



*Proyecto Integrador  
Freedom Wheel*

Presentan:

Mendoza Rodriguez Nidia Ileana.  
Ramirez Cerritos Cristian Gabriel.  
Rubio Padron Alondra Milagros.  
Amoles Sierra Gabriel

Asesores:

Ing. Villafuerte Lucio Diego Angel.  
Dr. Yañez Vargas Juan Israel.

Tutor:

Ing. Gallegos Galindo Juan Heriberto.

Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto, Mexico, 16 de Febrero del  
2025

## **Resumen**

El equipo ha desarrollado una silla de ruedas eléctrica altamente avanzada que ofrece un conjunto de características excepcionales. Esta silla de ruedas se distingue por la inclusión de sensores de proximidad que posibilitan una navegación segura al detectar obstáculos en su entorno. Con dos motores potentes, la silla garantiza un rendimiento excepcional y una excelente capacidad de movimiento.

La sencillez en el control de la silla es un enfoque clave, y para ello, hemos incorporado un joystick intuitivo que permite a los usuarios maniobrar con facilidad y precisión. No obstante, la auténtica innovación radica en la capacidad de controlar la silla a través de comandos de voz, proporcionando así una opción de control adicional que mejora la movilidad de personas con limitaciones motoras más severas.

Una característica sobresaliente de esta silla de ruedas es su capacidad de plegado, lo que la hace sumamente portátil y conveniente para su transporte y almacenamiento. Esta característica la convierte en la elección ideal para usuarios activos que requieren una silla de ruedas versátil y fácil de transportar.

## **Abstract**

The team has developed a highly advanced electric wheelchair that offers a set of exceptional features. This wheelchair is distinguished by the inclusion of proximity sensors that enable safe navigation by detecting obstacles in its environment. With two powerful motors, the chair guarantees exceptional performance and excellent movement capacity.

Simplicity in controlling the chair is a key focus, and to this end, we have incorporated an intuitive joystick that allows users to maneuver with ease and precision. However, the real innovation lies in the ability to control the chair through voice commands, thus providing an additional control option that improves the mobility of people with more severe motor limitations.

A standout feature of this wheelchair is its foldability, making it extremely portable and convenient for transportation and storage. This feature makes it the ideal choice for active users who require a versatile and easy-to-transport wheelchair.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
1.1. Definición del problema . . . . .	6
1.2. Objetivo general . . . . .	7
1.3. Objetivos específicos . . . . .	7
1.4. Estados del arte . . . . .	8
<b>2. Marco teórico</b>	<b>10</b>
2.1. ¿Qué es la discapacidad motriz? . . . . .	10
2.1.1. Tipos de discapacidad motriz . . . . .	11
2.2. Discapacidad motriz en México . . . . .	15
2.3. Antecedentes de la silla de ruedas . . . . .	16
2.4. ¿Qué es una silla de ruedas? . . . . .	18
2.5. Componentes . . . . .	19
2.6. Análisis de los Componentes . . . . .	25
2.6.1. Controlador . . . . .	27
2.6.2. Cadena . . . . .	27
<b>3. Antecedentes del proyecto</b>	<b>28</b>
3.0.1. Etapa 1 . . . . .	28
3.0.2. Etapa 2 . . . . .	28
3.0.3. Etapa 3 . . . . .	29
3.0.4. Etapa 4 . . . . .	30
3.0.5. Etapa 5 . . . . .	31
<b>4. Análisis y diseño de la silla de ruedas</b>	<b>32</b>
4.1. Estructura Material . . . . .	37
4.1.1. Creación puente H doble, 3A, 3-36V . . . . .	37
4.1.2. Creación de puente H en proteus . . . . .	38
4.1.3. Rediseño puente h . . . . .	39
4.1.4. Nuevo puente H utilizando 2 IR2110 . . . . .	40
<b>5. Descripción de la implementación</b>	<b>41</b>
5.1. Implementación a carrito de prueba . . . . .	41
5.1.1. Tabla de verdad . . . . .	43

5.2.	Creación y armado de silla de ruedas tamaño escala . . . . .	46
5.3.	Realizacion de silla de ruedas en tamaño natural . . . . .	48
5.3.1.	Materiales de puente h doble . . . . .	54
5.3.2.	Materiales de puente H con dos IR2110a . . . . .	55
5.4.	Implementacion de aplicación movil . . . . .	56
5.5.	Estructura de la silla de ruedas . . . . .	57
5.5.1.	Sistema de Engranajes . . . . .	57
5.6.	Plan de implementación . . . . .	57
5.6.1.	Diseño y Fabricación: . . . . .	57
5.6.2.	Resumen del plan de implementación . . . . .	61
5.7.	Aplicación de circuitos en silla de ruedas . . . . .	62
5.8.	Cronogramas de actividades . . . . .	63
5.9.	Referencias . . . . .	66

# Índice de figuras

2.1.	Porcentaje de la población con discapacidad según dificultad en la actividad 2020 . . . . .	15
2.2.	Stephen Farffler . . . . .	16
2.3.	John Dawson de Bath . . . . .	17
2.4.	Harry Jennings . . . . .	17
2.5.	Caracteristicas . . . . .	18
2.6.	Arduino nano . . . . .	21
2.7.	Primer puente H usado . . . . .	21
2.8.	Motores a usar durante todo el proyecto . . . . .	22
2.9.	Motores de prueba . . . . .	22
2.10.	Arduino Mega . . . . .	23
2.11.	Modulo Joystick Shield . . . . .	23
2.12.	Bateria de litio . . . . .	23
2.13.	Bateria de pruebas . . . . .	24
2.14.	Bateria de pruebas . . . . .	24
2.15.	Esp32-cam . . . . .	24
2.16.	Convertidor USB . . . . .	25
2.17.	Telefono para Bluetooth . . . . .	25
4.1.	Diseño de la silla . . . . .	32
4.2.	Vista Derecha . . . . .	33
4.3.	Vista Izquierda . . . . .	33
4.4.	Vista Trasera . . . . .	33
4.5.	Vista Superior . . . . .	34
4.6.	Vista Inferior . . . . .	34
4.7.	Relacion Piñon con Piñon . . . . .	35
4.8.	Diseño de piñones . . . . .	35
4.9.	Diseño de joystick . . . . .	36
4.10.	Diseño de Rueda . . . . .	36
4.11.	Puente H doble . . . . .	37
4.12.	Puente H en Proteus . . . . .	38
4.13.	Tabla de verdad modificada . . . . .	38
4.14.	esquematico del nuevo puente h . . . . .	39
4.15.	Puente h con 2 IR2110 realizado en proteus . . . . .	40

5.1.	Shield Joystick conectado a Arduino MEGA . . . . .	41
5.2.	Valores de shield sin presionar ningún botón . . . . .	41
5.3.	Valores de shield sin presionar ningún botón . . . . .	42
5.4.	Boton F de Shield Joystick presionado . . . . .	42
5.5.	Joystick hacia adelante . . . . .	42
5.6.	Boton A de Shield Joystick presionado . . . . .	43
5.7.	Tabla de verdad . . . . .	43
5.8.	Ejemplo codigo Joystick . . . . .	44
5.9.	Ejemplo codigo Botones . . . . .	45
5.10.	Joystick Shield, Puente H y Arduino MEGA en carrito de prueba arduino . . . . .	46
5.11.	Toma de medidas . . . . .	46
5.12.	Perforación de tubo pvc . . . . .	47
5.13.	Silla de ruedas tamaño escala . . . . .	47
5.14.	Prueba de puente H en protoboard con motores de 3v a 6v con caja reductora . . . . .	48
5.15.	Prueba de puente H en protoboard con motores de 12V . . . . .	48
5.16.	Diseño a imprimir . . . . .	49
5.17.	Toma de medidas para diseño final . . . . .	49
5.18.	Placa PCB con perforaciones . . . . .	49
5.19.	Puente H en PCB . . . . .	50
5.20.	Prueba de puente H en PCB motores de 12V . . . . .	50
5.21.	Esquematico . . . . .	51
5.22.	Circuito en 3D . . . . .	52
5.23.	Circuito en 2D . . . . .	52
5.24.	PCB antes de ser soldada . . . . .	53
5.25.	PCB terminada . . . . .	53
5.26.	Puente con IR2110. . . . .	54
5.27.	Interfaz aplicación . . . . .	56
5.28.	Engranaje cara lisa . . . . .	58
5.29.	Engranaje cara con el tambor soldado . . . . .	58
5.30.	Tornillos Anteriores . . . . .	59
5.31.	Tornillo Nuevo de 20 centímetros . . . . .	59
5.32.	Rin con enroscamiento a la maza . . . . .	60
5.33.	Rin sin engranaje . . . . .	60
5.34.	Imagen Vista de rines montados en la silla de ruedas . . . . .	61
5.35.	Circuitos en silla de ruedas . . . . .	62
5.36.	Silla de ruedas con circuitos implementados . . . . .	62
5.37.	Cuatrimestre 4 Cronograma Sep-Dic . . . . .	63
5.38.	Cuatrimestre 4 Cronograma Enero-Abril . . . . .	64
5.39.	Cuatrimestre 5 Cronograma Mayo-Agosto . . . . .	64
5.40.	Cuatrimestre 5 Cronograma Sep-Dic . . . . .	65
5.41.	Cuatrimestre 6 Cronograma Enero-Abril . . . . .	65
5.42.	Cuatrimestre 6 Cronograma Mayo-Agosto . . . . .	65
5.43.	Cuatrimestre 7 Cronograma Sep-Dic . . . . .	66
5.44.	Cuatrimestre 8 Cronograma Ene-Feb . . . . .	66

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

### **1.1. Definición del problema**

La discapacidad motora engloba las diferentes deficiencias y/o limitaciones que puede llegar a tener una persona, se estima que el 15 % de la población mundial cuenta con una discapacidad, llegando a provocar en ellas resultados sanitarios, académicos y económicos muy por debajo que la población restante. En la discapacidad motora se engloban 4 tipos de discapacidad, los cuales son: Paraplejia, Hemiplejia, Monoplejia y Tetraplejia.

Cada una de ellas hace que no se pueda vivir de una manera independiente si es que se desea, por lo que al tener un mejor equipo puede hacer que se viva de una forma mas satisfactoria.

Se le considera a una persona con discapacidad motora cuando su habilidad de control y manejo del movimiento, coordinación y postura de las diferentes partes del cuerpo no funciona correctamente. Es importante mencionar que actualmente el número de personas con discapacidad en el mundo va en crecimiento; cabe mencionar que, como consecuencia de esto, los aspectos de la vida diaria terminan afectando su desarrollo, pues algunos servicios de salud, educación, empleo y transporte no se pueden efectuar con facilidad, provocando que se sea dependiente a alguien.

