergo Sum*. Obtenido de <https://www.programoergosum.com/cursos-online/appinventor/27-curso-de-programacion-con-app-inventor/primeros-pasos>
- Purdum. (2015). *Beginning C for Arduino : learn C programming for the Arduino*. En Purdum. New York.
- Salud, O. M. (2021). *Discapacidad y rehabilitación*. Obtenido de https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/
- Sayago, J., & Chango, W. (2019). Tecnología Asistiva para la comunicación y movilidad de personas con discapacidad motriz. *Informática y Sistemas, Revista de Tecnologías de la Informática y las telecomunicaciones*.
- Significados. (2020). *Significados*. Obtenido de <https://www.significados.com/investigacion-de-campo/>
- Tercesa. (2017). *TERCESA*. Obtenido de <https://tercesa.com/noticias/funcionamiento-y-aplicaciones-de-un-motorreductor/>
- Wikipedia. (2015). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE

ANEXOS

Anexo 1: Manual de Usuario

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Introducción.....	2
Emparejar Smartphone y Dispositivo electrónico.....	3
Uso De La Aplicación Móvil.....	4
Botones.....	5
Voz.....	6
Acelerometro.....	7

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO BÁSICO DE UNA SILLA DE RUEDAS DESARROLLADO EN ANDROID, EN EL PERIODO 2018”

Introducción

El siguiente documento corresponde al manual de uso para el usuario, con el objetivo de permitir un correcto funcionamiento de la aplicación móvil “Manejo de Silla de Ruedas”. Donde se explican las configuraciones previas para establecer la conexión del Bluetooth ubicado en la silla de ruedas, con todo dispositivo electrónico encargado de captar las frecuencias enviadas desde un Smartphone. La aplicación ha sido desarrollada utilizando APPinventor2 orientado a la producción digital en distintos formatos.

Se puede acceder a la aplicación a través del siguiente enlace web:

http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4957034488659968

Emparejar Smartphone y Dispositivo electrónico

Al comenzar a utilizar la aplicación móvil se debe establecer una conexión vía Bluetooth entre el teléfono móvil y dispositivo electrónico de la silla de ruedas.

En el Smartphone se debe ingresar a la opción “Ajustes”, luego se debe seleccionar “Bluetooth” y se procede a activarlo. En la sección “Dispositivos Disponibles” se busca la opción HC-05, al seleccionarlo pedirá un código PIN de cuatro dígitos para la solicitud de vinculación Bluetooth, el código por defecto es de 1234.



Figura 1: Emparejamiento por Bluetooth

Fuente: Autor

Uso De La Aplicación Móvil

Emparejado el Bluetooth con el smartphone, se debe abrir la aplicación móvil, en donde se mostrará un mensaje como “Desconectado”, para poder controlar la silla de ruedas se debe presionar en el icono del Bluetooth, a continuación, aparecerá una pantalla con los dispositivos vinculados, en donde se debe seleccionar el dispositivo HC-05; y se establecerá la conexión vía Bluetooth y “Estado” cambia a “Conectado”. La aplicación móvil está compuesta con tres opciones de control: botones direccionales, comando de voz y Acelerómetro.



Figura 2: Conexión vía Bluetooth

Fuente: Autor



Figura 3: Conexiones por Bluetooth

Fuente: Autor

A. Botones

Esta elección de control cuenta con cuatro botones direccionales distribuidos en la pantalla del Smartphone, como se muestra en la figura 57



Figura 4: Botones

Fuente: Autor

La funcionalidad de cada botón se describe a continuación:



Pone en marcha la silla en dirección hacia adelante.



Pone en marcha la silla en sentido reversa.



Permite girar la silla hacia la derecha.



Permite girar la silla hacia la izquierda.

B. Control por Comando de voz

Este tipo de control se activa luego de presionar sobre el botón “voz”, luego de lo cual se presentará un icono de micrófono en la pantalla, tal como se puede observar en la figura 58.



