UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIEROS ELECTRÓNICOS

TEMA:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DIRECCIONAL DE UNA SILLA DE RUEDAS PARA SER CONTROLADA POR RECONOCIMIENTO DE UN PATRÓN DE VOZ MEDIANTE ELECTRÓNICA DE POTENCIA Y MOTORES DC COMO ACTUADORES

AUTORES:
VINICIO DANIEL MÉNDEZ AGAMA
DANIEL OSWALDO RAMÍREZ DE LA CRUZ

DIRECTOR:
VÍCTOR VINICIO TAPIA CALVOPIÑA

Quito, marzo del 2015

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DEL TRABAJO DE GRADO

Nosotros, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Vinicio Daniel Méndez Agama	Daniel Oswaldo Ramírez de la Cruz
CC: 172275546-7	CC: 171642644-8

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN **1**
CAPÍTULO 1 ..... **2**
ANTECEDENTES **2**
1.1 Problemática 2
1.2 Justificación 3
1.3 Alcance 4
1.4 Objetivos 5
1.4.1 Objetivo General. 5
1.4.2 Objetivos Específicos. 5
1.5 Metodología 5
CAPÍTULO 2 ..... **6**
MARCO TEÓRICO **6**
2.1 Análisis de las discapacidades físicas en el Ecuador 6
2.1.1 Antecedentes. 6
2.1.2 Estadísticas de personas con discapacidad en el Ecuador. 7
2.2 El reconocimiento de voz 9
2.2.1 Digitalización de la voz. 9
2.2.2 Codificación de la señal adquirida. 11
2.2.3 Tipos de sistemas de reconocimiento de voz. 11
2.3 Descripción del sistema 12
2.3.1 Etapa digital. 13
2.3.2 Etapa de potencia. 15
2.3.3 Etapa de alimentación y carga. 18
2.3.4 Etapa mecánica. 20
CAPÍTULO 3 ..... **22**
ANÁLISIS GENERAL DEL SISTEMA **22**
3.1 Análisis técnico 22
3.1.1 Selección de la tarjeta de reconocimiento de voz. 22
3.1.2 Selección del sensor de ultrasonido 24
3.1.3 Selección del Microcontrolador 25
3.1.4 Selección de elementos de la etapa de potencia. 27
3.1.5 Selección de elementos de la etapa mecánica 40

3.1.6 Selección de elementos de la etapa de alimentación y carga. 41
3.2 Análisis económico 47
CAPÍTULO 4 50
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN 50
4.1 Diseño, construcción e implementación de la etapa mecánica 50
4.2 Diseño, construcción e implementación de la etapa digital y de potencia. 55
4.2.1 Configuración del módulo de reconocimiento de voz. 55
4.2.2 Configuración del driver Sabertooth 2x25 57
4.2.3 Construcción del módulo de control general del sistema. 60
4.3 Programación 66
4.3.1 Diagramas de flujo 68
CAPÍTULO 5 73
PRUEBAS Y RESULTADOS 73
5.1 Pruebas de reconocimiento de voz 73
5.2 Pruebas de funcionamiento: Motorreductores DC y del Sabertooth 2x25. 75
5.3 Pruebas de funcionamiento de los sensores de ultrasonido 77
CAPÍTULO 6 79
IMPACTO SOCIAL 79
CONCLUSIONES 82
RECOMENDACIONES 83
LISTA DE REFERENCIAS 84
ANEXOS 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Personas con discapacidad en el Ecuador 7
Figura 2. Discapacidad por género 8
Figura 3. Ondas sonoras a través de micrófono electromagnético 9
Figura 4. Muestreo de una señal analógica 10
Figura 5. Fenómeno de aliasing 10
Figura 6. Codificación de una señal analógica 11
Figura 7. Etapas que conforman el sistema 12
Figura 8. Diagrama de bloques del sistema 13
Figura 9. Sensor ultrasónico SRF08 14
Figura 10. Arquitectura de un microcontrolador 15
Figura 11. Arquitectura de un motor DC 16
Figura 12. Motorreductor DC 17
Figura 13. Batería 19
Figura 14. Batería de Plomo Ácido 19
Figura 15. Silla de ruedas eléctrica 21
Figura 16. Silla de ruedas manual 21
Figura 17. Tarjeta de reconocimiento EasyVR 2.0 22
Figura 18. Tarjeta de reconocimiento de voz SR-07 23
Figura 19. DLC para superficies planas. 28
Figura 20. DLC para superficies inclinadas. 30
Figura 21. Descomposición de fuerzas. 30
Figura 22. Caso A: Rampa de hasta 15 m. de extensión de su proyección. 32
Figura 23. Caso B: Rampa de hasta 10 m. de extensión de su proyección. 32
Figura 24. Caso C: Rampa de hasta 3 m. de extensión de su proyección. 33
Figura 25. Sistema de dirección hidráulica 34
Figura 26. Columna de Dirección Eléctrica 34
Figura 27. Motorreductor Mando 56300-1e500 35
Figura 28. Sabertooth 2x25 v2 39
Figura 29. Silla de ruedas manual - Modelo KY958LC 40
Figura 30. Batería 42 HP/55560R 44
Figura 31. Etapas de carga por microprocesador incorporado. 45
Figura 32. Cargador Black & Decker – Smart 6A 46
Figura 33. Sistema de tracción original de la silla de ruedas 50

Figura 34. Diseño de placa para sujeción de Motorreductores DC 51
Figura 35. Placa para sujeción de Motorreductores DC al armazón de la silla 51
Figura 36. Ubicación del Motorreductor DC al eje de rotación de cada rueda. 52
Figura 37. Acople del eje del Motorreductor DC al eje de rotación de cada rueda .. 52
Figura 38. Implementación total del sistema de tracción de la silla de ruedas 53
Figura 39. Estructura para elementos de la etapa de alimentación y carga 53
Figura 40. Estructura para sensores de ultrasonido delantero y de profundidad 54
Figura 41. Implementación de estructura para batería y sensores 54
Figura 42. Filtro paso bajo para el uso de PWM en modo analógico 57
Figura 43. Configuración del driver SABERTOOTH 2x25-modo analógico 58
Figura 44. Diseño general del circuito esquemático 59
Figura 45. Diagrama del control y monitoreo 60
Figura 46. Conexión del LCD 61
Figura 47. Conexión de los Sensores 62
Figura 48. Regulador de Voltaje DSN2596 62
Figura 49. Elementos colocados mediante ARES. 63
Figura 50. Diagrama de pistas de la placa principal 64
Figura 51. Diagrama posicional de los elementos en la placa principal. 64
Figura 52. Diseño de circuito medidor de batería. 65
Figura 53. Implementación del circuito medidor de batería 65
Figura 54. Circuito cargador de baterías - Switch on-off para motores 66
Figura 55. Diagrama General de Flujo 68
Figura 56. Diagrama de comunicación de sensores 69
Figura 57. Diagrama de chequeo de sensores 69
Figura 58. Diagrama de configuración de velocidad 70
Figura 59. Diagrama de configuración velocidad de giro 70
Figura 60. Diagrama de chequeo de tarjeta de voz 71
Figura 61. Diagrama de realización del movimiento 72
Figura 62. Movimientos direccionales 76
Figura 63. Recorrido de Prueba general de la silla de ruedas 78
Figura 64. Presentacion del Proyecto - SETEDIS 79
Figura 65. Pregunta uno de encuesta realizada 80
Figura 66. Pregunta dos de encuesta realizada 80
Figura 67. Valoración de parámetros de la silla de ruedas 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Personas registradas en el CONADIS con discapacidad física..... 8
Tabla 2. Situación laboral de personas registradas con discapacidad en el Ecuador ... 8
Tabla 3. Comparativa de tarjetas de reconocimiento de voz. 24
Tabla 4. Comparativa de sensores ultrasónicos. 25
Tabla 5. Comparativa de microcontroladores. 26
Tabla 6. Características del Motorreductor Mando 56300-1e500 36
Tabla 7. Características del driver Sabertooth 2x25 V2. 39
Tabla 8. Características de la silla de ruedas KY958LC..... 41
Tabla 9. Características de la Batería 42HP/55560R 44
Tabla 10. Detalle de costos de la etapa digital del sistema 47
Tabla 11. Detalle de costos de la etapa de potencia del sistema 48
Tabla 12. Detalle de costos de la etapa de mecánica del sistema 48
Tabla 13. Detalle de costos de la etapa de alimentación y carga 48
Tabla 14. Detalle de costos por etapas del proyecto 49
Tabla 15. Resumen de estudio de mercado de sillas de ruedas electricas..... 49
Tabla 16. Entrenamiento de la tarjeta de reconocimiento de voz SR-07 55
Tabla 17. Códigos de error de la tarjeta de reconocimiento de voz SR-07..... 57
Tabla 18. Pruebas de reconocimiento de voz 0 a 5 cm 74
Tabla 19. Pruebas de reconocimiento de voz 5 a 10 cm 74
Tabla 20. Pruebas de reconocimiento de voz 10 a 20 cm 74
Tabla 21. Número de RPM correspondientes a los diferentes tipos de velocidad..... 75
Tabla 22. Tiempo empleado en recorrer una distancia de 5 m. – mov. Adelante..... 76
Tabla 23. Tiempo empleado en recorrer una distancia de 5 m. – mov. Atrás..... 76
Tabla 24. Pruebas de detección de obstáculos 77
Tabla 25. Pruebas de detección de desnivel en el piso 78

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo de la distancia de obstáculos detectados..... 14
Ecuación 2. Sumatoria de fuerzas en el eje horizontal..... 28
Ecuación 3. Sumatoria de fuerzas en el eje vertical..... 29
Ecuación 4. Sumatoria de fuerzas en planos inclinados con referencia al eje x 30
Ecuación 5. Sumatoria de fuerzas en planos inclinados con referencia al eje y 31
Ecuación 6. Fórmula para el cálculo de la fuerza 33
Ecuación 7. Fórmula para el cálculo de la potencia del motor 36
Ecuación 8. Fórmula para el cálculo del tiempo promedio de movimiento. 42
Ecuación 9. Fórmula para el cálculo del consumo diario de corriente 42
Ecuación 10. Fórmula para el cálculo de la capacidad de la batería..... 43
Ecuación 11. Fórmula para el cálculo de la capacidad útil de la batería 43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Código de Programación 86
Anexo 2. Manual de usuario 92
Anexo 3. Tarjeta de reconocimiento de Voz SR-07 94
Anexo 4. Sabertooth 2x25 98
Anexo 5. Manual de usuario del cargador de baterías 102
Anexo 6. Diagrama de piezas instaladas 107

RESUMEN

Las sillas de ruedas automáticas tienen como objetivo brindar ayuda a personas con discapacidad física, mejorando su estilo de vida y brindando a estas personas la oportunidad de ser incluidos en la sociedad.

Esta silla de ruedas se desarrolló con un módulo de reconocimiento de voz como eje central de control del sistema. El operario de la silla puede manejarla con sus propias instrucciones de voz y asegurar la dirección y sentido de giro adecuados a sus necesidades de movilidad. El elemento más importante de la etapa de reconocimiento de voz es el circuito integrado HM2007, que a su vez forma parte del módulo de reconocimiento SR-07. El procesamiento de datos y el manejo de las señales para operación se los realiza con el microcontrolador AVR ATMEGA164P del fabricante Atmel.

Una batería de plomo ácido (60 Ah) se encarga de suministrar la energía a todo el sistema, es decir, tanto para el funcionamiento de los elementos de la etapa de potencia, como para los elementos de la etapa de control.

El movimiento de la silla es proporcionado por dos motores DC adaptados a cajas reductoras e instaladas mediante una pieza mecánica de sujeción a cada una de las ruedas posteriores de la silla, lo que proporciona la estabilidad necesaria sin tener inconveniente con el peso del usuario sumado al peso del artefacto, piezas mecánicas y batería.

La importancia de este proyecto radica en la intervención para un sector vulnerable de la sociedad, incentivando la investigación y fomentando el desarrollo de proyectos hacia la vinculación con la colectividad.

ABSTRACT

Automatic wheelchairs have the objective of provide assistance to people with physical disabilities, improving their lifestyle and, providing to these people the opportunity to be included in the society.

This wheelchair was developed with a voice recognition module as the core of the control system, through which the wheelchair operator can drive it, with voice instructions, ensuring an adequate address and rotational direction according to their needs of mobility. The most important element of the speech recognition stage is the HM2007 integrated circuit, which is part of the recognition module SR -07.Data processing and management of the signals for operation is performed with the microcontroller AVR ATMEGA164P produced by Atmel.

A lead-acid battery (60Ah) is responsible for providing the energy needed for the entire system that is for both the elements of the power stage as well as the elements of the control stage.

The chair movement is provided by two DC motors adapted to reducing boxes and installed by a mechanical clamp that offers the necessary stability without inconvenience to the user's weight plus the weight of the engine, battery and mechanical parts.

The importance of this project is the intervention for a vulnerable sector of society, encouraging research and promoting development projects towards links with the community.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, según registros del Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades, hasta diciembre del 2014, existen 175.444 personas con algún tipo de discapacidad física y tomando en cuenta el último censo realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, existe 23,69% de pobreza y 8,5% de pobreza extrema. Es por esto que se hace casi imposible que el sector de personas con discapacidad física pueda acceder a un sistema de silla de eléctrica controlada por reconocimiento de un patrón de voz, como el que se propone realizar.

Por esta razón se busca diseñar e implementar un modelo de silla eléctrica tecnológicamente innovadora y económicamente accesible a la población.

La distribución de este trabajo se realizó de la siguiente forma:

En el capítulo 1: se presenta la problemática, justificación, alcance, objetivos y metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto.

En el capítulo 2: se abordan los temas relacionados a la discapacidad física en el Ecuador, la base teórica, conceptos generales y se hace una breve descripción del sistema a implementarse.

En el capítulo 3: se realiza el análisis técnico y económico de los elementos que se utilizarán para el diseño e implementación del proyecto.

En el capítulo 4: describe el diseño de hardware, desarrollo de software, construcción y ensamblaje de los diferentes módulos que forman parte del sistema de silla de ruedas.

En el capítulo 5: muestra las pruebas y resultados de funcionamiento del proyecto implementado.

En el capítulo 6: se realiza el estudio del impacto social que tiene el sistema implementado tanto en el ámbito laboral como en el ámbito cultural.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Problemática

La discapacidad es un estado en el cual las personas presentan limitaciones o dificultades para realizar diferentes actividades de forma normal debido a la alteración en sus funciones físicas, auditivas, visuales o intelectuales.

Varias son las formas de discapacidad en una persona: de forma congénita, envejecimiento, enfermedades como la diabetes, accidentes laborales, de tránsito, entre otros. Es por esta razón que este tema debe ser tomado con una alta prioridad e importancia dentro de la sociedad en donde las personas pueden llegar a tener algún tipo de discapacidad o estar relacionadas con personas con discapacidad.

Según datos estadísticos de la Secretaría Técnica de Discapacidades, para el año 2014, en el Ecuador la discapacidad física más común es la movilidad reducida debido a alteraciones morfológicas en el sistema muscular, óseo o nervioso.

Dentro de este grupo de personas se encuentran aquellas que no pueden mover sus extremidades inferiores (paraplejia) o sus extremidades superiores e inferiores (cuadraplejia) las cuales para disponer de movilidad dependen de adaptaciones técnicas, implementos de asistencia, prótesis o del uso de una silla de ruedas, permitiéndoles convertirse en miembros más productivos de la sociedad, desarrollar sus capacidades con todo su potencial y llevar una vida digna.

Beatriz Martínez (2013), señala que existe un vínculo directo entre pobreza y discapacidad, puesto que del total de personas con discapacidad a nivel mundial, correspondiente al 15%, el 80% de ellos vive en países pobres. (pág. 11)

En el Ecuador esto se ve reflejado en la imposibilidad de acceder a las diferentes alternativas de movilidad ofrecidas en el mercado o a un sistema de silla de ruedas como el que se propone realizar. Se debe considerar que en el país no existen

empresas dedicadas al diseño e implementación de sillas de ruedas con este tipo de control quedando como única opción la importación de las mismas, lo cual encarece su precio.

1.2 Justificación

En el Ecuador, la silla de ruedas automática no se utiliza con frecuencia debido al alto costo en el mercado nacional y porque en su mayoría llegan al país a través de importación directa. Es decir, en nuestro país no existe un distribuidor oficial ni mucho menos una empresa que se encargue de fabricar las mencionadas sillas. También se ha comprobado que los sistemas de reconocimiento de voz son una gran herramienta para crear interfaces hombre-máquina, esto permite una comunicación rápida y directa entre el operador y la máquina.

En las décadas anteriores la forma de comunicación con una máquina se lo realizaba por medio de botones, palancas o sistemas de pulsadores que necesariamente requerían de acciones físicas del usuario, sin embargo, en la actualidad se encuentran varias alternativas para implementar un sistema que controla una silla de ruedas por medio de la voz y además pronunciando palabras sencillas y comunes como se lo realiza hablando con un operario humano.

Por estas razones se busca implementar un modelo de silla automática que brinde altas prestaciones y sea de bajo costo en relación a las sillas comerciales.

El presente proyecto es ideado con el objetivo de proporcionar mayor independencia de movimiento a personas con algún tipo de parálisis o limitaciones físicas la cuales le impidan el desenvolvimiento en actividades cotidianas, lo que permite que el sector de la población con discapacidades desarrolle de manera creciente un mayor protagonismo y participación social y de esta manera desaparezca la perspectiva compasiva y caritativa de los actores públicos y privados y gane peso la idea de ser un asunto de derechos humanos, de dignidad y de igualdad de oportunidades.

Adicionalmente este proyecto está pensado como un servicio social para el sector de la salud, es decir, las personas en etapa de rehabilitación física o post-operatoria

también pueden hacer uso de la silla y de esta manera dar un aporte a la solución de problemas cotidianos.

1.3 Alcance

Se ha considerado para este proyecto las etapas de diseño, implementación, puesta a punto y puesta en marcha del sistema de movimiento direccional de una silla de ruedas automática. En la implementación se incluye el ensamblaje de todo este sistema en la mencionada silla para finalmente ser controlada mediante un sistema de reconocimiento de patrón de voz. Esto se desglosa en los siguientes apartados:

- Rediseñar e implementar el sistema de tracción, el circuito electrónico y demás elementos necesarios para crear un modelo de silla de ruedas automática a partir de un modelo manual.
- Adaptar una tarjeta de reconocimiento de voz al sistema, para que de esta manera la silla de ruedas responda a movimientos direccionales controlados por la voz del usuario.
- Mejorar los diseños de hardware y software en los prototipos de sillas de ruedas controladas por reconocimiento voz que existen en el país.
- Reducir los costos de una silla de ruedas automática que actualmente implican una inversión y gasto considerable para el usuario final, tomando en cuenta que el proyecto tiene un enfoque social con precios asequibles para estratos económicamente limitados.
- Contribuir con el medio ambiente optimizando al máximo los recursos no renovables en la fabricación de la silla de ruedas.
- Generar una contribución técnica que beneficie a las personas con discapacidad física y personas en etapa de rehabilitación física o post-operatoria.
- Fomentar una cultura de adaptación de nuevas tecnologías hacia las personas con discapacidad física, que mejore su inclusión social y disminuya su brecha de interacción con la sociedad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar el sistema de movimiento direccional de una silla de ruedas automática controlada por reconocimiento de un patrón de voz mediante electrónica de potencia y motores DC como actuadores para personas con discapacidad física (paraplejia, cuadraplejia), personas en proceso de rehabilitación y personas en recuperación post-operatoria.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Levantar información documental necesaria relacionada a las discapacidades en el Ecuador y a los elementos de hardware y software a emplearse en el sistema.
- Analizar los elementos de hardware y software a considerarse para la implementación del sistema.
- Diseñar e implementar el hardware y software de la silla de ruedas automática.
- Evaluar el funcionamiento de la silla automática desarrollada.
- Medir el impacto social generado por esta silla de ruedas.

1.5 Metodología

La metodología propuesta para el diseño e implementación de este proyecto seguirá un esquema Top-Down, donde se formula inicialmente los aspectos generales del proyecto, sin especificar detalles. Conforme se avance con el trabajo se hará un estudio detallado de cada uno de los componentes del sistema. Además será necesario el respaldo de la investigación, recopilación de información y los conocimientos técnicos adquiridos en la universidad.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis de las discapacidades físicas en el Ecuador

2.1.1 Antecedentes

A lo largo de la vida política del Ecuador el sector de personas con discapacidad ha sido uno de los más desatendidos y vulnerables de nuestra sociedad. No existía un diagnóstico integral, la atención necesaria ni las políticas que satisfagan de manera real la problemática del sector, lo que implicaba no tener las mismas oportunidades y derechos que los demás. Se veía mermada su capacidad de participación en los ámbitos laboral, social, educativa, deportiva, cultural entre otros.

Al iniciar la época de los 90´s empieza una notable transformación en la organización y planificación que se vio evidenciado con la creación del Consejo Nacional de Discapacidades CONADIS, organismo encargado de la rectoría y formulación de leyes y políticas públicas concretas en favor de los intereses del sector de personas con discapacidad. De la misma manera se establecen acciones coordinadas y conjuntas con el sector privado lo que permitió el fortalecimiento de diferentes ONG´s a nivel nacional haciendo que paulatinamente se brinde una atención más eficiente y eficaz con este grupo de la población. Además se debe mencionar que la Vicepresidencia de la República dirigió un estudio a personas con discapacidad dando como resultado la creación del Programa Misión Solidaria Manuela Espejo.

Entre los proyectos de este programa se generó la dotación de Ayudas Técnicas (sillas de ruedas, Batones, muletas, Soluciones Habitacionales, Integración Laboral) a personas con discapacidad y de bajos recursos económicos.

Por último, con el fin de continuar con la coordinación y ejecución de estos programas se crea la Secretaria Técnica de Discapacidades (SETEDIS) como una entidad adscrita a la Vicepresidencia de la República.

2.1.2 Estadísticas de personas con discapacidad en el Ecuador

Según los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), de la realización del VII Censo de Población y VI de Vivienda del año 2010, el total de la población ecuatoriana es de 14.483.499 habitantes con una tasa de crecimiento anual promedio del 2,1 %, de los cuales 1.936.697 presenta algún tipo de discapacidad.

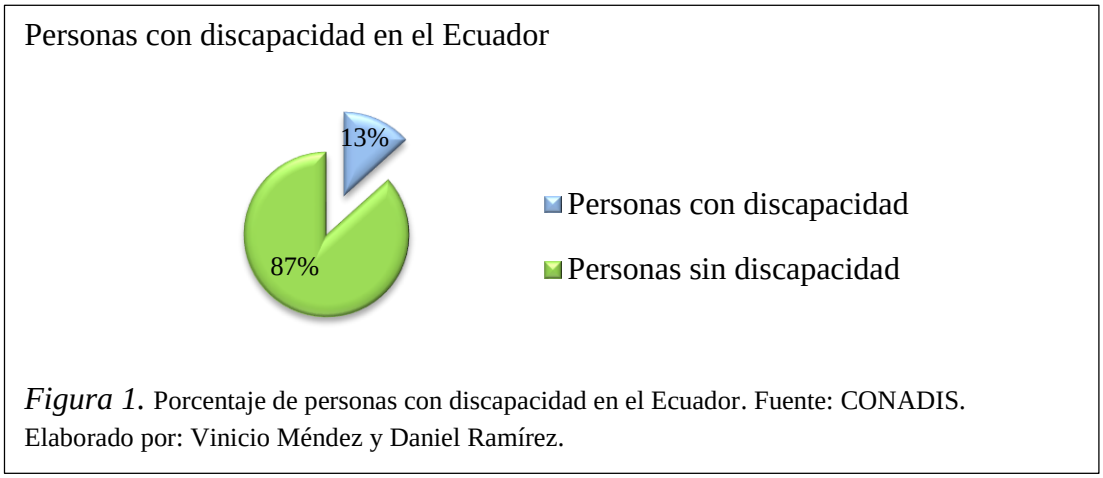


Figura 1. Porcentaje de personas con discapacidad en el Ecuador. Fuente: CONADIS. Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Las provincias que tienen mayor número de personas con discapacidad son: Guayas con 489.093, Pichincha con 254.724 y Manabí con 216.591.

De acuerdo al Registro Nacional de Discapacidades del CONADIS, para que una persona acceda a la condición legal de persona con discapacidad se debe realizar varias evaluaciones por parte de funcionarios de esta institución (médico, psicólogo y trabajador social). De esta manera, la persona evaluada pueda acceder a los derechos contemplados dentro de la ley ecuatoriana para personas con discapacidad.

A continuación se enuncian algunas estadísticas de acuerdo a información proporcionada por el Registro Nacional de Discapacidades del CONADIS.

- En el Ecuador existen 361.487 personas con discapacidad registradas de las cuales 175.444 poseen algún tipo de discapacidad física.

- Al igual que en la información proporcionada por el INEC, Guayas, Pichincha y Manabí, respectivamente, son las provincias que poseen mayor número de personas con discapacidad.

Tabla 1.
Personas registradas en el CONADIS con discapacidad física

PROVINCIA	PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA REGISTRADAS
GUAYAS	38.929
PICHINCHA	23.610
MANABÍ	23.495

Nota: Provincias con mayor número de personas con discapacidad. Fuente: (CONADIS, 2013)
Elaborado por: Vinicio Méndez & Daniel Ramírez

Además se evidencia que el porcentaje de mujeres con discapacidad es menor a la cantidad representada por los hombres.

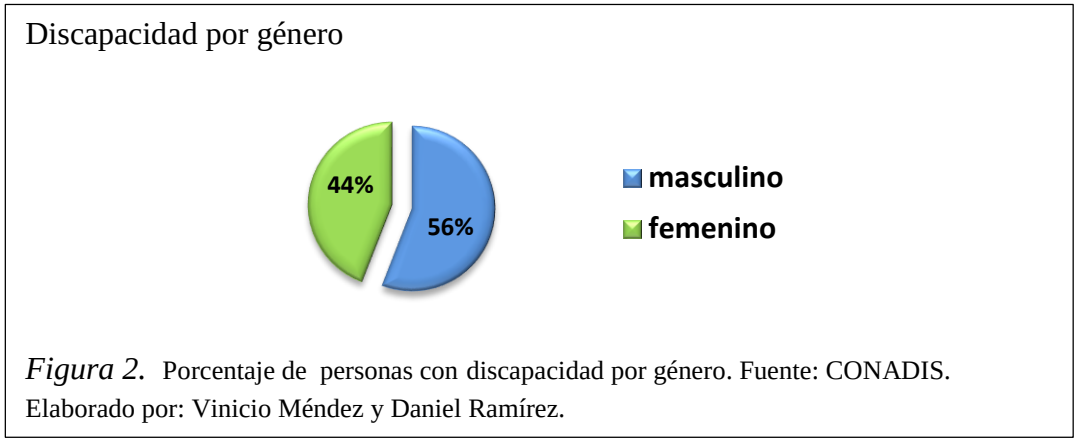


Figura 2. Porcentaje de personas con discapacidad por género. Fuente: CONADIS.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Cabe mencionar que del total de personas registradas en el CONADIS con discapacidad, solo 76.859 personas tienen algún tipo de trabajo, lo que representa apenas el 21 %.

Tabla 2.
Situación laboral de personas registradas con discapacidad en el Ecuador

TIPO	POR CUENTA PROPIA	SECTOR PRIVADO	SECTOR PUBLICO	QQ.DD	OTROS	TOTAL
TOTAL	34.482	18.953	10.186	12.644	594	**76.859**

Nota: Situación laboral de personas registradas con discapacidad. Fuente: (CONADIS, 2013)
Elaborado por: Vinicio Méndez & Daniel Ramírez

2.2 El reconocimiento de voz

Se llama reconocimiento de voz a la técnica que permite almacenar información de manera digital de una palabra o frase pronunciada analógicamente. Además se le llama así al conjunto de aplicaciones que nos permiten interactuar con un agente externo para proporcionarle órdenes de manera directa. (Villacis, 2008, pág. 15)

Estas aplicaciones se basan en herramientas computacionales capaces de procesar la señal de voz emitida por el hombre y reconocer la información contenida en ésta para luego actuar sobre un proceso.

El problema principal de cualquier método de reconocimiento de voz es que la señal que debe ser captada es variable e inestable. Esto se debe al gran número de voces humanas diferentes, a velocidades variables a la hora de la expresión del hablante, a diversas condiciones de acústica y del medio ambiente o inclusive al estado de ánimo de la persona hablante.(Chango & Toctaguano, 2009, pág. 8)

2.2.1 Digitalización de la voz

El primer paso para convertir una señal de voz humana (propiamente con características análogas) hacia una señal digital (fácil de captar por medios informáticos y posteriormente almacenarla) es convertir esta señal acústica a una señal eléctrica. Esto se lo realiza mediante un micrófono, que en este caso actúa como transductor; es decir transcribe esta señal para que podamos utilizarla en nuestros fines de procesamiento.

Ondas sonoras a través de micrófono electromagnético

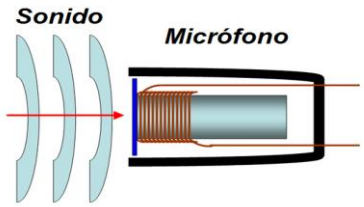


Figura 3. Diagrama de funcionamiento de micrófono electromagnético Fuente: Wikibooks. Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

En segundo lugar se realiza un muestreo de la señal adquirida durante ciertos intervalos de tiempo, conocido básicamente como periodo de muestreo. Este periodo nos asigna una frecuencia de muestreo para nuestra señal. Se requiere que en el momento de tomar muestras, la frecuencia designada esté correctamente determinada con lo cual se evitará tener en un futuro problemas generados por el fenómeno de "aliasing", es decir que la señal digital reconstruida se torne indistinguible por la pérdida de datos.