Freedom on wheels busca darle a la persona la capacidad de ser independiente funcionando con tres modos de movimiento diferente, de esta manera la silla de ruedas la podrá usar cualquier persona que presente las cuatro discapacidades antes mencionadas; la silla de ruedas contara con dos motores, uno en cada rueda, estarán conectados a los tres modos de movimiento, pues cada uno de ellos se enlazarán a los motores, de tal forma que si se desea hacer una acción se pueda realizar satisfactoriamente.

## **1.2. Objetivo general**

Diseño e implementación de un sistema de control para la movilización de una silla eléctrica.

## **1.3. Objetivos específicos**

- Analizar el proyecto detalladamente con el fin de encontrar sus áreas de oportunidad.
- Investigar las herramientas que nos permitirán controlar la silla de ruedas.
- Identificar las posibles modificaciones físicas que tendrá la silla de ruedas.
- Crear un plano para tener una idea más amplia sobre cómo acomodar las herramientas electrónicas para controlar la silla.
- Crear una conexión entre los motores con las herramientas de movimiento (Control Joystick y comandos de voz).
- Crear un algoritmo capaz de controlar las herramientas electrónicas.
- Elaborar un diseño que permita la implementación de motores en la silla sin que se perturbe la estructura de la silla de ruedas.
- Comenzar a configurar las herramientas electrónicas para que haya una relación entre el software y el diseño.

## **1.4. Estados del arte**

En el año 2019 se presentó un proyecto [Chair machine] el cual habla de una silla de ruedas inteligente, esta contaba con una herramienta electrónica que permitía el control de la silla, con el fin de darle una oportunidad a personas con discapacidad de traslado.

Se desea automatizar una silla de ruedas convencional [Automatizar una silla de ruedas convencional que permita reducir costo de fabricación y mejoras en el control eléctrico] permitiendo reducir el costo de fabricación y mejoras en el control eléctrico, agregando una batería, dos motores, joystick, un circuito de control y de potencia; con el fin de crear un mecanismo que ayudar al paciente, dándole la oportunidad de cubrir sus necesidades.

En SENNOVA (Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación) se presentó un proyecto [Sistema de control de una silla de ruedas eléctrica por medio de comandos de voz] el cual permite el control de una silla de ruedas eléctrica por medio de comandos de voz, para el desplazamiento de personas con discapacidad motriz, de igual forma se cuenta con una adaptación de haga accionar un control joystick a los servomotores conectados en la silla de ruedas por medio de una placa Arduino.

Edgar Alfonso Paez Barros, William Andres García Meza [Diseño de un sistema de conducción autónoma adaptado a una silla de ruedas eléctrica] proponen un control de la silla de ruedas utilizando varios controladores independientes, uno para los motores a través de Atmega 128P, el cual se encarga de generar señales de control para la potencia de los motores, otro controlador para los sensores de ultrasonido y otro para Joystick, estos últimos controlados por Atmega 2560, finalmente un último controlador Atmega2560 que sirve como comunicación entre el computador con interfaz gráfica. Cada controlador cuenta con tareas diferentes ya que existe el riesgo de que al realizar una tarea se haga una mala ejecución.

Aquí los autores proponen una silla de ruedas con la alternativa de comandos para la movilidad, la solución consiste en un sistema de reconocimiento de algunos comandos de voz, como lo son: adelante, atrás, izquierda, derecha y parar. Tomando en cuenta lo anterior se agregaron motores los cuales tienen reconocimiento de voz llamado EasyVR, este se encuentra equipado con siete sensores SRF02, los cuales son los encargados de procesar la información del entorno, y habilitar o no la posibilidad de aumentar la velocidad. [Aplicación Android para silla de ruedas, que permita controlarla por comandos de voz, pantalla táctil y programación de ruta].

Francisco Aragón Royón [Memoria] proponen un proyecto en el cual se busca incorporar a un robot una funcionalidad de calendario y de proporcionarle la capacidad de interacción mediante comandos de voz. Haciendo capaz al robot de recordarle a las personas mayores las citas y eventos que tiene programados, así como también agregar eventos al calendario mediante frases, así como también darles la posibilidad a terceras personas de agregar eventos.

En el Tecnológico de Monterrey se creó un proyecto [Silla de Ruedas Eléctrica con Sistema de Navegación] el cual tiene como propósito que la silla de ruedas evada obstáculos. Los motores utilizados se acoplaron a las ruedas de las sillas, así como su ajuste general, una vez hecho esto se suministró la potencia de los motores, y el voltaje al que serían alimentados. Al finalizar se agregaron sensores para determinar distancias entre la silla de ruedas y objetos que pudieran representar un obstáculo para el usuario.

A continuación, los autores de este proyecto buscan dar una solución al problema de movilidad en personas con discapacidad motriz a través de una silla eléctrica controlada por un manual y móvil con un sistema operativo Android, así como también agregar Joystick, un microcontrolador, y un software capaz de cubrir todas las necesidades del paciente. [Silla de ruedas eléctrica de bajo costo para personas con discapacidad motriz controlada por un dispositivo manual y móvil con sistema operativo android].

# **Capítulo 2**

## **Marco teorico**

Existen una infinidad de afecciones que impiden el desplazamiento autónomo a un gran número de personas, estas suelen depender de aparatos para usos especiales; como son las sillas de ruedas, A continuación, se exponen todos los temas relacionados desde lo general hasta lo específico, para encaminar el objeto de estudio.

Este punto inicialmente se analiza que es la discapacidad motriz y los tipos más frecuentes al igual que consideraciones según su necesidad, también se presenta una evaluación (encuesta) la cual representa el porcentaje de la población mexica con discapacidades enfocado a la motriz.

Posteriormente se presenta una breve reseña histórica sobre la silla de ruedas, que es, tipos, sus componentes y un análisis cronológico de silla de ruedas eléctricas.

### **2.1. ¿Qué es la discapacidad motriz?**

Se considera discapacidad motora a un término global que hace referencia a las deficiencias en las funciones y estructuras corporales de los sistemas osteoarticular y neuromusculotendinoso (asociadas o no a otras funciones y/o estructuras corporales deficientes), y las limitaciones que presente el individuo al realizar una tarea o acción en un contexto/entorno normalizado, tomado como parámetro su capacidad/habilidad real, sin que sea aumentada por la tecnología o dispositivos de ayuda o tercera personas. Las dificultades que presenta una persona con Discapacidad Motriz pueden ser muy variadas dependiendo del momento de aparición, los grupos musculares afectados (topografía), el origen y el grado de afectación (ligera, moderada o grave).

### **2.1.1. Tipos de discapacidad motriz**

Enfermedades no progresivas:

Parálisis cerebral:

La parálisis cerebral se ha definido como un grupo de trastornos permanentes, lo que da lugar a una amplia gama de deficiencias que afectan a las personas de forma muy diferente.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

A) El buen soporte postural es importante para ayudar a mejorar la postura, el equilibrio y la facilidad con que pueden controlar su cuerpo.

B) Otros problemas físicos pueden repercutir en la adaptación de la silla de ruedas y en las soluciones de soporte postural. Averiguar, durante la evaluación, qué otras dificultades puede tener el usuario de silla de ruedas con parálisis cerebral.

Espina Bífida:

Defecto del tubo neural (DTN) que se produce cuando el neuroporo inferior no se cierra. Las vértebras en desarrollo no se cierran alrededor de un tubo neural incompleto, lo que da lugar a un defecto óseo en el extremo distal del tubo. Por lo que es un factor clave para determinar el tipo de movilidad de la silla de ruedas.

Consideraciones para la provisión de sillas de ruedas:

A) Asegúrate de que la silla de ruedas está preparada para permitir una propulsión eficaz.

B) La cantidad de soporte postural dependerá del nivel de la lesión. Cuanto más alto sea el nivel, más probable es que se necesite ayuda. Lesión modular:

La lesión medular se define como un daño traumático en la médula espinal o en los nervios del final del canal espinal, que puede afectar a la conducción de señales sensoriales y motoras a través del lugar de la lesión. Hay dos tipos de lesión medular: lesión incompleta y completa.

Consideraciones para la provisión de sillas de ruedas en lesiones medulares:

A) La cantidad de soporte postural que necesita un usuario de silla de ruedas con lesión medular dependerá del nivel de la lesión. Cuanto más alto sea el nivel, es probable que se necesite más soporte postural.

B) En las primeras fases tras la lesión, puede ser necesario un soporte adicional para el tronco y los brazos, sobre todo en el caso de lesiones de nivel alto.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

A) Es importante un seguimiento frecuente, ya que las capacidades físicas del usuario de silla de ruedas pueden cambiar con el tiempo. Esto significa que la cantidad de soporte necesario en la silla de ruedas puede cambiar.

Polio:

La polio es una enfermedad infecciosa causada por un virus. El virus sólo ataca a los nervios que controlan el movimiento, suele afectar a los niños menores de cinco años.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

A) Asegúrate de que la silla de ruedas está preparada para permitir una posición de propulsión eficiente.

### **Enfermedades Neurológicas progresivas:**

Las enfermedades progresivas, por naturaleza, CAMBIAN, algunas lentamente a lo largo de varios años, pero otras rápidamente en un periodo de meses. Al ignorar eso durante la evaluación para la provisión de la silla de ruedas y sólo tomar una «instantánea» de cómo se encuentra la persona durante la revisión clínica presente.

Distrofia muscular: La distrofia muscular (DM) es un grupo de enfermedades hereditarias que tienen una progresión degenerativa constante. Hace que los músculos se debiliten con el tiempo. La debilidad muscular comienza en las piernas con mayor frecuencia.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

A) En cuanto una persona con distrofia muscular (u otras afecciones neurológicas progresivas) empieza a necesitar su silla de ruedas a diario, es necesario realizar una evaluación exhaustiva de su soporte postural.

B) Un buen soporte postural, proporcionado tempranamente, puede ayudar a prevenir futuros problemas posturales.

Esclerosis múltiple: La esclerosis múltiple (EM) es una enfermedad autoinmune que se caracteriza por la inflamación, desmielinización selectiva de los axones del sistema nervioso central y gliosis, destruyendo la mielina y el axón en grados variables, lo que provoca síntomas agudos y crónicos que dan lugar a una importante discapacidad física y a un deterioro de la calidad de vida.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

La selección de una silla de ruedas adecuada puede ser más compleja debido a la naturaleza imprevisible y potencialmente progresiva de la esclerosis múltiple. La mayoría de las personas con esclerosis múltiple empiezan a utilizar la silla de ruedas, ya sea manual o eléctrica, sólo para actividades específicas, como la movilidad al aire libre para ayudar a conservar la fuerza y reducir la fatiga, o como ayuda para reducir el riesgo de caídas.

Afecciones ortopédicas:

Amputaciones: Una amputación es la resección de un miembro o de una parte del mismo, como consecuencia de un traumatismo, una compresión prolongada o una intervención quirúrgica.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

A)Es importante tener en cuenta si el usuario de la silla de ruedas prefiere llevar su prótesis cuando utiliza la silla de ruedas, ya que esto puede cambiar el ajuste de la silla.

