

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MÓVIL
DE CONDUCCIÓN PARA NIÑOS CON INSUFICIENCIA MOTRIZ
CEREBRAL DEL CENTRO SAN JUAN DE JERUSALÉN”**

**HENRY HERNÁN CORTEZ RAMOS
DAVID SEBASTIÁN MAYA TORRES**

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2008

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Desarrollo e implementación de un sistema móvil de conducción para niños con insuficiencia motriz cerebral del Centro San Juan de Jerusalén” ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Henry Hernán Cortez Ramos C.I. 171316760-7 y el Sr. David Sebastián Maya Torres C.I. 171314409-3, bajo nuestra dirección.

Ing. Hugo Ortiz

DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

El desarrollo de este proyecto se lo debemos a nuestras familias, por el incansable apoyo que nos han brindado en lograr nuestros objetivos, a nuestros profesores directores del proyecto, por el apoyo incondicional que nos han brindado y por último y el más importante al Centro de Educación Motriz San Juan de Jerusalén, destino final del prototipo producto de este proyecto, ya que gracias a ellos se presentó la oportunidad de desarrollar un propósito cuyo objetivo final es el de ayudar enormemente a quien más lo necesita.

DEDICATORIA

El desarrollo de este proyecto se lo dedico directamente al usuario final de este prototipo, que este diseño sea un granito de arena más en la inmensa labor que el Centro de Educación Motriz San Juan de Jerusalén presta a la comunidad.

Henry.

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mis padres, quienes han sido el mejor ejemplo de superación y han llenado mi vida de amor y comprensión.

David.

PRÓLOGO

Al conocer el Centro San Juan de Jerusalén y palpar la realidad en que viven niños privados de las inquietudes de la infancia por sus discapacidades físicas o mentales, nacen interrogantes de cómo ayudar.

Y constatar que no existen Empresas, Fundaciones, ONG etc. que cuenten con el apoyo gubernamental para el desarrollo de proyectos de sillas inteligentes a nivel nacional, debido al alto costo que puede representar, podemos aprovechar de los conocimientos técnicos de una manera productiva realizando de esta manera el proyecto de **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MOVIL DE CONDUCCIÓN**, permitiendo de esta manera la movilización de estos niños enfocándonos a su integridad.

Nuestro proyecto consta de la conjugación de dos partes principales: la adaptación electromecánica de motores DC a una silla de ruedas convencional, y el control semi-automático de esta etapa de potencia por medio de un microcontrolador, el cual interactúa con su alrededor, mediante sensores ultrasónicos.

El producto final es una silla de ruedas controlada básicamente por un niño IMC (Insuficiencia Motriz Cerebral), cumpliendo el objetivo de movilizarlo sin la necesidad de que el niño controle enteramente los sentidos de giro de la silla, sino que la misma se desplace libremente a través de posibles obstáculos en su trayectoria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.1.1 Definición del problema	2
1.1.2 Alcance del proyecto	3
1.1.3 Objetivos	3
1.1.4 Descripción general del proyecto	4
1.2 ROBÓTICA MÓVIL	4
CAPÍTULO II	8
SISTEMAS DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO	8
2.1 Sillas de Ruedas.	8
2.1.1 El Armazón	9
2.1.2 Ruedas delanteras	9
2.1.3 Ruedas posteriores	10
2.1.4 Frenos	12
2.1.5 Reposapiés y Plataformas	13
2.1.6 Factores que afectan el desplazamiento de la silla	13

2.2 Sillas de ruedas eléctricas	15
2.3 Requisitos de diseño	17
CAPÍTULO III	19
DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO	
ALTERNATIVO	19
3.1 Diseño del sistema.	19
3.2 Sistema de movimiento y potencia	20
3.3 Sistema de sensamiento.	24
3.5 Diseño del sistema controlador	29
3.5.1 Sistema de carga de batería	30
3.5.2 Fuente de alimentación y regulación	30
3.5.3 Circuito de control	31
3.5.4 Circuito para señales de mando y alarma	32
3.5.5 Circuito de Potencia	33
3.5.6 Circuito de sensamiento	34
CAPÍTULO IV	36
DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO	
ALTERNATIVO	36
4.1 Firmware del Sistema Controlador	36
4.1.1 Subrutina APAGAR MOTORES:	39
4.1.2 Subrutina VELOCIDAD:	39
4.1.3 Subrutinas FRENTE y/o ATRÁS IZQUIERDA:	40