Muestreo de una señal analógica

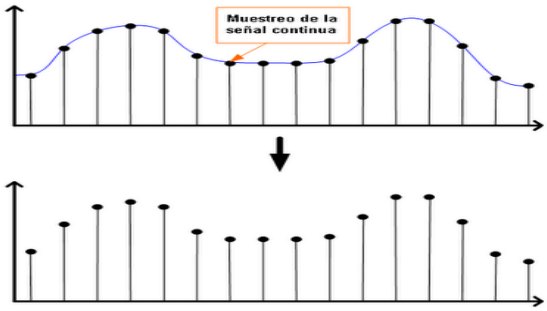


Figura 4. Proceso de muestreo de una señal analógica. Fuente: Alarcón, Garrido & Franco. Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Una solución bastante útil para evitar este problema es aplicar a nuestra frecuencia de muestreo el muy conocido "Teorema de Nyquist-Shannon". Este teorema indica que la señal deberá estar limitada en banda y la tasa de muestreo deberá ser superior al doble de su ancho de banda. Por otro lado, es muy recomendable también que se filtre la señal antes de ser muestreada mediante un filtro pasa bajos "antialising", para que de cierta manera, el ruido y las componentes de alta frecuencia no se mezclen con nuestra señal adquirida.

Fenómeno de Aliasing

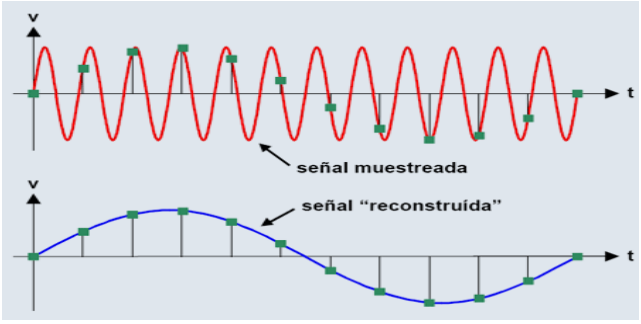


Figura 5. Fenómeno de aliasing con reconstrucción distorsionada. Fuente: Miyara.

2.2.2 Codificación de la señal adquirida

Para reducir la cantidad de información o de bits que se requieren almacenar en un muestreo de una señal de voz, es necesario implementar un proceso de codificación. Es decir, se busca eliminar el exceso o redundancia de la información a ser almacenada, de forma que se genere una señal que sea en lo posible compacta, lo más parecida a la señal original. En otras palabras, la integridad de la información contenida en la señal original no debe deteriorarse y por lo tanto se debe garantizar que exista calidad de la señal una vez culminado el proceso.

Codificación de una señal analógica

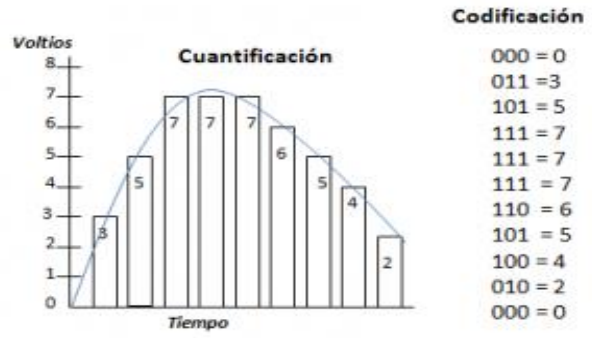


Figura 6. Proceso de codificación de una señal analógica. Fuente: Alarcón, Garrido & Franco.

2.2.3 Tipos de sistemas de reconocimiento de voz

Se puede encontrar diferentes tipos de sistemas de reconocimiento, entre los cuales podemos resaltar:

- **Sistema independiente del hablante:** este sistema está implementado para reconocer cualquier tipo de señal de voz de hablantes diversos. Generalmente su desarrollo es más complicado, su costo es más elevado y la precisión de reconocimiento es menor que la de un sistema específico. La única ventaja es que presentan una mayor flexibilidad al momento de variar las señales de entrada.

- **Sistema dependiente del hablante**: este sistema fue desarrollado para funcionar perfectamente con la señal de voz de un solo hablante o de un idioma predeterminado. El desarrollo de estos sistemas es menos complejo, su costo es

menor y su funcionamiento preciso. El único inconveniente que presentan es la baja flexibilidad al momento de variar las señales de entrada. Esta comparación se la realiza frente a los sistemas adaptables a la señal de voz.

2.3 Descripción del sistema

El sistema de movimiento direccional de una silla de ruedas, para ser controlada por reconocimiento de un patrón de voz, responde a las órdenes de movilidad: adelante, atrás, izquierda, derecha, paro; además dispone de sensores que permitirán que la silla avance o retroceda hasta que encuentre un obstáculo en el camino y cuya acción inmediata será detener la marcha, evitando así posibles colisiones.

Etapas que conforman el sistema

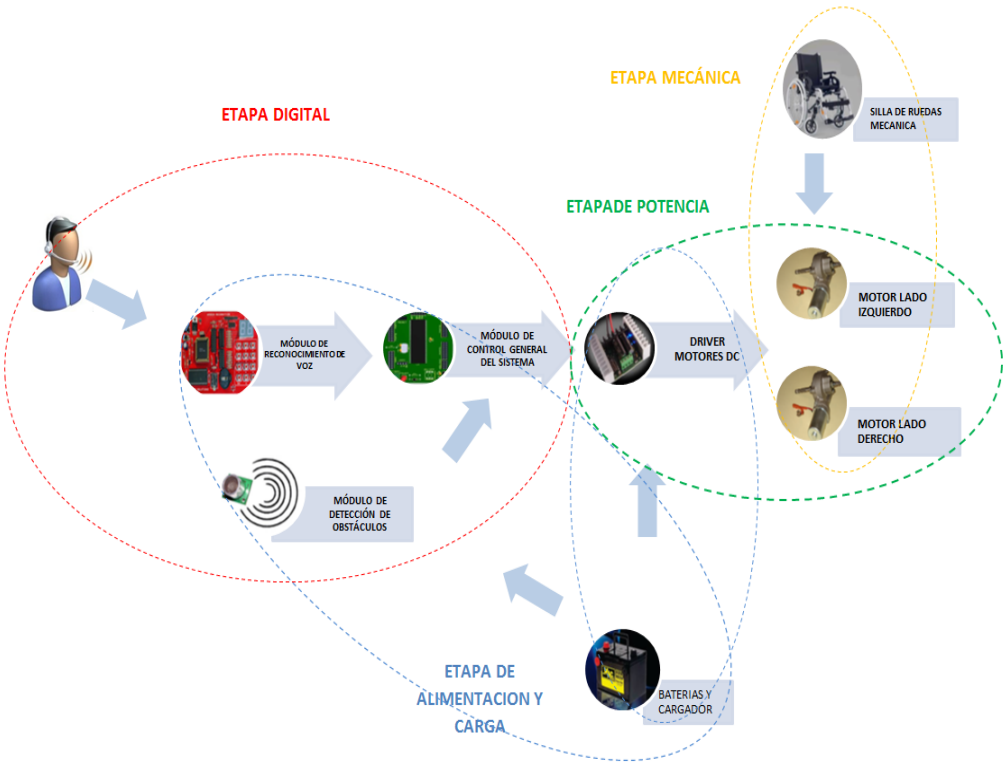


Figura 7. Descripción gráfica de la función correspondiente a cada etapa integrante del sistema. Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

De la misma forma se presentan en el siguiente diagrama de bloques los elementos que formarán parte integrante de nuestro proyecto:

Diagrama de bloques del sistema

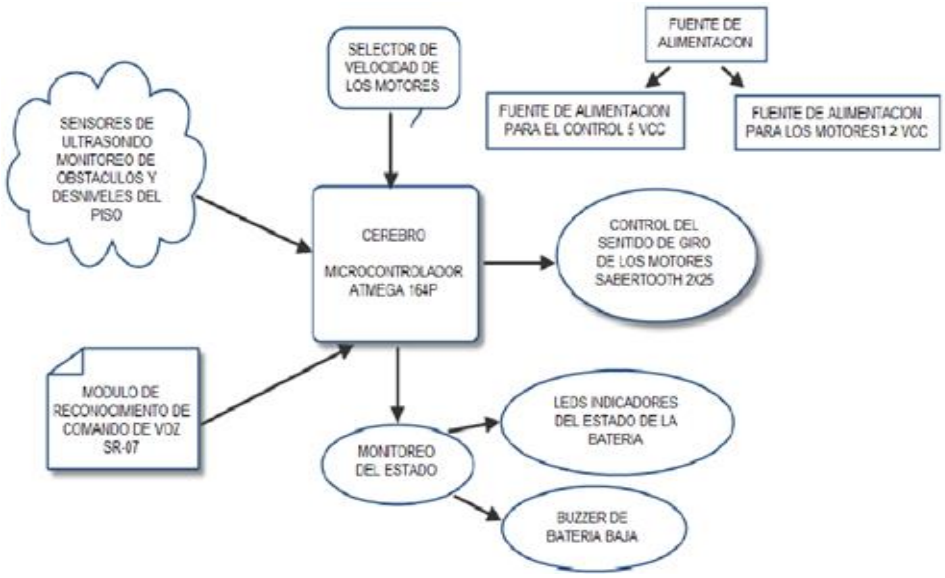


Figura 8. Diagrama de bloques de los elementos integrantes del sistema.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

2.3.1 Etapa digital

Módulo de reconocimiento de voz

Los módulos de reconocimiento de voz son tarjetas electrónicas que han sido desarrolladas para otorgarle al usuario un ambiente versátil y simplificado en aplicaciones de reconocimiento de voz. Estas tarjetas poseen las características necesarias para ser implementadas en proyectos estudiantiles y robóticos, se los utiliza inclusive en la implementación de proyectos de investigación.

Módulo de detección de obstáculos

Realiza el monitoreo del estado del camino para evitar choques cuando la silla se encuentra en movimiento hacia adelante o en reversa, así mismo evitará moverse cuando encuentre desniveles en el piso (como es el caso de las gradas), para esto se vale de dispositivos conocidos como sensores.

Sensores ultrasónicos.

Sensor ultrasónico SRF08

Figura 9. Vista delantera y posterior del sensor ultrasónico SRF08.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Los sensores ultrasónicos son dispositivos electrónicos que trabajan sin contacto cuya función es detectar la presencia o proximidad de un objeto determinado.

El sensor emite pulsos de sonido muy fuertes que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano (ultrasonido). Se utiliza el efecto de rebote del sonido debido a la presencia de un objeto y este pulso (eco) es detectado por un receptor de ultrasonido. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del pulso de sonido y la percepción del eco, se establece la distancia a la que se encuentra el objeto donde se ha reflejado el pulso enviado. (Analuisa & Jaramillo, 2011, pág. 30)

Ecuación 1. Fórmula del sensor para el cálculo de la distancia de obstáculos detectados.

$$d = \frac{v.t}{2}$$

$d = distancia$
$v = velocidad\ del\ sonido\ en\ el\ aire$
$t = tiempo\ que\ transcurre\ en\ ir\ y\ regresar\ el\ pulso\ sónico$

La principal ventaja de este tipo de sensor es su operación independiente de la forma, material y color del objeto a sensar, incluso puede trabajar con objetos transparentes (paredes de vidrio).

Módulo de control general del sistema

Comprende las siguientes actividades:

- Recibir las señales obtenidas del módulo de reconocimiento de voz.
- Recibir las señales obtenidas del módulo de detección de obstáculos.
- Toma de decisiones de acuerdo a su programación para envío de señales al driver de los motores para su movimiento, modulación por ancho de pulsos (PWM) y control de giros.

Como principal componente del módulo de control general del sistema tenemos al microcontrolador. Este puede ser definido como un circuito integrado que se compone básicamente de tres unidades principales en su interior: unidad central de procesamiento (CPU), memoria y unidades de Entrada/Salida. En otras palabras, se puede decir que es un computador completo incluido en un solo chip.

Arquitectura de un microcontrolador

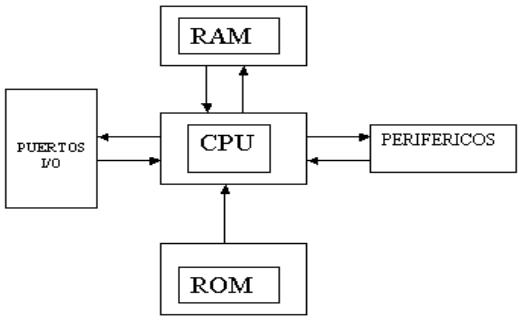


Figura 10. Arquitectura de un microcontrolador. Fuente: Electrónica Estudio.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

En el mercado ecuatoriano de productos electrónicos existen una gran diversidad de productos con microcontroladores incluidos, esto permite elevar el número de sus ventajas, reducir su costo, disminuir su dimensión, mejorar su respuesta y reducir el consumo de energía.

2.3.2 Etapa de potencia

En esta etapa se puede hacer uso de relés, transistores, puentes H, drivers para motores, los cuales se encargan de realizar el acople de los elementos de la etapa

digital (módulo de control general del sistema) y los actuadores que permiten el funcionamiento de los motores que requieren de una corriente mayor para su operación.

Motores de Corriente Directa (DC)

El motor DC es una máquina eléctrica que provoca el movimiento giratorio de un eje mediante la transformación de energía eléctrica a mecánica. Este artefacto eléctrico es uno de los más utilizados en la industria debido a su versatilidad al momento de variar su velocidad sin disminuir su torque, lo cual permite que se lo implemente en aplicaciones de automatización y control. Posee además características singulares de control de la velocidad de giro y de la posición.

Arquitectura de un motor DC

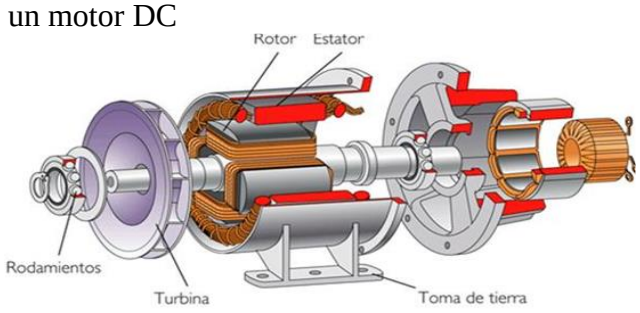


Figura 11. Arquitectura interna de un motor DC Fuente: Motores CC.

Características de los Motores de Corriente Directa:

- Al motor DC se le puede adaptar un ajuste de velocidad, haciendo que esta sea variable. Esto se lo puede lograr a través de un reóstato que se encargará de controlar el voltaje suministrado al motor.

- La dirección de giro del motor DC también se puede revertir sencillamente. Esto se lo hace cambiando la polaridad del voltaje suministrado al motor.

Motorreductores DC

Pérez Balderrama (2013), define a los Motorreductores como motores que están unidos a un sistema de ruedas de engranes conocida como caja reductora de velocidad; por lo tanto, desde este momento nos vamos a referir como Motorreductores DC a los motores DC con adaptación mecánica a través de caja reductora de velocidad que serán utilizados en este proyecto.

Los Motorreductores DC, son aparatos netamente mecánicos y muy adecuados para el acoplamiento y funcionamiento de todo tipo de artefactos de índole industrial, de los cuales se necesite reducir escaladamente su velocidad de fabricación y aumentar su potencia de trabajo de una manera útil y acorde a las necesidades principales del usuario final.

Motorreductor DC

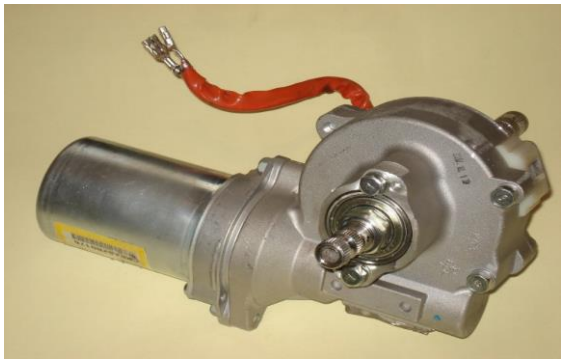


Figura 12. Motorreductor DC usado en la construcción del sistema.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

El usar Motorreductores DC provee las siguientes ventajas:

- Espacio reducido para la adaptación del mecanismo al motor.
- Regulación eficiente en la transmisión de torque y potencia desde el motor.
- Este dispositivo está protegido por una coraza metálica que lo vuelve sumamente seguro.
- Tiempo de instalación y mantenimiento muy bajos.

Drivers para control de Motores DC

Para realizar el control de velocidad y del movimiento direccional de la silla de ruedas, adicional a los elementos de la etapa digital, se necesita la implementación de un circuito capaz de controlar el voltaje y la corriente requerida para el funcionamiento de los Motorreductores DC. Para realizar el cambio sobre el sentido de giro, los Motorreductores dependerán de la alimentación que tengan. Es decir, si la alimentación es positiva girarán en un sentido y si es negativa, en el otro. Similar al caso anterior, ocurre también con la variación de velocidad, arranque y parada de los Motorreductores DC, que también dependerán de un circuito que tenga la capacidad de controlar el suministro de voltaje y corriente.

Finalmente este circuito se constituye como la interfaz para el acople de los elementos actuadores (Motorreductores DC) con el módulo de la etapa digital.

Los drivers para motores son circuitos electrónicos capaces de controlar a los Motorreductores DC en los siguientes aspectos:

- Inversión de la polaridad del voltaje suministrado, para control de giros.
- Velocidad, arranque y parada de los actuadores.
- Protección contra sobrecargas.

2.3.3 Etapa de alimentación y carga

La etapa de alimentación del sistema está constituida por una batería de plomo ácido que se encargará de suministrar la energía necesaria a las etapas de potencia y de control digital. Se incluirá en esta etapa un circuito cargador para la batería. La etapa de carga constituye la implementación del circuito cargador.

Baterías

La batería es un elemento que utiliza tecnología electroquímica para almacenar y generar energía. Su funcionamiento requiere transformar su energía química en

energía eléctrica y su mayor aplicación sucede cuando es conectada a un circuito eléctrico proporcionándole un suministro independiente. La mayoría de baterías son similares en su constitución física y están construidas con un número definido de celdas que le permiten generar una reacción electroquímica.

Batería

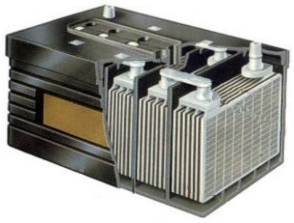


Figura 13. Estructura interna de una Batería. Fuente: Rincón para la divulgación.

Las Baterías de Plomo – Ácido

Son consideradas como baterías eficientes para el trabajo porque ofrecen un amplio margen de aplicaciones. El plomo es un material de fácil recolección y abundante en la superficie de la tierra, por lo tanto no es demasiado costoso. Por esta situación es ideal para la producción de baterías de buena calidad en grandes cantidades. Adicionalmente, las baterías de plomo – ácido se caracterizan por ser robustas en su construcción, lo que las hace ideales para ser adaptadas a entornos de trabajo pesado.

Batería de Plomo Ácido

Figura 14. Batería de Plomo Ácido - 12 voltios. Fuente: Directindustry.

El cargador de baterías

"Dispositivo que sirve para recargar una batería descargada haciendo circular una corriente continua de tensión ligeramente superior a la de la misma batería en sentido opuesto al de la corriente de descarga. Se consigue así la retransformación del sulfato de plomo presente en las placas, restituyendo el peso específico del ácido sulfúrico a la solución electrolítica." (Motor Giga, 2013)

2.3.4 Etapa mecánica

Comprende principalmente el acoplamiento del eje de cada uno de los motores DC con caja reductora (Motorreductores DC) al eje de rotación de las llantas traseras de la silla. Esta etapa se constituirá en el sistema de tracción de la silla de ruedas.

La silla de ruedas

La silla de ruedas se constituye como el dispositivo de mayor importancia en la asistencia para movilidad de personas con discapacidad, su utilización permite incrementar la independencia del usuario respecto a su movilidad y por tanto a las personas de este sector de la población ser miembros productivos dentro de la sociedad.

Para efectuar la elección de una silla de ruedas que permita satisfacer las necesidades mecánicas y necesidades específicas de cada usuario se debe tomar en cuenta que no existe un modelo estándar en forma ni tamaño para el diseño y construcción de dicha silla.

Clasificación de las sillas de ruedas

Existen dos tipos de sillas de ruedas: las manuales y las eléctricas. Las sillas eléctricas son impulsadas por motores y controladas por el usuario por medio de paneles, palancas de control, etc. Este tipo de sillas son destinadas principalmente a personas que tienen un elevado nivel de discapacidad física y por lo tanto carecen de

suficiente fuerza en sus extremidades superiores para propulsarse por sí solos (cuadraplejia).

Silla de ruedas eléctrica

Figura 15. Silla de ruedas eléctrica controlada por joystick. Fuente: Fisaude.

Las sillas manuales son aquellas que para su desplazamiento necesitan del impulso del usuario mediante el uso de las extremidades superiores actuando sobre las ruedas traseras de la misma o es empujada por otra persona. Este tipo de sillas es destinado a personas que tienen discapacidad física como es la paraplejia.

Silla de ruedas manual

Figura 16. Silla de ruedas manual sin apoyo postural. Fuente: Drivemedical.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS GENERAL DEL SISTEMA

3.1 Análisis técnico

3.1.1 Selección de la tarjeta de reconocimiento de voz

Tarjeta de reconocimiento EasyVR 2.0

La tarjeta de reconocimiento EasyVR 2.0 incluye un conjunto de comandos integrados independientes y sencillos para realizar controles básicos. Soporta hasta 32 voces diferentes definidas por el usuario (Sistema Dependiente del hablante - SD).

Este módulo puede ser utilizado en cualquier terminal con interfaz Transmisor-Receptor Asíncrono Universal (UART, por sus siglas en inglés), es decir alimentado a 3.3V - 5V, como por ejemplo módulos PIC y Arduino. Es útil para el desarrollo de aplicaciones como automatización del hogar o la implementación de la capacidad de reconocimiento de voz a proyectos de robótica.

Tarjeta de reconocimiento EasyVR 2.0

Figura 17. Opción económica de tarjeta de reconocimiento. Fuente: TigalVeear.

A continuación se detallan las características más relevantes de la tarjeta de reconocimiento de voz EasyVR 2.0:

- Interfaz gráfica de usuario

- Protocolo serial
- Líneas de acceso
- PWM
- Función de reproducción de sonido

Kit de reconocimiento de voz SR-07

Tarjeta de reconocimiento de voz SR-07

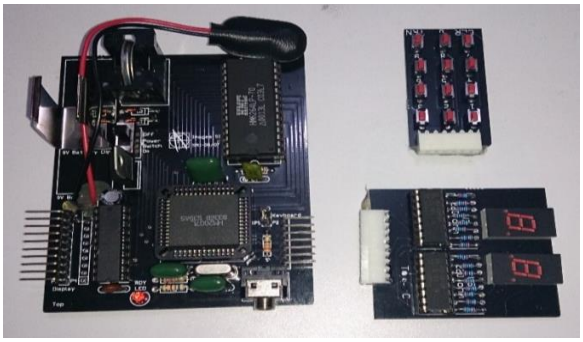


Figura 18. Módulos integrantes de la tarjeta de reconocimiento de voz SR-07.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

El kit de reconocimiento de voz SR-07 es un circuito programable de fácil de construcción y adaptabilidad en el sentido de que se entrena las palabras (o expresiones verbales) que desean ser reconocidas a través del circuito. Consta de 3 placas: la placa del display, placa del circuito principal y la placa del teclado.

Características incluidas en el kit:

- Circuito de reconocimiento de voz independiente del hablante, programable por el usuario.

- Copia de seguridad de la memoria no volátil-back up de memoria SRAM

- Interfaz fácil de controlar y adaptar a circuitos externos y electrodomésticos

- El fundamento de la tarjeta de reconocimiento de voz es el circuito integrado HM2007.

- Ese circuito integrado puede reconocer 40 palabras de longitud de 0,96 segundos o 20 palabras de longitud promedio de 1,92 segundos.

Tabla 3.
Comparativa de tarjetas de reconocimiento de voz

CARACTERÍSTICAS	EASYVR 2.0	KIT SR-07
MULTILENGUAJE	Si	Si
PALABRAS PROGRAMABLES	No	Si
LÍNEAS DE ACCESO	Si	Si
COPIA DE SEGURIDAD	No	Si
INTERFAZ PROGRAMABLE MEDIANTE TECLADO	No	Si
PROTOCOLO SERIAL	Si	Si
REPRODUCCIÓN DE SONIDO	Si	Si
INTERFAZ GRÁFICA MEDIANTE DISPLAY	No	Si
BAJO CONSUMO DE ENERGÍA	Si	Si

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

De la tabla comparativa anterior se puede concluir que el Kit de reconocimiento de voz SR-07 presenta la mayoría de ventajas que nos servirán para la implementación de este proyecto, resaltando sobre todo las características de palabras programables e interfaz programable mediante teclado; lo cual nos servirá para brindar una mayor facilidad al usuario final.

3.1.2 Selección del sensor de ultrasonido

Sensor ultrasónico SRF08

Diseñado por la empresa DEVANTECH Ltd. El sensor ultrasónico SRF08 es una versión mejorada del sensor ultrasónico SRF04, desarrollado para mejorar algunas de las características de su antecesor.

Tabla 4.
Comparativa de sensores ultrasónicos

CARACTERÍSTICA	SRF04	SRF08
RANGO MÁXIMO DE DISTANCIA	3m	6m
VOLTAJE	5v	5v
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN I2C	NO	SI
CONSUMO DE CORRIENTE	30mA-standby 50mA-funcionamiento	3mA-standby 15mA-funcionamiento
FRECUENCIA DE TRABAJO	40KHz	40KHz
SENSOR DE LUZ	NO	SI
CAPACIDAD DE MEDIR VARIOS ECOS	NO	SI
PESO	0.4 oz	0.4 oz
DIMENSIONES	43 x 20 x17 (mm)	43 x 20 x17 (mm)

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

De la tabla comparativa anterior se puede concluir que el módulo escogido para este proyecto (SRF08) presenta las siguientes ventajas:

- Rango de medida de 3cm a 6m,
- tensión de alimentación de +5Vcc.
- Interface I2C estándar para transferencia de datos con el microcontrolador Master.
- Es capaz de registrar hasta 16 ecos, con lo que es posible detectar un objeto irregular o varios objetos a distancias diferentes.
- Dispone de una célula LDR capaz de medir la luz ambiente.
- Admite hasta 16 posibles direcciones I2C, con lo que es posible conectar hasta 16 módulos SRF08 en un mismo bus.

3.1.3 Selección del Microcontrolador

AVR ATMEGA 164P

Los AVR son un tipo especial de microcontroladores que pertenecen a la familia RISC de Atmel. El AVR es básicamente una CPU que contiene 32 registros de 8 bits. El AVR desde un principio fue diseñado para ejecutar de una manera eficiente las

líneas de programación de código C compilado, reduciendo su complejidad al momento de realizar las pruebas necesarias de funcionamiento del programa base.

Los AVR poseen el denominado "pipeline" con dos etapas claramente definidas (cargar y ejecutar), que le permiten ejecutar instrucciones en un ciclo de reloj, lo que lo convierte en un microcontrolador rápido.

La evolución de los AVR y sus aplicaciones se debe, principalmente, a la existencia de herramientas y software de desarrollo gratuito o de un costo muy bajo. También son soportados por tarjetas de desarrollo de bajo costo, las cuales permiten la descarga de código directamente al microcontrolador.

Tabla 5.
Comparativa de microcontroladores

CARACTERÍSTICAS	PIC	AVR ATMEGA 164P
NECESIDAD DE CRISTAL O RESONADOR EXTERNO	Si	No
RESISTENCIAS PULL-UP EN LINEAS DE ENTRADA	No	Si
ADMISIÓN DE PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C	Si	Si
MEJOR MANEJO DE PANTALLAS LCD	No	Si
MAYOR CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO	No	Si
CAPACIDAD DE MEMORIA RAM	368 bytes	1024bytes
FLASH	8k	16k
CAPACIDAD DE MEMORIA ROM	14Kb	16Kb
EEPROM	256 Bytes	512 Bytes
PWM	2	4
BAJO CONSUMO DE ENERGÍA	No	Si

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

De la tabla comparativa anterior se puede concluir que los microcontroladores AVR presentan mayores ventajas de procesamiento de instrucciones y líneas de código así como mayores capacidades de memoria para almacenamiento y procesamiento. Los AVR no necesitan un cristal oscilador externo ya que poseen uno propio para ejecutar los ciclos de instrucciones y además poseen un mayor y más actualizado desarrollo tecnológico.

3.1.4 Selección de elementos de la etapa de potencia

Previo a la elección del motor y en general, de toda la etapa de potencia, se deben conocer ciertas características y datos básicos para determinar el peso total del sistema y la potencia máxima que requieren los motores para mover la silla de ruedas en dos escenarios posibles de movimiento:

- *Superficie plana*
- *Superficie con un grado de inclinación*

Para obtener los resultados precisos en el peso total del sistema, se debe considerar el peso individual de cada uno de los componentes que conforman la silla, resultando en la siguiente fórmula:

$$Ptotal = Pe + Pp + Pb + Pc$$

En donde:

Ptotal = Peso total
Pe = Peso de la estructura
Pp = Peso promedio del usuario
Pb = Peso de la batería
Pc = Peso de los componentes

Para obtener el resultado del peso promedio de una persona nos basamos en un estudio realizado por investigadores de Reino Unido y publicado por la revista "BMCPublicHealth". El peso estimado para un adulto promedio en cualquier lugar del mundo es de 62 Kg aunque esto difiere dependiendo de la región. Así, para Asia el peso promedio es de 57,7 Kg, en Europa el promedio está en 70,2 Kg y en América, más concretamente en los países del norte, este promedio se encuentra en 80 Kg. Por esta razón, para realizar los cálculos, asumimos un valor alto de peso (América del Norte) promedio, considerando también un margen de seguridad.