Consideraciones sobre el uso de la silla de ruedas:

A)Evalúa cuidadosamente la cantidad de soporte postural que se necesita, teniendo en cuenta que cuanto más tiempo esté sentado el usuario de la silla de ruedas, más se cansará y más soporte necesitará.

Las características de la silla de ruedas que pueden ser útiles son:

A)Los reposabrazos proporcionan un soporte postural adicional y ayudan a empujar hacia arriba para las transferencias.

B)Reposapiés que se apartan para facilitar las transferencias a bipedestación de las personas que pueden llevarlas a cabo.

## 2.2. Discapacidad motriz en México

En México, alrededor de seis por ciento de la población vive con alguna discapacidad; porcentaje que representa más de 5 millones de personas, aseguró la jefa de la División de Rehabilitación Pediátrica del Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra, María Elena Arellano Saldaña. La estructura por edad de la población con discapacidad en el país muestra una relación directa entre el envejecimiento y el aumento de las tasas de discapacidad.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, en México hay 6,179,890 personas con algún tipo de discapacidad, lo que representa 4.9 de la población total del país. De ellas 53 son mujeres y 47 son hombres.

Según la Organización Mundial de la Salud al 2020, más de 1,000 millones de personas viven en todo el mundo con algún tipo de discapacidad, aproximadamente el 15 de la población mundial; de ellas, casi 190 millones tienen dificultades en su funcionamiento y requieren con frecuencia servicios de asistencia.



Figura 2.1: Porcentaje de la población con discapacidad según dificultad en la actividad 2020

## 2.3. Antecedentes de la silla de ruedas

Stephen Farffler:

En la década de los 60 del siglo XVII, un joven relojero llamado Stephen Farffler ideó un sistema que incorporaba un “chasis” a una silla con ruedas, lo que le permitía impulsarse con los brazos

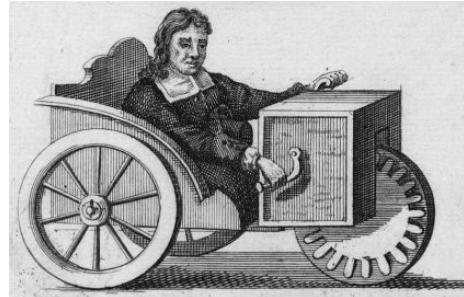


Figura 2.2: Stephen Farffler

**John Dawson de Bath:**  
En 1783, John Dawson de Bath, inventó una silla de ruedas con el nombre de la ciudad de Bath. Dawson diseñó una silla con dos ruedas grandes y una pequeña.

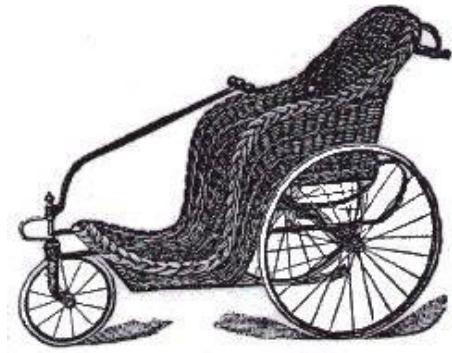


Figura 2.3: John Dawson de Bath

**Harry Jennings:**  
Del invento que diseñó para su amigo Herbert Everest, nació una patente y una compañía que monopolizó la venta de silla.



Figura 2.4: Harry Jennings

Aunque las sillas posteriores fueron mejorando, la base sobre la que trabajaban era la de Jennings

## 2.4. ¿Qué es una silla de ruedas?

Se trata de un aparato diseñado para ayudar a las personas discapacitadas a poder trasladarse sentados a cualquier lugar que se encuentre adecuado para su acceso, ya sea impulsadas de forma eléctrica o con la misma fuerza del paciente, lograrán desplazarse para realizar la mayor parte de sus actividades diarias de forma relativamente normal, de tal forma que son un gran apoyo para mejorar la calidad de vida de los usuarios y su familia.

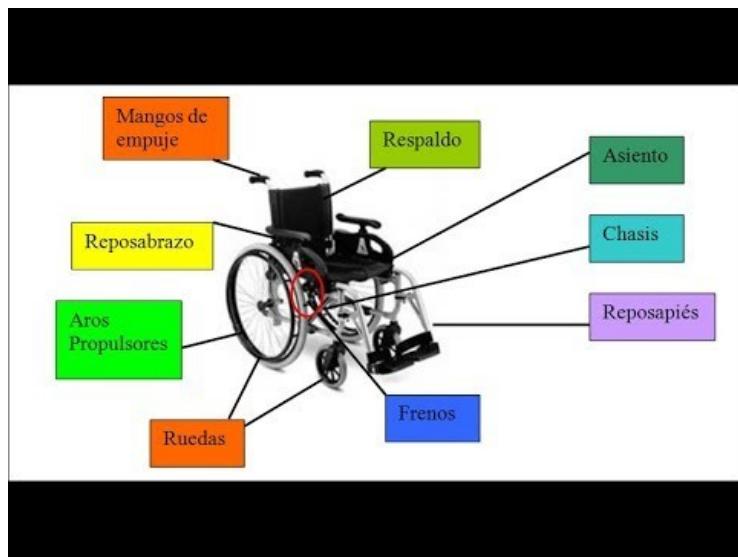


Figura 2.5: Características

## **2.5. Componentes**

Batería:

La capacidad de la batería de la silla de ruedas eléctrica determina el alcance de la silla de ruedas eléctrica; Todas las baterías de sillas de ruedas eléctricas son de 24 voltios. Por lo que en nuestra silla de ruedas se usaran dos, una para el tamaño escala y otra para el tamaño real, en ambos casos se tiene una bateria de 12V.

Motor de silla de ruedas eléctrica:

El motor de silla de ruedas eléctrica se divide en motor de escobillas y motor sin escobillas. El motor del cepillo necesita reemplazar el cepillo de carbón regularmente, el motor sin escobillas no necesita mantenimiento.

Controlador:

El controlador de la silla de ruedas eléctrica es equivalente al cerebro de la silla de ruedas eléctrica. Todas las instrucciones de funcionamiento de la silla de ruedas eléctrica se completan a través del controlador.

**Tarjeta de desarrollo:**

Permite a un usuario la realización de diseño de prototipos tecnológicos y cuentan con una unidad principal de procesamiento de información

**Engranajes:**

Los engranajes son los que permite la transmisión de la fuerza y el movimiento rotativo por medio de los mecanismos de contacto directo.

**Controlador de velocidad:**

Los controles de velocidad o convertidores son utilizados en los motores con la finalidad de obtener un mayor control siendo este más versátil y eficiente.

**Cadena:**

La cadena de transmisión tiene determinado su paso por el piñón. Los requisitos que debe cumplir son esencialmente de resistencia a los esfuerzos a los que será sometida. Su longitud debe ponerse en relación a la distancia entre el eje del piñón y la corona para permitir un adecuado tensado de esta.

**Cables:**

Con relación a los cables se recurre a la caracterización del cable eléctrico, este viene caracterizado por su color y sección.

## **Software**

**Arduino IDE:**

Es un entorno de desarrollo integrado de Arduino es una aplicación multiplataforma que está escrita en el lenguaje de programación Java.

**Solidworks:**

Es un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible.

**Proteus:**

Es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

**Altium:**

completo editor para esquemáticos que incluye potentes capacidades de colaboración y un amplio repertorio de herramientas de captura de esquemáticos con las que crear, editar, simular y documentar esquemáticos.

## **Hardware**

Arduino nano:

El Arduino Nano es una placa compacta basada en el ATmega328P. Cuenta con 14 pines digitales, 8 analógicos, un regulador de voltaje, un cristal oscilador de 16 MHz y un chip convertidor USB-Serie (CH340G o FT232RL). Su PCB está hecho de fibra de vidrio (FR4) con pistas de cobre, y su programación se realiza a través de un puerto mini-USB. Gracias a su pequeño tamaño y bajo consumo, es ampliamente utilizado en robótica, IoT y sistemas embebidos.

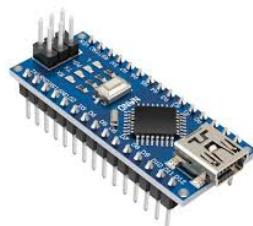


Figura 2.6: Arduino nano

Puente H L298N:

El término “Puente-H” se deriva de la representación gráfica típica del circuito. Un Puente-H, se construye con interruptores (mecánicos o de estado sólido), uno en cada “rama lateral” y en la barra central, se encuentran las salidas para el motor, es la forma que se representa dentro de un circuito esquemático simplificado.

Permite manejar dos motores de corriente continua o un motor paso a paso bipolar de entre 5V y 35V y de hasta 2 amperios, controlando la velocidad y el sentido de giro de nuestros motores.

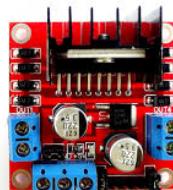


Figura 2.7: Primer puente H usado

Motor MY6812 :

Está hecho de material de aluminio, antioxidante, buena disipación de calor, resistente al desgaste y duradero. Motor de CC de 12 V de alta velocidad,

cuenta con alta velocidad, 3500 RPM garantiza, lo que hace que su scooter sea más rápido. Este motor eléctrico de 12 V con polea de correa de metal garantiza una larga vida útil y un rendimiento estable.



Figura 2.8: Motores a usar durante todo el proyecto

**Motor 3 a 6V con caja reductora:**  
posee varios engranajes en su interior que posibilita la reducción y estabilidad de la velocidad. Doble Eje. Tamaño reducido 18.7mm x 22.3mm x 64.5mm, Baja Velocidad-Alto Torque, Perfecto para diámetros pequeños, bajo ruido, Peso: 30Gr.



Figura 2.9: Motores de prueba

**Arduino Mega:**  
Controla y alimenta determinados dispositivos y toma decisiones de acuerdo al programa descargado e interactúa con el mundo físico gracias a sensores y actuadores. Es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.

**Joystick Shield:**  
Placa que incorpora 6 botones y un joystick (palanca), la cual se conecta directamente sobre una tarjeta de desarrollo tipo Arduino UNO, Leonardo o MEGA. La palanca puede moverse de izquierda a derecha, arriba hacia abajo (ejes x, y z) y además, presionándola, se activa un micro switch.



Figura 2.10: Arduino Mega



Figura 2.11: Modulo Joystick Shield

Bateria recargable de litio:  
Contiene 12V y 20Ah, con configuración 3S6P. Utiliza celdas 18650 y es capaz de manejar altas corrientes gracias a su pulverización integrada.



Figura 2.12: Bateria de litio

Power Bank:  
Batería portátil con dos puertos USB.  
Sensor HC-SR04:  
El sensor ultrasonico es un dispositivo que utiliza ondas ultrasónicas para medir la distancia a un objeto o detectar su presencia.



Figura 2.13: Bateria de pruebas



Figura 2.14: Bateria de pruebas

Esp32-Cam Placa de desarrollo que integra WIFI + Bluetooth, utiliza antenas y núcleos integrados en PCB basados en el chip ESP32.