4.1.4 Subrutinas FRENTE y/o ATRÁS DERECHA:	41
4.1.5 Subrutinas FR. IZQ, FR. DER, AT. IZQ y/o AT. DER:	41
CAPÍTULO V	43
IMPLEMENTACIÓN	43
5.1 Integración del Sistema a una silla de ruedas mecánica	43
5.2 Esquema y diseño de placa para circuito de control	48
5.3 Esquema y diseño de placa para circuito de potencia	52
CAPÍTULO VI	55
PRUEBAS Y RESULTADOS	55
CAPÍTULO VII	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
7.1 CONCLUSIONES	60
7.2 RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO I	64
DIAGRAMA ESQUEMATICO GENERAL	64
ANEXO II	66
FRIMWARE DEL CONTROLADOR	66

ANEXO III	78
DIAGRAMAS DE LA SILLA	78
ANEXO IV	82
MANUAL DE USUARIO	82
ÍNDICE DE FIGURAS	87
ÍNDICE DE TABLAS	89
ÍNDICE DE DATA SHEETS	90

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La mayoría de personas nunca toman en cuenta que tan indispensable es que puedan moverse a gusto, solo cuando les sucede algo a alguien conocido o a sí mismos se enfrentan al terrible dolor que sienten muchas personas al no poder caminar y tener que usar una silla de ruedas como un posible método de movilización, si a esto se incrementa que a las personas para quien se dirige este proyecto no tienen una reacción rápida frente a posibles circunstancias, se tiene que realizar sistemas alternativos de manejo y seguridad a estas sillas, debido a esto los métodos de movilización incrementan su costo, con lo cual se dificulta el tratar de importar una silla de ruedas lo suficientemente confiable y económica.

El destino y objeto principal de la elaboración de este proyecto es apoyar la gestión del Centro de Educación Motriz San Juan de Jerusalén, institución cuyo objetivo es brindar una atención especializada e integral a niños con IMC (Insuficiencia Motriz Cerebral) o trastornos del neuro desarrollo; la lesión cerebral que ocurre al momento del nacimiento produce secuelas neuro motoras, neuro perceptivas y/o cognitivas, afectando la organización y ejecución del movimiento y/o dificultando el proceso de aprendizaje. Por ello el principal objetivo es poder permitir a este tipo de usuario que se movilice a su gusto, teniendo siempre en cuenta la seguridad del mismo ya que debido a su reacción limitada debemos asegurarle que no sufra ningún percance. El problema que se plantea con esto es

que la seguridad sea la suficiente como para asegurar que no le pase nada al usuario. Otra limitación que existe es debido a que las soluciones presentadas por la robótica móvil no son necesariamente exportables a una silla de ruedas por razones de costo, dimensiones y autonomía del vehículo.

A lo largo de los 20 años de existencia y experiencia de esta institución en la atención a niños con problemas en el neuro desarrollo, han comprobado que existen carencias en el Ecuador (432.000 personas con discapacidad por deficiencias mentales y psicológicas¹) y con mayor incidencia en América Latina, lo cual causa sufrimiento y marginalización de los niños afectados y de sus familias, por lo cual hay urgencia para crear proyectos específicos como éste tomando en cuenta esta situación.

1.1.1 Definición del problema

Al conocer el centro² y palpar la realidad en que viven niños privados de las inquietudes de la infancia por sus discapacidades físicas o mentales, nacen interrogantes de saber cómo ayudar, conocer que no existen empresas, fundaciones, ONG etc. que cuenten con el apoyo gubernamental para el desarrollo de proyectos de sillas inteligentes a nivel nacional por su alto costo, y tomando en cuenta que la importación de un equipo de estos es costoso, podemos aprovechar de los conocimientos técnicos aplicando de una manera productiva todos los recursos con los que contamos. Al realizar el proyecto **Desarrollo e Implementación de un Sistema Móvil de Conducción**, aseguraremos la movilización de estos niños enfocándonos a su integridad.

¹ <http://www.conadis.gov.ec/antecedentes/index.html>

² Centro de Educación Motriz San Juan de Jerusalén – Quito, Psje. Jerónimo Carrión Oe9-43 y Enrique Rither

1.1.2 Alcance del proyecto

La finalidad de este proyecto será la de diseñar un prototipo de silla de ruedas con movimiento semi-automático que facilite el desplazamiento a gusto del niño con IMC a un bajo costo de implementación y preservando siempre su seguridad, siendo el principal objetivo que el niño la use para su libre desplazamiento por los corredores y aulas de la institución entre las diferentes aulas y ambientes para terapias durante el día, parte de cuyas instalaciones se observan en las fotografías de la figura 1.1.