Reemplazando los valores:

$$Ptotal = 22Kg + 80Kg + 20Kg + 3Kg$$

$$Ptotal = 125Kg$$

Una vez que hemos obtenido el peso total a soportar por la silla podemos empezar a realizar los cálculos necesarios para determinar la potencia de los motores

Cálculo de la fuerza requerida para el movimiento en superficies planas

Para determinar todas las fuerzas que actúan sobre la silla de ruedas se debe recurrir a un diagrama de cuerpo libre de la misma.

DLC para superficies planas.

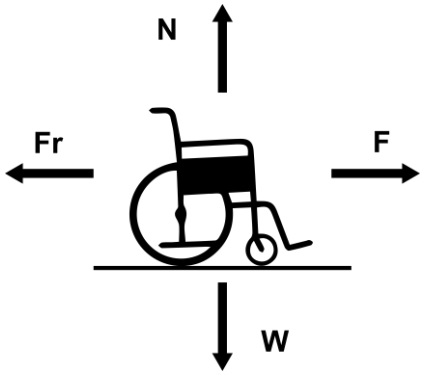


Figura 19. Diagrama de cuerpo libre de la silla de ruedas para superficies planas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Del diagrama presentado se puede obtener el siguiente análisis de fuerzas:

Ecuación 2. Sumatoria de fuerzas en el eje horizontal

$$\sum Fx = 0$$

$$F - Fr = 0$$

$$F = Fr$$

$$F = \mu c * N$$

Ecuación 3. Sumatoria de fuerzas en el eje vertical

$$\sum Fy = 0$$
$$N - W = 0$$
$$N = W$$
$$N = m * g$$

Reemplazo Ec. 2 en Ec. 1

$$F = \mu c * m * g$$

El valor del coeficiente de rozamiento estático (representado por el símbolo µc), de la fricción que se producirá entre el hule de la llanta y el concreto seco (material con similar consistencia a la mayoría de superficies de interiores y exteriores donde pueda interactuar la silla), se sugiere el valor de 1.0 (Fuerzas de fricción, 2014):

$$F = 1.0 * 125Kg * 9{,}81\ m/s2$$

$$F = 1226{,}25\ N$$

Esta es la fuerza máxima requerida para que la silla realice cualquier movimiento saliendo del reposo.

Cálculo de la fuerza requerida para el movimiento en superficies inclinadas

Las superficies inclinadas que son muy comunes, y que están estrechamente ligadas con las sillas de ruedas, son las rampas de acceso. Estas rampas facilitan el desplazamiento de las sillas de ruedas en espacios abiertos o edificaciones, evitando las gradas y obstáculos que puedan presentarse. El escenario de movimiento de una silla de ruedas en superficies que presentan inclinación es diferente al movimiento en superficies planas, ya que supone un mayor esfuerzo de los motores de la silla cuando existe una superficie ascendente y menor esfuerzo cuando existe una superficie descendente. Este menor esfuerzo es provocado por la misma acción de la

fuerza de gravedad. Por lo tanto se requiere calcular si los motores son capaces de entregar la fuerza necesaria para el movimiento ascendente ya que es el caso más crítico que se puede presentar.

Para determinar todas las fuerzas que actúan sobre la silla de ruedas en superficies inclinadas ascendentes se debe recurrir a un diagrama de cuerpo libre de la misma.

DLC para superficies inclinadas.

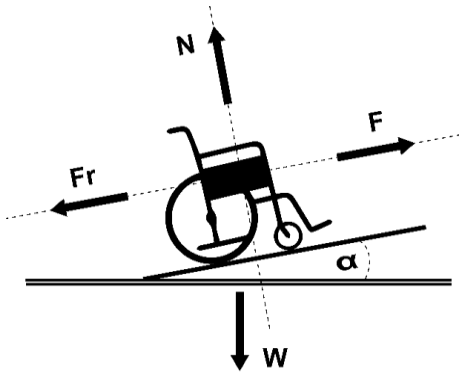


Figura 20. Diagrama de cuerpo libre de la silla de ruedas para superficies inclinadas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Del diagrama presentado, también se puede recurrir a un diagrama de descomposición de fuerzas como el que se muestra a continuación:

Descomposición de fuerzas.

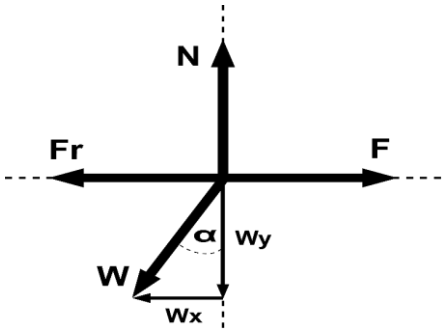


Figura 21. Descomposición de fuerzas para superficies inclinadas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Del gráfico anterior se puede obtener el siguiente análisis de fuerzas:

Ecuación 4. Sumatoria de fuerzas en planos inclinados con referencia al eje horizontal

$$\sum Fx = 0$$
$$F - Fr - Wx = 0$$
$$F = Fr + Wx$$
$$F = \mu c * N + W * sen(\alpha)$$
$$F = \mu c * N + m * g * sen(\alpha)$$

Ecuación 5. Sumatoria de fuerzas en planos inclinados con referencia al eje vertical

$$\sum Fy = 0$$
$$N - Wy = 0$$
$$N = Wy$$
$$N = W * cos(\alpha)$$
$$N = m * g * cos(\alpha)$$

Reemplazo Ec. 4 en Ec. 3

$$F = \mu s * m * g * cos(\alpha) + m * g * sen(\alpha)$$
$$F = m * g * (\mu c * cos(\alpha) + sen(\alpha)) \text{ (Ecuación 5)}$$

El único dato que no ha sido proporcionado es el ángulo α y sin este no podemos resolver la ecuación del movimiento de la silla en superficies ascendentes. Por lo tanto se requiere un análisis más exhaustivo del dato faltante.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en el año 2000, emitió la norma "Accesibilidad de las personas al medio Físico. Edificios. Rampas Fijas", catalogada dentro de su base de datos como Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 245:2000. Esta norma contempla los requisitos específicos para pendientes longitudinales en relación a su extensión para tres casos específicos que son detallados a continuación:

a) Hasta 15 metros de extensión de la proyección de la rampa:
Altura = 6% a 8% de su extensión.

b) Hasta 10 metros de extensión de la proyección de la rampa:

Altura = 8% a 10% de su extensión.

c) Hasta 3 metros de extensión de la proyección de la rampa:
Altura = 10% a 12% de su extensión.

De estos tres casos específicos, se puede resolver los triángulos rectángulos para calcular los ángulos respectivos:

Caso A: Rampa de hasta 15 m. de extensión de su proyección.

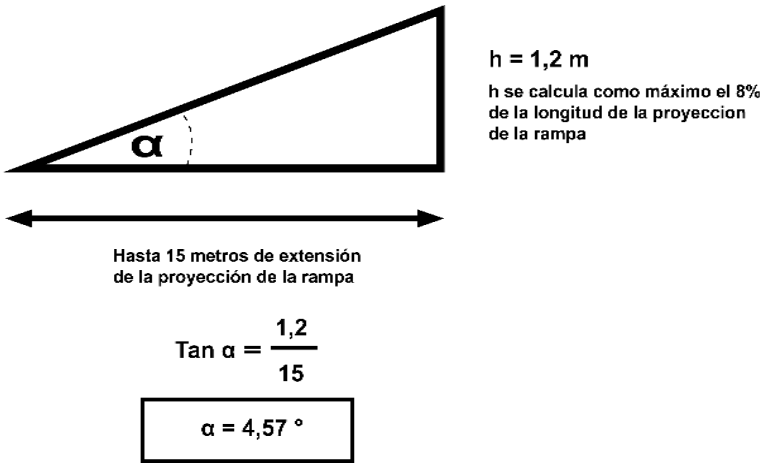


Figura 22. Cálculo del ángulo de elevación para rampa de hasta 15 m.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Caso B: Rampa de hasta 10 m. de extensión de su proyección.

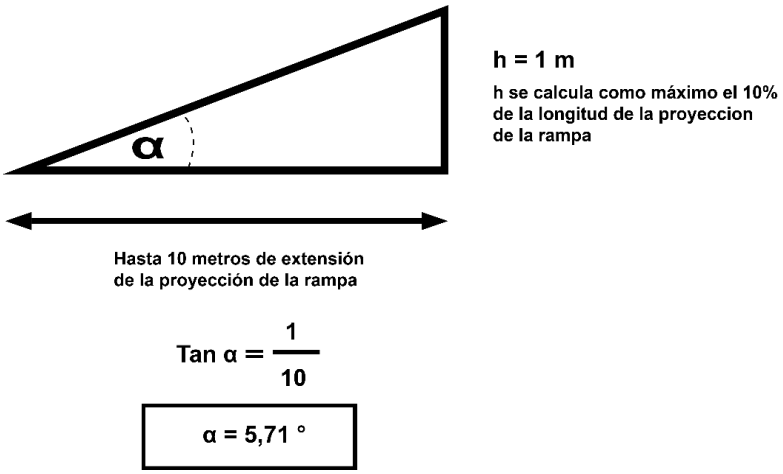


Figura 23. Cálculo del ángulo de elevación para rampa de hasta 10 m.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Caso C: Rampa de hasta 3 m. de extensión de su proyección.

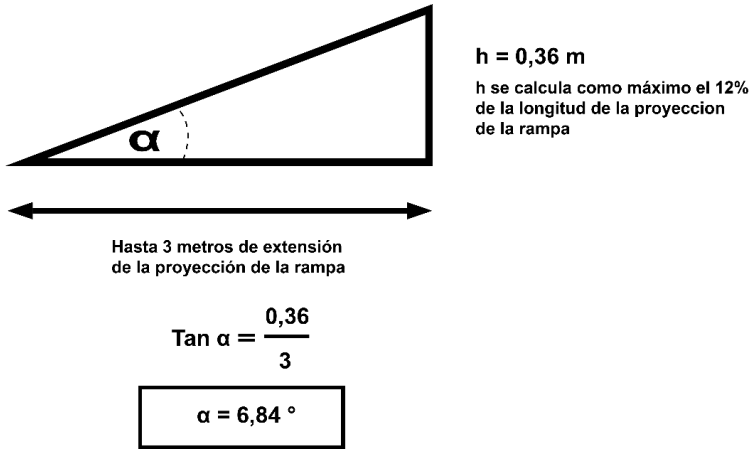


Figura 24. Cálculo del ángulo de elevación para rampa de hasta 3 m.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Una vez determinados los ángulos en cada uno de los casos respectivos, se puede observar que la rampa corta, para una distancia de hasta 3 metros de extensión de su proyección, genera un ángulo mayor de inclinación. Por lo tanto, se puede concluir que el valor del ángulo α en el diagrama de cuerpo libre al cual nos vamos a remitir, es de 6,84°, mismo ángulo que produce un mayor esfuerzo en la silla en caso de desplazamiento por una superficie inclinada ascendente.

Reemplazo los valores faltantes en la Ecuación 6:

Ecuación 6. Fórmula para el cálculo de la fuerza

$$F = m * g * (\mu c * \cos(\alpha) + \operatorname{sen}(\alpha))$$

$$F = 125Kg * 9{,}81\ m/s2 * (1{,}0 * \cos(6{,}84°) + \operatorname{sen}(6{,}84°))$$

$$F = 1363{,}57\ N$$

Esta es la fuerza máxima requerida para que la silla realice cualquier movimiento sobre una superficie inclinada ascendente saliendo del reposo.

Columna de Dirección Eléctrica MAS-10/20C

El motor DC seleccionado forma parte de una columna de dirección de un vehículo Hyundai Accent 1995, específicamente esta columna de dirección es el modelo MAS-10/20C EPS.

El funcionamiento de toda la columna de dirección se da como una dirección asistida, que no es más que un sistema mediante el cual el torque que efectúa el conductor sobre el volante al momento de accionar la dirección, se reduce considerablemente optimizando todo el sistema de giro del automóvil.

Sistema de dirección eléctrica

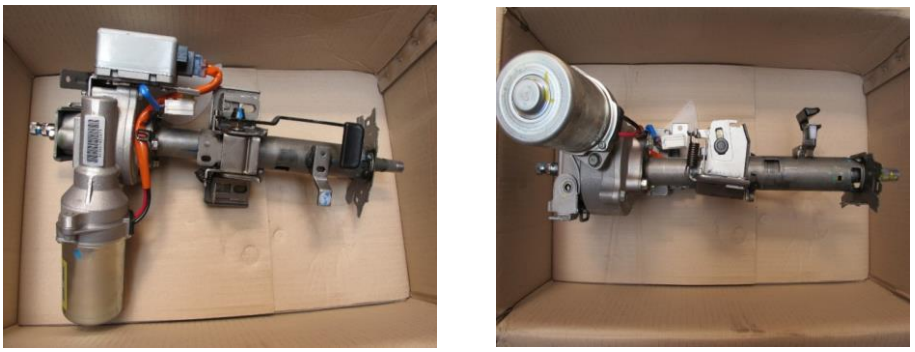


Figura 25. Sistema de dirección eléctrica - Vehículo Hyundai Accent 1995.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

En el siguiente gráfico se detallan algunas características básicas de todo este sistema:

Columna de Dirección Eléctrica

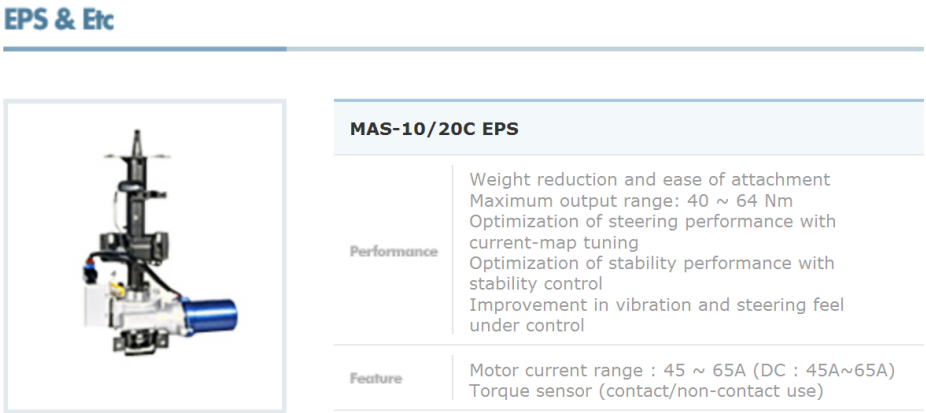


Figura 26. Características de la columna de dirección Eléctrica. Fuente: Mando Corporation.

Como se puede apreciar en el cuadro de resumen, hay que resaltar una característica muy importante como es el consumo de corriente pico. Este consumo, según su fabricante, se encuentra entre 45A y 65A y a primera vista podría parecer un valor muy alto para ser considerado en un proyecto de tesis, pero hay que hacer una aclaración importante, esta medición se la efectúa en plena operación, es decir, se la realiza cuando la columna está instalada en el auto y está ejerciendo todo el torque necesario para girar el volante durante el movimiento en pista. Por lo tanto, los valores de consumo solo de los motores DC se sitúan en una escala más baja (como se observará más adelante), haciéndolos adaptables para este proyecto.

Motorreductor Mando Corporation 56300-1e500

Una vez desmontada la columna de dirección asistida, se puede acceder al núcleo central de este sistema, que no es otra cosa más que el Motorreductor DC.

Motorreductor Mando 56300-1e500

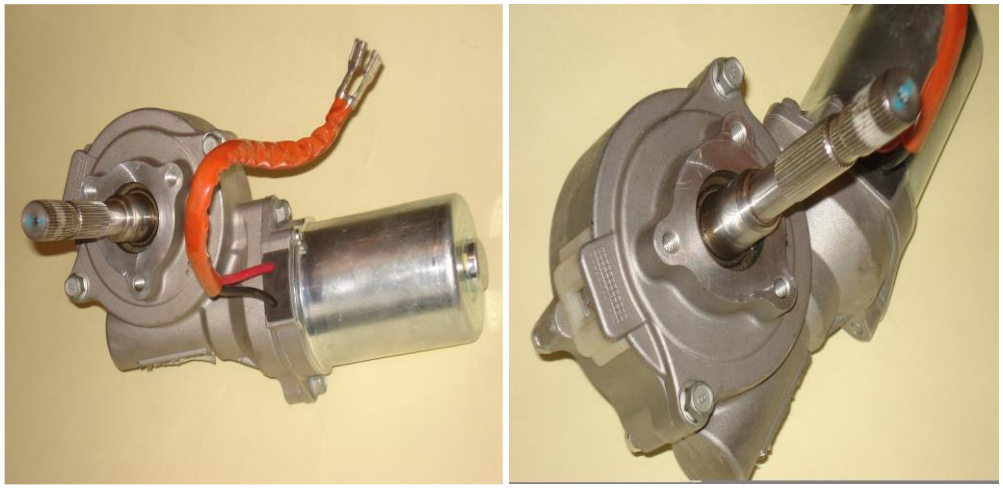


Figura 27. Motorreductores DC usados para el proyecto.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Las características básicas de este Motorreductor DC, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.
Características del Motorreductor Mando 56300-1e500

MOTORREDUCTOR MANDO 56300-1e500 ESPECIFICACIONES:	
FABRICANTE	MANDO CORPORATION
MODELO	56300-1e500
LARGO TOTAL - MOTORREDUCTOR	28 cm
ALTURA CAJA REDUCTORA	13 cm
DIÁMETRO MOTOR	7,5 cm
LARGO DEL MOTOR	13 cm
LARGO DEL EJE	12,5 cm
DIÁMETRO EJE	18 mm
PESO	5.5 Kg
VOLTAJE	12/24 VDC
CORRIENTE DE ARRANQUE	20
CORRIENTE PROMEDIO	13
VELOCIDAD PROMEDIO 12 VDC	100 RPM
VELOCIDAD PROMEDIO 24 VDC	200 RPM
TORQUE MAXIMO	40-64 Nm
POTENCIA MÁXIMA	0.42Kw-1.34Kw / 0.56HP-1.79HP

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Una vez que se verifican los datos, nos aseguramos que la corriente pico de arranque y corriente promedio de operación sean adaptables tanto para el sistema de control que será manejado a través de driver de motor y el sistema de alimentación, que será el encargado de brindar el suministro de energía.

Cálculo de la potencia del Motorreductor DC

Para calcular la potencia del Motorreductor DC podemos aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 7. Fórmula para el cálculo de la potencia del motor

$$Pmotor = V \times I$$

En donde:

Pmotor = Potencia del Motorreductor

V = Voltaje de suministro

I = Intensidad promedio de consumo

Remplazamos lo valores:

Pmotor = 12 Vdc x 13 A

Pmotor = 156 Watts

Paralelamente a esto, en la sección 3.1.4.2 calculamos que la fuerza que se necesita mover en el sistema es 1363,57 N. Podemos realizar la conversión de esta unidad mediante el siguiente cálculo:

1 Kgf	1363,57~~N~~	= 139,04Kgf
9.8067~~N~~		

Obtenemos el resultado, calculando que la fuerza máxima que se necesita mover en el sistema, en términos de kilógramo fuerza es de: 139.04 Kfg

Ahora, para verificar que el motor tiene la capacidad de mover el sistema aplicamos la siguiente fórmula:

Velocidad Máxima = Pmotor / Fmaxima

En donde:

Pmotor = Potencia del motorreductor

Fmaxima= Fuerza máxima del sistema a mover

Remplazamos lo valores:

Velocidad Máxima = 156 Watts /139.04 Kfg

Velocidad Máxima = 1.12 m/s

Como se puede verificar en los cálculos, los motores producen una velocidad máxima de 1,12 m/s en las peores condiciones que puede soportar la silla, es decir, con una rampa que genera un ángulo de inclinación de 6,84° y con una persona con un peso considerable de hasta 80 Kg. Esto nos confirma que la silla no permanecerá estática y podrá salir del reposo, lo cual confirma que los motores cumplen con los parámetros del proyecto y que son los ideales para adaptarse a la silla.

Driver para motores DC Sabertooth 2x25 v2

Para la implementación de nuestro sistema hemos escogido el driver para Motores DC Sabertooth 2x25 v2 cuyas principales características son:

- Capacidad de suministro de 25 A para dos motores DC de manera independiente, alcanzando corrientes pico de hasta 50 A por canal, durante algunos segundos.

  Esta característica permite manejar las corrientes que exigen los dos motorreductores DC, de nuestro sistema, de manera independiente (13amp para corriente nominal y 20amp para corriente de arranque).

- Diseñado para sistemas robóticos de propósito general de hasta 137 kg.
  El peso total del sistema de silla de ruedas de nuestro proyecto incluyendo el peso de un usuario promedio, oscila entre los 125 (kg).

- El driver permite el control de dos motores de manera independiente mediante señales de voltaje analógico, señales de radio control y comunicación serial.

- Protección térmica y de sobrecarga con lo cual no existe la preocupación de dañar el driver con conexiones erróneas o por sobrecarga del motor.

- Controlador para motores síncrono – regenerativo, lo que permite que las baterías sean recargadas cada vez que los motores invierten o disminuyen la velocidad de su movimiento.

- El tiempo de respuesta del driver permite hacer paradas y retrocesos de manera instantánea, lo que permite a nuestro sistema ser más eficaz.

Sabertooth 2x25 v2

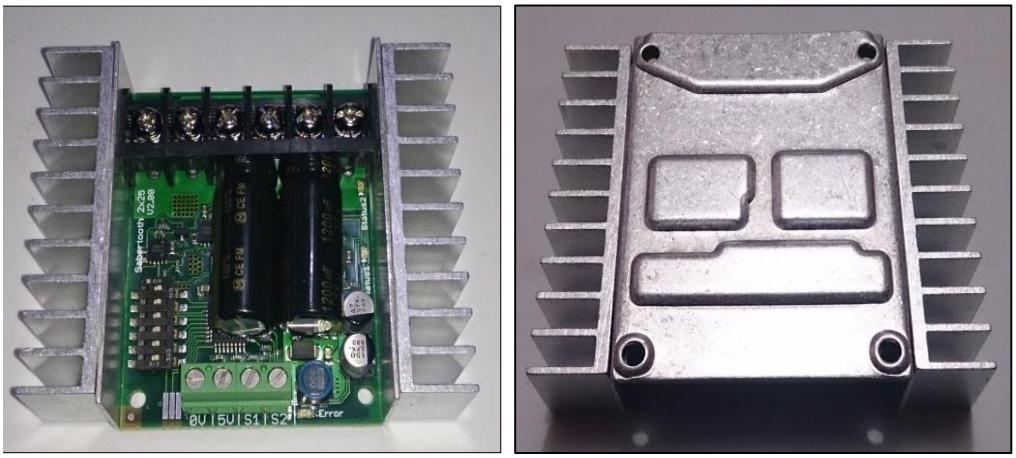


Figura 28. Vista delantera y posterior de la tarjeta electrónica Sabertooth 2x25 v2.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Del mismo modo el driver Sabertooth 2x25 v2 presenta las siguientes características específicas:

Tabla 7.
Características del driver Sabertooth 2x25 V2

DRIVER PARA MOTORES DC SABERTOOTH 2X25 V2	
ESPECIFICACIONES:	
FABRICANTE	DIMENSION ENGINEERING
TAMAÑO	65 x 80 x 21 mm
PESO	96 gr.
VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO	6-30V NOMINAL, 33.6V MÁXIMO
CORRIENTE	25 A CONTINUO , 50 A CORRIENTE PICO POR CANAL
Nota: El driver posee además una fuente adicional de 5 v para el manejo de elementos de baja potencia.	

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

3.1.5 Selección de elementos de la etapa mecánica

Silla de ruedas modelo KY958LC

Este modelo de silla de ruedas es el que mejor se ajusta a las necesidades mecánicas y de usuario, para el cual está diseñado el proyecto, puesto que en el aspecto mecánico nos brinda facilidad en el diseño del sistema de tracción, es decir, en el acoplamiento del eje de cada uno de los Motores DC con caja reductora (motorreductores) al eje de rotación de las llantas traseras de la silla.

El armazón del que está fabricada la silla es liviano y tiene un alto nivel de resistencia pues se constituye en la base para soportar el peso de todo el sistema en conjunto (Motorreductores, sistema electrónico, sistema de alimentación y carga y peso del usuario)

Además las ruedas traseras de este modelo de silla cumplen con el requisito de un diámetro mínimo para disminuir el torque del movimiento de la rueda, razón por la cual el Motorreductor DC no se ve exigido

Silla de ruedas manual - Modelo KY958LC

Figura 29. Silla de ruedas manual usada en el proyecto. Fuente: Paksurgical.

Adicionalmente la silla de ruedas presenta las siguientes características específicas:

Tabla 8.

Características de la silla de ruedas KY958LC

SILLA DE RUEDAS MODELO KY958LC	
ESPECIFICACIONES:	
FABRICANTE	GUANDONG KAIYANG MEDICAL TECHNOLOGY GROUP
CHASIS	ALUMINIO PLEGABLE 2,2 MM DE ESPESOR ESMALTADO EN AZUL
ASIENTO Y RESPALDO RECLINABLE DE 90° A 160°	VELOU(COJIN ABDUCTOR, ARNÉS,CABEZAL AJUSTABLE)
DIÁMETRO RUEDAS DELANTERAS	15cm, RIN DE POLICARBONATO
DIÁMETRO RUEDAS TRASERAS	38cm, RIN DE POLICARBONATO
TIPOS DE LLANTAS	NEUMÁTICA
PESO NETO	22 Kg
SOPORTA	110 Kg
Nota: Silla con soporte cefálico ideal para personas con parálisis parcial o total. Incluye sistema antivuelco.	

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

3.1.6 Selección de elementos de la etapa de alimentación y carga

Previo a la elección de la batería y cargador, se deben conocer ciertas características y datos básicos para realizar los cálculos respectivos con el afán de determinar las capacidades mínimas que debería poseer la batería y el cargador, así como, el consumo real de amperaje del sistema.

Datos a ser considerados:

- Peso de la persona para las pruebas de funcionamiento: 74 Kg. *Peso dentro de los parámetros normales para una persona promedio.
- Peso de la silla: 22 Kg
- Peso máximo que soporta la silla: 110 Kg.
- Voltaje del motor sin carga: 10,5 V

- Voltaje del motor con carga: 9,8 V. (Estas mediciones se realizaron directamente con un multímetro digital y una persona maniobrando la silla).
- Velocidad máxima de la Silla: 4,69 Km/h. (Se realizaron varias mediciones en una distancia de 6 metros, con el resultado de un tiempo promedio de 4,6 segundos, lo que finalmente se traduce en la velocidad de 4,69 Km/h

6 ~~m~~	1 Km	3600 ~~s~~	= 4,69 Km/h
4,6 ~~s~~	1000 ~~m~~	1 h	

- Consumo del motor: 12,69 A ≈ 13 A. (Mediciones efectuadas directamente con un multímetro digital y una resistencia de potencia para calcular la corriente que circula en el motor)
- Autonomía de la silla: 20 Km (Promedio)
- Horas promedio de trabajo de la silla: 4 horas.

Para calcular el tiempo promedio de movimiento diario de la silla, aplicamos la siguiente fórmula:

Ecuación 8. Fórmula para el cálculo del tiempo promedio de movimiento

$$t\ promedio = \frac{d\ promedio}{v\ promedio}$$

$$t\ promedio = \frac{20\ Km}{4{,}69\ Km/h}$$

$$t\ promedio = 4{,}2\ h$$

Para dimensionar la capacidad de batería se deberá tomar en cuenta el consumo diario de corriente, la autonomía promedio del movimiento de la silla, la profundidad de descarga de la batería (dato proporcionado por el fabricante) y la capacidad útil.

Consumo diario de corriente:

Ecuación 9. Fórmula para el cálculo del consumo diario de corriente

$$Ah\ por\ día = t\ promedio\ x\ Consumo\ del\ motor$$

$$Ah\ por\ día = 4\ h\ x\ 12{,}69\ A$$
$$Ah\ por\ día = 50,76 Ah/día$$

Tomando la profundidad de descarga (PDmax) en 0,8, ya que es una característica promedio que proveen los fabricantes para sus baterías de Plomo – ácido y la autonomía del sistema (A) durante 1 día, se calcula la capacidad de la batería (Cn) mediante la ecuación (4).

Ecuación 10. Fórmula para el cálculo de la capacidad de la batería

$$Cn = \frac{1{,}1 * Ahd * A}{PDmáx}$$

En donde,

Cn, es la capacidad de la batería, Ah.

Ahd, es el consumo diario de corriente, Ah/día.

A, es la autonomía del sistema, días.

PDmáx, es la profundidad de descarga de la batería.

$$Cn = \frac{1{,}1 * 50{,}76\ Ah/día * 1}{0{,}8}$$

$$Cn = 69{,}79\ Ah$$

La capacidad útil (Cutil) de la batería se calcula mediante la expresión (5).

Ecuación 11. Fórmula para el cálculo de la capacidad útil de la batería

$$Cutil = Cn * PDmáx$$

En donde,

Cutil, es la capacidad útil de la batería, Ah.

Cn, es la capacidad de la batería, Ah.

PDmáx, es la profundidad de descarga de la batería.

$$Cutil = 69{,}79 * 0{,}8$$

$$Cutil = 55{,}83Ah$$

Batería Ecuador 42 HP – 55560R

Batería 42 HP/55560R

Figura 30. Batería de plomo-ácido 42 HP/55560R usada en el proyecto.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

La batería 42 HP modelo 55560R presenta características que se adaptan a las necesidades del proyecto, estas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 9.
Características de la Batería 42HP/55560R

BATERÍA MODELO 42 HIGH POWER	
ESPECIFICACIONES:	
FABRICANTE	BATERÍAS ECUADOR
MODELO	55560R
No. DE PLACAS	13
CAPACIDAD (Ah)	60
DESCARGA RÁPIDA 0 °C	640
DESCARGA RÁPIDA 26 °C	770
CAPACIDAD DE RESERVA	100
CAJA TIPO	42
LARGO (mm)	233
ANCHO (mm)	174
ALTO (mm)	172

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Como se puede observar en la tabla, la capacidad real que brinda esta batería es de 60Ah, misma que mediante los cálculos realizados en la sección anterior se adapta perfectamente a la capacidad útil necesaria y adicionalmente nos proporciona un porcentaje extra del 7,47% de capacidad por hora.