Figura 2.15: Esp32-cam

Modulo USB CP2102 Es una interfaz que facilita la comunicación entre una PC y un microcontrolador mediante el protocolo USB

Telefono para conexion Bluetooth Telefono Android para la conexion Bluetooth con la esp32-cam.



Figura 2.16: Convertidor USB

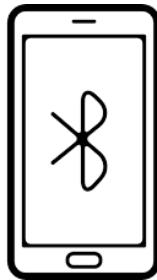


Figura 2.17: Telefono para Bluetooth

## 2.6. Análisis de los Componentes

Modulo Joystick Shield:

Funciona con conexión por cable, tiene 6 botones de los cuales solo se usan 4 por el momento; esta diseñado para aplicaciones de movilidad y es compatible con sistemas de sillas de ruedas eléctricas, su alimentación es por medio de una batería recargable incorporada y/o alimentación a través de la silla de ruedas eléctrica.

Motor MY6812:

Hecho de material de aluminio, antioxidante, buena disipación de calor, resistente al desgaste y duradero. Motor de CC de 12 V de alta velocidad: este motor de scooter eléctrico cuenta con alta velocidad, 3500 RPM garantiza, lo que hace que su scooter sea más rápido.

Bateria de litio:

Recargable para vehículo eléctrico cuenta con una pila de pulverización integrada de alta corriente. Su voltaje es de 12V y su capacidad es de 20Ah. Está construida con celdas 18650 configuradas en un arreglo 3S6P. Incluye un cargador con una corriente de 3A.

Power Bank:

El Power Bank de 20,000 mAh es una batería portátil con una capacidad de 20,000 mAh.

Arduino nano:

El Arduino Nano es una placa de desarrollo compacta basada en el microcontrolador ATmega328P, diseñada para proyectos que requieren un tamaño reducido sin comprometer la funcionalidad. Su diseño incluye un puerto mini-USB para la programación y alimentación, además de 14 pines digitales (6 de los cuales pueden usarse como PWM) y 8 entradas analógicas.

ArduinoMega:

Placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Ofrece 54 pines digitales de entrada/salida, 16 entradas analógicas y 4 puertos de comunicación serie. La placa opera a una tensión de 5V y tiene una frecuencia de reloj de 16 MHz.

Puente H doble:

Permite controlar la dirección y velocidad de un motor de corriente continua (DC), es capaz de controlar la dirección del motor permitiendo la inversión de la polaridad en las terminales del motor, y posiblemente también regulando la velocidad mediante la modulación de ancho de pulso (PWM).

Esp32-CAM:

el chip ESP32-S contiene una computadora completa (el microprocesador, la memoria RAM, el almacenamiento y los periféricos) en un solo chip. Si bien las capacidades del chip son bastante impresionantes, la placa de desarrollo ESP32-CAM agrega aún más características a la mezcla. Revisemos cada componente uno por uno. CP2102:

El conversor CP2102 facilita la comunicación entre una PC y un microcontrolador utilizando el protocolo USB. Es compatible con cualquier microcontrolador como Arduino, ESP8266, ESP32 y más. Tiene la ventaja de tener un mejor precio y mayor soporte de drivers. Además puede funcionar como "programador" con el pin DTR o RESET necesario para cargar fácilmente un Sketch al Arduino Mini Pro.

### 2.6.1. Controlador

**Tipo de Controlador** Controlador electrónico específico para sillas de ruedas eléctricas.

**Interfaz** Panel de control o joystick para la operación intuitiva por parte del usuario.

**Funciones de Control** Control de dirección, velocidad, frenado y posiblemente funciones adicionales.

**Alimentación** Compatible con la fuente de alimentación de la silla de ruedas (batería recargable).

**Programabilidad** Capacidad para ajustar parámetros y configuraciones según las necesidades del usuario y el entorno.

**Seguridad** Características de seguridad incorporadas, como frenado de emergencia y protección contra sobrecorriente.

**Piñones Material** De acero endurecido para resistencia y durabilidad.

**Conexión** Conectado al motor 14 dientes y a la rueda son 44 dientes.

**Tipo** Es de tipo recto para una transmisión eficiente de potencia.

**Tratamiento de Superficie** Recubrimiento anticorrosivo para prolongar la vida útil.

**Compatibilidad** Diseñados específicamente para la aplicación de la silla de ruedas eléctrica.

### 2.6.2. Cadena

**Material** Acero de alta resistencia o aleación para soportar cargas y tensiones.

**Tipo de Cadena** Cadena de rodillos para una transmisión suave y eficiente.

**Paso de la Cadena** Distancia entre centros de dos eslabones consecutivos.

**Ancho de la Cadena** Ancho total de la cadena.

**Resistencia a la Tracción** Capacidad para soportar fuerzas de tracción considerables.

## Capítulo 3

# Antecedentes del proyecto

### 3.0.1. Etapa 1

Cuarto cuatrimestre:

Se realizo un prototipo a un carrito de pruebas Arduino, en el se agrego la placa de desarrollo Esp32, junto con un joystick, se hizo la configuración del puente h L298N de tal manera que los dos motores avanzarán hacia adelante y atrás.

Materiales usados durante el cuatrimestre:

- Chasis de carro Arduino
- 2 motores DC 5V
- Microcontrolador ESP32
- Puente H L298N
- Cable UTP
- Cables dupon

### 3.0.2. Etapa 2

Quinto cuatrimestre:

En este cuatrimestre nos centramos en mostrar nuestra meta del proyecto: una silla de ruedas eléctrica, por lo que se realizó un diseño en SOLIDWORKS, así como la construcción de una silla tamaño escala, hecha de tubos PVC, también se realizó el cambio de Esp32 a Arduino Uno, así como el cambio del joystick al módulo joystick shield, para controlar los motores de forma que avanzarán hacia adelante y hacia atrás, ahora ya se tenía el control de los motores, junto con dos sensores ultrasónicos.

Materiales usados durante el cuatrimestre:

- Arduino Uno
- Tubo PVC
- Sensor ultrasonico
- Puente H L298N
- Cable UTP
- Cables dupon
- 2 motores DC a 5V

### **3.0.3. Etapa 3**

Sexto cuatrimestre:

Construcción de un puente h propio de mayor potencia. En este cuatrimestre se deseaba presentar la silla de ruedas de tamaño real, por lo que el cambio de motores, batería y puente h fue necesario, pues ahora requería de más corriente y voltaje. Debido a esto se realizó y diseño un puente h doble de potencia. En cuanto al microcontrolador el cual era una placa Arduino Uno fue reemplazado por la placa Arduino Mega, con este nuevo Arduino, se tenían más pines disponibles, para usarse en un futuro.

Materiales usados durante el cuatrimestre:

- Batería 12V 10A
- 2 motores DC 12V
- Microcontrolador Arduino Mega
- 4 Resistencias de 100 Ohm a 2W de alambre
- 4 Resistencias de 1.2k a 1W de carbón
- 4 Transistores BC337
- 4 Transistores TIP41C
- 4 Transistores TIP42C
- 8 Diodos 1N5401
- 2 Bornes 4 pines
- 1 Borne de 2 pines
- Alambre calibre 22
- Placa, cloruro férrico, brocas, etc
- 1 pcb 8cm × 5cm

### **3.0.4. Etapa 4**

Séptimo cuatrimestre:

En este cuatrimestre se cambiaron componentes del puente H por unos de mayor potencia y la implementación de disipadores evitando problemas anteriores de sobrecalentamiento. Una parte importante fue que se diseñó la estructura en Altium y se implementó en una placa PCB. También, en este cuatrimestre se pudo agregar dos métodos para el control de motores, una fue por sensores ultrasónicos, y la segunda por el uso de Bluetooth lo cual fue posible mover la silla con una aplicación echo a bloques, esta aplicación permitía controlar los motores por medio de botones y voz.

Materiales usados durante el cuatrimestre:

- Batería 12V 10A
- 2 motores DC 12V
- Microcontrolador arduino Mega
- 4 Resistencias de 100 Ohm a 2W de alambre
- 4 Resistencias de 1.2k a 1W de carbón
- 4 Transistores BC337
- 4 Transistores TIP35C
- 4 Transistores TIP36C
- 8 Diodos 1N5401
- 2 Bornes 4 pines
- 1 Borne de 2 pines
- Alambre calibre 22
- Placa, cloruro férrico, brocas, etc
- Disipador de computadora
- 1 pcb 15 cm × 13 cm
- 1 ESP
- App inventor

### **3.0.5. Etapa 5**

Octavo cuatrimestre:

En este cuatrimestre se detecto que el puente h anterior tenia dificultades para el manejo de los motores, pues nos dimos cuenta que la estructura que tenia el puente h hacia que los transistores no se conectaran a tierra, por lo que presentaban una caída de voltaje, así como un sobrecalentamiento. De igual forma el rendimiento del motor disminuía a causa de la caída de voltaje por lo que se dificultaba su correcta alimentación a los motores. Para este cuatrimestre se está realizando otro puente h nuevo, a diferencia del anterior es que ahora se usaran MOSFET, en vez de transistores, pues los transistores no eran aptos para trabajar potencia. Con este puente h ya se realizo la prueba de un motor y funciono correctamente, la prueba se realizo con dos botones, pero aun falta regular la velocidad a través de un potenciómetro, una vez se tenga esto se mudará todo el circuito y se adaptara al Arduino mega, modulo joystick shield y la aplicación Bluetooth.

Materiales usados durante el cuatrimestre:

- MOSFET IR211
- diodo 1N4007
- capacitor electrolítico 22uf
- Capacitor cerámico 22uf
- Capacitor cerámico 0.1uf
- Resistencia 100 ohm a 2W
- Circuito integrado IR2110

## Capítulo 4

# Análisis y diseño de la silla de ruedas

La selección de estos componentes es crítica en la ingeniería de una silla de ruedas eléctrica, ya que influyen en la autonomía, durabilidad, seguridad y accesibilidad del dispositivo, mejorando la calidad de vida de las personas con discapacidades motoras. La elección cuidadosa de cada componente es esencial para lograr un diseño efectivo y confiable.

### Diseño de la Silla

Comenzamos el diseño con la estructura principal de la silla de ruedas, teniendo en cuenta la resistencia, la estabilidad y la comodidad del usuario. Este proceso de diseño en SolidWorks ya que integra de manera efectiva los componentes clave para crear una silla de ruedas funcional y cómoda que cumple con las necesidades específicas de los usuarios, teniendo en cuenta la accesibilidad, la eficiencia y la seguridad.

Consideramos la practicidad del diseño incorporando un sistema de plegado que facilite el almacenamiento y transporte de la silla de ruedas.