Figura. 1.1. Corredores y aulas Centro San Juan de Jerusalén

1.1.3 Objetivos

a. General.

Diseñar e Implementar un sistema inteligente de bajo costo para la movilización de niños IMC adaptable a la respuesta motriz y grado de acceso.

b. Específicos.

1. Diseñar e implementar una etapa de sensamiento para la ubicación de obstáculos.
2. Diseñar e implementar un sistema basado en microcontroladores para el control de la silla.
3. Diseñar e implementar las etapas de potencia necesarias para el manejo de actuadores.
4. Acoplar los componentes mecánicos de la silla con los actuadores.

5. Realizar las pruebas de funcionamiento necesarias para garantizar la confiabilidad del sistema implementado.
6. Documentar apropiadamente el proyecto.

1.1.4 Descripción general del proyecto

El proyecto en sí parte de la provisión de una silla de ruedas plegable y en deterioradas condiciones, en la cual se basa su adaptación a una silla electromecánica y semiautomática cuya finalidad será la de cambiar el modus vivendi del niño IMC facilitando su desplazamiento a gusto. Para realizar este propósito se ha procedido con el siguiente esquema de trabajo:

- a. Estudio, análisis y elección de componentes
- b. Diseño e Implementación
- c. Pruebas del proyecto
- d. Presentación del proyecto

1.2 ROBÓTICA MÓVIL

Primero se debe entender que es la robótica para poder aplicarlo a una silla de ruedas. La robótica es el conjunto de estudios y técnicas destinados a concebir sistemas capaces de sustituir al hombre en sus funciones motrices, sensoriales e intelectuales, y que actúan de manera predeterminada o por medio del aprendizaje. La robótica tuvo su auge en la revolución industrial debido a que los robots reemplazaron la mano de obra humana realizando las tareas de producción rápidamente con calidad y a un menor costo.

La robótica empezó realizando sistemas de producción por lo cual la mayoría de robots tenían la forma de un brazo humano, el cual es de mayor aplicación en el campo de la producción, hoy en día los robots tienen un sin fin de formas y realizan distintos tipos de

funciones, la configuración y el comportamiento de un robot condicionan su adecuación para un campo de aplicación específico. La robótica se apoya en gran medida en los progresos de la microelectrónica y la microinformática, así como en nuevas disciplinas como el reconocimiento de formas y la inteligencia artificial; en este sentido la robótica cuenta con valiosos recursos a su alcance: electrónica, servomecanismos, controladores, sensores y equipos de comunicación entre otros. Las investigaciones actuales se orientan especialmente a la construcción de máquinas capaces de trabajar en medios parcialmente desordenados y de responder con eficacia ante situaciones no totalmente previstas, o sea que el robot sea capaz de relacionarse con el mundo que le rodea a través de sensores y de toma de decisiones.

Luego de haber analizado lo que es un robot y la robótica se verán los distintos tipos de arquitecturas donde se puede encontrar robots móviles, cartesianos, giratorios, distribuidos, paralelos, etc. estas son la mayoría de configuraciones que presentan los robots debido al medio en el que se desenvuelven y espacio físico que usan tal es así que en el caso especial de robots móviles son los que tienen algún medio de desplazarse tal como ruedas u orugas. Sin embargo, se considera más a un robot de base fija con las características adicionales de ser capaces de desplazar la base. La movilidad permite al robot desplazarse de uno a otro lugar de trabajo o trasladar objetos a distancias largas sin necesidad de un sistema de transporte especial.

Cualquier robot diseñado para moverse en un entorno no estructurado o desconocido necesita múltiples sensores y controles (por ejemplo, sensores ultrasónicos o infrarrojos) para evitar los obstáculos. Eso es particularmente cierto para robots diseñados para trabajar en estrecha proximidad de seres humanos, como robots que ayuden a personas discapacitadas o sirvan comidas en un hospital. La seguridad debe ser esencial en el diseño de robots para el servicio humano. Por lo cual la incorporación de sensores a los robots les permite obtener información de su entorno e interactuar con él.

Sensores como los de tacto que en un momento dado fueron objeto de intensa investigación, e incluso de comercialización en algunos casos, han quedado prácticamente aparcados. No obstante, no parece demasiado arriesgado afirmar que el desarrollo de la

robótica futura, tanto de los robots manipuladores como de los robots móviles, pasa en gran parte por la incorporación de nuevos y más eficientes sensores.