Cargador de Baterías Smart de 6 amperios Black &Decker

El cargador de batería Smart Black & Decker, presenta básicamente tres niveles de carga, el primero es un nivel alto de hasta 6 A, el segundo es un nivel medio de 4 A y el tercero es un nivel de carga bajo de 2 A. Este cargador fue diseñado para cargar solamente baterías de plomo-ácido de 12 voltios.

Este cargador posee un control por microprocesador incorporado, cuya tecnología de carga presenta una elevada eficiencia de tres etapas. Esta tecnología asegura la carga rápida, segura y completa de las baterías conectadas.

Etapas de carga por microprocesador incorporado.

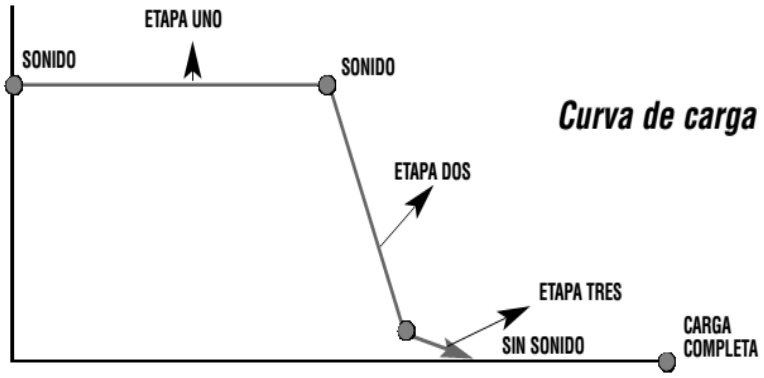


Figura 31. Black &Decker. Fuente: Catálogo VEC1086BBD.

A continuación se describe brevemente las etapas de carga proporcionadas:

- **Etapa uno*:*** se produce una carga rápida de arranque a 6 A. El cargador suministra el máximo amperaje de carga a la batería y en caso de un agotamiento total, se permite el rápido arranque del motor en tan sólo 8 minutos de haber sido conectada. Cuando la batería alcanza una carga predeterminada máxima y segura,

el cargador emite automáticamente una señal audible y da paso a la Etapa 2 del proceso de carga.

- **Etapa dos*:*** la carga se mantiene al máximo nivel posible y a un voltaje constante y seguro. Durante esta fase, se trata de regular la transferencia de voltaje y este se mantiene constante. La corriente real de carga se reduce para así permitir la máxima transferencia de energía química, convirtiéndola en un valor estable de carga. Después de esto el cargador cambia automáticamente a la etapa 3.

- **Etapa tres*:*** se mantiene constate el voltaje hasta que alcance el 100% de carga y después de esto, el voltaje se reduce automáticamente a un nivel predeterminado. La corriente se ajusta para una carga segura y efectiva de la batería. Esta característica de carga variable automática es ideal para mantener el ciclo de vida de la batería.

Cargador Black & Decker – Smart 6A

Figura 32. Cargador Black & Decker – Smart 6A usado en el proyecto.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Características

A continuación se presentan las características más relevantes del cargador de baterías Smart de 6 amperios Black & Decker:

- Esta unidad tiene tres posiciones de nivel de carga, a los que se accede por el botón selector de nivel: 2 A/4 A/6 A.
- Monitoreo de carga variable automática controlada mediante microprocesador para una operación correcta y detección de fallas.
- Indicador LED de nivel de carga
- Operación de modo interruptor de alta frecuencia, para una salida de CC pura
- Un tono audible indica cuando se oprime un botón de encendido o cuando ocurre un cambio de modo.

Otra característica básica que hace de este dispositivo el instrumento ideal para la carga de la batería, es que su nivel de carga máximo es del 10% de la capacidad total de la batería, es decir 6 A, una recomendación que consta en los manuales de los fabricantes de baterías. Por esta razón se escogió este tipo de cargador para el desarrollo de este proyecto.

3.2 Análisis económico

El estudio de costos es uno de los principales análisis que se deben realizar a la hora de llevar a cabo un proyecto de ingeniería de este tipo. Esto es debido a la posibilidad de que el proyecto no sea económicamente viable.

A continuación se hará el análisis dividiendo al sistema total en las etapas que lo conforman y haciendo una comparativa con sistemas similares que podemos encontrar en el mercado.

Tabla 10.
Detalle de costos de la etapa digital del sistema

ETAPA DIGITAL			
CANTIDAD	**DETALLE**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR TOTAL**
1	Módulo de reconocimiento de voz SR 07	179,95	179,95
3	Módulo detección de obstáculos (sensores)	75,00	225,00
1	Módulo de control general del sistema (microcontrolador)	25,00	25,00
		TOTAL	**429,95**

Nota: Precios se encuentran en dólares americanos.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 11.

Detalle de costos de la etapa de potencia del sistema

ETAPA DE POTENCIA			
CANTIDAD	**DETALLE**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR TOTAL**
1	Driver para motores dc SABERTOOTH 2x25	124,99	124,99
2	Motorreductores DC	334,06	668,12
		TOTAL	**793,11**

Nota: Precios se encuentran en dólares americanos.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 12.
Detalle de costos de la etapa de mecánica del sistema

ETAPA MECÁNICA			
CANTIDAD	**DETALLE**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR TOTAL**
1	Silla de ruedas usada modelo KY958LC	200,00	200,00
2	Acople Motorreductores DC	200,00	200,00
		TOTAL	**400,00**

Nota: Precios se encuentran en dólares americanos
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 13.
Detalle de costos de la etapa de alimentación y carga

ETAPA DE ALIMENTACIÓN Y CARGA			
CANTIDAD	**DETALLE**	**VALOR UNITARIO**	**VALOR TOTAL**
2	Baterías de plomo-ácido marca “Ecuador”	82,00	82,00
1	Cargador de baterías marca “Black &Decker”.	56.99	56,99
		TOTAL	**138,99**

Nota: Precios se encuentran en dólares Americanos.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

La mayor parte de los elementos integrantes de este proyecto no se los encuentra en el país por lo que se generará un gasto adicional de importación de dichos elementos. De la misma forma, se hizo la adaptación de estructuras de sujeción para la batería, el

cargador y también para la ubicación de los sensores de ultrasonido en la estructura de la silla de ruedas, lo cual generará un costo extra.

Tabla 14.
Detalle de costos por etapas del proyecto

COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	
DETALLE	**VALOR TOTAL**
ETAPA DIGITAL	429,95
ETAPA DE POTENCIA	793,11
ETAPA MECÁNICA	400,00
ETAPA DE ALIMENTACIÓN Y CARGA	138,99
GASTOS EXTRAS (INCLUYE COSTOS DE IMPORTACIÓN DE PARTES, CONSTRUCCIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS Y ADAPTACIÓN DE ESTRUCTURAS DE SUJECIÓN PARA BATERÍA, CARGADOR Y SENSORES)	100,00
TOTAL	**1862,05**

Nota: Precios se encuentran en dólares americanos.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

A continuación se realizará una comparativa de los costos comerciales de algunos sistemas de sillas de ruedas eléctricas pero que, para su direccionamiento, son controlados por palancas de control, esto debido a que un sistema similar al nuestro (controlado por voz) no se encuentra en el mercado nacional o internacional.

Tabla 15.
Resumen de estudio de mercado de sillas de ruedas eléctricas

	España	**Ecuador**	**Colombia**	**EEUU**
MARCA	**F35**	**METRO POWER 3**	**MPW**	**WILDCAT 450**
AUTONOMÍA	25km	30 km	25Km	30 Km
PESO USUARIO	120Kg	135Kg	115kg	120 kg
ESTADO	Nueva	Usada	Nueva	Nueva
PRECIO COMERCIAL	2.500,00 €	$2.700,00	5´798.000 PESOS	$1.718,00
PRECIO EN USD	$3.450,00	$2.700,00	$3.002,00	$1.718,00

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

De lo anterior se evidencia que en el mercado las sillas de ruedas eléctricas con sistema de control por joystick oscilan entre los $ 1700 –$ 3500 dólares, por lo que

nuestro sistema se perfila como una opción economicamente viable y tecnologicamente innovadora.

CAPÍTULO 4

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

4.1 Diseño, construcción e implementación de la etapa mecánica

El diseño e implementación de la etapa mecánica constituye el rediseño estructural del sistema de tracción de las ruedas posteriores de la silla, lo que permitirá hacer la sujeción entre el eje del Motorreductor DC y el eje de rotación de cada rueda.

Sistema de tracción original de la silla de ruedas

Figura 33. Sistema de tracción original de la silla de ruedas a ser modificado.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Se necesitará realizar el diseño estructural de sujeción para cada uno de los Motorreductores DC, de manera que estén fuertemente sujetos al armazón de la silla y ocupen el menor espacio posible y considerando además que no se puede hacer uso de ningún tipo de soldadura ya que el material en el que está elaborado el armazón de la silla de ruedas es de Aluminio.

Para la Sujeción de cada uno de los Motorreductores DC al armazón de la silla se diseñó una placa de metal, lo suficientemente robusta para soportar el peso de los Motorreductores DC en cuyos extremos se encuentran varios orificios para sujetarla

por medio de pernos a los Motorreductores DC, el armazón principal de la silla, así como también a la rueda misma.

Diseño de placas para sujeción de Motorreductores DC

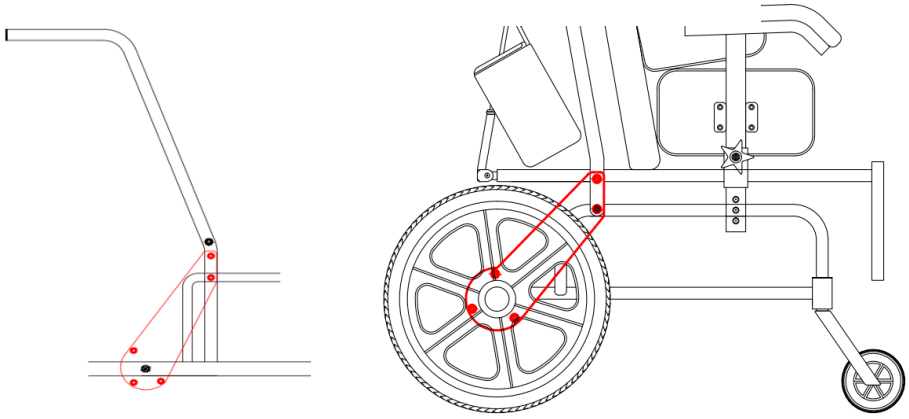


Figura 34. Diseño de placas realizado en el Software AUTOCAD.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Placa para sujeción de Motorreductores DC al armazón de la silla

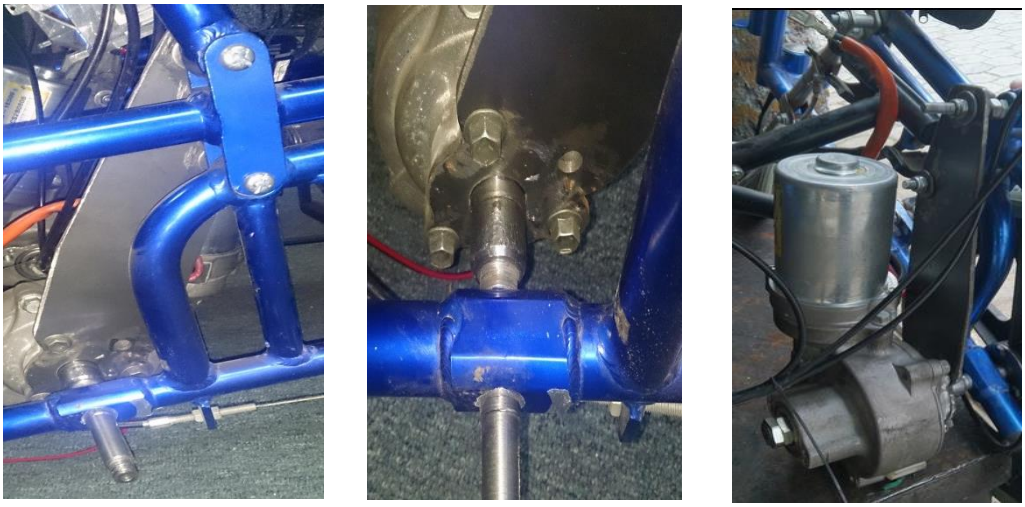


*Figura 35.*Implementación: Placa para sujeción de Motorreductores DC al armazón de la silla.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Ya implementado la estructura de metal, procedemos a realizar el acople del eje del Motorreductor DC al eje de rotación de cada rueda, para lo cual se realizará un corte

de 2,5 cm (en forma de canal) en los ejes de cada Motorreductor DC y también procedemos a reemplazar el rulimán del eje de rotación de cada rueda por una pieza que se acople al corte (canal) del eje del Motorreductor DC.

Ubicación del Motorreductor DC al eje de rotación de cada rueda.

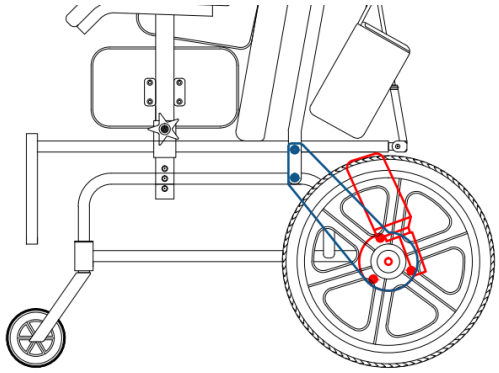


Figura 36. Diseño de ubicación del Motorreductor DC al eje de rotación de cada rueda.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Acople del eje del Motorreductor DC al eje de rotación de cada rueda

Figura 37. Piezas mecánicas diseñadas e implementadas para el acople.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Como resultado de lo anterior se obtiene el rediseño estructural del sistema de tracción de la silla de ruedas, lo que nos servirá como la base fundamental para el posterior desarrollo de la etapa digital y de control propuesto para este proyecto.

Implementación total del sistema de tracción de la silla de ruedas

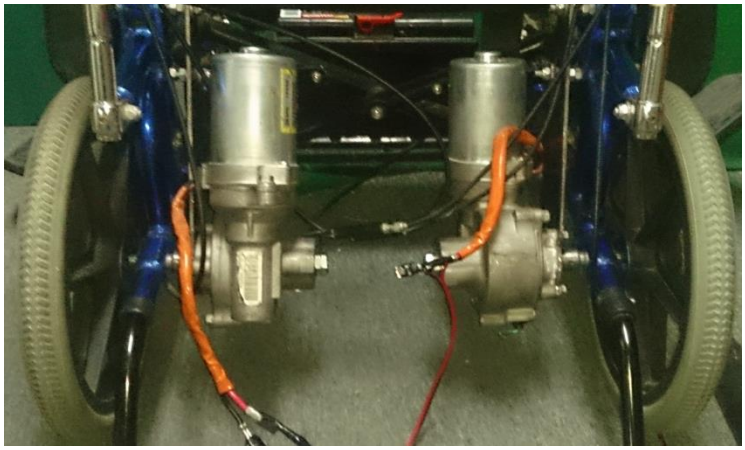


Figura 38. Nuevo sistema de tracción de la silla de ruedas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Finalmente, se especifican algunos diseños estructurales adicionales realizados en el armazón de la silla de ruedas, esto con el fin de poder ubicar los elementos que formarán parte de la etapa de alimentación y carga, así también la ubicación de los módulos de detección de obstáculos.

Para la ubicación de la batería y cargador de la misma se propuso colocarlos en la parte inferior del asiento de la silla de ruedas fijadas con una barra metálica en forma de "U" invertida

Diseño de estructura para ubicación de la etapa de alimentación y carga

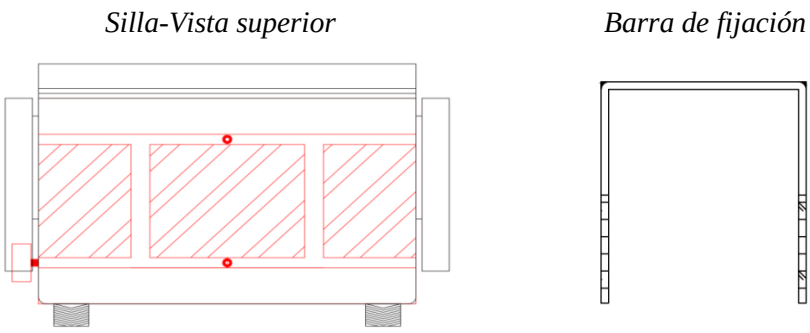


Figura 39. Diseño de estructuras elaborado en AUTOCAD.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Para la ubicación de los sensores de ultrasonido que permitirá la detección de obstáculos delante de la silla de ruedas y la detección de gradas o desnivel en el piso, se ha diseñado una barra de 1m de longitud para que dichos sensores sean ubicados en el extremo de la barra.

Estructura para sensores de ultrasonido delantero y de profundidad

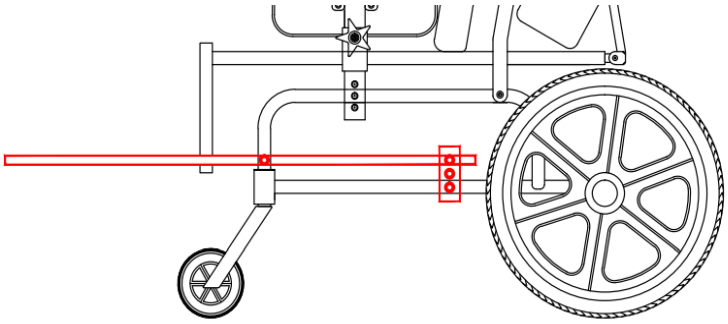


Figura 40. Diseño de estructuras elaborado en AUTOCAD.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Implementación de estructura para batería y sensores

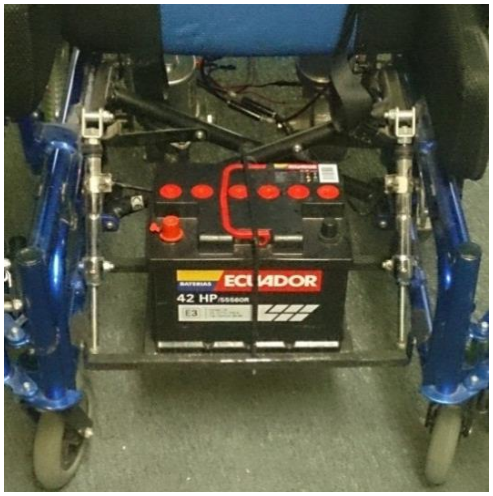


Figura 41. Implementación de estructura para ubicación de batería y sensores de ultrasonido.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

4.2 Diseño, construcción e implementación de la etapa digital y de potencia

4.2.1 Configuración del módulo de reconocimiento de voz

Para la implementación de nuestro sistema, no usaremos la configuración de 40 palabras de la tarjeta de reconocimiento de voz, sino la configuración de 20 palabras (ubicando un "jumper" sobre los dos pines WD de la tarjeta) al considerar que únicamente vamos a utilizar cinco comandos de voz para controlar el movimiento de la silla de ruedas, dichos comandos serán: adelante, atrás, izquierda, derecha, paro.

También se debe considerar que nuestro sistema debe ser robusto, preciso y confiable, para lo cual se simulará un sistema independiente del hablante grabando cada orden en tres diferentes espacios de memoria y utilizando diferentes tipos de voz en el entrenamiento de la tarjeta.

Tabla 16.
Entrenamiento de la tarjeta de reconocimiento de voz SR-07

Espacio de memoria tarjeta SR-07	Comando de Voz	Acción
01	"Adelante"	Movimiento de la silla hacia adelante.
02		
03		
04	"Atrás"	Movimiento de la silla hacia atrás.
05		
06		
07	"Pare"	Interrupción del movimiento de la silla
08		
09		
10	"Izquierda"	Movimiento de la silla hacia la izquierda.
11		
12		
13	"Derecha"	Movimiento de la silla hacia la derecha
14		
15		

Nota: las palabras entrenadas pueden variar dependiendo del usuario.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Inicialmente, al encender la tarjeta de reconocimiento de voz, el display muestra el número “00” y el led de color rojo de la tarjeta se enciende, con lo cual se indica que el circuito se encuentra listo para trabajar.

Para realizar el entrenamiento de las palabras se debe asegurar que en la memoria de la tarjeta de reconocimiento no existan palabras previamente guardadas, para lo cual se realizará el borrado total de la memoria SRAM de la tarjeta. Esto se realiza presionando el número “99”+”CLR” (las teclas CLR y TRN provienen del inglés “clear” y “train” respectivamente).

A continuación, para grabar el primer comando de voz en el primer espacio de memoria de la tarjeta, presionamos la tecla 01; el display mostrará el número “01” y el led indicador se apagará. Seguidamente presionamos la tecla TRN y el led se volverá a encender indicando que la tarjeta se encuentra en modo “entrenamiento” con lo cual podemos pronunciar el primer comando de voz, que en esta caso será la palabra “adelante”. Inmediatamente después de pronunciar la palabra, el led realiza un parpadeo indicando que la palabra fue ingresada correctamente.

Repetimos el mismo procedimiento pronunciando el comando de voz “adelante” pero esta vez ingresándolos en los espacios 02 y 03 de la memoria de la tarjeta SR-07 y de la misma manera procedemos con los restantes comandos de voz.

Después de ingresar todos los comandos de voz, la tarjeta SR-07 se pone en modo “escucha” y de esta manera procedemos a realizar la prueba de reconocimiento de voz de la tarjeta, para lo cual pronunciamos una palabra entrenada y automáticamente en el display se debe mostrar el número del espacio de memoria en el que se guardó dicha palabra.

Por ejemplo, si la palabra "adelante" se grabó en el espacio de memoria “01” al pronunciar la palabra "adelante" en el micrófono inmediatamente en el display se visualizará el número “01”.

En el caso de que al pronunciar la palabra la tarjeta SR-07 no logre reconocer el comando de voz, se visualizará alguno de los siguientes códigos de error:

Tabla 17.

Códigos de error de la tarjeta de reconocimiento de voz SR-07

Códigos de error	Significado
55	"Palabra muy larga"
66	"Palabra muy corta"
77	"No hay resultados"

Nota: Características de funcionamiento proporcionadas por el fabricante.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

4.2.2 Configuración del driver Sabertooth 2x25

El driver Sabertooth 2x25 tiene distintos modos de configuración para su operación dependiendo del tipo de señal de entrada. En nuestro caso usaremos la configuración para entrada de señales analógicas, puesto que desde el microcontrolador que forma parte módulo de control general del sistema, se obtiene señales PWM. Estas señales luego pasarán por un filtro RC para ser convertidas en señales analógicas.

Filtro paso bajo para el uso de PWM en modo analógico

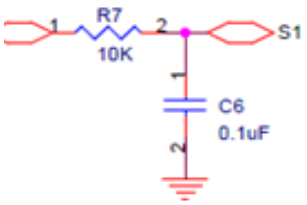


Figura 42. Diagrama de conexión del filtro paso bajo para el uso de PWM en modo analógico.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

En el modo de configuración analógica el driver recibe una o dos señales analógicas (de 0V a 5V.) y las usa para establecer la velocidad y dirección de giro de los motores.

Una tensión analógica de 2,5 V corresponde a "ningún movimiento". Las señales por encima de 2.5V establecerán el movimiento del motor en un sentido y las señales debajo de los 2.5V establecerán el movimiento del motor en sentido contrario.

De acuerdo al manual de usuario la configuración del DIP Switch del driver para entradas analógicas es la siguiente:

Configuración del driver SABERTOOTH 2x25-modo analógico

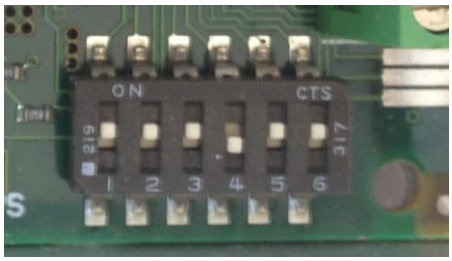


*Figura 43.*Configuración del dip switch del driver SABERTOOTH 2x25-modo analógico.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Los switches 1 y 2 en la posición “UP”.

Como estamos trabajando con una batería de plomo ácido, entonces el switch 3 debe estar también en la posición “UP”.

Para el switch 4 se establece la posición “DOWN” con lo cual se logra una configuración independiente, es decir, la señal alimentada a S1 controla el movimiento del motor 1, mientras que la señal alimentada a S2 controla el motor 2, cada una independientemente.

El switch 5 y 6 se ubican en la posición “UP. Para el switch 5 la posición “UP” significa que la respuesta a las señales de entrada será lineal y para el switch 6 en cambio significa que el rango de valores de las señales de entrada está entre los 0V y 5V con un punto cero de 2.5V.

Finalmente luego de realizar la configuración del driver se procede a realizar las conexiones a los motores y batería de acuerdo a lo que indica el manual de usuario del Sabertooth 2x25.

Diseño general del circuito esquemático

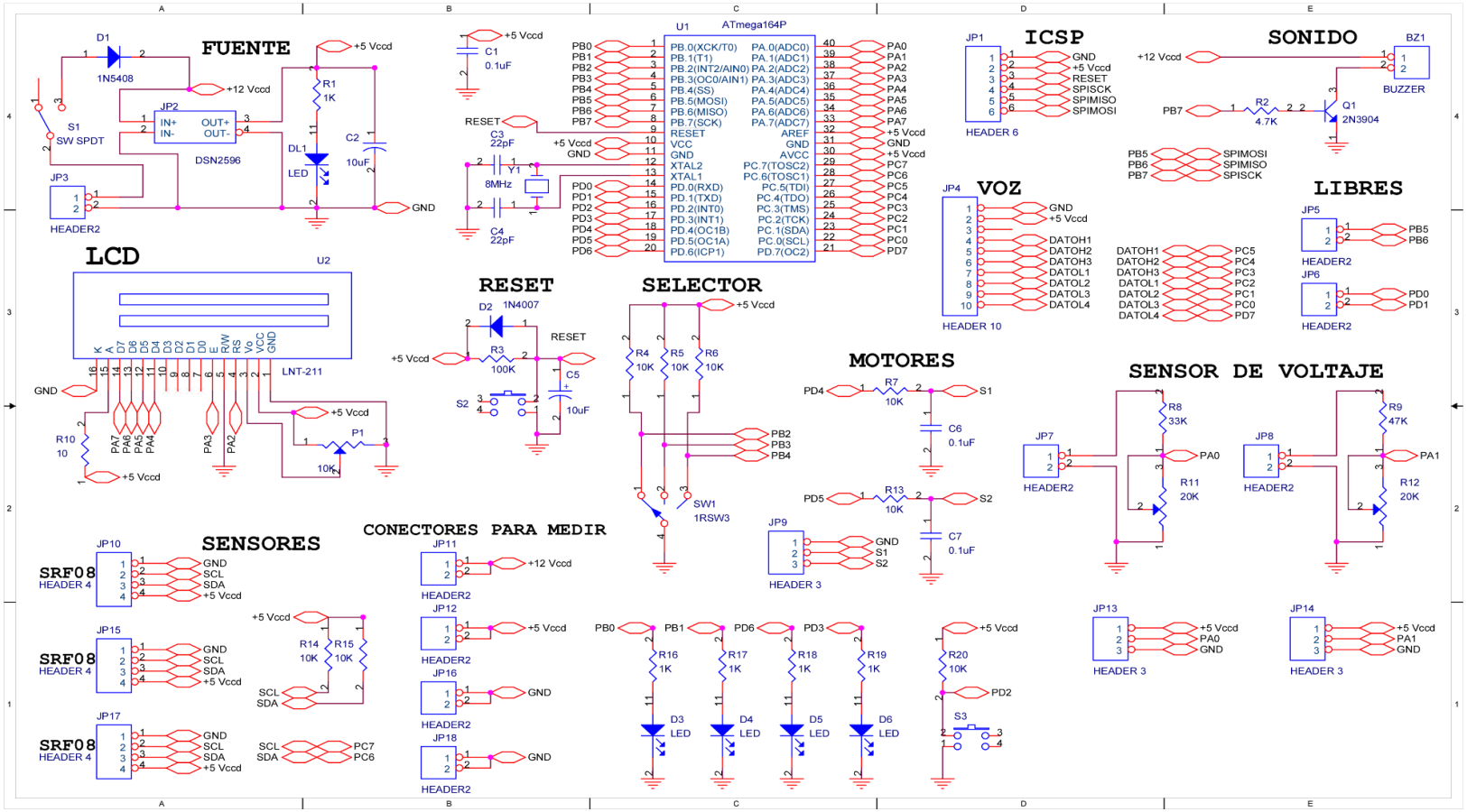


Figura 44. Diseño del diagrama de conexión del control general del sistema.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

4.2.3 Construcción del módulo de control general del sistema

El módulo hace uso de un sistema serial para ejecutar las acciones necesarias para el control y monitoreo del sistema, es decir que ejecuta una sola acción a la vez; sin embargo el tiempo promedio de cada una de las ejecuciones se encuentra en el orden de microsegundo debido a las capacidades el microcontrolador, lo que no afecta de ninguna manera el control y monitoreo ya que al parecer del sentido humano estas acciones se estarían ejecutando simultáneamente.