Figura 5: Comando de Voz

Fuente: Autor

Para el control por voz se debe presionar sobre el icono de micrófono, luego aparecerá una pantalla que espera escuchar una palabra, la cual si esta es correcta ejecutara una acción de control que puede ser, a continuación, se enlista las palabras utilizadas para el movimiento de la silla de ruedas.

- **“Adelante”**: Pone en marcha la silla en dirección hacia adelante.
- **“Atrás”**: Pone en marcha la silla en sentido reversa.
- **“Izquierda”**: Permite girar la silla hacia la izquierda.
- **“Derecha”**: Permite girar la silla hacia la derecha.
- **“Detener”**: Detiene la marcha de la silla.

C. Control por Acelerómetro

En la aplicación móvil se cuenta también con la opción de activar el sensor Acelerómetro del Smartphone; el mismo que destinado a monitorear las inclinaciones producidas por el cambio de posición, con la finalidad de que los usuarios que padezcan un tipo de discapacidad severa posean una medida de prevención ante posibles incapacidades de movimiento.

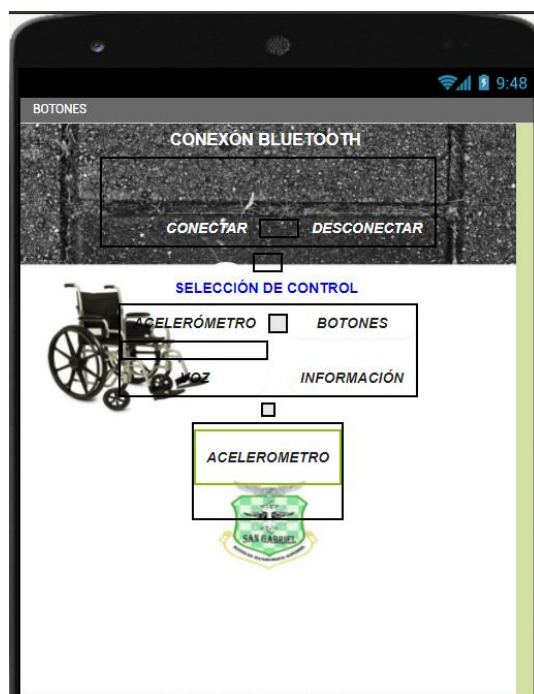


Figura 6: Acelerómetro

Fuente: Autor

Anexo 2: Manual Técnico

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Introducción.....	9
Código	9
Definición de botones de control	10
Contról de mando por voz	10
Monitoreo de acelerómetro.....	10

Introducción

App Inventor2 es el IDE escogido para el desarrollo de la aplicación móvil, el cual accedemos a través de la url http://ai2.appinventor.mit.edu/?locale=es_ES#4957034488659968 , es necesario iniciar sesión a través de una cuenta Gmail. Figura 60. muestra el diseño de la interfaz de la aplicación móvil.