Los sistemas de visión seguirán siendo, en cualquier caso, los más utilizados y los de mayor desarrollo futuro, tanto para los robots manipuladores como para los robots móviles, aunque para estos últimos los sensores de proximidad y distancia sigan constituyendo un elemento esencial. La interfase hombre-máquina y, en concreto, la programación de los robots para la ejecución de las tareas es uno de los temas básicos para la efectiva expansión de los robots en todos los ambientes en que se encuentran. Con la programación la tarea se define por un programa de ordenador que comprende una secuencia de órdenes a obedecer por el robot. Los puntos pueden definirse como variables permitiendo separar la información geométrica de la descripción de la tarea.

La programación a nivel de objeto define la tarea en términos de lo que debe hacerse con los distintos objetos en el espacio de trabajo. La programación de nivel de objetivo describe el resultado deseado de la tarea; realizando una programación adecuada se puede conseguir que el robot realice las operaciones que se necesita; teniendo siempre en cuenta todas las posibles consecuencias de una acción que se realice para poder asegurar que el robot realice la tarea requerida.

Los años 1990 vieron un notable aumento de la investigación en Sillas de Ruedas Autónomas (SRA) en todo el mundo en un intento de aplicar tecnologías, ya experimentadas en los múltiples campos de la robótica móvil, al campo específico de la Asistencia a la Movilidad. El objetivo final de crear una SRA parece, sin embargo, no haber cuajado de cara al usuario y beneficiario final: una persona con severas discapacidades motrices que le impiden manejar una silla de ruedas motorizada convencional.

Las razones de esta escasa, por no decir nula, implantación práctica son múltiples pero pueden destacarse entre ellas las siguientes:

- No se han resuelto de manera suficientemente fiable los problemas de seguridad planteados al colocar en un vehículo autónomo una persona de reacciones necesariamente limitadas.
- Soluciones válidas en el campo de la robótica móvil no son directamente exportables a una silla de ruedas por razones de coste, dimensiones y autonomía del vehículo (duración y peso de las baterías).
- El escaso interés de las empresas fabricantes de sillas de ruedas en la incorporación de soluciones parcialmente desarrolladas y con una relación costo/beneficio no adecuadamente probada.

De esta manera, y a pesar del tiempo transcurrido y los esfuerzos dedicados, no se ha cubierto aún el hecho existente entre los laboratorios de investigación y el usuario final. No obstante, tanto las realidades actuales como las potenciales vías de desarrollo que las diversas tecnologías aplicables ofrecen, prometen un futuro esperanzador al colectivo de discapacitados motrices. Sólo falta encontrar aquél aspecto de entre los ya probados que permita activar el interés de la industria en este campo.

Con el correcto análisis de todos estos conceptos se concretará en el desarrollo y aplicación de todos estos conocimientos en una Silla de Ruedas Autónoma (SRA) que permita la movilización de un niño con IMC dentro de su entorno permitiéndole estimular su desarrollo emocional y cognoscitivo de su entorno, estimulando sus ganas de desarrollo físico y mental con un alcance 100% benéfico.

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO

Es una necesidad social brindarles a las personas con limitaciones físicas un medio para volver a integrarlos en la sociedad donde se desenvuelven, para lo cual se creó las sillas de ruedas tratando así de satisfacer las necesidades del individuo discapacitado en su desplazamiento y una mejora emocional por la incapacidad sostenida.

En el Centro San Juan de Jerusalén debido a las diferentes enfermedades que presentan los niños usan sillas de ruedas para su movilización. El desarrollo del presente proyecto está enfocado a crear este medio de transporte, analizar sus fortalezas, debilidades y puntos técnicos para el perfeccionamiento del proyecto.

2.1 Sillas de Ruedas.

La primera silla de ruedas conocida y creada especialmente para ese propósito fue la del Rey Felipe II de España que contaba con un trastorno motriz que le imposibilitaba el desplazamiento normal y adecuado. La primera patente sobre una silla de ruedas data de 1869. Se trataba de un modelo bimanual impulsada por ruedas traseras. Al poco tiempo surgieron nuevos modelos de tres ruedas y con otras modificaciones.

El primer modelo impulsado eléctricamente data de 1924 este modelo no resultó llamativo para el público por el ruido que causaba. La silla de ruedas actual fue creada en 1932 por el ingeniero Harry Jennings, posteriormente a esto han ido mejorando los elementos que las componen consiguiendo así satisfacer más las necesidades de los usuarios en su desplazamiento y permitiendo tener una vida más confortable.