Diagrama del control y monitoreo

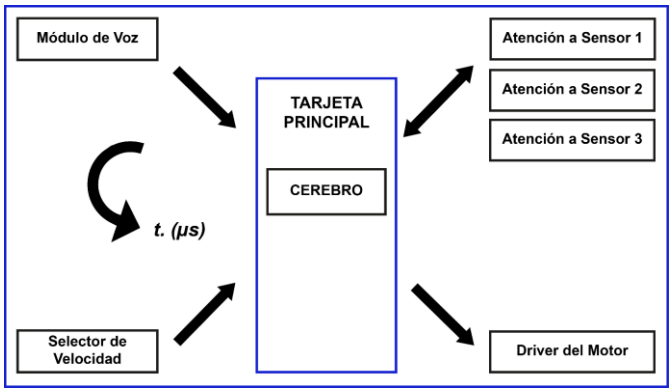


Figura 45. Diagrama de bloques de las etapas de control y monitoreo.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Conexión de dispositivos varios en la tarjeta principal

Circuito Reset

Para agregar una función de reinicio del sistema a la tarjeta principal, hay que tomar las siguientes consideraciones en el microcontrolador:

Este dispositivo posee una entrada denominada MCLR que permite re-establecer el estado del microcontrolador. Se ejecuta principalmente, la siguiente acción:

- Se agrega un estado lógico de 0 en el contador del programa, de manera que después de un pulso en esta entrada siempre se regresa a la posición 0 de las instrucciones del programa.

Para adaptar un botón de reinicio de las funciones, existen principalmente dos circuitos muy utilizados y son:

- Conectar un pulsador normalmente abierto en paralelo con un capacitor.
- Conectar un pulsador normalmente abierto a manera de divisor de tensión.

Conexión del LCD

El LCD principalmente será usado para mostrar las medidas de distancias de los sensores de ultrasonido en cm, mostrar las velocidades de giros, el código de palabra que fue captado por la tarjeta de reconocimiento de voz, etc.

Conexión del LCD

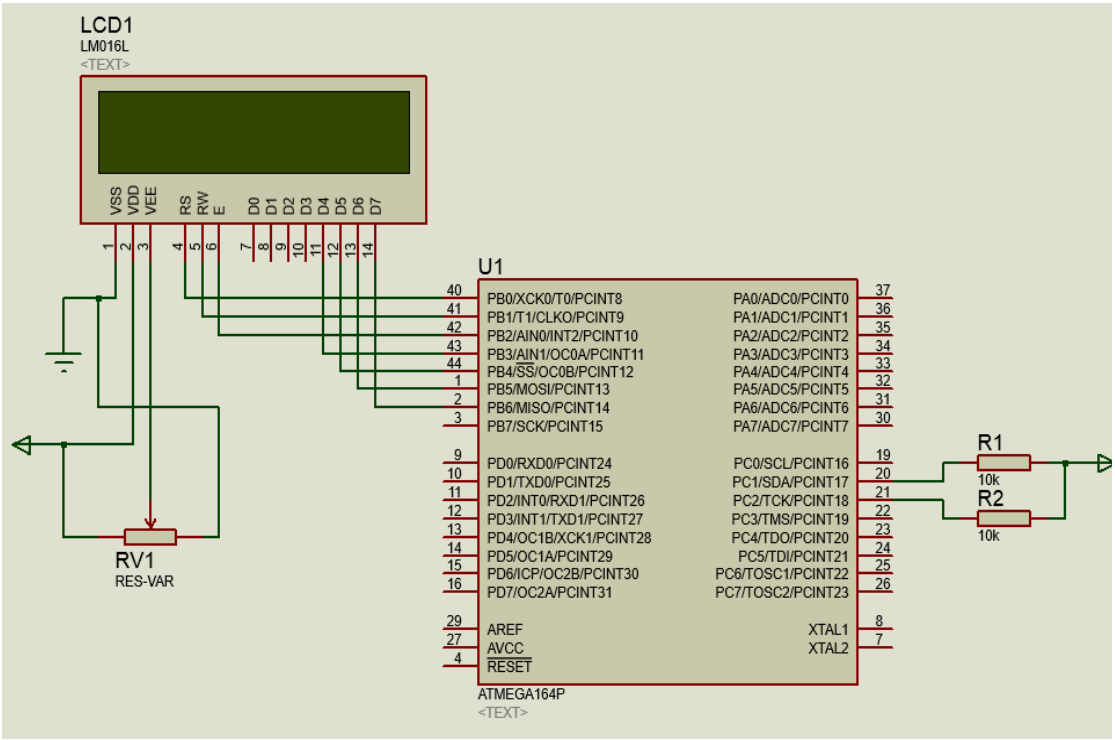


Figura 46. Diagrama de conexión del LCD y el microcontrolador.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Conexión de los sensores

Los sensores de ultrasonido, que cumplen la función de ser detectores de obstáculos, están conectados al microprocesador mediante un bus I2C. Esta conexión es muy práctica

ya que solo requiere dos pines del microprocesador. Estos son los pines PD6 y PD7 y están dirigidas hacia las salidas del sensor de distancia SCL Y SDA respectivamente.

Conexión de los Sensores

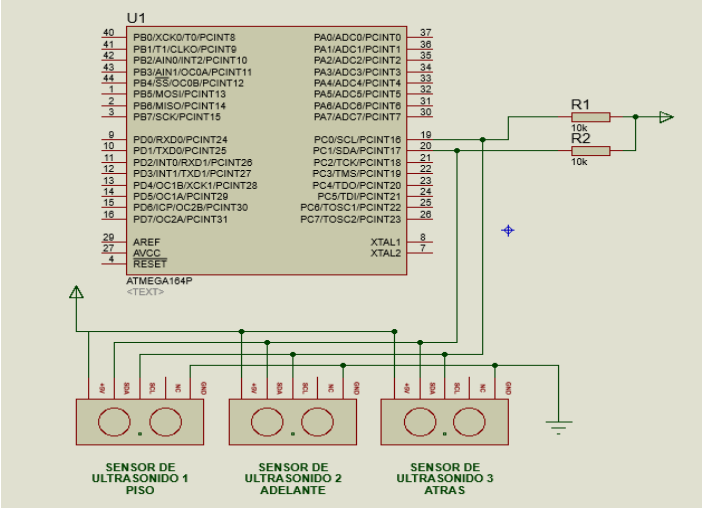


Figura 47. Diagrama de conexión de los Sensores y el microcontrolador.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Regulador de voltaje a 5v

En la etapa de alimentación de la tarjeta principal y en la tarjeta de reconocimiento de voz necesariamente se requiere adaptar del voltaje de alimentación ya que la batería general que utilizamos en el proyecto es de 12V y los elementos mencionados funcionan a 5V. Para este cambio empleamos el módulo DSN2596, que entrega un voltaje fijo estable de 5V a pesar de que en la entrada existan pequeñas variaciones. Este circuito integrado regula la tensión y proporciona una corriente máxima de 3A de salida y soporta una tensión máxima de entrada de hasta 40V.

Regulador de Voltaje DSN2596

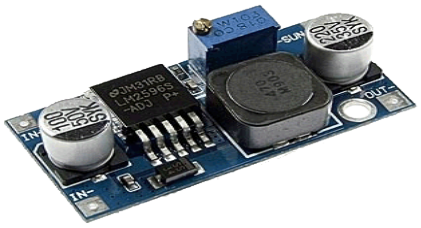


Figura 48. Regulador de Voltaje usado en el proyecto.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Elaboración de las placas del circuito de control general del sistema

Después de elaborar el diseño esquemático final, dentro del programa PROTEUS seleccionamos el subprograma ARES. Este nos servirá para obtener las placas a ser impresas. En la pantalla del ARES se cargan los elementos ya diseñados en ISIS y se procede a ubicarlos de acuerdo a nuestras necesidades dentro del lienzo.

Cuando los componentes se encuentran ubicados procedemos a "rutear" el circuito. Este proceso se encarga de generar las pistas de acuerdo a parámetros que podemos configurar previamente.

Elementos colocados mediante ARES

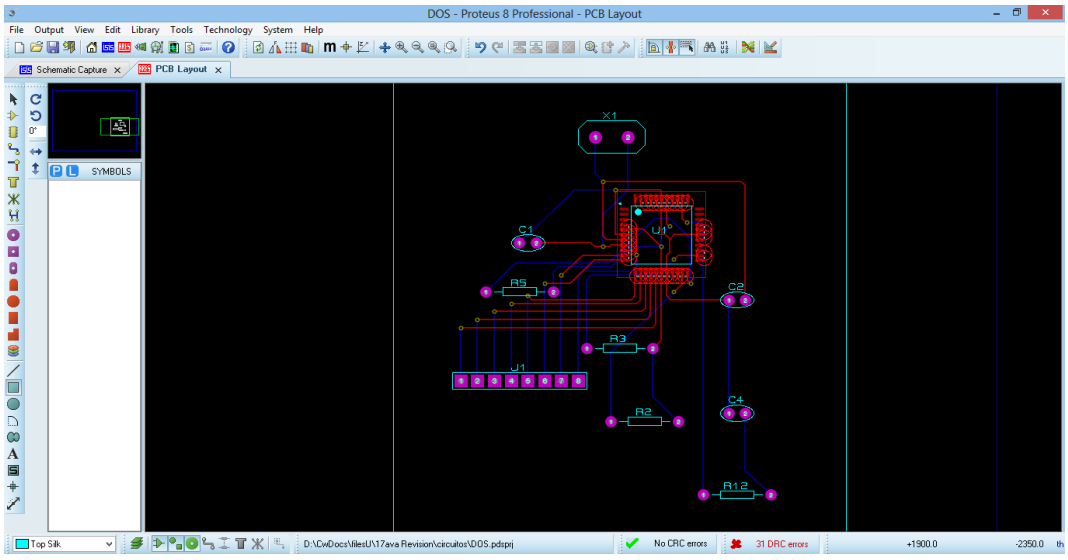


Figura 49. Ubicación de elementos para diseño de pistas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Una vez que está listo el circuito, se realiza la impresión del mismo a escala real en un papel de termotransferencia (papel especial transferible, blanco o azul).

El último paso para terminar la placa, es la impresión del screen de elementos. Esta impresión es la que contiene el texto informativo, datos, posiciones y figuras que muestran el lugar donde se deben colocar los componentes. Esta información se imprime en acetato y se coloca en la placa en un proceso similar al de las pistas, al otro lado de donde está el cobre. Cabe resaltar que se debe alinear en la misma posición en la que están las pistas pero al revés.

Diagrama de pistas de la placa principal

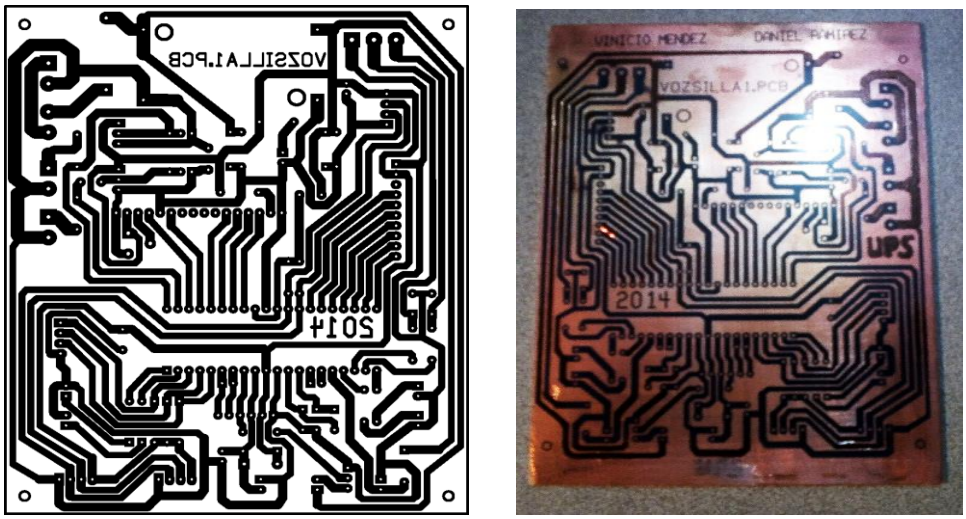


Figura 50. Diseño y creación de pistas de la placa principal.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Como paso final para completar la placa, se realiza las perforaciones respectivas, se verifica que todo esté de acuerdo a las necesidades y se sueldan los elementos

Diagrama posicional de los elementos en la placa principal

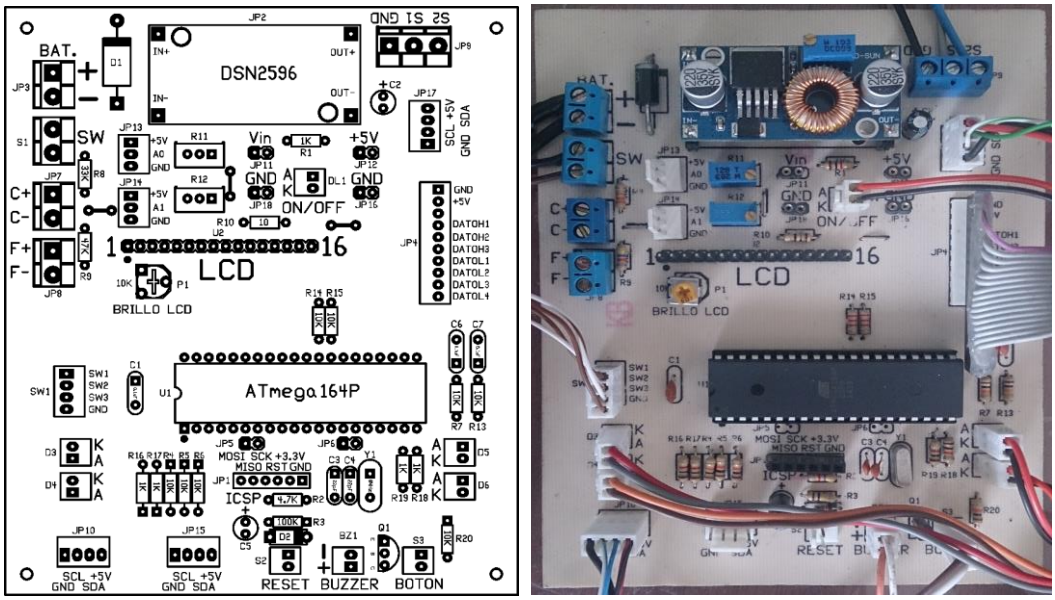


Figura 51. Diseño e implementación del diagrama posicional de los elementos en la placa principal.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Por otro lado, se evidenció la necesidad de diseñar un circuito que permita monitorear el estado de descarga de la batería de la silla de ruedas y de esta manera controlar el momento en que dicha batería necesita ser cargada, para lo cual se utilizó el C.I. LM

3914. Este C.I. permite visualizar en una escala de 10 valores (leds), el voltaje de la batería. Es decir al momento que se enciendan todos los leds significaría que la batería está cargada y conforme se vaya descargando se irán apagando cada uno de los leds.

Diseño de circuito medidor de batería

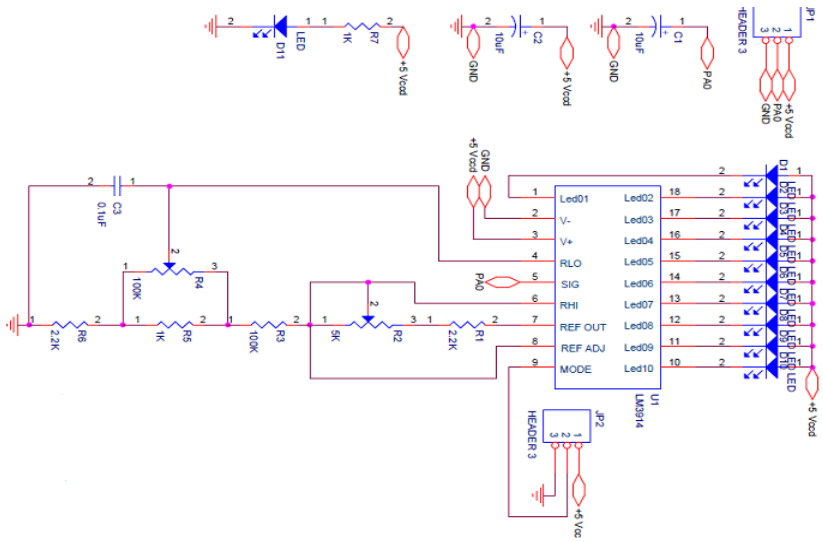


Figura 52. Diagrama de conexión del circuito medidor de batería.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

A continuación se presenta la implementación del referido circuito.

Implementación del circuito medidor de batería

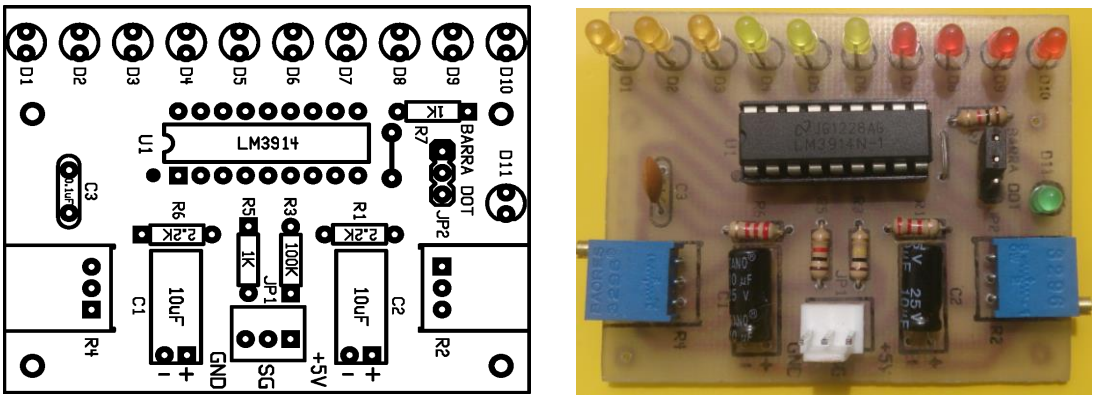


Figura 53. Diseño e implementación del diagrama posicional de los elementos de la placa.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Finalmente, se muestra el diagrama de conexión del cargador de la batería de 12v adaptado a nuestro sistema. Así mismo, como método de seguridad para el usuario, se adaptó un switch en el apoyabrazos de la silla de ruedas que permite conectar y

desconectar a los Motorreductores DC en caso de fallo del sistema, lo que permitirá un paro de emergencia o un encendido de motores de manera segura.

Circuito cargador de baterías - Switch de encendido-apagado para motores

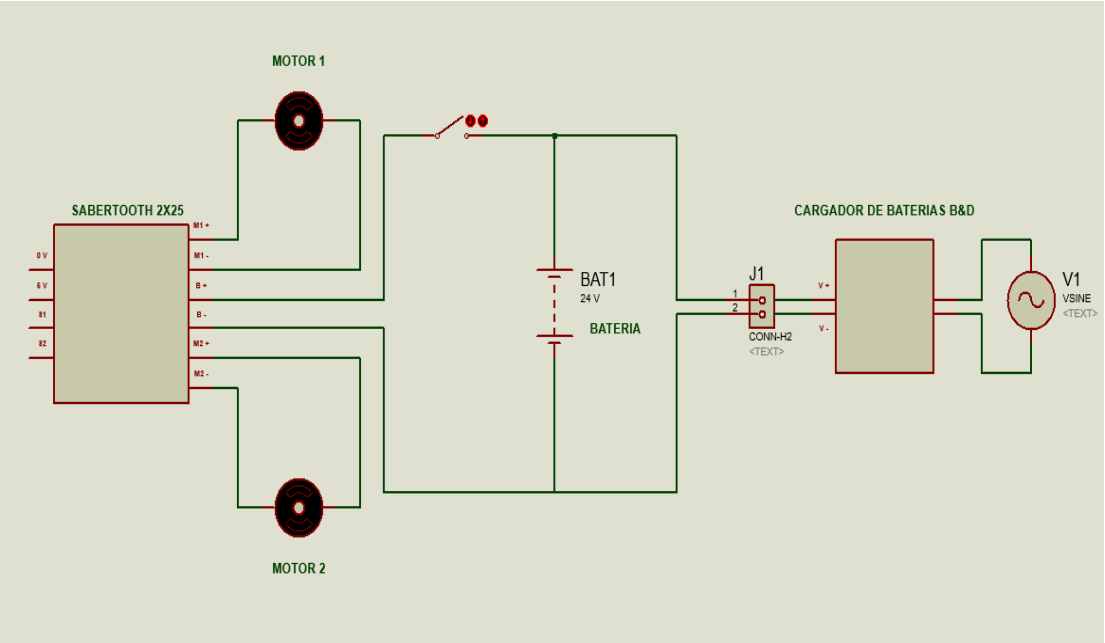


Figura 54. Diagrama de conexión del circuito cargador de baterías y switch para motores. Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

4.3 Programación

Para programar el microcontrolador y otorgarle funcionalidad a todos los módulos, se utilizó BASCOM AVR. Este es un software cuya funcionalidad principal es programar microcontroladores AVR fabricados por ATMEL. BASCOM AVR está diseñado para optimizar el tiempo de la programación y facilitar la utilización de Basic mediante sus herramientas y aplicaciones.

BASCOM AVR es compatible casi con todos los sistemas operativos como: XP/Windows Vista/W7/W8 y nos brinda varias características principales de funcionalidad:

• Variables y etiquetas pueden ser largas (32 caracteres).

• La compilación de programas se adapta a todos los microprocesadores AVR que tienen memoria interna.

• Comandos especiales para pantallas LCD, chips, teclados, I2C, etc.

• Variables locales, funciones de usuario, apoyo de biblioteca.

Comunicación ICSP

ICSP es un protocolo de programación bastante popular en microcontroladores PICs y AVR que ha sido principalmente utilizado por Microchip Technology para la programación de dispositivos. Este método usa una técnica donde el microcontrolador puede ser programado una vez que se coloca en la placa.

Principalmente, se usa solo dos pines en serie (una de entrada y otro de salida) haciendo que los dispositivos pueden adaptarse a rápidos cambios de código. Esta técnica permite gran flexibilidad y reduce tiempos de uso del microcontrolador AVR.

Pasos para crear el programa

• Se utiliza BASIC para escribir el programa generando un archivo tipo BAS.

• Se compila el programa, se revisa que no se produzcan errores y se genera un archivo assembler.

• El archivo assembler es compatible en el programa fuente pero es incompatible con el microcontrolador, por lo tanto se genera un archivo HEX.

• El archivo HEX es el que se graba en la memoria del microcontrolador utilizando un grabador o una conexión ICSP.

4.3.1 Diagramas de flujo

Para presentar el funcionamiento de la silla de ruedas se utiliza diagramas de flujo que ayudarán a explicar de manera gráfica y detallada cada rutina. Estos diagramas nos ayudan a entender con mayor facilidad el funcionamiento de los módulos

Diagrama General de Flujo

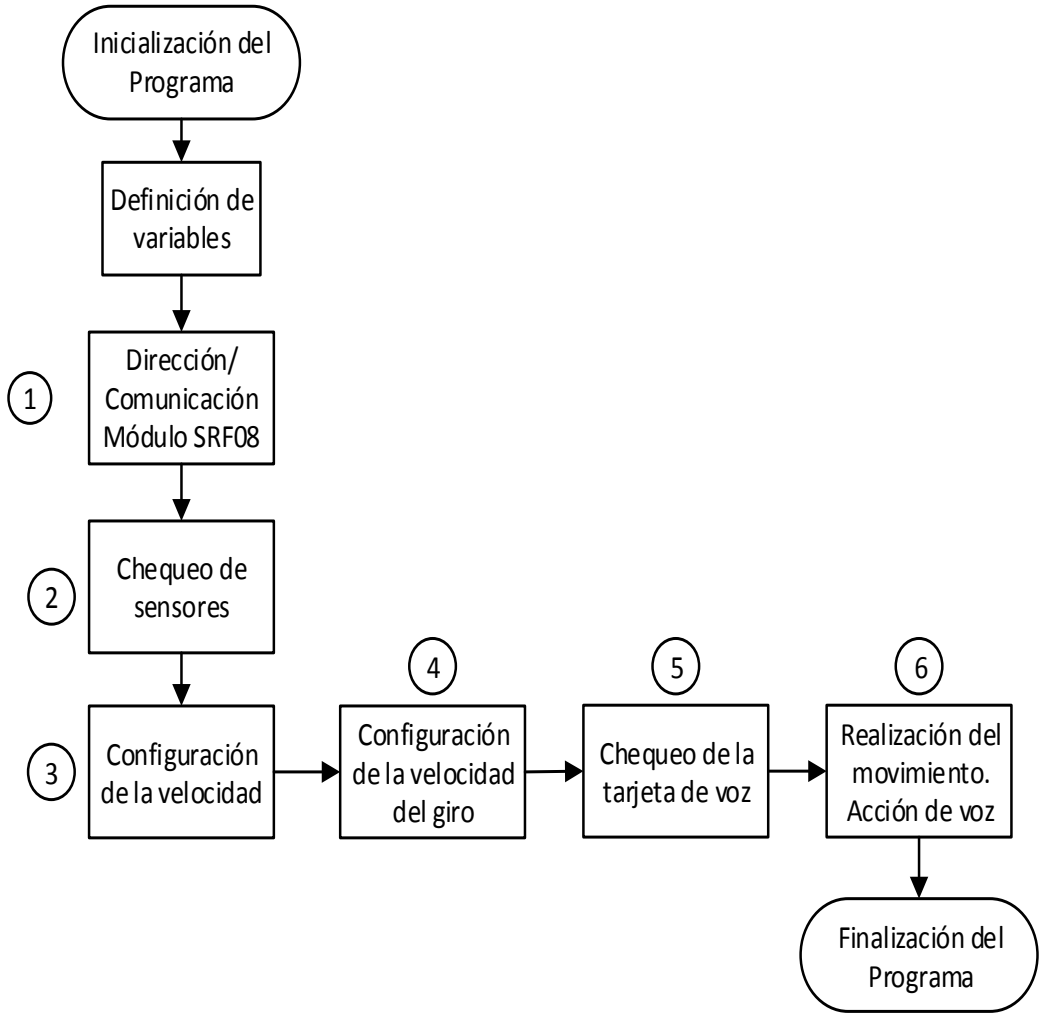


Figura 55. Diagrama General de Flujo de la programación del microcontrolador.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Diagrama de comunicación de sensores

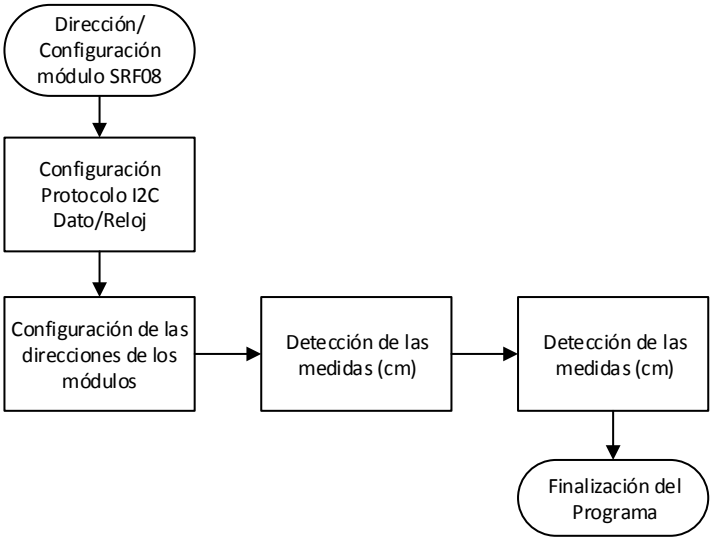


Figura 56. Subrutina correspondiente a la comunicación entre sensores.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Diagrama de chequeo de sensores

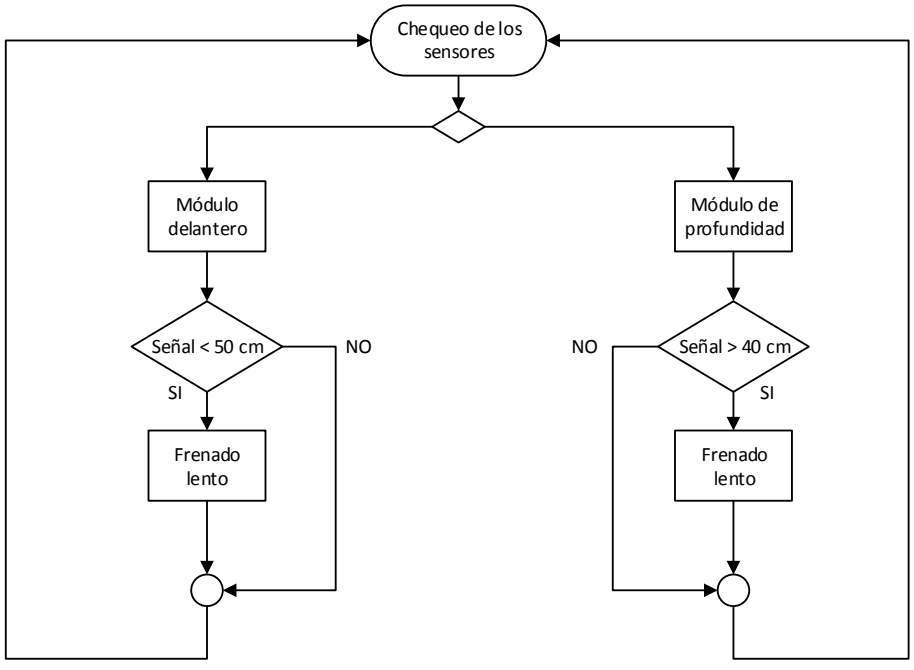


Figura 57. Subrutina correspondiente a la etapa de sensores y actuadores.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Diagrama de configuración de velocidad