Figura 4.1: Diseño de la silla

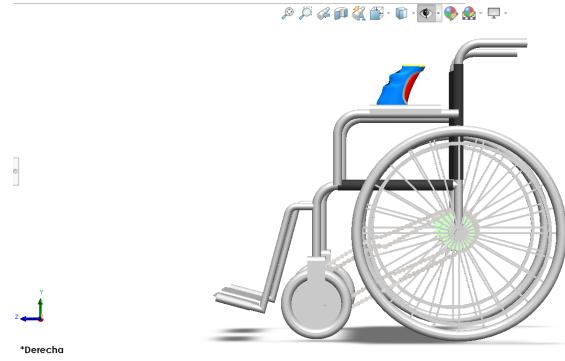


Figura 4.2: Vista Derecha



Figura 4.3: Vista Izquierda

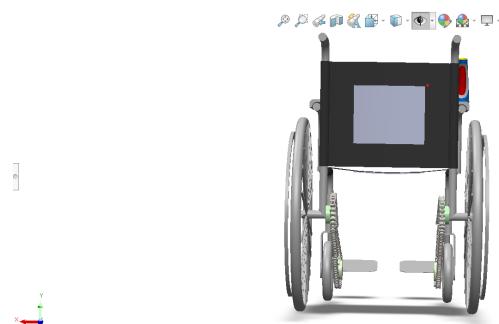


Figura 4.4: Vista Trasera

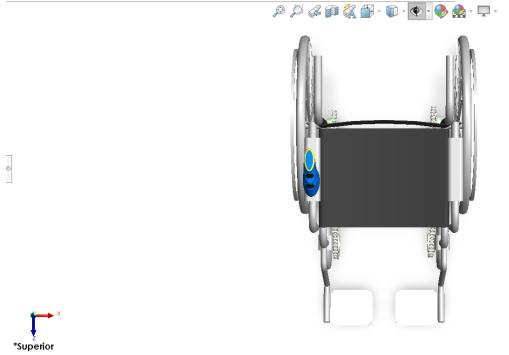


Figura 4.5: Vista Superior

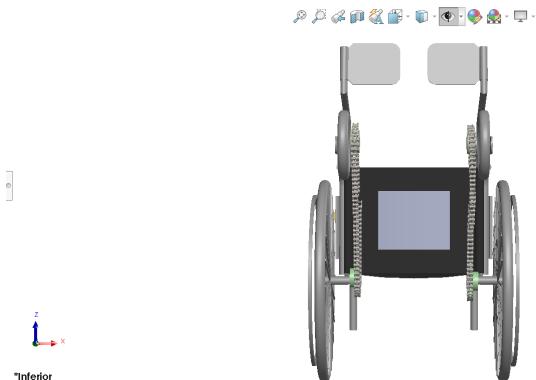


Figura 4.6: Vista Inferior

### Sistema de Propulsión

Integramos motores eléctricos en las ruedas traseras para proporcionar propulsión. Modelamos estos motores en SolidWorks y los conectamos a un sistema de transmisión que incluye piñones y cadenas para garantizar un movimiento suave y eficiente.

Los piñones tambien cumplen una función importante pues cumplen una relación de piñón entre piñon.

Figura 4.7: Relacion Piñon con Piñon

Corona ↓Piñón	37	40	41	42	45
14	109 km/h	101 km/h	98 km/h	96 km/h	<u>90 km/h</u>
15	117 km/h	108 km/h	105 km/h	103 km/h	96 km/h
16	124 km/h	115 km/h	112 km/h	110 km/h	102 km/h
17	132 km/h	122 km/h	119 km/h	118 km/h	109 km/h

La relación de piñones entre un piñón que lleva el motor y otro que está conectado a la rueda es esencial para la transmisión de potencia y el rendimiento del sistema. En este caso específico, mencionas que el piñón conectado al motor tiene 14 dientes, mientras que el piñón conectado a la rueda tiene 44 dientes. La relación entre estos dos piñones se puede expresar como la relación de engranaje. La relación de engranaje, denotada generalmente como R, se calcula dividiendo el número de dientes del piñón conducido (en este caso, el piñón conectado a la rueda) entre el número de dientes del piñón conductor (el piñón conectado al motor). Matemáticamente, esto se expresa como:

$$R = \frac{\text{Número de dientes del piñón conducido}}{\text{Número de dientes del piñón conductor}} \quad (4.1)$$

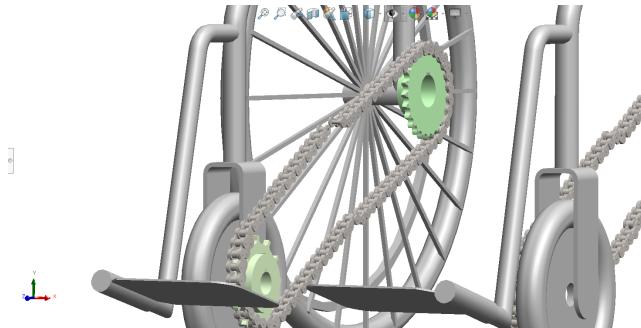


Figura 4.8: Diseño de piñones

### Joystick y Controles

Implementamos un joystick ergonómico en los reposabrazos de la silla para permitir que el usuario controle la dirección y la velocidad. Utilizando SolidWorks, diseñamos los soportes y mecanismos necesarios para garantizar la accesibilidad y facilidad de uso del joystick.

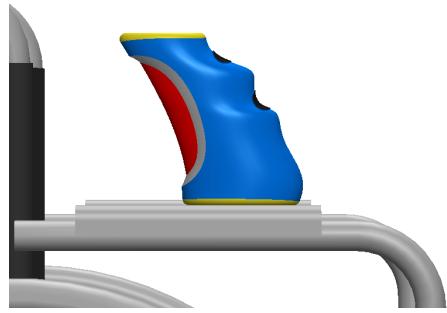


Figura 4.9: Diseño de joystick

#### Diseño de llanta

Seleccionamos materiales resistentes y livianos para la construcción de la silla de ruedas. Utilizando SolidWorks, aplicamos texturas y acabados para mejorar la estética y la durabilidad del diseño.

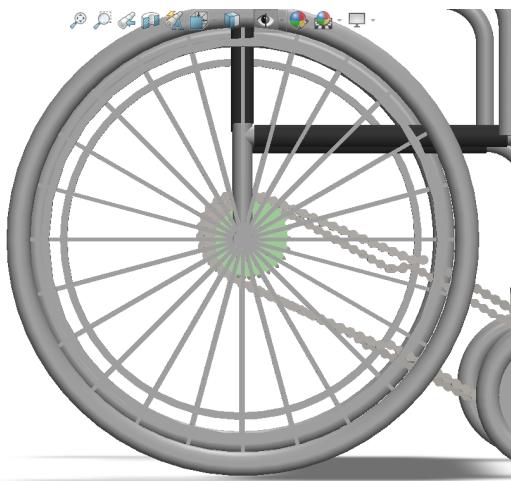


Figura 4.10: Diseño de Rueda

## 4.1. Estructura Material

### 4.1.1. Creación puente H doble, 3A, 3-36V

La creación de este circuito electrónico se utilizó para controlar la dirección y velocidad de motores de corriente continua (DC). El término "puente H" se refiere a una configuración de transistores o MOSFETs que permite invertir la polaridad aplicada a un motor, lo que a su vez cambia su dirección de giro (adelante y atrás). "Doble" significa que el módulo incluye dos puentes H, permitiendo controlar dos motores de corriente continua de forma independiente. El rango de voltaje de operación del puente H es de 3V a 36V, lo que lo hace adecuado para controlar una amplia variedad de motores, desde pequeños hasta motores más grandes y potentes.

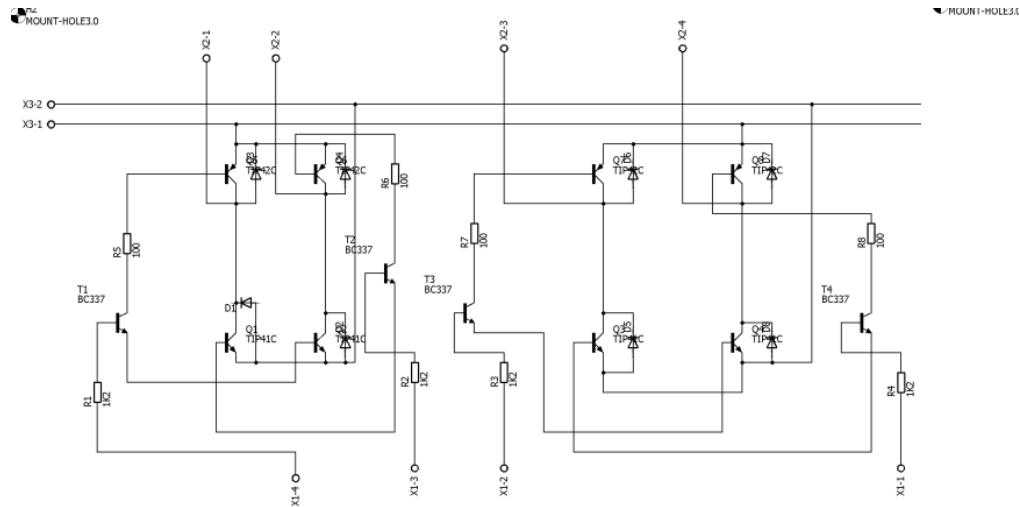


Figura 4.11: Puente H doble

#### 4.1.2. Creación de puente H en proteus

Para comenzar a realizar la silla de ruedas tamaño real, se necesita el uso de los motores MY6812, los cuales contienen mas amperios, ya que el puente H L298N no soportaría tal cantidad. El uso de un puente H adecuado es crucial para controlar motores más grandes debido a las limitaciones de corriente y potencia que diferentes controladores pueden manejar, es por eso la razón por la que se realizó.

#### Pruebas de puente H en Software Proteus

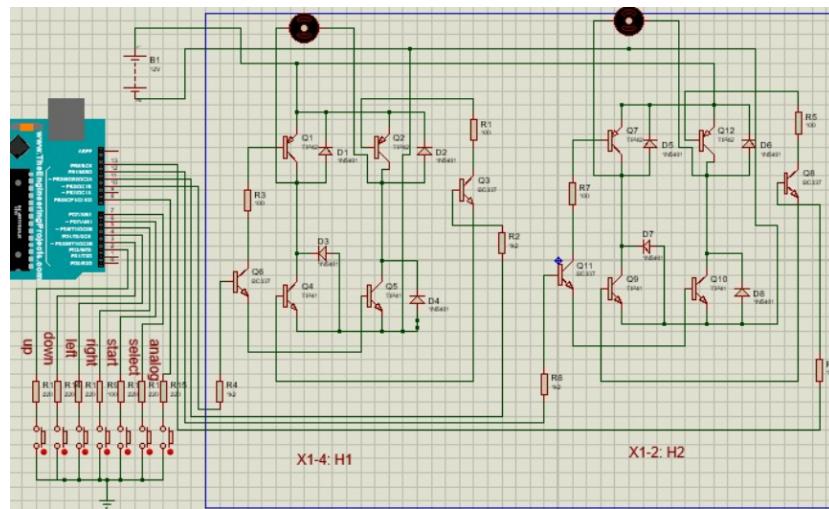


Figura 4.12: Puente H en Proteus

Modificación de tabla de verdad de acuerdo a nuevo puente h:

Botón	in1	in2	in3	in4	Giro
Ninguno	0	0	0	0	Sin Giro
Arriba	1	0	0	1	Adelante
Atrás	0	1	0	1	Atrás
Izquierda	1	0	1	0	Izquierda
Derecha	0	1	0	1	Derecha
No usar	1	1	1	1	No usar

Figura 4.13: Tabla de verdad modificada

#### 4.1.3. Rediseño puente h

##### Creación de puente H en Altium Designer System Engineering (SE)

En esta etapa fue necesario el cambio del puente h a uno con mas capacidad de corriente, este diseño se realizo en Altium Designer System Engineering (SE), con el fin de nosotros elegir correctamente los componentes y poner en practica conocimientos obtenidos.