En el mercado existen sillas de ruedas existen manuales y eléctricas pero se necesita saber ciertos parámetros que permiten una mejor adaptación del usuario y así potenciar al máximo su funcionalidad, estos son:

2.1.1 El Armazón

Las sillas manuales generalmente son plegables lo que permite ahorrar espacio y permiten ser transportadas con mayor facilidad. Suelen estar construidas con elementos ligeros y resistentes como es el aluminio o el acero reforzado. En ciertos casos se utiliza titanio al carbono con un revestimiento de Kevlar para brindarle mayor durabilidad, ya que su usuario debería ser capaz de levantarla y guardarla, consiguiendo así cierto grado de autonomía y autosuficiencia, esto ha permitido que los usuarios cada vez realicen sus actividades lo más normales posibles y han brindado la posibilidad de participar en deportes o actividades que permiten elevar el estado de ánimo y la calidad de vida.

También puede ser rígido lo que permite aprovechar la propulsión ya que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación. Otra ventaja que presenta el armazón rígido es que resulta fácil de manejar y es algo más ligero que uno similar plegable.

2.1.2 Ruedas delanteras

Puede ir desde los 75 mm de diámetro hasta 200 mm de las ruedas delanteras, como se muestra en la figura 2.1



Figura. 2.1. Tipos de ruedas delanteras

Mientras más pequeñas sean las ruedas delanteras, tendrán menor rozamiento y mayor facilidad de giro, éstas son adecuadas para interiores. Así por ejemplo las de 75 mm y 125 mm se recomiendan en sillas para deportes en pista, como el baloncesto. En tanto que las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelo accidentados, ya que resulta más fácil salvar obstáculos y no se clavan en el terreno.

2.1.3 Ruedas posteriores

2.1.3.1 Tamaño

La rueda posterior más habitual es la de 600 mm de diámetro. Se utilizan ruedas más pequeñas de 22" (550mm) o 20" (500mm) en sillas de niño, para personas con limitación del movimiento en los hombros o para hemipléjicos, para que puedan llegar al suelo y propulsarse con el pie. La rueda más pequeña permite aplicar menor esfuerzo para propulsarla, pero también requiere mayor número de impulsos. Las ruedas de 650 mm se utilizan para personas muy altas y para deportes.

2.1.3.2 Neumáticos de alto rendimiento

- Tubulares: Muy ligeros, y con mínima resistencia a la rodadura. Inconvenientes: Poca resistencia a pinchazos y elevado mantenimiento. Se utilizan para sillas de deporte en pista como el baloncesto.
- Alta presión: Se utilizan en deportes y en sillas de aluminio. Son neumáticos muy ligeros, de alto rendimiento, que al llevar cámara permiten que su reparación sea más económica.
- Macizos o blandos: Con un peso similar a los neumáticos, presentan menor resistencia a la rodadura que estos. Tienen mayor durabilidad que el inserto sólido y además son más baratos.

2.1.3.3 Llantas



Llanta de plástico



Llanta de aluminio

Figura. 2.2. Tipos de Llantas

Existen varios tipos de llantas como lo muestra la figura 2.2, estas pueden ser de los siguientes materiales:

- Llantas de plástico: apenas requieren mantenimiento, pero pesan más que las ruedas de radios.
- Llanta de radios de aluminio: Resulta más ligera que la de plástico, y absorbe mejor las rugosidades del terreno. Los radios cruzados ofrecen un entramado más fuerte.

- Para deporte se prefieren los radios rectos, que dan mayor rigidez al conjunto, pero los aros y el carrete deben de ser especialmente fuertes.

2.1.3.4 Aros de empuje

Aluminio

Acero (que es más pesado pero resbala menos)

Titanio (muy ligeros)

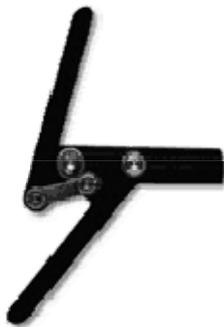
Recubiertos de plástico.

Además del material, existen aros con proyecciones para facilitar el agarre por parte de personas con poca movilidad en las manos.