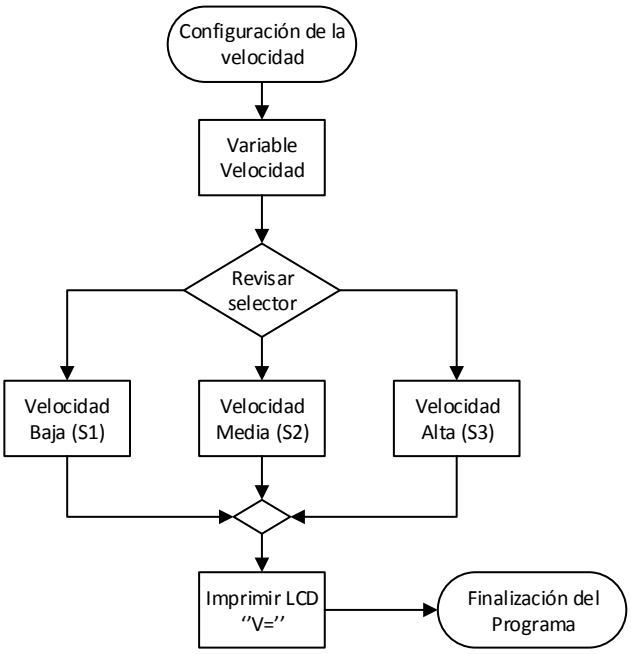


Figura 58. Subrutina de programación correspondiente a la configuración de la velocidad.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Diagrama de configuración velocidad de giro

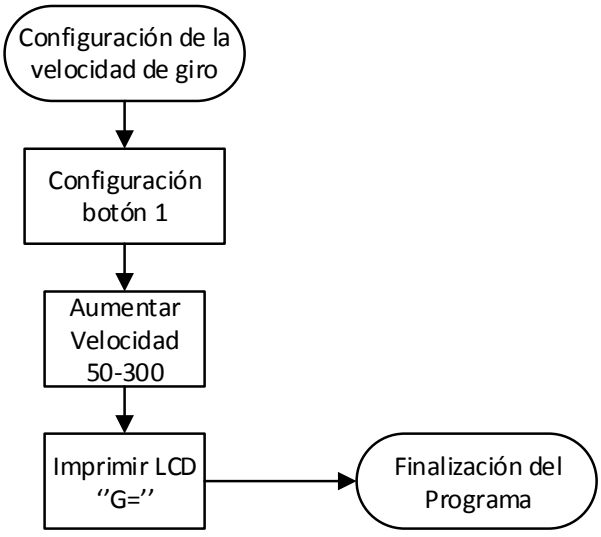


*Figura 59.*Subrutina de programación correspondiente a la configuración de la velocidad de giro.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Diagrama de chequeo de tarjeta de voz

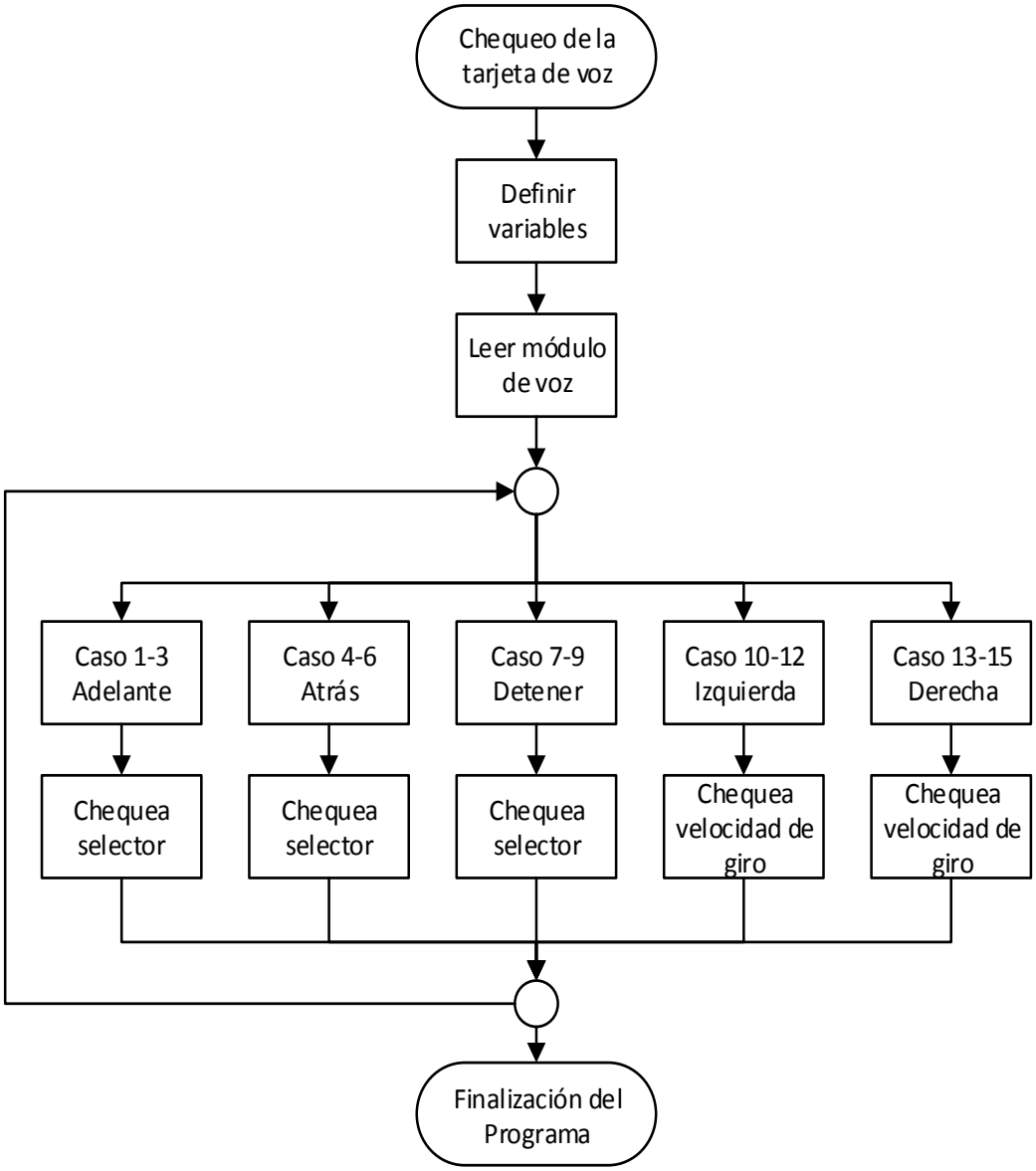


Figura 60. Subrutina de programación correspondiente al reconocimiento de voz.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Figura 61. Diagrama de realización del movimiento

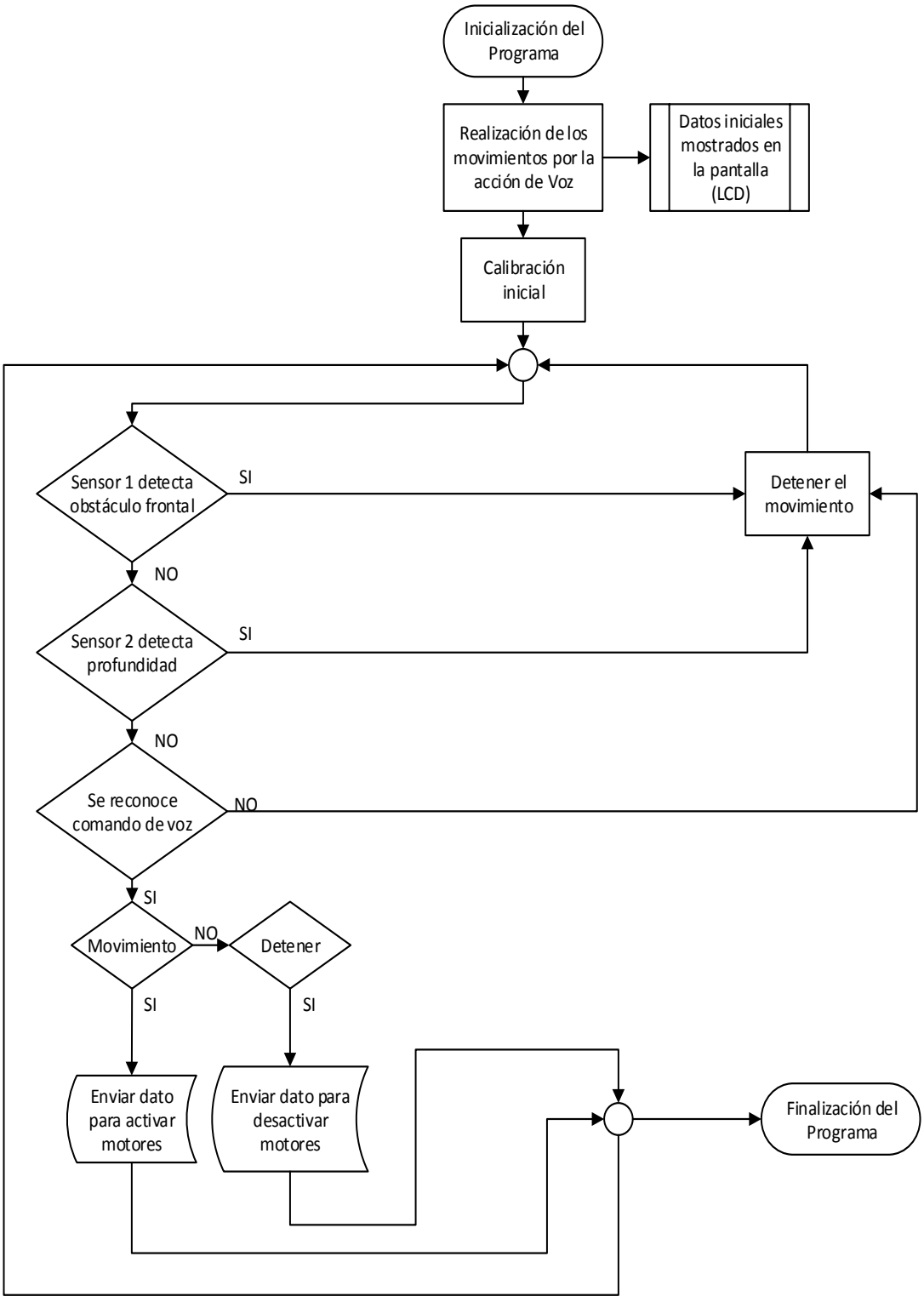


Figura 62. Subrutina de programación correspondiente a la realización del movimiento.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

Para realizar las pruebas de funcionamiento de la silla de ruedas, se consideró hacerlo en un ambiente cerrado, muy similar al de una oficina de trabajo o un departamento, es decir, alejado del ruido externo del ambiente y en superficies uniformes donde no haya desigualdad en el nivel de piso, para que de esta manera evitar en lo posible la intromisión de señales no deseadas en el módulo de reconocimiento de voz y evitar daños estructurales de la silla de ruedas.

De igual forma se consideró realizar las pruebas con una persona con un bajo porcentaje de discapacidad física para que de esta manera evitar posibles accidentes que se puedan generar las pruebas ejecutadas.

Las características físicas de la persona con discapacidad que colaboró en la realización de las pruebas son las siguientes:

- Sexo: femenino
- Edad: 38
- Peso: 66,2 Kg.
- Tipo de discapacidad: paraplejía en extremidades inferiores.
- Nivel de discapacidad: media. Movilidad superior y facultades intelectuales óptimas.

5.1 Pruebas de reconocimiento de voz

De acuerdo a lo presentado en el capítulo anterior, los comandos de voz que van a ser reconocidos son: “adelante”, “atrás”, izquierda”, “derecha”, “sensor” para lo cual se hizo pruebas de reconocimiento considerando tres distintas distancias del micrófono con el usuario, obteniéndose los resultados que a continuación se detalla:

Tabla 18.

Pruebas de reconocimiento de voz distancia: 0 a 5 centímetros

DISTANCIA	0 cm-5 cm										TOTAL ACIERTOS		TOTAL ERRADOS	
PALABRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ADELANTE	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	9		1	
ATRÁS	si	si	no	no	si	si	si	si	si	no	7		3	
PARE	si	si	si	si	si	no	no	si	no	si	7		3	
IZQUIERDA	no	no	si	no	si	si	no	si	si	si	6		4	
DERECHA	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	9		1	
SENSOR	si	si	si	no	no	si	si	si	si	si	8		2	
								TOTAL			46	77%	14	23%

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física.

Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 19.

Pruebas de reconocimiento de voz distancia: 5 a 10 centímetros

DISTANCIA	5 cm-10 cm										TOTAL ACIERTOS		TOTAL ERRADOS	
PALABRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ADELANTE	si	si	si	si	si	si	si	si	no	si	9		1	
ATRÁS	si	no	no	no	si	si	no	si	si	si	6		4	
PARE	si	si	no	si	si	no	si	si	si	no	7		3	
IZQUIERDA	no	no	si	no	si	si	no	no	si	si	5		5	
DERECHA	no	si	si	si	no	si	si	si	no	no	6		4	
SENSOR	si	si	si	no	no	si	si	si	si	no	7		3	
								TOTAL			40	67%	20	33%

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física.

Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 20.

Pruebas de reconocimiento de voz distancia: 10 a 20 centímetros

DISTANCIA	10 cm-20 cm										TOTAL ACIERTOS		TOTAL ERRADOS	
PALABRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ADELANTE	no	si	si	no	si	si	si	si	no	si	7		3	
ATRÁS	si	no	no	si	si	si	no	si	no	no	5		5	
PARE	si	si	si	si	no	no	si	no	si	no	6		4	
IZQUIERDA	no	no	no	no	no	si	no	no	si	si	3		7	
DERECHA	si	no	no	si	no	no	no	si	si	si	5		5	
SENSOR	no	si	si	no	si	si	si	si	no	si	7		3	
								TOTAL			33	55%	27	45%

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física.

Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

De lo anterior, podemos identificar que el módulo de reconocimiento de voz tiene un mejor desempeño al tener el micrófono a una distancia máxima de 5 cm con respecto al usuario puesto que de esta manera tiene una fidelidad del 77 %.

5.2 Pruebas de funcionamiento: Motorreductores DC y del driver Sabertooth 2x25

Para realizar las pruebas de funcionamiento de los Motorreductores DC y del driver que controla a los mismos, se moverá a los Motorreductores a 3 diferentes velocidades (uso de PWM) y se realizará el conteo de las "rpm" de las ruedas de la silla. A continuación se verificará el funcionamiento de los Motorreductores para los movimientos direccionales (izquierda y derecha) y finalmente se medirá el tiempo que la silla se demora en recorrer una cierta distancia incluyendo a un usuario de peso promedio con lo cual se podrá verificar el funcionamiento del driver y de los Motorreductores DC en conjunto.

Tabla 21.
Número de RPM correspondientes a los diferentes tipos de velocidad

CONTROL DE VELOCIDAD	RPM
VELOCIDAD BAJA	30
VELOCIDAD MEDIA	50
VELOCIDAD ALTA	70

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Para la prueba de los movimientos direccionales de la silla de ruedas hay que tomar en cuenta que cada Motorreductor DC girará en un sentido diferente respecto al otro según el comando de voz ordenado e independientemente de la velocidad configurada con el "selector de velocidad", para lo cual previamente se debe configurar la "velocidad de giro" de la silla.

Funcionamiento de los Motorreductores DC para movimientos direccionales

Figura 63. Movimientos direccionales de la silla de ruedas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Para cada movimiento direccional la silla gira partiendo con una velocidad lo suficientemente necesaria para salir del reposo (la cual fue programada de acuerdo a las diferentes pruebas realizadas previamente en la silla de ruedas) y después de unos pocos segundos se estabiliza hasta llegar a la velocidad de giro configurada.

A continuación, se realizarán mediciones del tiempo que la silla demora en recorrer una distancia de 5 metros (en línea recta) con un usuario de aproximadamente 70 kg de peso.

Tabla 22.
Tiempo empleado en recorrer una distancia de 5 metros – mov. Adelante

MOVIMIENTO HACIA ADELANTE			
CONTROL DE VELOCIDAD	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
VELOCIDAD BAJA	11.85 (s)	10.85 (s)	11.35 (s)
VELOCIDAD MEDIA	6.65 (s)	6.45 (s)	6.55 (s)
VELOCIDAD ALTA	4.75 (s)	4.45 (s)	4.65 (s)

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 23
Tiempo empleado en recorrer una distancia de 5 metros – mov. Atrás

MOVIMIENTO HACIA ATRÁS			
CONTROL DE VELOCIDAD	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
VELOCIDAD BAJA	11.6 (s)	11.2 (s)	11.9 (s)
VELOCIDAD MEDIA	6.35 (s)	6.35 (s)	6.35 (s)
VELOCIDAD ALTA	4.35 (s)	4.55 (s)	4.55 (s)

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

De lo expuesto anteriormente podemos notar que de acuerdo a la velocidad configurada, las ruedas de la silla giran más rápido o más lento según sea el caso.

En lo que se refiere al movimiento direccional de la silla, se puede evidenciar que los Motorreductores giran en sentidos contrarios uno respecto del otro de acuerdo a la velocidad de giro escogida. Lo mismo ocurre con las pruebas realizadas incluyendo a un usuario de la silla de ruedas, puesto que, dependiendo de la velocidad, la silla se desplazará más rápida o más lentamente.

Finalmente se realizó una inspección externa del driver que controla el movimiento de los Motorreductores DC para verificar si existe un sobrecalentamiento en sus componentes, pero se comprobó que se mantienen a una temperatura ambiente con lo cual se demuestra el normal funcionamiento de esta tarjeta electrónica.

5.3 Pruebas de funcionamiento de los sensores de ultrasonido

Para realizar las pruebas de funcionamiento de los sensores, se consideró ciertas particularidades en la forma de trabajar del módulo de reconocimiento de voz, pues se adicionó una palabra más a los comandos de voz direccionales, con la finalidad de que cuando la silla reconozca un comando direccional, se ejecuta la acción e inmediatamente pueda redireccionarse a la subrutina correspondiente a los sensores. (Tal como se presenta en el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento de los sensores del capítulo anterior).

La palabra escogida para saltar a la subrutina, correspondiente a la detección de obstáculos, fue “sensor”.

Tabla 24.
Pruebas de detección de obstáculos

SENSOR DE OBSTÁCULOS (frente)		
DISTANCIA MEDIDA	0 cm - 50 cm	>50 cm
ACCIÓN REALIZADA	paro de motores	ninguna

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

Tabla 25.
Pruebas de detección de desnivel en el piso

SENSOR DE PROFUNDIDAD		
DISTANCIA MEDIDA	0 cm - 40 cm	>40 cm
ACCIÓN REALIZADA	ninguna	paro de motores

Nota: Pruebas realizadas con un usuario con discapacidad física
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

A continuación, se muestra el recorrido general de prueba realizado por la silla de ruedas, verificando el funcionamiento de todos los elementos integrantes de la misma, para lo cual se hizo uso de una aplicación móvil que permite obtener un registro de datos como son: el recorrido realizado, velocidad, distancia recorrida, etc.

Recorrido de Prueba general de la silla de ruedas

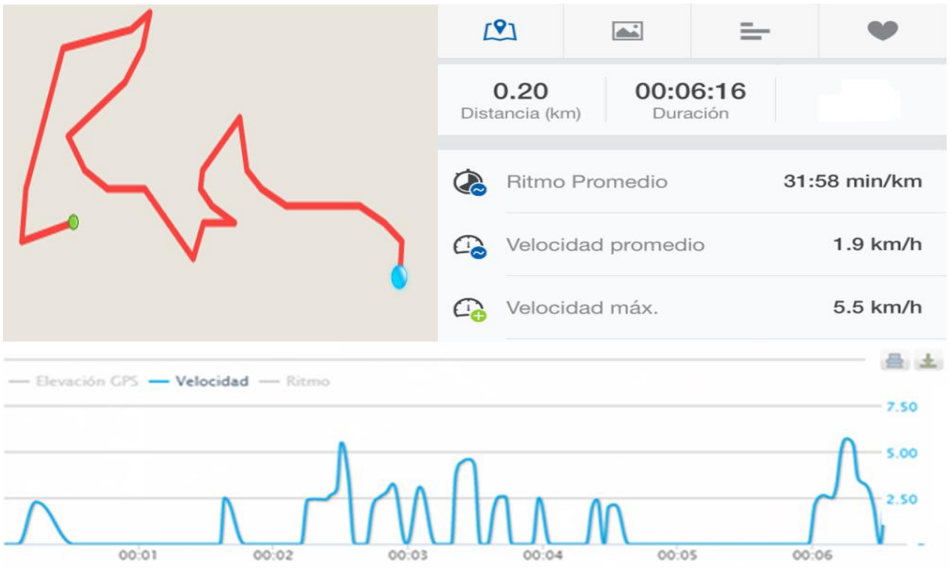


Figura 64. Estadísticas del Recorrido de la Prueba general de la silla de ruedas.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

CAPÍTULO 6
IMPACTO SOCIAL

Para evaluar el impacto social generado con el desarrollo de este proyecto, se llevó a cabo una reunión de trabajo con la máxima autoridad, personal técnico y administrativo de la Secretaría Técnica de Discapacidades (SETEDIS), puesto que se consideró que es la institución encargada de desarrollar y ejecutar políticas, planes, programas y proyectos encaminados a la atención de Personas con Discapacidad en el país, con el fin de socializar el proyecto desarrollado.

Figura 65. Presentación del Proyecto en la SETEDIS

Figura 66. Presentación del Proyecto con las máximas autoridades de la SETEDIS.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

Además se realizó una encuesta dirigida al personal asistente a la reunión antes mencionada así como también a varias personas que evidenciaron el funcionamiento de la silla de ruedas, entre las cuales participaron personas con discapacidad física.

A continuación se muestran los resultados de dicha encuesta:

- A la pregunta: “El proyecto responde a los intereses de la comunidad o institución”

Pregunta uno de encuesta realizada

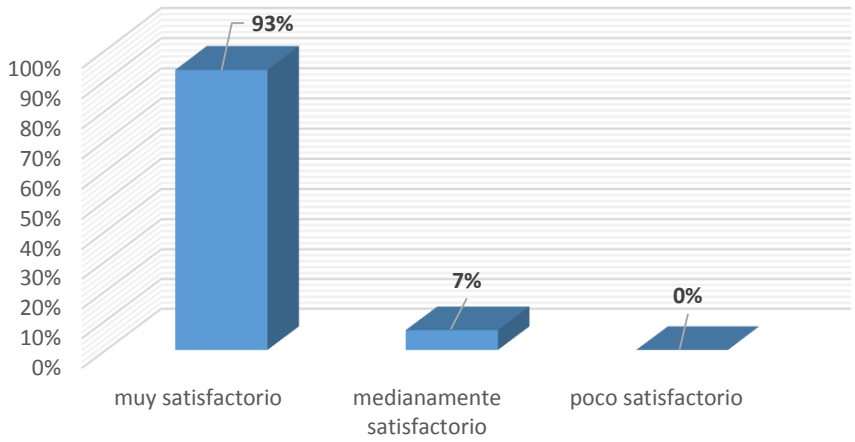


Figura 67. Gráfico correspondiente a la pregunta uno de la encuesta realizada.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

- A la pregunta: “La silla de ruedas de este proyecto puede considerarse como una ayuda técnica beneficiosa para personas con discapacidad física”

Pregunta dos de encuesta realizada

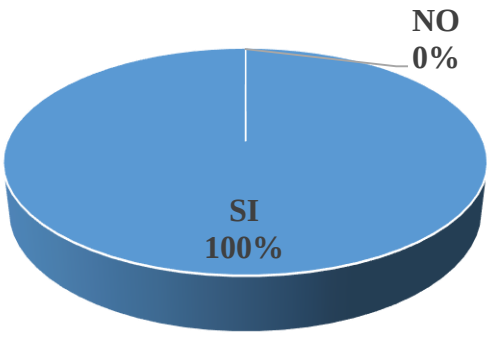


Figura 68. Gráfico correspondiente a la pregunta dos de la encuesta realizada.
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez.

- A la valoración de ciertos parámetros de la silla de ruedas según su importancia, tomando a 1 como el valor más bajo y 4 el valor más alto (1 poco, 4 mucho)

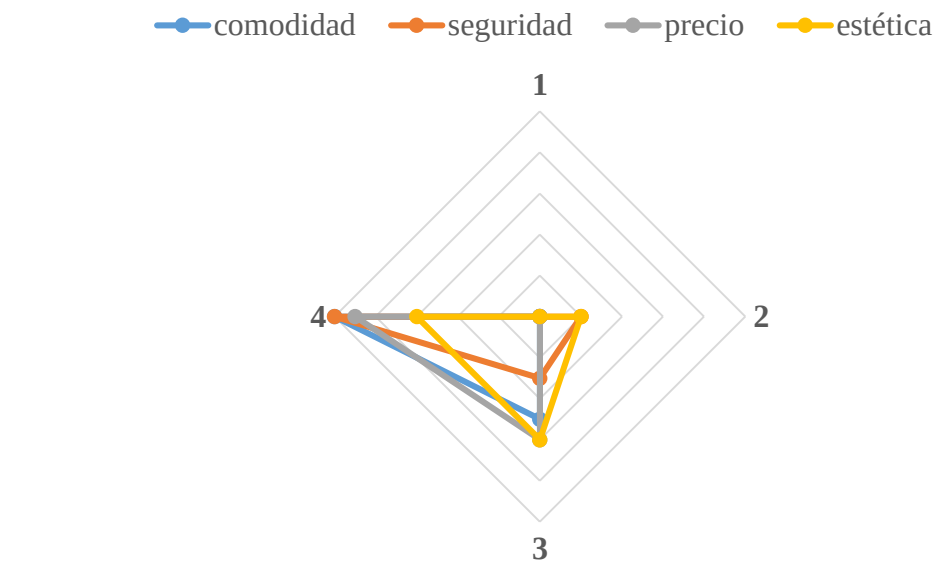


Figura 69. Parámetros medidos por los usuarios de la silla de ruedas
Elaborado por: Vinicio Méndez y Daniel Ramírez

CONCLUSIONES

- Para el desarrollo de este proyecto se obtuvo información de documentos de investigación universitaria, tanto nacionales como internacionales, así también de diferentes páginas web relacionadas al tema de discapacidades y de implementaciones tecnológicas similares a la propuesta planteada, las mismas que sirvieron como guía para el análisis en el diseño y construcción de los diferentes elementos que formaron parte de nuestro sistema.

- Se diseñó e implementó un modelo de silla de ruedas eléctrica que cumple con los alcances planteados al inicio de este proyecto. Se debe mencionar que la misma tiene mucho potencial para recibir mejoras relacionadas con la capacidad de uso y ajustes para ampliar su funcionalidad.

- Se realizó la adaptación mecánica de los motores a la silla de ruedas teniendo en cuenta que deben existir características de seguridad, estética y funcionalidad. El diseño de una placa de sujeción anclada al chasis de la silla fue útil pues esta soporta los motores y los alinea paralelamente a los ejes de las ruedas. Este diseño permite tener un óptimo rendimiento.

- El diseño de la etapa electrónica fue pensado para reducir el espacio de uso en la silla, reducir el peso total y mejorar la estética. Este objetivo se cumplió a la perfección pues se usó menos de 50 cm^2 de espacio para la parte electrónica.

- Los ajustes adicionales de hardware, como soportes y demás, fueron adaptados perfectamente a la silla original sin necesidad de variar su diseño, logrando el desenvolvimiento óptimo y funcionamiento adecuado.

- De la reunión mantenida con la máxima autoridad y los directivos de la SETEDIS se puede concluir que la presentación del proyecto generó gran interés y expectativa al considerarla que puede contribuir en el cumplimiento de uno de sus objetivos institucionales como es : “Coordinar con el ente rector de ciencia y tecnología la gestión de programas, innovación e investigación aplicada, desarrollo técnico y tecnológico, como mecanismos para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad”.

RECOMENDACIONES

- Al presentarse limitaciones en las condiciones ambientales para el funcionamiento de la silla de ruedas (lugares cerrados), se recomienda adaptar un sistema diferente de reconocimiento de voz, como por ejemplo una aplicación desarrollada en un sistema operativo de dispositivos móviles que pueda conectarse vía bluetooth con la silla de ruedas con lo cual se garantizaría una mayor precisión en la etapa de reconocimiento de voz del sistema.

- Para la etapa de alimentación del sistema se recomienda utilizar dos baterías de ciclo profundo de gel con lo cual se garantiza mayor eficacia en el funcionamiento de la silla de ruedas, una mayor seguridad, mejor rendimiento y una mayor vida útil de la batería. De igual forma al utilizar este tipo de batería se aliviana considerablemente el peso de todo el sistema.

- De la encuesta realizada en la reunión mantenida con funcionarios de la SETEDIS y a diferentes personas con discapacidad física que evidenciaron el funcionamiento de la silla de ruedas, se recomendó no implementar estructuras adicionales (propuesta para la ubicación de los sensores), puesto que presentaría dificultades de maniobrabilidad de la silla de ruedas.

- Igualmente se hicieron varias recomendaciones como son: mejorar la estética de la silla, añadir otro mecanismo de control para la silla y añadir más sensores para mejorar la seguridad de la misma.

- Finalmente al evidenciar el gran interés que generó la presentación de este tipo de proyectos orientado a ayudar a personas con discapacidad física, se recomienda tomar como base investigativa el desarrollo de este proyecto para mejorar el prototipo y de esta manera considerarla en un futuro para su producción comercial.

LISTA DE REFERENCIAS

Alarcón, S., Garrido, C., & Franco, J. (2011). Oír, ver y contar. Recuperado el 20 de febrero de 2014 de http://oirverycontar.wordpress.com/2011/09/

Analuisa, Z.P., & Jaramillo, E.J. (2011). Construcción de un bastón electrónico para personas no videntes. (TESIS PREGRADO). EPN, Quito, Ecuador.