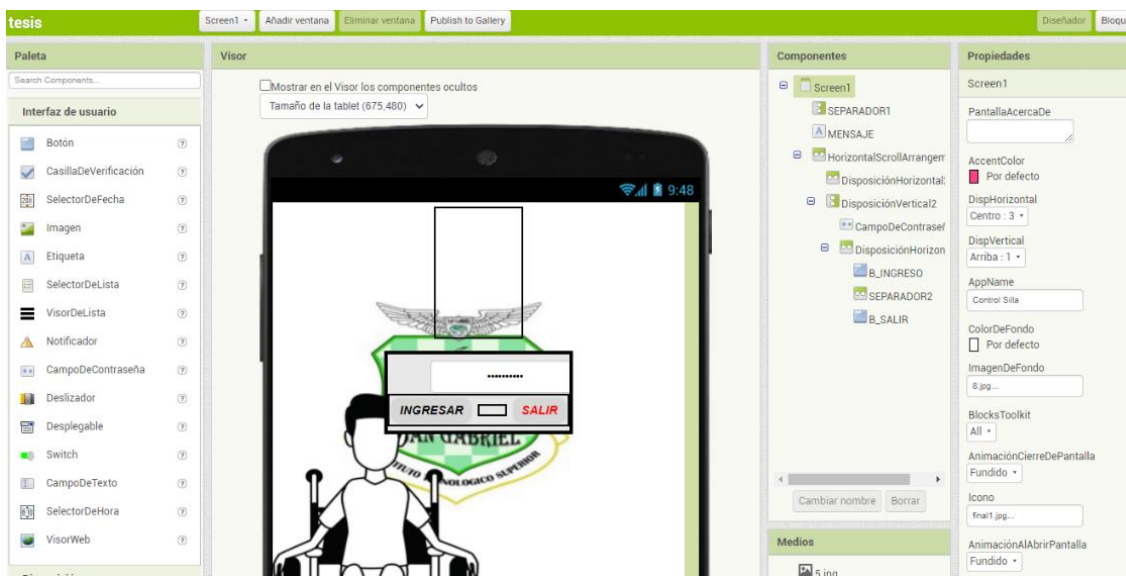


Figura 1: Creación de usuario con correo Gmail.

Fuente: Autor

Código

A continuación, se presentan los bloques de programación que conforman la aplicación móvil.

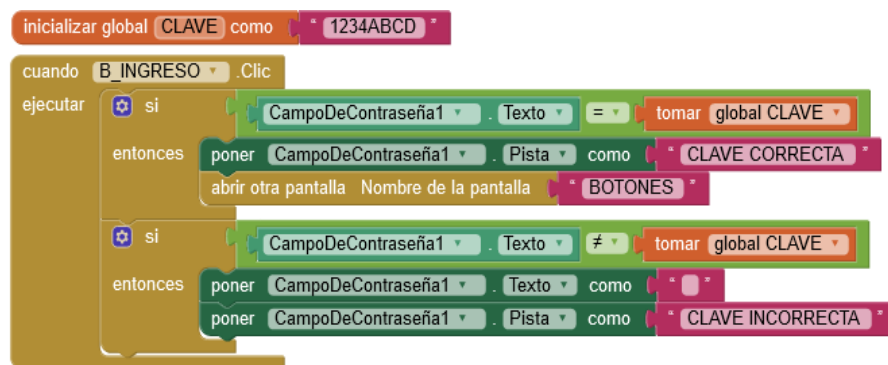


Figura 2: Creación de código en bloque.

Fuente: Autor

Definición de botones de control

```
cuando BOTONES .Inicializar
ejecutar
  poner CONTENEDOR_BOTONES . Visible como falso
  poner CONTENEDOR_CONTROL . Visible como falso
  poner ETIQUETA_CONTROL . Visible como falso
  poner contenedor_voz . Visible como falso
  poner CONTENEDOR_ACCELEROMETRO . Visible como falso
  poner contenedor_informacion . Visible como falso
  poner Acelerómetro1 . Habilitado como falso
```

Figura 3: Creación de código de botones.

Fuente: Autor

Control de mando por voz

```
cuando VOZ .Clic
ejecutar
  poner CONTENEDOR_ACCELEROMETRO . Visible como falso
  poner contenedor_voz . Visible como cierto
  poner CONTENEDOR_BOTONES . Visible como falso
  poner contenedor_informacion . Visible como falso
  poner Acelerómetro1 . Habilitado como falso
```

Figura 4: código de voz.

Fuente: Autor

Monitoreo de acelerómetro

```
cuando ACELEROMETRO .Clic
ejecutar
  poner CONTENEDOR_ACCELEROMETRO . Visible como cierto
  poner contenedor_voz . Visible como falso
  poner contenedor_informacion . Visible como falso
  poner CONTENEDOR_BOTONES . Visible como falso
  poner Acelerómetro1 . Habilitado como falso
```

Figura 5: Código de Acelerómetro.