##### Esquematico

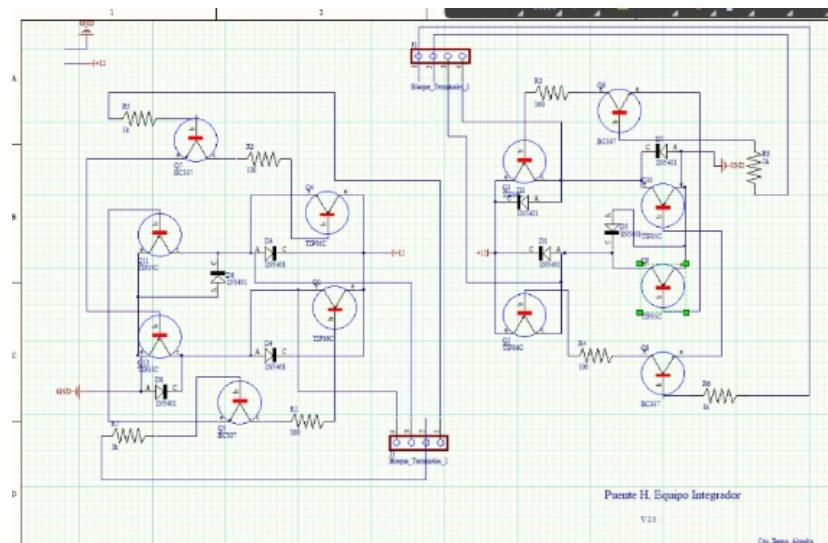


Figura 4.14: esquematico del nuevo puente h

#### 4.1.4. Nuevo puente H utilizando 2 IR2110

El cambio a este puente H con 2 IR2110 fue necesario para manejar motores de mayor potencia con mayor eficiencia y menor dissipación de calor. Además el IR2110 permite el uso de MOSFETs de baja resistencia, reduciendo el consumo de energía y aumentando la capacidad de corriente. Además, su diseño soporta voltajes más altos y ofrece una conmutación más rápida, mejorando el rendimiento del sistema.

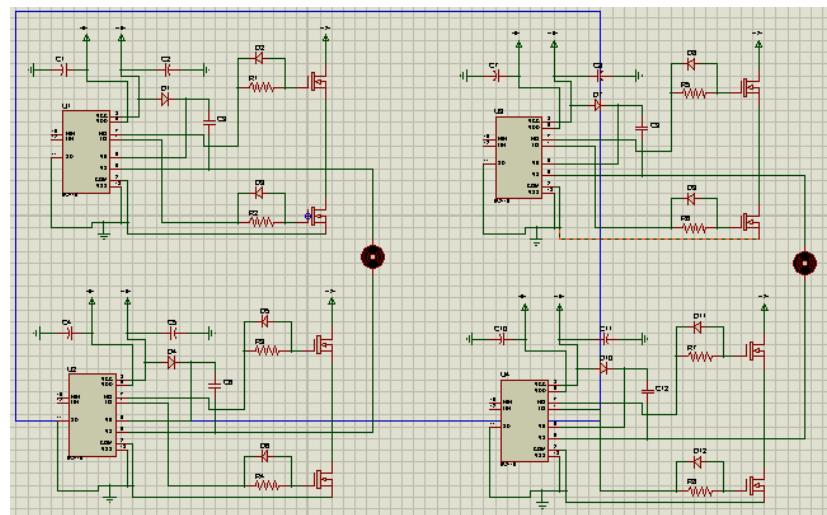


Figura 4.15: Puente h con 2 IR2110 realizado en proteus

## Capítulo 5

# Descripción de la implementación

### 5.1. Implementación a carrito de prueba

Implementación de código para observar coordenadas predeterminadas del módulo Joystick Shield.

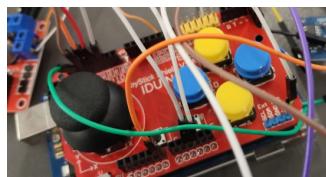


Figura 5.1: Shield Joystick conectado a Arduino MEGA

```
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 0
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 0
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 1
UP    = 1      DOWN   = 1      LEFT   = 1      RIGHT  = 1      START  = 0
```

Figura 5.2: Valores de shield sin presionar ningún botón

```
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
```

Figura 5.3: Valores de shield sin presionar ningún botón

```
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9
SELECT      =  1  ANALOG      =  1  X      =  9
SELECT      =  0  ANALOG      =  1  X      =  9
SELECT      =  0  ANALOG      =  1  X      =  9
SELECT      =  0  ANALOG      =  1  X      =  9
```

Figura 5.4: Boton F de Shield Joystick presionado

```
ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  9
ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  19
ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  19
ANALOG      =  1  X      =  9      Y      =  19
```

Figura 5.5: Joystick hacia adelante

JP	=	1	DOWN	=	1	LEFT	=	1
JP	=	1	DOWN	=	1	LEFT	=	1
JP	=	1	DOWN	=	1	LEFT	=	1
JP	=	0	DOWN	=	1	LEFT	=	1
JP	=	0	DOWN	=	1	LEFT	=	1
JP	=	0	DOWN	=	1	LEFT	=	1
JP	=	0	DOWN	=	1	LEFT	=	1

Figura 5.6: Boton A de Shield Joystick presionado

Teniendo los datos analogicos y digitales se colocarán en un código arduino, junto con las nuevas coordenadas obtenidas:

### 5.1.1. Tabla de verdad

Botón	in1Pin	in2Pin	in3Pin	in4Pin	Acción
up_button	HIGH	LOW	HIGH	LOW	Avanzar
down_button	LOW	HIGH	LOW	HIGH	Retroceder
left_button	LOW	HIGH	HIGH	LOW	Girar a la izquierda
right_button	HIGH	LOW	LOW	HIGH	Girar a la derecha

Figura 5.7: Tabla de verdad

Ejemplo codigo:

```
// Determinar la dirección basada en los valores del joystick
if (yValue < 400 || yValue == 19) {
    // Avanzar
    digitalWrite(in1Pin, HIGH);
    digitalWrite(in2Pin, LOW);
    digitalWrite(in3Pin, HIGH);
    digitalWrite(in4Pin, LOW);
    Serial.println("DA ADELANTE");
} else if (yValue > 600 || yValue == -1) {
    // Retroceder
    digitalWrite(in1Pin, LOW);
    digitalWrite(in2Pin, HIGH);
    digitalWrite(in3Pin, LOW);
    digitalWrite(in4Pin, HIGH);
    Serial.println("DA ATRAS");
} else if (yValue == 1) {
    // Detener el movimiento en el eje Y
    digitalWrite(in1Pin, LOW);
    digitalWrite(in2Pin, LOW);
```

Figura 5.8: Ejemplo codigo Joystick

```
if (digitalRead(up_button) == LOW) {
    //adelante
    digitalWrite(in1Pin, LOW);
    digitalWrite(in2Pin, HIGH);
    digitalWrite(in3Pin, LOW);
    digitalWrite(in4Pin, HIGH);
    Serial.println("DA ATRAS");
}
if (digitalRead(down_button) == LOW) {
    // Atrás
    digitalWrite(in1Pin, HIGH);
    digitalWrite(in2Pin, LOW);
    digitalWrite(in3Pin, HIGH);
    digitalWrite(in4Pin, LOW);
    Serial.println("DA ADELANTE");
}
if (digitalRead(left_button) == LOW) {
    // Izquierda
    digitalWrite(in1Pin, LOW);
    digitalWrite(in2Pin, HIGH);
    digitalWrite(in3Pin, HIGH);
    digitalWrite(in4Pin, LOW);
    Serial.println("IZQUIERDA");
```

Figura 5.9: Ejemplo código Botones

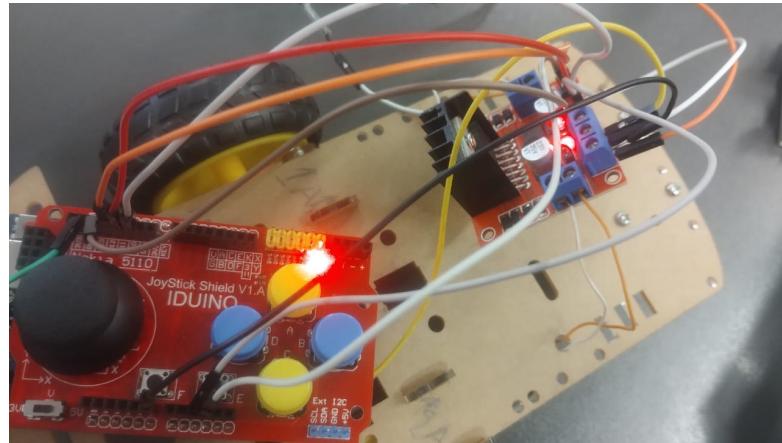


Figura 5.10: Joystick Shield, Puente H y Arduino MEGA en carrito de prueba arduino

## 5.2. Creación y armado de silla de ruedas tamaño escala

Toma de medidas para sacar escala:



Figura 5.11: Toma de medidas

Armado de silla de ruedas:



Figura 5.12: Perforación de tubo pvc



Figura 5.13: Silla de ruedas tamaño escala

### 5.3. Realizacion de silla de ruedas en tamaño natural

#### Puente H doble en Protoboard

El realizar pruebas en una protoboard antes de transferir el diseño a una PCB (Placa de Circuito Impreso) nos ayuda al desarrollo del circuito, pues se observan los pros y contras que contiene el circuito y si se pueden existir modificaciones.