Balderrama, P.G (s.f.) Reductores de velocidad. Recuperado el 25 de enero de 2014, de http://www.academia.edu/9653367/Motorreductores

Batería de ion de litio. Claus Ableiter. (2012). Recuperado el 18 de abril de 2014 dehttp://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_ion_de_litio#mediaviewer/Archivo:Lithium-Ionen-Accumulator.jpg

Caicedo C. (2014). Blog de Física 2014. Recuperado el 17 de abril de 2014 de https://glafisica2014.blogspot.com

Chango, H.P., &Toctaguano, R.C. (2009). Diseño y construcción de un sistema basado en un microcontrolador para controlar por voz y joystick el desplazamiento de una silla de ruedas. (TESIS PREGRADO). EPN, Quito, Ecuador.

Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades. (2013).Registro Nacional de Discapacidades. Recuperado el 25 de noviembre de 2013, de http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/03/conadis_registro_nacional_discapacidades.pdf

Contaminación por pilas. (2010). Recuperado el 18 de abril de 2014 de contaminacion-por-baterias.blogspot.com/p/informacion.html

Direct industry. Batería ácido-plomo tipo gel. (2014). Recuperado el 18 de abril de 2014 dehttp://www.directindustry.es/prod/exide-technolgies/baterias-acido-plomo-tipo-gel-12301-1192433.html

Expomedical. (s.f.). Recuperado el 01 de marzo de 2014 de http://www.medicalexpo.es/prod/drive-medical-europe/sillas-ruedas-manuales-pasivas-76046-470904.html

Fisaude. (s.f.). Recuperado el 01 de marzo de 2014 dehttp://tienda.fisaude.com/silla-ruedas-electrica-inca-p-4821.html

Fuerzas de fricción. (s.f.). Recuperado el 02 de noviembre de 2014 dehttp://www.jfinternational.com/mf/fuerzas-friccion.html

Miyara, F. (2007). Rudimentos de la grabación digital. Recuperado el 20 de febrero de 2014 de http://dc351.4shared.com/doc/R5Ll0zjA/preview.html

Motor Pasión Futuro. Coches Eléctricos (2011). Recuperado el 18 de abril de 2014 de motorpasionfuturo.com/2011/06/power-genix-bat.jpg

Motores CC. (2010). Recuperado el 18 de abril de 2014 de http://www.monografias.com/trabajos82/corrientes-alternas-y-corrientes-continuas/corrientes-alternas-y-corrientes-continuas2.shtml

Motorgiga. (s.f.).Recuperado el 01 de marzo de 2014 de http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/cargador-de-bateria-definicion-significado/gmx-niv15-con193423.htm

Paksurgical. (2013). Recuperado el 01 de marzo de 2014 de http://www.paksurgical.pk/index.php?route=product/product&product_id=93

Rincón para la divulgación – Electroquímica. (2011).Recuperado el 18 de abril de 2014 de https://rinconciencia.wordpress.com/category/electroquimica/

TigalVeear. (2014). EasyVr 2.0 Recuperado el 10 de noviembre de 2014 de http://www.veear.eu/products/easyvr/

Villacis, J. M. (2008).Sistema de control electrónico por comandos de voz para prototipo de robot compañero. (TESIS PREGRADO). ESPOCH, Riobamba, Ecuador.

Wikibooks. (s.f.). Recuperado el 7 de enero de 2014, de http://es.wikibooks.org/wiki/Comunicaciones_Unificadas_Con_Elastix/Introducci%C3%B3n_a_la_Telefon%C3%ADa

ANEXOS

Anexo 1. Código de programación

```
'*     DEFINICION MICROCONTROLADOR,
       CRISTAL Y VELOCIDAD SERIAL    *
'$sim
$regfile = "m164pdef.dat"
       'MICROCONTROLADOR A UTILIZAR
$crystal = 16000000                'VELOCIDAD
       DEL CRISTAL
$initmicro
'*****************************************
'Declaracion de las subrutinas
Declare Sub Srf08_ping(byval I2caddr As Byte)
Declare Sub Srf08_results(byval I2caddr As Byte)
Declare Sub Srf08_set_range(byval I2caddr As
       Byte , Byval Range As Byte)
Declare Sub Srf08_set_gain(byval I2caddr As
       Byte , Byval Gain As Byte)
Declare Sub Srf08_set_dir(byval I2caddr As Byte ,
       Byval Dirnew As Byte)
Declare Sub Srf08_luz(byval I2caddr As Byte)

'****************** SRF08 ***************
Config Sda = Portc.6               'Configura I2C
       pin Datos
Config Scl = Portc.7               'Configura I2C
       pin Reloj

Dim Datovozh As Byte
Dim Datovozl As Byte
Dim Flag1 As Bit
Dim Flag2 As Bit
Dim Flag3 As Bit
Dim Flag4 As Bit
Dim Flag5 As Bit
Dim Bandera0 As Byte

Dim Srf08_address1 As Byte
Dim Srf08_adjust1 As Word
Dim Srf08_address2 As Byte
Dim Srf08_adjust2 As Word
Dim Srf08_address3 As Byte
Dim Srf08_adjust3 As Word

Dim Srf08_range1 As Word
Dim Srf08_range2 As Word
Dim Srf08_range3 As Word
Dim I2crange As Word
Dim I2cluz As Byte

Dim I As Byte , J As Byte , K As Byte , X1 As
       Byte
Dim Texto1 As String * 30 , Texto2 As String *
       30 , Texto3 As String * 30

Const Mil = 10                     '1000
Const Retardo = 3          'Tiempo en seg.

Config Timer1 = Pwm , Pwm = 10 , Compare A
       Pwm = Clear Down , Compare B Pwm =
Clear Down , Prescale = 8    'PWM 1Hkz a 16MHz
Dim Duty1a As Word
Dim Duty1b As Word
Dim Actual1 As Word
Dim Actual2 As Word
Dim Velocidad As Word
Dim Velocidad1 As Word
Dim Veloactual As Word
Dim Veloactual1 As Word
Dim Vozopcion As Byte
Dim Selector As Byte
'****** LCD ALFANUMERICO **************
Config Lcdpin = Pin , Rs = Porta.2 , E = Porta.3 ,
       Db4 = Porta.4 , Db5 = Porta.5 , Db6 =
       Porta.6 , Db7 = Porta.7
Config Lcd = 16 * 2
'*       BOTON1          *
Ddrd.2 = 0
Portd.2 = 1
Boton1 Alias Pind.2
'*       ALARMA (SIRENA) *
Ddrb.7 = 1
Portb.7 = 0
Sirena Alias Portb.7
'*       SELECTOR1       *
Ddrb.2 = 0
Portb.2 = 1
S1 Alias Pinb.2
'*       SELECTOR2       *
Ddrb.3 = 0
Portb.3 = 1
S2 Alias Pinb.3
'*       SELECTOR3       *
Ddrb.4 = 0
Portb.4 = 1
S3 Alias Pinb.4
'*       LED1            *
Ddrb.0 = 1
Portb.0 = 0
Led1 Alias Portb.0
'*       LED2            *
Ddrb.1 = 1
Portb.1 = 0
Led2 Alias Portb.1
'*       LED3            *
Ddrd.6 = 1
Portd.6 = 0
Led3 Alias Portd.6
'*       LED4            *
Ddrd.3 = 1
Portd.3 = 0
Led4 Alias Portd.3
```

```
'*       DATOH1          *
Ddrc.5 = 0
Portc.5 = 1
Datoh1 Alias Pinc.5
'*       DATOH2         *
Ddrc.4 = 0
Portc.4 = 1
Datoh2 Alias Pinc.4
'*       DATOH3          *
Ddrc.3 = 0
Portc.3 = 1
Datoh3 Alias Pinc.3
'*       DATOL1          *
Ddrc.2 = 0
Portc.2 = 1
Datol1 Alias Pinc.2
'*       DATOL2          *
Ddrc.1 = 0
Portc.1 = 1
Datol2 Alias Pinc.1
'*       DATOL3          *
Ddrc.0 = 0
Portc.0 = 1
Datol3 Alias Pinc.0
'*       DATOL4          *
Ddrd.7 = 0
Portd.7 = 1
Datol4 Alias Pind.7
'****************************************
Ddrd.4 = 1
Portd.4 = 1
Ddrd.5 = 1
Portd.5 = 1

Waitms 500

'*****************************
'Call Srf08_set_dir(0 , &HE2)
'Do
'Loop
'*****************************

Srf08_address1 = &HE0
Srf08_address2 = &HE4
Srf08_address3 = &HE6

Call Srf08_set_range(srf08_address1 , 200)
        'Setea el rango del SRF08(1)
Call Srf08_set_gain(srf08_address1 , 1)
        'Setea la ganancia del SRF08(1)
Call Srf08_set_range(srf08_address2 , 200)
        'Setea el rango del SRF08(2)
Call Srf08_set_gain(srf08_address2 , 1)
        'Setea la ganancia del SRF08(2)
Call Srf08_set_range(srf08_address3 , 200)
        'Setea el rango del SRF08(3)
Call Srf08_set_gain(srf08_address3 , 1)
        'Setea la ganancia del SRF08(3)
Srf08_adjust1 = 0               'Variable para
        ajustar el dato de salida(1)
Srf08_adjust2 = 0               'Variable para
        ajustar el dato de salida(2)
Srf08_adjust3 = 0               'Variable para
        ajustar el dato de salida(3)

Velocidad = 0
Velocidad1 = 50
Cls
'Gosub Presentacion
Gosub Toggle_led1
Selector = 0
Flag1 = 0
Flag2 = 0
Flag3 = 0
Flag4 = 0
Flag5 = 0
Bandera0 = 0
Duty1a = 512
Duty1b = 512
Pwm1a = Duty1a
Pwm1b = Duty1b

Gosub Pruebaperifericos

'********** Programa Principal ************
Cls
Cursor Off
Locate 2 , 1
Lcd "Vel=" ; Velocidad ; " "
Velocidad1 = 50
Locate 2 , 7
Lcd "G=" ; Velocidad1 ; " "

Do
'-------------------------------------------------------------
  Call Srf08_ping(0)
  For K = 0 To 50
   Gosub Revisarselector
   Gosub Leervoz
   Gosub Vozacciones
  Next K
  Call Srf08_results(srf08_address1)
  Srf08_range1 = I2crange
  Gosub Leervoz
  Call Srf08_results(srf08_address2)
  Srf08_range2 = I2crange
  Gosub Leervoz
  Call Srf08_results(srf08_address3)
  Srf08_range3 = I2crange
  Gosub Leervoz
  Gosub Vozacciones
'-------------------------------------------------------------
  Locate 1 , 1
  Lcd "1=" ; Srf08_range1 ; " "
  Gosub Leervoz
  Locate 1 , 7
  Lcd "2=" ; Srf08_range2 ; " "
  Gosub Leervoz
```

```
'  Locate 1 , 12
'  Lcd "3=" ; Srf08_range3 ; " "
  Gosub Leervoz
  Gosub Vozacciones
'-------------------------------------------------------------
          ------------------
  If Srf08_range1 < 40 Or Srf08_range2 > 50 Then
'  If Srf08_range1 < 40 Or Srf08_range2 < 40 Then
'  If Srf08_range1 < 40 Or Srf08_range2 < 40 Or
          Srf08_range3 > 50 Then
   Gosub Frenarlento
   Bandera0 = 0
  End If

  Gosub Leervoz
  Gosub Vozacciones
'-------------------------------------------------------------
  If Boton1 = 0 Then
   Waitms 60
   If Velocidad1 >= 300 Then
     Velocidad1 = 50
     Duty1a = 512
     Duty1b = 512
'     Pwm1a = Duty1a
'     Pwm1b = Duty1b
   Else
     Velocidad1 = Velocidad1 + 10
   End If

   Locate 2 , 7
   Lcd "G=" ; Velocidad1 ; " "
  End If
'-------------------------------------------------------------
  Toggle Led1
Loop
'****************************************
Frenarlento:
  Select Case Bandera0
   Case 1
     Actual1 = Duty1a + Velocidad
     Actual2 = Duty1b + Velocidad
     If Pwm1a = 512 Then
     Else
      While Actual1 > Duty1a
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 - 20
        Actual2 = Actual2 - 20
        Pwm1a = Actual1
        Pwm1b = Actual2
        Waitms 100
      Wend
     End If
   Case 2
     Actual1 = Duty1a - Velocidad
     Actual2 = Duty1b - Velocidad
     If Pwm1a = 512 Then
     Else
      While Actual1 < Duty1a
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 + 20
        Actual2 = Actual2 + 20
        Pwm1a = Actual1
        Pwm1b = Actual2
        Waitms 100
      Wend
     End If
   Case 3
     Actual1 = Duty1a + Velocidad1
     Actual2 = Duty1a - Velocidad1
     While Actual1 > Duty1a
      Gosub Leervoz
      Actual1 = Actual1 - 20
      Actual2 = Actual2 + 20
      Pwm1a = Actual1
      Pwm1b = Actual2
      Waitms 100
     Wend
   Case 4
     Actual1 = Duty1a - Velocidad1
     Actual2 = Duty1a + Velocidad1
     While Actual1 < Duty1a
      Gosub Leervoz
      Actual1 = Actual1 + 20
      Actual2 = Actual2 - 20
      Pwm1a = Actual1
      Pwm1b = Actual2
      Waitms 100
     Wend
  End Select
  Pwm1a = Duty1a                ' + Velocidad
  Pwm1b = Duty1b                ' + Velocidad
Return
'****************************************
Revisarselector:
  Selector.7 = 0
  Selector.6 = 0
  Selector.5 = 0
  Selector.4 = 0
  Selector.3 = 0
  Selector.2 = S1
  Selector.1 = S2
  Selector.0 = S3
  Select Case Selector
   Case 3
     Velocidad = 400
     Locate 2 , 1
     Lcd "Baja "
   Case 5
     Velocidad = 300
     Locate 2 , 1
     Lcd "Media "
   Case 6
     Velocidad = 200
     Locate 2 , 1
     Lcd "Alta "
   Case Else
     Velocidad = 0
     Locate 2 , 1
     Lcd "V=" ; Velocidad ; "  "
  End Select
```

```
Return
'****************************************
'------------ Subrutinas ----------------------
Sub Srf08_ping(byval I2caddr As Byte)
        'Envia comando para leer en cm
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 0
  I2cwbyte 81
  I2cstop
End Sub
'-------------------------------------------------
Sub Srf08_set_range(byval I2caddr As Byte ,
        Byval Range As Byte)    'Cambia rango de
        medida del SRF08
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 2
  I2cwbyte Range
  I2cstop
End Sub
'-------------------------------------------------
Sub Srf08_set_gain(byval I2caddr As Byte , Byval
        Gain As Byte)    'Cambia la ganancia del
        SRF08
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 1
  I2cwbyte Gain
  I2cstop
End Sub
'-------------------------------------------------
Sub Srf08_results(byval I2caddr As Byte)
        'Lee el resultado de la medición
  Dim Lsb As Byte
  Dim Msb As Byte
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 2
  I2cstart
  Incr I2caddr
  I2cwbyte I2caddr
  I2crbyte Msb , Ack
  I2crbyte Lsb , Nack
  I2cstop
  I2crange = Makeint(lsb , Msb)
End Sub
'-------------------------------------------------
Sub Srf08_set_dir(byval I2caddr As Byte , Byval
        Dirnew As Byte)    'Cambia la dirección
        I2C del SRF08
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 0
  I2cwbyte &HA0
  I2cstop
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 0
  I2cwbyte &HAA
  I2cstop
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 0
  I2cwbyte &HA5
  I2cstop
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 0
  I2cwbyte Dirnew
  I2cstop
End Sub
'-------------------------------------------------
Sub Srf08_luz(byval I2caddr As Byte)          'Lee
        el valor del sensor de Luz
  I2cstart
  I2cwbyte I2caddr
  I2cwbyte 1
  I2cstart
  Incr I2caddr
  I2cwbyte I2caddr
  I2crbyte I2cluz , Nack
  I2cstop
End Sub
'-------------------------------------------------
Toggle_led1:
  For I = 0 To 4
   Toggle Led1
   Waitms 10
  Next
  Reset Led1
Return
'++++++++++++++++++++++++++
Pruebaperifericos:
  For J = 0 To 5
   Set Led1
   Set Led2
   Set Led3
   Set Led4
   Set Sirena
   Waitms 150
   Reset Led1
   Reset Led2
   Reset Led3
   Reset Led4
   Reset Sirena
   Waitms 150
  Next J
Return
'++++++++++++++++++++++++++++++++++

Leervoz:
  Datovozh.7 = 0
  Datovozh.6 = 0
  Datovozh.5 = 0
  Datovozh.4 = 0
  Datovozh.3 = 0
  Datovozh.2 = Datoh1
  Datovozh.1 = Datoh2
  Datovozh.0 = Datoh3
```

```
  Datovozl.7 = 0
  Datovozl.6 = 0
  Datovozl.5 = 0
  Datovozl.4 = 0
  Datovozl.3 = Datol1
  Datovozl.2 = Datol2
  Datovozl.1 = Datol3
  Datovozl.0 = Datol4

  Locate 2 , 13
  Lcd "C=" ; Datovozh ; Datovozl ; " "

  Vozopcion = 0
  Vozopcion = Datovozh * 10
  Vozopcion = Vozopcion + Datovozl
Return
'*****************************************
Vozacciones:
  Select Case Vozopcion
   Case 1 To 3
'   Case 1
     Veloactual = Duty1a + Velocidad
     Veloactual1 = Duty1a + Velocidad1
     If Flag1 = 0 Then
      Gosub Frenarlento
      Bandera0 = 1
      Flag1 = 1
      Flag2 = 0
      Flag3 = 0
      Flag4 = 0
      Actual1 = 512
      Actual2 = 512
      While Actual1 < Veloactual
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 + 20
        Actual2 = Actual2 + 20
        Pwm1a = Actual1
        Pwm1b = Actual2
        Waitms 100
      Wend
     End If
     Pwm1a = Duty1a + Velocidad
     Pwm1b = Duty1b + Velocidad
   Case 4 To 6
'   Case 2
     Veloactual = Duty1a - Velocidad
     If Flag2 = 0 Then
      Gosub Frenarlento
      Bandera0 = 2
      Flag1 = 0
      Flag2 = 1
      Flag3 = 0
      Flag4 = 0
      Actual1 = 512
      Actual2 = 512
      While Actual1 > Veloactual
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 - 20
        Actual2 = Actual2 - 20
        Pwm1a = Actual1
        Pwm1b = Actual2
        Waitms 100
      Wend
     End If
     Pwm1a = Duty1a - Velocidad
     Pwm1b = Duty1b - Velocidad
   Case 7 To 9
'   Case 10
     Flag1 = 0
     Flag2 = 0
     Flag3 = 0
     Flag4 = 0
     Gosub Frenarlento
     Bandera0 = 0
   Case 10 To 12
'   Case 4
     If Flag3 = 0 Then
      Gosub Frenarlento
      Bandera0 = 3
      Flag1 = 0
      Flag2 = 0
      Flag3 = 1
      Flag4 = 0
      Actual1 = 512
      Actual2 = 512
      For X1 = 0 To 6
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 + 50
        Actual2 = Actual2 - 50
        Pwm1a = Actual1
        Pwm1b = Actual2
        Waitms 50
      Next X1
      Waitms 200
      While Actual1 > Veloactual1
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 - 10
        Actual2 = Actual2 + 10
        Pwm1a = Actual1
        Pwm1b = Actual2
        Waitms 50
      Wend
     End If
   Case 13 To 15
'   Case 8
     If Flag4 = 0 Then
      Gosub Frenarlento
      Bandera0 = 4
      Flag1 = 0
      Flag2 = 0
      Flag3 = 0
      Flag4 = 1
      Actual1 = 512
      Actual2 = 512
      For X1 = 0 To 6
        Gosub Leervoz
        Actual1 = Actual1 - 50
        Actual2 = Actual2 + 50
        Pwm1a = Actual1
```

```
      Pwm1b = Actual2
      Waitms 50
    Next X1
    Waitms 200
    While Actual2 > Veloactual1
      Gosub Leervoz
      Actual1 = Actual1 + 10
      Actual2 = Actual2 - 10
      Pwm1a = Actual1
      Pwm1b = Actual2
      Waitms 50
    Wend
   End If
  End Select
  Vozopcion = 0
Return
'****************************************
End
'////////////////////////////////////////////////////////////////////

_init_micro:
  Ddrd.4 = 1
  Portb.4 = 1
  Ddrd.5 = 1
  Portb.5 = 1
  Duty1a = 512
  Duty1b = 512
  Pwm1a = Duty1a
  Pwm1b = Duty1b
Return
'////////////////////////////
```

Anexo 2. Manual de Usuario

Inicialización del Sistema

1. Verifique que la batería esté colocada adecuadamente y con la polarización correcta.

2. Encienda el sistema de control con el switch lateral izquierdo. Enseguida el sistema emitirá un sonido audible y se iluminará.

3. Encienda el sistema de potencia con el switch lateral derecho que se encuentra en el apoyabrazos. Este sistema debe encenderse estrictamente después del sistema de control.

4. Coloque la diadema de micrófono para empezar con el reconocimiento de las palabras y el movimiento de la silla.

5. Cuando no se utilice la silla de ruedas recuerde apagar el switch del sistema potencia y el switch del sistema de control, en ese orden estricto para evitar algún movimiento indeseado.

Nota: Por las características del sistema, en la mayoría de casos se necesitará de un asistente.

Carga de la Batería

1. Recuerde que mientras el sistema esté en funcionamiento, existirá un indicador de batería que mide constantemente el nivel de carga.

2. Antes de cargar la batería recuerde que el sistema de control y de potencia deben estar desactivados.

3. Para cargar la batería conecte el cable de poder del cargador a un enchufe de corriente alterna (110 V).

4. Presione el botón de selección de nivel de carga hasta llegar a 6A.

4. Desconecte el cable de poder una vez que el indicador led del cargador se encuentre en nivel “FULL”. (Aproximadamente en 6 horas).

Almacenamiento

Para almacenar la silla de ruedas solo se debe tener precaución en la batería que suministra energía al sistema ya que es un elemento que produce energía mediante transformación química.

1. Apagar el sistema y retirar los conectores de los bornes.

2. Dejar libres los bornes de la batería y evitar que toquen cualquier superficie metálica.

3. Evitar los lugares húmedos o con riesgo de chispa.

Precauciones

Tome en consideración las siguientes precauciones para el correcto funcionamiento de la silla automática:

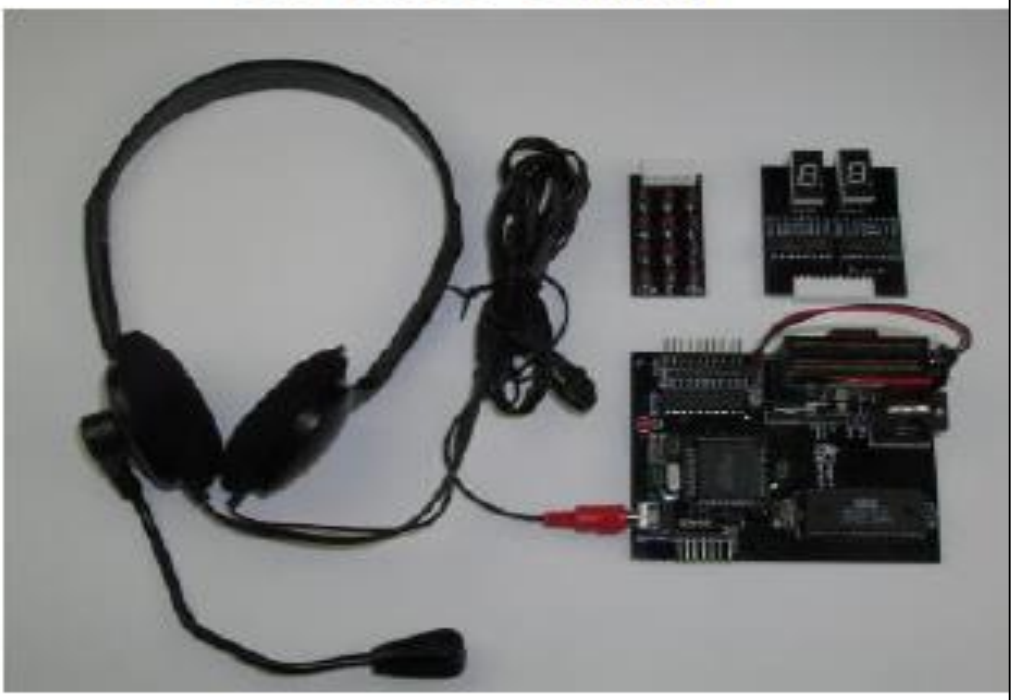
1. Evitar operar la silla en lugares muy ruidosos (como una calle transitada) ya que el ruido excesivo podría causar confusión de palabras reconocidas por la tarjeta SR-07.

2. Evitar operar la silla mientras llueve ya que el circuito de control no es totalmente hermético y el agua podría ocasionar daños.

3. Evitar operar la silla en superficies irregulares (caminos empedrados o con baches), ya que los movimientos bruscos y el golpeteo continuo del sistema podrían ocasionar un mal funcionamiento de los componentes.

Anexo 3. Tarjeta de reconocimiento de Voz SR-07

SR-06/SR-07
Speech Recognition Kit
Construction Manual
& User Guide



Images SI Inc.
109 Woods of Arden Road
Staten Island NY 10312
718.966.3694 voice
718.966.3695 fax
http://www.imagesco.com

Introduction:

The speech recognition kit is a complete easy to build programmable speech recognition circuit. Programmable, in the sense that you train the words (or vocal utterances) you want the circuit to recognize. This kit allows you to experiment with many facets of speech recognition technology.

Features of the kit include:

Self-contained stand alone speech recognition circuit
User programmable
40 or 20 word vocabulary
Multi-lingual
Non-volatile memory back up
Easily interfaced to control external circuits & appliances

Speech recognition will become the method of choice for controlling appliances, toys, tools and computers. At its most basic level, speech controlled appliances and tools allow the user to perform parallel tasks (i.e. hands and eyes are busy elsewhere) while working with the tool or appliance.

The heart of the circuit is the HM2007 speech recognition IC. The IC can recognize either 40 words, each word a length of .96 seconds or 20 words, each word a length of 1.92 seconds.

Applications

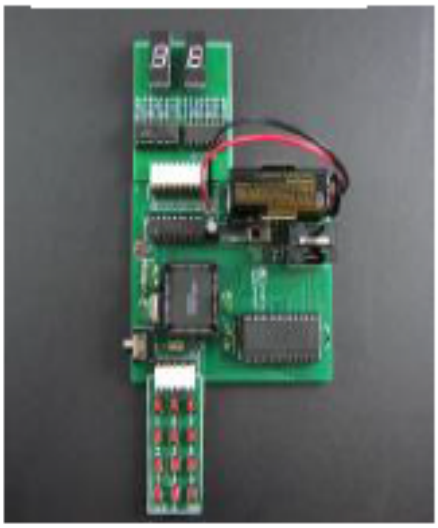
There are several areas for application of voice recognition technology.

Speech controlled appliances and toys
Speech assisted computer games
Speech assisted virtual reality
Telephone assistance systems
Voice recognition security
Speech to speech translation

Keypad Use:

The keypad is made up of 12 normally open momentary contact switches.

Finished SR-07 Circuit



1 2 3

4 5 6

7 8 9

CLR 0 TRN
Clear Train

The CLR key equals Clear and the TRN key equal Train.

When the circuit is turned on, "00" is on the digital display, the red LED (READY) is lit and the circuit waits for a command.

Training Words for Recognition

To Train:

Press "1" (display will show "01" and the LED will turn off) on the keypad, then press the TRN key (the LED will turn on) to place circuit in training mode, for word one.

Say the target word into the headset microphone clearly. The circuit signals acceptance of the voice input by blinking the LED off then on. The word (or utterance) is now identified as the "01" word. If the LED did not flash, start over by pressing "1" and then "TRN" key.

You may continue training new words in the circuit. Press "2"

then TRN to train the second word and so on. The circuit will accept and recognize up to 40 words (numbers 1 through 40). It is not necessary to train all word spaces. If you only require 10 target words that's all you need to train.

Testing Recognition:

Repeat a trained word into the microphone. The number of the word should be displayed on the digital display. For instance, if the word "directory" was trained as word number 25, saying the word "directory" into the microphone will cause the number 25 to be displayed.

Error Codes:

The chip provides the following error codes.

55 = word to long
66 = word to short
77 = no match

Clearing Memory

To erase all words in memory press "99" and then "CLR". The numbers displayed are "19", this is not an error. The numbers will quickly scroll by on the digital display as the memory is erased.

Changing & Erasing Words

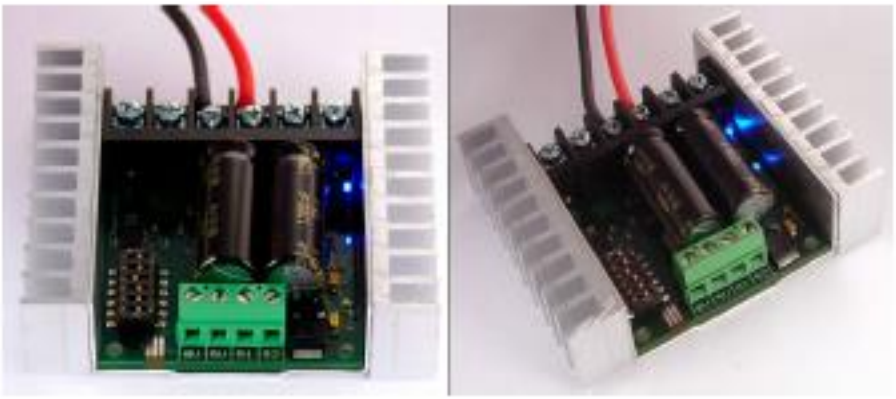
Trained words can easily be changed by overwriting the original word. For instances suppose word six was the word "Capital" and you want to change it to the word "State". Simply retrain the word space by pressing "6" then the TRN key and saying the word "State" into the microphone.
If one wishes to erase the word without replacing it with another word press the word number (in this case six) then press the CLR key. Word six is now erased.