Fuente: Autor

Anexo 3: Conexión Arduino y App inventor

ARDUINO TB6612(Puente H)

D5 AIN1

D4 AIN2

D8 BIN1

D6 BIN2

5V STB, VCC

7.4V VM

GND TODOS LOS GND

D9 PWMA

D10 PWMB

El motor 1 se conecta a los pines A1 y A2 del Puente H

El motor 2 se conecta a los pines B1 y B2 del Puente H

La fuente de alimentación de los Motores se conecta a tierra y el positivo al pin VM del puente H

Conexión del Dispositivo Bluetooth HC-05 y el Arduino

ARDUINO Bluetooth HC-05

0 (RX0) TX

1 (TX1) RX

5V 5V VCC

GND GND

Las conexiones de TX y RX (Cables amarillo y verde) al módulo bluetooth deben estar DESCONECTADAS en el momento que se realiza la carga del código (Sketch) al Arduino.

Conexión Matriz LED 8X8

ARDUINO MATRIZ

7 CS

11 CLOCK

12 DIN

5V VCC

GND GND

Conexión Sensor HC-SR04

ARDUINO HC-SR04

D3 Echo

D2 Trig

5V 5V VCC

GND Gnd

Anexo 4: Hoja de datos de la placa Arduino Mega 2560

Características

Microcontrolador: ATmega2560.

Voltaje Operativo: 5V.

Voltaje de Entrada: 7-12V.

Voltaje de Entrada (límites): 6-20V.

Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM).

Pines análogos de entrada: 16.

Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA.

Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA.

Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader).

SRAM: 8KB.

EEPROM: 4KB.

Clock Speed: 16 MHz.

Anexo 5: Hoja de datos del puente H

Description

This motor drive module performs much better than MC33886 or L298 drive module. It works very well in terms of motor start speed and power efficiency. It can withstand high current overload.

This drive has a brake function, which can quickly stop the motor. And the operation is very easy. Its performance is better than MC33886.

The drive module contains a full-bridge driver chip and MOSFET of low internal resistance. The full-bridge driver IC minimizes the switching loss of MOSFET and improves power efficiency. MOSFET driver chip has brake and power-feedback function.

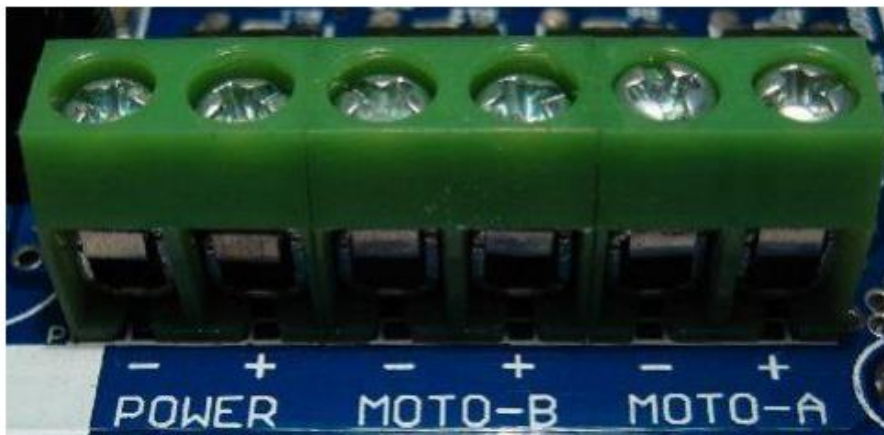
MOSFET can bear high current impulse, with internal resistance of 0.003 ohm. It can open the MOSFET quickly, improve the motor's speed curvature, and also brake the motor quickly. Those functions ensure the motor can start or stop quickly.

The drive module weighs 15 grams. It can work under the PWM duty cycle of 0% -98%. This is not a thing a common drive board could do.

Parameters

- Rated voltage: 3V-15V
- Rated current: 50A
- Peak Current: 100A
- Dimensions: length 6.05cm, Width 4.55cm
- Installation: screw connection. Mounting hole spacing: length 5.5cm, width 4cm

Connection



POWER is connects with DC voltage supply.

Two motors can be connected to MOTO-A and MOTO-B terminals.

Anexo 6: Medidas del acople mecánico