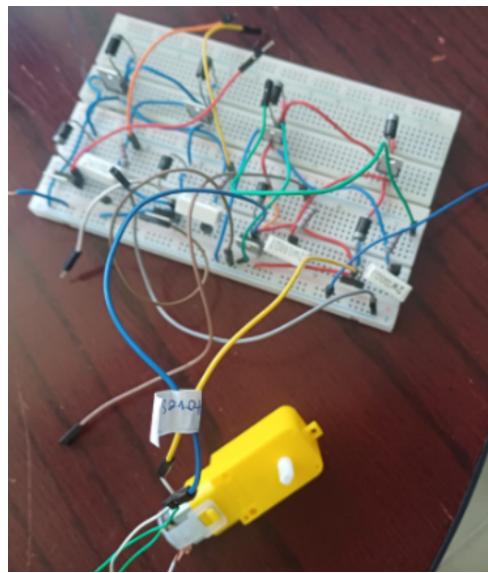


Figura 5.14: Prueba de puente H en protoboard con motores de 3v a 6v con caja reductora

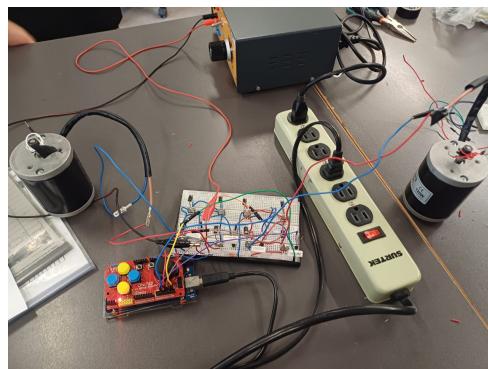


Figura 5.15: Prueba de puente H en protoboard con motores de 12V

## Desarrollo de placa PCB

Primero se tomaron medidas de la placa, para imprimir el diseño y posteriormente planchar el diseño sobre la placa PCB.

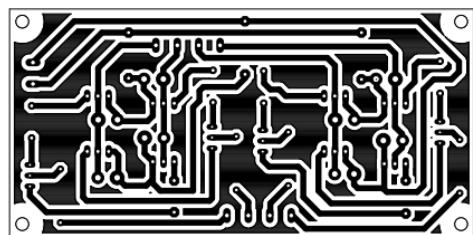


Figura 5.16: Diseño a imprimir

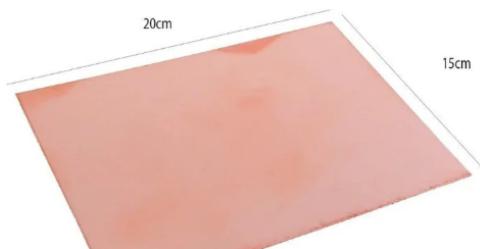


Figura 5.17: Toma de medidas para diseño final

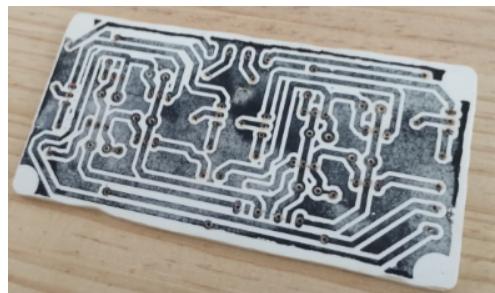


Figura 5.18: Placa PCB con perforaciones

## PCB

El cambio de protoboard a pcb, fue necesaria para tener conexiones sólidas y duraderas, mejorando la estabilidad y el rendimiento del circuito al reducir interferencias y ruido eléctrico. Así como permitir un diseño más compacto y organizado, ocupando menos espacio y ofreciendo un aspecto más profesional.



Figura 5.19: Puente H en PCB



Figura 5.20: Prueba de puente H en PCB motores de 12V

## Desarrollo del Puente h rediseñado

Desarrollo en software Altium Designer System Engineering (SE)

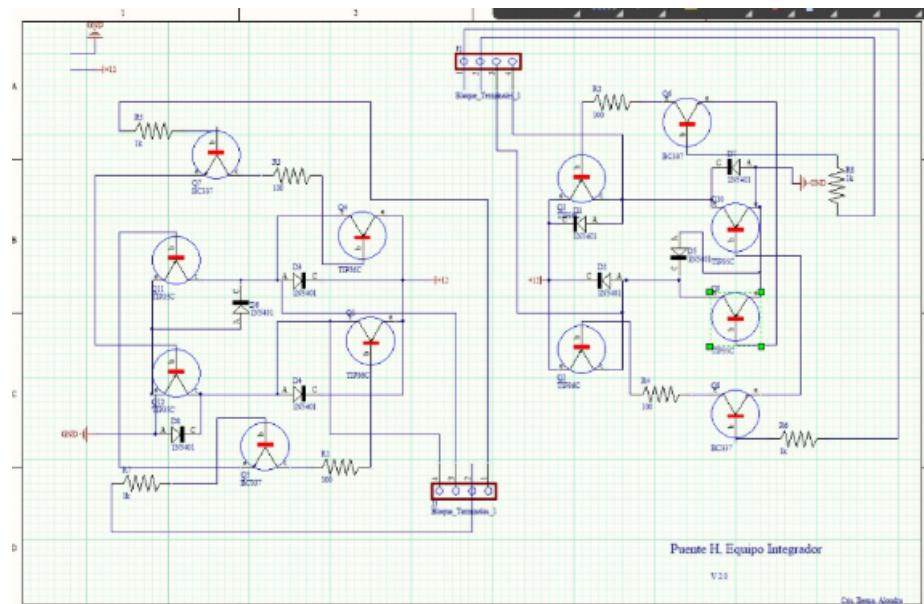


Figura 5.21: Esquematico

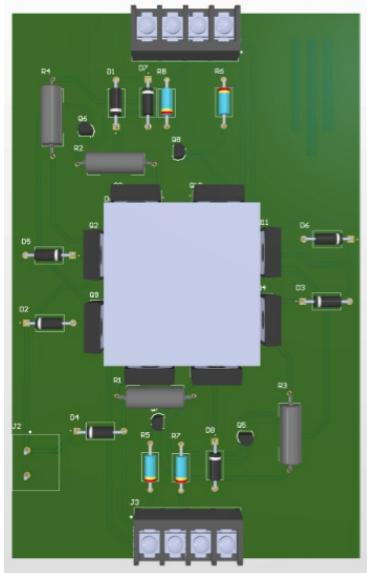


Figura 5.22: Circuito en 3D

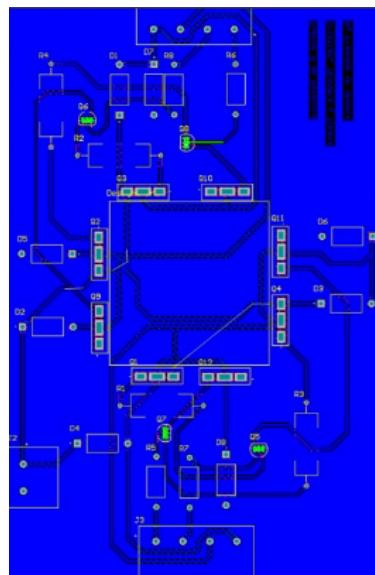


Figura 5.23: Circuito en 2D

Desarrollo de pcb:



Figura 5.24: PCB antes de ser soldada



Figura 5.25: PCB terminada

Desarrollo y prueba del nuevo puente H:

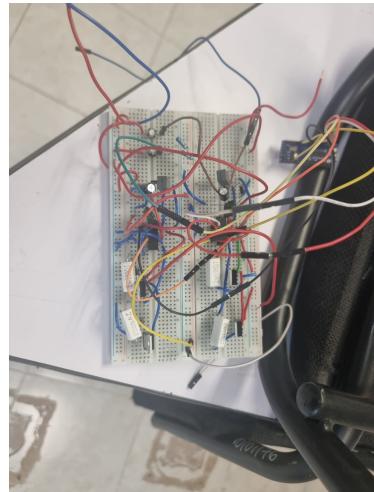


Figura 5.26: Puente con IR2110.

### 5.3.1. Materiales de puente h doble

Resistencias de 100 Ohms a 2W de alambre:  
Usado para limitar la corriente, dividir el voltaje y proteger otros componentes del exceso de corriente.

Resistencias de 1.2k a 1W de Carbón:  
Utilizadas para limitar la corriente y dividir el voltaje en aplicaciones de menor potencia.

Transistores BC337:  
Amplificación y conmutación de pequeñas señales.

Transistores TIP41C:  
Amplificación y conmutación de señales de alta corriente.

Transistores TIP42C:  
Amplificación y conmutación de señales de alta corriente.

Diodos 1N5401:  
Rectificación en fuentes de alimentación y protección contra inversión de polaridad.

Bornes de 4 y 2 Pines:  
Facilitan la conexión y desconexión de cables en circuitos electrónicos.

Alambre Calibre 22:

Para conexiones internas en prototipos y circuitos de baja corriente.

Transistores TIP35C:

Transistores con rendimiento excepcionalmente alto al tiempo que tienen una tensión de saturación muy baja. Transistores TIP36C:

Transistor Bipolar Alta Potencia con encapsulado TO-218. Este transistor se utiliza para la conmutación de baja velocidad y amplificación. Placa:

Material base para la fabricación de PCB.

Cloruro Férrico:

Agente químico utilizado para el grabado de PCB, eliminando el cobre no deseado.

Brocas:

Herramientas para perforar la PCB para montar componentes.

### 5.3.2. Materiales de puente H con dos IR2110a

MOSFET IR2110:

Actúa como un interruptor de alta potencia, permitiendo el control del motor con mínima pérdida de energía.

Diodo 1N4007:

Protege el circuito de inversiones de voltaje y picos transitorios.

Capacitores electrolíticos y cerámicos ( $22\mu F$  y  $0.1\mu F$ ):

Estabilizan la alimentación y filtran el ruido.

Resistencia 100 ohm a 2W:

Limita la corriente de las compuertas de los MOSFETs, evitando picos que puedan dañarlos.

Circuito integrado IR2110:

Es el driver que activa estos MOSFETs, asegurando una conmutación rápida y eficiente.

## 5.4. Implementacion de aplicación móvil

Fue una app desarrollada en el entorno de MIT app inventor, hecha con programacion a bloques. Contiene 4 flechas que sirven para el manejo de los dos motores, asi como tambien un microfono para manejar los motores mediante comandos de voz.



Figura 5.27: Interfaz aplicación

## **5.5. Estructura de la silla de ruedas**

### **5.5.1. Sistema de Engranajes**

Un engranaje de bicicleta con 14 dientes será acoplado al motor, así como un engranaje más ancho de 32 dientes será montado en la llanta, y una cadena de bicicleta conectarán ambos engranajes para transmitir la fuerza del motor a la llanta.

#### **Ventajas del sistema de engranaje**

Transmisión de Fuerza:

La combinación de un engranaje pequeño en el motor y un engranaje más grande en la llanta permitirá una transmisión eficiente de la fuerza, incrementando el torque en la rueda.

Disponibilidad de Piezas:

Los engranajes y cadenas de bicicleta son fáciles de conseguir y relativamente económicos.

#### **Desventajas del sistema de engranaje**

Alineación Precisa:

Es crucial que los engranajes y la cadena estén perfectamente alineados para evitar desgaste y fallos.

Mantenimiento:

Aunque el sistema es sencillo, requerirá un mantenimiento regular como limpieza y engrase de la cadena para asegurar su correcto funcionamiento.