Anexo 4. Driver Sabertooth 2x25

DimensionEngineering

Sabertooth 2x25 User's Guide

July 2007



Input voltage: 6-24V nominal, 30V absolute max.

Output Current: Up to 25A continuous per channel. Peak loads may be up to 50A per channel for a few seconds.

Recommended power sources are:

- 5 to 18 cells high capacity NiMH or NiCd
- 2s to 6s lithium ion or lithium polymer. Sabertooth motor drivers have a lithium battery mode to prevent cell damage due to over-discharge of lithium battery packs.
- 6v to 24v high capacity lead acid
- 6v to 24v power supply (when in parallel with a suitable battery).

All batteries must be capable of maintaining a steady voltage when supplying 20+ amps (AA or 9V batteries aren't going to cut it! An 18Ah lead-acid battery is a good starting point)

Dimensions:

Size: 2.6" x 3.2" x .8"	65 x 80 x 20mm
Weight: 3.5oz / 96g	

Features

Mixed and independent options:
Sabertooth features mixed modes designed especially for differential drive robots, where two motors provide both steering and propulsion. It also has independent options in all operating modes. This is useful for if you have two motors to control, but they aren't necessarily being used to drive a differential drive robot. The motors do not need to be matched or even similar, as long as they both are within Sabertooth's operating limits.

Synchronous regenerative drive:
Going one step farther than just regenerative braking, a Sabertooth motor driver will return power to the battery any time a deceleration or motor reversal is commanded. This can lead to dramatic improvements in run time for systems that stop or reverse often, like a placement robot or a vehicle driving on hilly terrain. This drive scheme also saves power by returning the inductive energy stored in the motor windings to the battery each switching cycle, instead of burning it as heat in the motor windings. This makes part-throttle operation very efficient.

Ultra-sonic switching frequency:
Sabertooth 2x25 features a PWM frequency of 32kHz, which is well above the maximum frequency of human hearing. Unlike some other motor drivers, there is no annoying whine when the motor is on, even at low power levels.

Thermal and overcurrent protection:
Sabertooth features dual temperature sensors and overcurrent sensing. It will protect itself from failure due to overheating, overloading and short circuits.

Easy mounting and setup:
Sabertooth has screw terminals for all inputs and outputs. There are four mounting holes, which accept 4-40 screws. Mounting hardware is included. All operating modes and options are set with DIP switches – there are no jumpers to struggle with or lose. No soldering is required.

Compact Size:
Sabertooth utilizes surface mount construction to provide the most power from a compact package. Its small size and light weight mean you have more space for cargo, batteries, or can make your robot smaller and more nimble than the competition.

Carefree reversing:
Unlike some other motor drivers, there is no need for the Sabertooth to stop before being commanded to reverse. You can go from full forward immediately to full reverse or vice versa. Braking and acceleration are proportional to the amount of reversal commanded, so gentle or rapid reversing is possible.

Many operating modes:
With analog, R/C and serial input modes, as well as dozens of operating options, the Sabertooth has the flexibility to be used over and over, even as your projects grow more sophisticated. Yet it is simple enough to use for your first robot project.

Operating Modes Overview

Mode 1: Analog Input

Analog input mode takes one or two analog inputs and uses those to set the speed and direction of the motor. The valid input range is 0v to 5v. This makes the Sabertooth easy control using a potentiometer, the PWM output of a microcontroller (with an RC filter) or an analog circuit. Major uses include joystick or foot-pedal controlled vehicles, speed and direction control for pumps and machines, and analog feedback loops.

Mode 2: R/C Input

R/C input mode takes two standard R/C channels and uses those to set the speed and direction of the motor. There is an optional timeout setting. When timeout is enabled, the motor driver will shut down on loss of signal. This is for safety and to prevent the robot from running away should it encounter interference and should be used if a radio is being used to control the driver. If timeout is disabled, the motor driver will continue to drive at the commanded speed until another command is given. This makes the Sabertooth easy to interface to a Basic Stamp or other low-speed microcontrollers.

Mode 3: Simplified serial.

Simplified serial mode uses TTL level RS-232 serial data to set the speed and direction of the motor. This is used to interface the Sabertooth to a PC or microcontroller. If using a PC, a level converter such as a MAX232 chip must be used. The baud rate is set via DIP switches. Commands are single-byte. There is also a Slave Select mode which allows the use of multiple Sabertooth 2x25 from a single microcontroller serial port.

Mode 4: Packetized serial

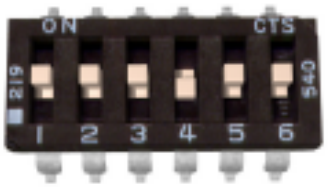
Packetized serial mode uses TTL level RS-232 serial data to set the speed and direction of the motor. There is a short packet format consisting of an address byte, a command byte, a data byte and a 7 bit checksum. Packetized serial automatically detects the transmitted baud rate based on the first character sent, which must be 170. Address bytes are set via dip switches. Up to 8 Sabertooth motor drivers may be ganged together on a single serial line. This makes packetized serial the preferred method to interface multiple Sabertooths to a PC or laptop. Because Sabertooth uses the same protocol as our SyRen single motor drivers, both can use used together from the same serial master.

Mode 1: Analog Input

Analog input mode is selected by setting switches 1 and 2 to the UP position. Switch 3 should be either up or down, depending on the battery type being used. Inputs S1 and S2 are configured as analog inputs. The output impedance of the signals fed into the inputs should be less than 10k ohms for best results. If you are using a potentiometer to generate the input signals, a 1k, 5k or 10k linear taper pot is recommended. In all cases, an analog voltage of 2.5V corresponds to no movement. Signals above 2.5V will command a forward motion and signals below 2.5V will command a backwards motion.

There are three operating options for analog input. These are selected with switches 4, 5 and 6. All the options can be used independently or in any combination.

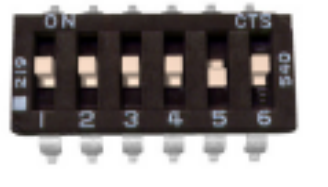
Switch 4: Mixing Mode



Switch 4: Mixed or independent

If switch 4 is in the UP position, the Sabertooth 2x25 is in **Mixed** mode. This mode is designed for easy steering of differential-drive vehicles. The analog signal fed into S1 controls the forward/back motion of the vehicle, and the analog signal fed into S2 controls the turning motion of the vehicle. If Switch 4 is in the DOWN position, the Sabertooth 2x25 is in Independent mode. In Independent mode, the signal fed to S1 directly controls Motor 1 (outputs M1A and M1B) and the signal fed to S2 controls Motor 2.

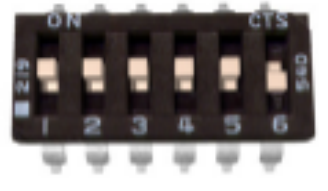
Switch 5: Exponential response



Switch 5: Exponential response

If switch 5 is in the DOWN position, the response to input signals will be exponential. This softens control around the zero speed point, which is useful for control of vehicles with fast top speeds or fast max turning rates. If switch 5 is in the UP position, the response is linear.

Switch 6: 4x sensitivity



Switch 6: 4x sensitivity

If switch 6 is in the UP position, the input signal range is from 0v to 5v, with a zero point of 2.5v.
If switch 6 is in the DOWN position, 4x sensitivity mode is enabled. In this mode, the input signal range is from 1.875V to 3.125V, with a zero point of 2.5v. This is useful for building analog feedback loops

Anexo 5. Manual de usuario del cargador de baterías

BLACK&DECKER®

CARGADOR DE BATERÍA SMART™ DE 6 AMPERIOS
MANUAL DE INSTRUCCIONES

c UL us

Número de catálogo VEC1086BBD

¡Gracias por elegir Black & Decker!
Vaya a www.BlackandDecker.com/NewOwner
para registrar su nuevo producto

ANTES DE DEVOLVER ESTE PRODUCTO POR CUALQUIER MOTIVO, LLAME AL

1-800-544-6986

ANTES DE LLAMAR, TENGA A MANO EL Nº DE CATÁLOGO Y EL CÓDIGO DE LA FECHA. EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, EL REPRESENTANTE DE BLACK & DECKER PUEDE SOLUCIONAR SU PROBLEMA POR TELÉFONO. SI DESEA REALIZAR UNA SUGERENCIA O COMENTARIO, LLÁMENOS. SU OPINIÓN ES FUNDAMENTAL PARA BLACK & DECKER.

CONSERVE ESTE MANUAL PARA FUTURAS CONSULTAS.

Nº de Catálogo: VEC1086BBD
FEBRERO DE 2007

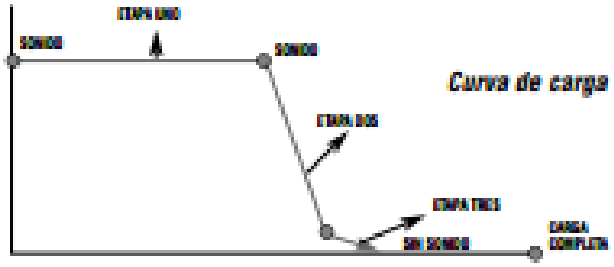
Formulario Nº 90515397
Copyright © 2007 Black & Decker
Impreso en China

CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES

INTRODUCCIÓN

Gracias por elegir el ***cargador de batería Smart™ de 6 amperios de Black & Decker®***. Con el cuidado y el uso apropiados, le brindará años de servicio confiable. Este cargador de batería tiene un nivel de carga alto de hasta 6 A, y un nivel de carga bajo de 2 A. Está diseñado para cargar solamente baterías de plomo-ácido de 12 voltios (automotriz convencional, sin mantenimiento, de ciclo profundo navales y gel) usadas en automóviles, equipos agrícolas, botes, vehículos recreativos y camionetas, tractores de jardín y cortadoras de césped, motocicletas, motos de agua, motos de nieve, vehículos todo terreno y varios usos más.

Los cargadores de batería Smart™ tienen un control por microprocesador incorporado de tecnología de carga de elevada eficiencia de tres etapas, que aseguran la carga rápida, segura y completa de las baterías que correspondan.



Curva de carga

Etapa uno: Carga rápida de arranque a 6 A: proporciona el máximo amperaje de carga para "despertar" a cualquier batería de 12 voltios que corresponda y permite el rápido arranque del motor en sólo 8 minutos (sobre la base de la batería de un vehículo de tamaño mediano a 50% del nivel de carga). Cuando la batería alcanza un voltaje máximo y seguro predeterminado, el cargador emitirá automáticamente una señal sonora y pasará a la Etapa 2 del proceso de carga.

Etapa dos: La carga de absorción mantiene la carga máxima posible a un voltaje constante y seguro predeterminado. Durante la fase, la carga de regulación de absorción de voltaje, el voltaje de carga permanece constante, en tanto que la corriente real de carga se reduce para permitir la transferencia máxima de energía química interna apropiada. A fines de la Etapa 2, el corcel se cambiará a automáticamente la Etapa 3 modo de la carga.

Etapa tres: se mantiene el voltaje de carga automáticamente hasta 100% y se reduce automáticamente a un nivel predeterminado en tanto que la corriente se ajusta para una carga segura y efectiva de la batería.

La característica de carga flotante automática es ideal para mantener una batería. "Completa" automáticamente la batería al 100% según sea necesario para mantenerla completamente cargada todo el tiempo.

CARACTERÍSTICAS

- Esta unidad tiene tres posiciones de nivel de carga, a los que se accede por el botón selector de nivel de carga de 2 A/4 A/6 A.

a) 2 A: baterías más pequeñas, como las de las cortadoras de césped, motos de nieve, motocicletas, etc.

b) 4 A: baterías de tamaño mediano, como las de los automóviles pequeños

c) 6 A: baterías de automóviles y camiones ligeros

- Monitoreo de carga flotante automática
- Controlada mediante microprocesador para una operación correcta y detección de fallas.

- Luz (LEDs) de nivel de carga
- Operación modo interruptor, de alta frecuencia, para una salida de CC pura
- Salida de tres etapas de carga rápida
- Los cables y las pinzas para trabajo pesado son resistentes a la corrosión
- Conecte a terminales de batería laterales o superiores
- Caja resistente más una manija fuerte para transportarlo
- Con almacenamiento para cables y pinzas
- Ideal para la estación invernal cuando se reduce el rendimiento del arranque del vehículo debido al frío o las condiciones extremas del clima.
- Un tono único indica cuando se oprime un botón o cuando ocurre un cambio de modo.

Controles e indicadores

El botón Charge Rate Selector (Selector de nivel de carga) de 2 A/4 A/6 A permite al usuario seleccionar el nivel del cargador según el tamaño de la batería. El microprocesador monitorea esta selección y el nivel de carga real de la batería, y la unidad dejará de cargar si el nivel es demasiado rápido o demasiado lento para el tamaño o la condición de la batería.

Debajo del visor digital hay una serie de cuatro luces (LED) que se encienden en las siguientes condiciones:

Power (Energía): se enciende cuando se conecta la unidad a un tomacorriente de 120 voltios CA.

Full (Completa): se enciende cuando se completa la carga.

Fault (Falla): Se enciende cuando la batería no está correctamente conectada o cuando no se puede cargar.

Rev. (Polaridad invertida): se enciende cuando las pinzas están conectadas de manera incorrecta en los terminales de la batería.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Asegúrese de que se han comprendido todas las instrucciones de instalación y operación y las precauciones de seguridad, y que todas las personas que instalan o usan el cargador las cumplen atentamente. Siga los pasos detallados en las "Instrucciones de seguridad importantes" en el comienzo de este manual.

Selección del nivel de carga

Después de haber conectado correctamente las pinzas del cargador, enchufe el cargador en un tomacorriente de 120 voltios CA. Se encenderá la luz indicadora de energía. Seleccione el nivel de corriente de carga apropiado según el tamaño de la batería.

⚠ **ADVERTENCIA:** Si se enciende el indicador FAULT (Falla), es mala la conexión a los terminales de la batería. Siga los pasos detallados en "Instrucciones de seguridad importantes" en el comienzo de este manual.

Si también se enciende el indicador de polaridad invertida, las pinzas roja (positivo) y negra (negativo) están conectadas incorrectamente a los terminales de la batería. Siga los pasos detallados en "Instrucciones importantes de seguridad" en el comienzo de este manual.

Carga de la batería

1. Oprima el botón selector de nivel de carga de 2 A/4 A/6 A una vez para comenzar a cargar al nivel de 2 A; la unidad emite un sonido y se enciende la luz LED de carga de corriente.
2. El oprimir el botón selector de nivel de carga de 2 A/4 A/6 A nuevamente adelanta el nivel de carga a 4 A, y el oprimirlo una vez más adelante el nivel de carga a 6 A. (Oprimir el botón nuevamente apagará la salida del cargador.) El microprocesador monitorea esta selección y el nivel de carga real de la batería, y la unidad dejará de cargar si el nivel seleccionado es demasiado rápido o demasiado lento para el tamaño o la condición de la batería.

   A medida que la batería se acerca a la capacidad de carga completa, la salida de la unidad cae automáticamente a un nivel de carga más bajo.
3. Cuando la batería está completamente cargada, se enciende la luz LED de FUL (completa).
4. Desconecte primero el cable de CA, luego la pinza del negativo y finalmente la pinza del POSITIVO.

Carga flotante automática

La carga flotante automática es ideal para mantener una batería completamente cargada.

1. Conserve conectadas la energía de 120 voltios CA y la batería después de que la batería esté cargada completamente.
2. El cargador monitorea la batería y la carga al 100%, según resulte necesario.

⚠ **ADVERTENCIA:** Si no se conoce el tamaño de la batería, cargue en el nivel de 2 A. NO cargue las baterías en exceso.

TIEMPOS DE CARGA APROXIMADOS

El ***cargador de batería Smart™ de 6 amperios de Black & Decker®*** ajustará automáticamente el nivel de carga a medida que se carga la batería, y se detendrá cuando la batería esté completamente cargada. Las baterías de ciclo profundo pueden requerir tiempos de carga más prolongados.

Para estimar el tiempo que lleva cargar una batería, consulte la tabla siguiente.

Porcentaje de carga en la batería	75%	50%	25%	0%
a nivel 2 A	7 h	14 h	NR*	NR*
a nivel 4 A	3.5 h	7 h	10.5 h	14 h
a nivel 6 A	2.5 h	4.7 h	7 h	9.2 h

*NR: no recomendado a 2 A; utilice un nivel de carga más alto.

Los tiempos que se muestran en la tabla anterior son aproximados y se basan en una batería automotriz de 50 A/h. Por ejemplo, se descarga una batería de 12 voltios 50 A/h (50%). Cuánto tomaría cargarla con el nivel de 6 A? Vea la cartilla anterior bajo "50%" y en "nivel de 6 A".

En la mayoría de los casos, los tiempos de carga de las baterías varían según el tamaño, la antigüedad y la condición de la batería. Las baterías más pequeñas se deben cargar a un nivel más bajo (2 A) y se debe agregar una hora extra al tiempo de carga.

DETECCIÓN DE PROBLEMAS

Luz (LED) de falla encendida

Las siguientes condiciones pueden producir el encendido de la luz (LED) de Fault (Falla):

- Una mala conexión a la batería (o al bastidor).
- Carga demasiado rápida; reduzca el nivel de carga oprimiendo el botón selector de nivel de carga 2 A/4 A/6 A para seleccionar un nivel más bajo.
- Carga demasiado lenta; la batería es grande y no completó la carga en 24 horas. Oprima el botón selector de carga de 2 A/4 A/6 A para seleccionar un nivel más rápido.
- Celda de batería en corto: reemplace la batería.
- Celda de batería abierta: reemplace la batería.
- Celda de batería con corto interno: lleve su batería a un centro de servicio automotor certificado para su evaluación.
- Sobrecalentamiento interno del cargador: asegúrese de que el ventilador no está bloqueado.

Trate de cargar otra batería, si la luz (LED) de FAULT (Falla) no se enciende, entonces uno de los problemas mencionados previamente se debe a la batería inicial. El cargador no carga y el ventilador no opera si hay una falla. Llame al Apoyo técnico a la línea gratuita: 1-800-544-6986.

Se enciende la luz (LED) de polaridad invertida

- Polaridad incorrecta: siga los pasos detallados en "Instrucciones importantes de seguridad" en el comienzo de este manual.

La batería no acepta una carga

- Asegúrese de que el cargador está enchufado en un tomacorriente de 110/120 voltios CA que funcione y que está encendida la luz (LED) de energía.
- Desenchufe el cargador y controle las conexiones de la batería: asegúrese de que hay una buena conexión en el terminal de la batería o en el bastidor del vehículo.
- Controle que se haya seleccionado el nivel de carga correcto para la batería que se está cargando.
- Asegúrese de que se dio suficiente tiempo de carga para cargar la batería.

Carga de una batería muy fría

Si la batería que se va a cargar está muy fría (en temperaturas muy bajas, de 0°C/32°F), no puede aceptar un nivel de carga alto, así que el nivel inicial de carga será lento. El nivel de carga aumentará a medida que la batería se calienta. Nunca intente cargar una batería congelada.

CUIDADO Y MANTENIMIENTO

Con el cuidado apropiado y un mantenimiento mínimo, el ***cargador de batería Smart™ de 6 amperios de Black & Decker®*** brindará años de servicio confiable. Para el rendimiento máximo, el fabricante recomienda:

- Después de cada uso, limpie las pinzas del cargador de batería; asegúrese de quitar cualquier fluido de la batería que pueda causar corrosión en las pinzas de cobre.
- Limpie la parte exterior del cargador con una tela suave, y de ser necesario, una solución jabonosa también suave.
- No permita que entre líquido al cargador. Si el cargador está húmedo, no lo opere.
- Mantenga los cables del cargador enrollados flojamente durante el almacenamiento para evitar daños a los mismos.

⚠ **ADVERTENCIAS:**

- No utilice el cargador si los cables o las pinzas han sufrido algún daño; llame al Apoyo técnico a la línea gratuita 1-800-544-6986.
- Esta unidad no contiene elementos a los que el usuario pueda hacerles mantenimiento.
- No abra la unidad. En el caso de que funcione mal, se debe devolver al fabricante para que se realicen profesionalmente las comprobaciones y reparaciones. Abrir la unidad anulará la garantía del fabricante.

Reemplazo/Eliminación de la batería

Se recomienda que la unidad sea devuelta a la Oficina de atención al cliente para el reemplazo de la batería.

Esta unidad contiene una batería de plomo-ácido sellada, que no derrama y no requiere mantenimiento. Esta batería es completamente reciclable y debe aceptarse en cualquier lugar que acepte baterías de arranque automotrices comunes. Ejemplos de lugares que aceptan estas baterías son: centros municipales y del condado de reciclado, vendedores de chatarra y comercios minoristas que venden baterías de arranque de plomo-ácido de repuesto para automóviles. Para más información, llame al 1-877-288-7722.

⚠ **ADVERTENCIAS:** No elimine esta batería en el fuego, ya que puede producirse una explosión.

Antes de eliminar la batería, proteja los terminales expuestos con cinta aislante para trabajo pesado para evitar cortocircuitos (un cortocircuito puede producir lesiones o incendio).

No exponga la batería al fuego o a un calor intenso, porque puede explotar.

INFORMACIÓN DE SERVICIO

Todos los Centros de mantenimiento de Black & Decker cuentan con personal capacitado dispuesto a brindar a los clientes un servicio eficiente y confiable en la reparación de herramientas eléctricas. Si necesita consejo técnico, reparaciones o piezas de repuesto originales de fábrica, póngase en contacto con el Centro de Servicio de Black & Decker más cercano a su domicilio. Para localizar su centro de mantenimiento local, consulte "Herramientas eléctricas" (Tools-Electric) en la sección de páginas amarillas o llame al: **1-800-544-6986** o visite **www.blackanddecker.com.**

GARANTÍA COMPLETA DE CINCO AÑOS PARA USO EN EL HOGAR

Black & Decker (Estados Unidos) Inc. ofrece una garantía de cinco años por cualquier defecto del material o de fabricación de este producto. El producto defectuoso se reparará o reemplazará sin costo alguno de dos maneras.

La primera opción, el reemplazo, es devolver el producto al comercio donde se lo adquirió (siempre y cuando se trate de un comercio participante). Las devoluciones deben realizarse conforme a la política de devolución del comercio (generalmente, entre 30 y 90 días posteriores a la venta). Le pueden solicitar comprobante de compra. Consulte en el comercio acerca de la política especial sobre devoluciones una vez excedido el plazo establecido.

La segunda opción es llevar o enviar el producto (con flete pago) a un Centro de mantenimiento propio o autorizado de Black & Decker para su reparación o reemplazo según nuestro criterio. Le pueden solicitar comprobante de compra. Encontrará una lista de los Centros de mantenimiento autorizados y de propiedad de Black & Decker bajo "Herramientas eléctricas" (Tools-Electric) en las páginas amarillas de la guía telefónica y también en nuestro sitio Web www.blackanddecker.com.

Esta garantía no se extiende a los accesorios. Esta garantía le concede derechos legales específicos; usted puede tener otros derechos que pueden variar según el estado o la provincia. Si tiene alguna pregunta, comuníquese con el Centro de mantenimiento de Black & Decker más cercano. Este producto no está diseñado para uso comercial.

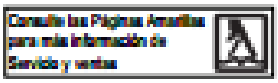
REEMPLAZO GRATUITO DE LA ETIQUETA DE PRECAUCIONES: Si sus etiquetas de advertencia se vuelven ilegibles o faltan, llame al 1-800-544-6986 para que se le reemplacen gratuitamente.

ESPECIFICACIONES

Entrada: 120 voltios CA, 60 Hz, 110 vatios
Salida: 12 voltios CC, 2/4/6 amperios continuos

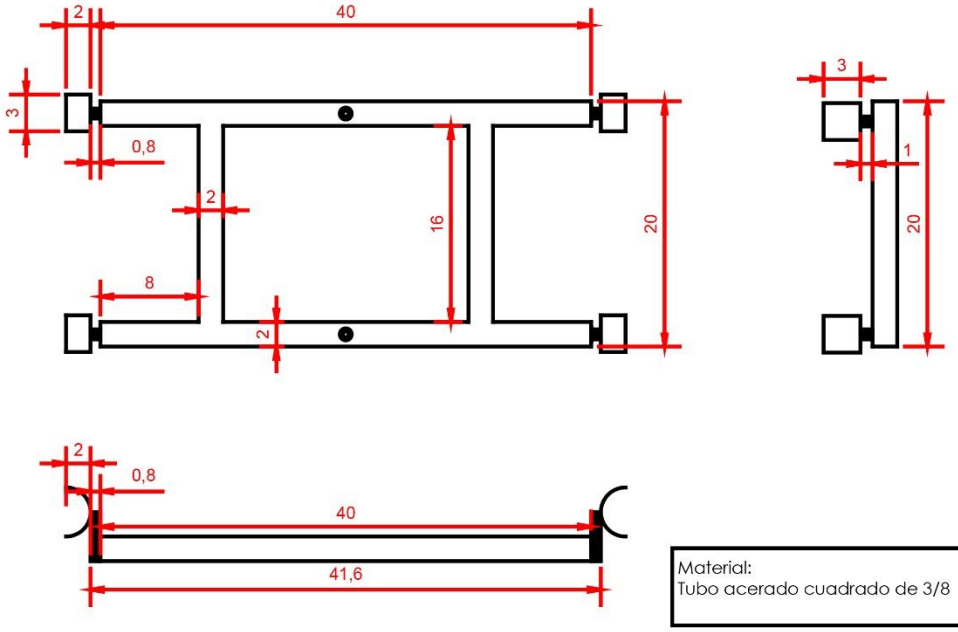
Importado por:
Black & Decker (U.S.) Inc.,
701 E. Joppa Rd.
Towson, MD 21286 U.S.A.

BlackandDecker.com
1-800-544-6986
Vector Products, Inc.
4140 S.W. 30th Ave.
Fort Lauderdale, FL 33312



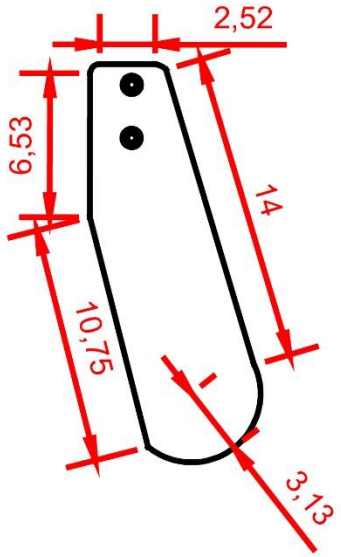
Anexo 6. Diagrama de piezas mecánicas instaladas

Soporte de batería



Material:
Tubo acerado cuadrado de 3/8

Soporte para motor



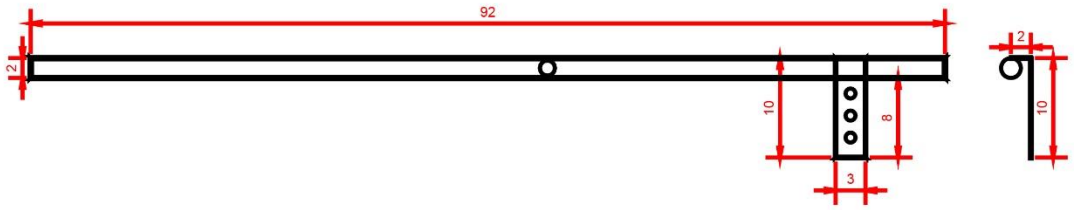
Material:
Acero de 5mm de espesor

Autores: Daniel Ramírez - Vinicio Méndez

Proyecto: *Diseño e implementación del sistema de movimiento direccional de una silla de ruedas para ser controlada por reconocimiento de un patrón de voz mediante electrónica de potencia y motores DC como actuadores.*

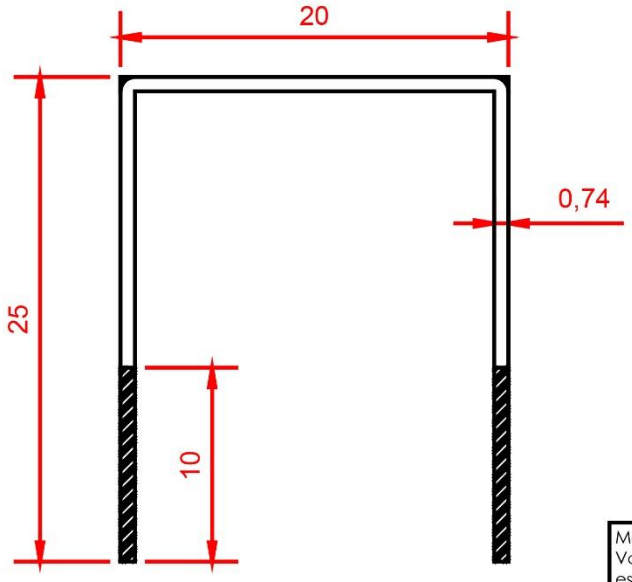
Descripción: Anexo 6
Diagrama de piezas mecánicas instaladas

Soporte para sensor



Material:
Tubo acerado redondo de 3/8

Soporte de sujeción de batería



Material:
Varilla metálica de 0.74 mm de espesor

Autores: Daniel Ramírez - Vinicio Méndez

Proyecto: *Diseño e implementación del sistema de movimiento direccional de una silla de ruedas para ser controlada por reconocimiento de un patrón de voz mediante electrónica de potencia y motores DC como actuadores.*

Descripción: Anexo 6

Diagrama de piezas mecánicas instaladas