## **5.6. Plan de implementación**

### **5.6.1. Diseño y Fabricación:**

#### **Preparación de la base de la torre de tambor**

Se tomó la base de la torre del tambor de una corona de bicicleta para enroscar en las llantas de silla de rueda que tiene la ventaja de ser compatible con piezas de bicicleta.

Se preparó la superficie para la soldadura, asegurando que estuviera limpia sin grasa y libre de óxido.



Figura 5.28: Engranaje cara lisa

#### **Fijación del Piñón con 46 Dientes**

Se soldó un piñón con 46 dientes a la base de la torre del tambor. La soldadura se realizó de manera precisa para garantizar que el piñón quedara fijo y alineado correctamente con el engranaje. Se verificó que el piñón estuviera firmemente sujeto y no presentara movimientos o holguras. Se verificó que el material al estar soldado siguiera conservando su cuerda interna para la instalación en la rosca.



Figura 5.29: Engranaje cara con el tambor soldado

### **Corte de tornillos**

Se observó que el tornillo original utilizado como eje corto no tenía el largo necesario para el acople del tambor.



Figura 5.30: Tornillos Anteriores

### **Ajuste de tornillo para llantas**

Se adquirió un tornillo más largo de 20 cm para reemplazar el tornillo corto. El tornillo esta reforzado al ser de una motocicleta para una mejor fuerza. Se amplió la cuerda del nuevo tornillo utilizando un torno para el ampliamente de la cuerda asegurando que tuviera el rango de sujeción necesario.



Figura 5.31: Tornillo Nuevo de 20 centímetros

### **Instalación del nuevo tornillo**

Se colocó el nuevo tornillo de 20 cm en su lugar.  
Se ajustó y se verificó que el tambor y el piñón estuvieran correctamente acoplados.  
Se probó la funcionalidad de la silla de ruedas para asegurar que todas las modificaciones funcionaran correctamente y no hubiera problemas de sujeción o movimiento.



Figura 5.32: Rin con enroscamiento a la maza



Figura 5.33: Rin sin engranaje

## **Pruebas y ajustes finales**

Se realizaron pruebas de funcionamiento de la silla de ruedas, comprobando el movimiento y la estabilidad.

Se hicieron ajustes menores según fuera necesario para optimizar el rendimiento. Se documentaron todos los cambios y se tomó nota de cualquier observación relevante durante las pruebas.

Se colocaron dos tuercas para evitar que el movimiento fuera sacando el tornillo.



Figura 5.34: Imagen Vista de rines montados en la silla de ruedas

### **5.6.2. Resumen del plan de implementación**

Se adquirieron los tambores para las mazas de los rines y se soldaron a los engranajes. Se compraron tornillos reforzados de motocicleta para los ejes de las llantas y se encargó la fabricación de la cuerda del tornillo en un torno. Se construyeron bases con láminas en forma de L para sostener la batería y los circuitos, y se tomaron medidas precisas para asegurar los motores con tornillos milimétricos. Las láminas en forma de L se soldaron como base para los motores, y se mandaron a fabricar cadenas iguales en un torno. Finalmente, se ajustó la tensión de los motores en relación con la cadena para asegurar un funcionamiento óptimo.

## 5.7. Aplicación de circuitos en silla de ruedas

El agregar los circuitos a la silla de ruedas nos ayuda a verificar que el diseño cumple con las restricciones de espacio y peso.

Así como tambien ayudar a interactuar con otros nuestros otros componentes como lo son los motores, el modulo joystick shield, el arduino mega y la bateria. Dejar los circuitos separados podría generar problemas de conectividad o daños físicos debido a movimientos o vibraciones, especialmente en la silla de ruedas. Por ultimo, el hecho de impletar el circuito a la silla de ruedas nos ayuda a tener un aspecto más terminado y profesional.



Figura 5.35: Circuitos en silla de ruedas



Figura 5.36: Silla de ruedas con circuitos implementados

## 5.8. Cronogramas de actividades

Actividades	Semana												
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 1	Sem 1	Sem 1	Sem 13
Organización de integrantes de equipo	■												
Planteamiento de Problema		■	■	■									
Lluvia de Ideas													
Introducción													
Definición de objetivos				■	■								
Investigación de acuerdo de enfermedad					■	■							
Marco Teórico													
Estados del arte						■	■	■					
Documentación													
Definición de Material a utilizar													
Pruebas con motores									■	■	■	■	
Pruebas con punte H									■	■	■	■	
Trabajar con el código									■	■	■	■	
Trabajar con el circuito									■	■	■	■	
Pruebas										■	■	■	■
Presentación											■		

Figura 5.37: Cuatrimestre 4 Cronograma Sep-Dic

Actividades	Semana												
	Sem1	Sem2	Sem3	Sem4	Sem5	Sem6	Sem7	Sem8	Sem9	Sem10	Sem11	Sem12	Sem13
Reorganización de propósitos para el cuatrimestre													
Reorganización de conexiones establecidas													
Investigación y obtención del joystick Shield													
Uso del joystick shield en prácticas pequeñas													
Implementación del código maestro-esclavo													
Investigar materiales para la escala de la silla													
Obtención de materiales principales de la silla													
Creación del código principal													
Crear conexiones con el joystick shield													
Implementación de sensores ultrasonicos													
Construcción de escala de la silla													
Implementar motores a la escala													
implementar circuitería dentro de la escala													
Terminar de dar detalles a la silla													
Tiempo de pruebas													

Figura 5.38: Cuatrimestre 4 Cronograma Enero-Abril

Actividades	Cronograma de actividades												
	SEMI	SEM2	SEM3	SEM4	SEM5	SEM6	SEM7	SEM8	SEM9	SEM10	SEM11	SEM12	SEM13
Planeación de proceso de actividades en el cuatrimestre													
Investigación de materiales para prototipo de silla real													
Investigación para la fabricación del puente H													
Diseño y simulación del circuito del puente H													
Compra de materiales para puente H													
Desarrollo de circuito en protoboard													
Tiempo de pruebas del circuito													
Impresión y planchado del circuito a la placa													
Investigación para la implementación de motores													
Investigación y compra en linea engranajes													
Desarrollo de análisis FODA													
Desarrollo de documentación													
Implementación de motores de 12 V													
Implementación de batería de 12V10A													
Pruebas del circuito en pcb en conjunto con otros componentes													
Soldadura y acople de piezas mecánicas en la silla de ruedas													
Crear soportes personalizados para la silla													
Ajuste de Motores													
Tensión y aplicación de cadena													
Modificación y uso de tornillos especializados													
Implementación de todos los componentes en la silla de ruedas real													
Pruebas de los componentes en la silla de ruedas real													
Documentación y reporte del proceso													

Figura 5.39: Cuatrimestre 5 Cronograma Mayo-Agosto

Cronograma de actividades 7mo Cuatrimestre													
Actividades	Semanas												
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13
Planeación de proceso de actividades en el cuatrimestre	■												
Investigación de materiales nuevos para incluir	■												
Reubicación del cableado de la silla	■	■											
Fabricación de carcasa para el puente H		■											
Pruebas de sensores de ultrasónicos			■	■									
Modificación al código				■	■								
Toma de medidas de guardacadena					■								
Fabricación de guardacadena						■							
Reforzamiento de soportes de motores							■	■					
Implementación de sensores ultrasónicos								■					
Pruebas de funcionamiento									■	■			
Desarrollo de documentación										■			
Presentación de integrador											■		

Figura 5.40: Cuatrimestre 5 Cronograma Sep-Dic

Cronograma de actividades 8vo Cuatrimestre													
Actividades	Semanas												
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13
Planeación de proceso de actividades en el cuatrimestre	■												
Investigación de materiales nuevos para incluir	■												
Investigación de control por voz		■	■										
Creación del código para movimientos por voz				■	■								
Entrenamiento del código para el control de voz					■								
Investigación de control de velocidad en PWM						■							
Investigación de control de velocidad por mapeo							■						
Implementación del control de velocidad								■					
Modificación al código principal									■				
Ubicación de micrófono en la silla										■			
Pruebas de funcionamiento											■		
Desarrollo de documentación											■		
Presentación de integrador												■	

Figura 5.41: Cuatrimestre 6 Cronograma Enero-Abril

Cronograma de actividades 9no Cuatrimestre													
Actividades	Semanas												
	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4	SEM5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13
Planeación de proceso de actividades en el cuatrimestre	■												
Investigación de materiales nuevos para incluir	■												
Investigación sobre control a distancia por Bluetooth		■	■	■									
Creación de aplicación móvil				■	■	■	■	■					
Modificación al código principal						■	■	■					
Pruebas de funcionamiento							■	■	■				
Desarrollo de documentación								■		■			
Presentación de integrador											■		

Figura 5.42: Cuatrimestre 6 Cronograma Mayo-Agosto

Actividades	Semanas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Planeación de proceso de actividades													
Investigación de métodos													
Simulación de métodos													
Ejecución de metodologías													
Investigación de materiales para el control													
Adquisición de materiales													
Construcción de circuitos													
Compra de transistores y material de potencia													
Desarrollo de circuito en altium													
Impresión y plancado de placa PCB													
Implementación y soldadura de componentes en pcb													
Tiempo de pruebas y errores del puente H en pcb													
Implementación de softwares para la aplicación móvil													
Implementación de módulo bluetooth													
Cambio de módulo bluetooth por ESP32													
Creación de aplicación móvil por botones													
Creación de aplicación móvil por voz													
Tiempo de pruebas de aplicación móvil													

Figura 5.43: Cuatrimestre 7 Cronograma Sep-Dic

Actividades	Semanas					
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6
Investigación de nuevos métodos de control del motor						
Propuesta y selección del método						
Selección y compra de materiales						
Estudio de uno de los componentes						
Construcción del puente H para un motor						
Construcción del puente H para ambos motores						
Elaboración de código de prueba para el puente H						
Prueba del puente H						

Figura 5.44: Cuatrimestre 8 Cronograma Ene-Feb

## 5.9. Referencias

BECERRA, M. W. (2013). DISEÑO Y ANALISIS PRACTICO DE UN SISTEMA MOTORIZADO CON CONTROL ADAPTABLE A UNA SILLA DE RUEDAS ESTANDAR, PARA PERMITIR MAYOR FACILIDAD DE DESPLAZAMIENTO A PERSONAS DISCAPACITADAS. VALVIDIA, CHILE.

FREIRE, J. E. (2011). DISEÑO, CONSTRUCCION E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL A TRAVES DE UN JOYSTICK PARA EL DESPLAZAMIENTO SEMIAUTOMATICO DE LA SILLA DE RUEDAS ELECTRICA MODELO XFG-103FL. CARRERA DE INGENIER IA ELECTRONICA E INSTRUMENTACION, ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO .

TABARES, J. E. (2014). DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE PROPULSION Y CONTROL PARA SILLA DE RUEDAS . UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA FACULTAD DE INGENIERIA MECATRONICA PEREIRA .