2.1.4 Frenos



Freno de zapata



Freno de tijera



Freno con alargador



Freno de tambor

Figura. 2.3. Tipos de Frenos

Las sillas de ruedas por lo general tienen un freno mecánico, los cuales se muestran en la figura 2.3 y que son los siguientes:

- Los frenos más comunes son los frenos con zapata. Son de montaje alto (se anclan al tubo que queda por debajo del asiento), y pueden ser de dos tipos, según se activen empujando hacia delante o tirando hacia atrás.
- Para sillas muy ligeras o deportivas se suelen utilizar frenos de tijera. Este tipo de frenos pueden ser de montaje alto o montaje bajo, según se anclen en el tubo superior o inferior del armazón
- Freno de una mano: Para personas hemipléjicas que solo se propulsan con una mano, existe un tipo de freno que permite frenar las dos ruedas con una sola mano.
- Frenos con alargador: El alargador de frenos es un accesorio que se utiliza para facilitar el acceso al freno de usuarios con poca movilidad en los brazos o las manos, y así facilitarles el frenado
- Frenos de tambor: Son frenos que no son activados por el usuario sino por el acompañante. Para ello debe presionar las manetas (tipo frenos de bicicleta) situadas bajo las empuñaduras de la silla. Este tipo de freno es el único que sirve además de para el bloqueo de las ruedas cuando la silla está parada, para reducir la velocidad de la silla, cuando esté en marcha.

2.1.5 Reposapiés y Plataformas

Pueden ser fijos o desmontables. Para acortar la longitud de la silla en espacios reducidos como ascensores o cuartos pequeños, es mejor que sean desmontables. Si no hay problema de espacio es más aconsejable que los reposapiés sean fijos.

La posición anatómica ideal de los reposapiés es a 90°. Sin embargo en adultos los pies pueden interferir con el giro de las horquillas delanteras, por lo que el ángulo se tiende a reducir. Los ángulos más frecuentes son de 90°, 70° y 60°

2.1.6 Factores que afectan el desplazamiento de la silla

El principal objetivo de cualquier silla de ruedas es permitir al usuario la máxima funcionalidad, comodidad y movilidad, para esto se debe considerar que toda la energía

utilizada por el usuario o equipos electro-mecánicos sean aprovechados al máximo, por lo tanto vamos a revisar factores que afectan la facilidad de desplazamiento

- La distribución del peso que existe entre las ruedas delanteras y traseras. Mayor peso sobre las ruedas delanteras provocan mayor rozamiento, pero al mismo tiempo hace que la silla sea más estable. Una silla de ruedas estándar tiene una distribución del peso de 50% (rueda trasera) - 50% (rueda delantera), mientras que si una silla ligera ajustable tiene una distribución del peso de 20% y 80% respectivamente. Esto hace que ruede mejor que una silla estándar pero que sea menos estable.
- El terreno blando produce un mayor rozamiento y por lo tanto exige mayor esfuerzo para propulsar la silla. El rozamiento es menor en terrenos o superficies duras.
- Tamaño y composición de las ruedas, en este caso tenemos que las ruedas neumáticas resultan más cómodas al amortiguar mejor, pero oponen una mayor resistencia a rodar por ser más blandas. Las ruedas pequeñas tienen menor rozamiento por tener menos superficie de contacto con el suelo, pero esto mismo hace que presenten peor agarre. Ruedas más grandes tienen mejor agarre por tener una superficie de contacto mayor pero también produce un rozamiento superior.
- Tamaño de las ruedas delanteras el tamaño adecuado, está determinado por la combinación entre la superficie sobre la cual será utilizada y la distribución del peso en la silla. Las ruedas grandes son más recomendables para exteriores, y suelos accidentados. Las ruedas pequeñas son mejores para su uso en interiores y para la práctica de deportes por su mayor rapidez de giro en superficies lisas y duras.
- Centro de gravedad de la silla, al mover el centro de gravedad hacia atrás y hacia arriba se aumenta el peso sobre las ruedas traseras y hace que la silla sea más fácil de manejar pero más inestable. Si se desplaza el centro de gravedad hacia abajo y hacia delante, la silla gana en estabilidad pero es más difícil de manejar.

- Distancia entre ejes de ruedas delanteras y traseras: Una distancia larga entre ejes mantiene mejor el rumbo (por eso las sillas de carreras son muy alargadas). Una distancia entre ejes corta resulta más suave y fácil de manejar (por eso las sillas de baloncesto tienden a tener esta distancia más corta).
- Camber de las ruedas traseras, si las ruedas tienen un ángulo positivo (mayor anchura en la base) la silla mantendrá mejor el rumbo, será más estable y la postura de los hombros será mejor. Una angulación neutra (ruedas paralelas a la silla) es menos eficaz desde el punto de vista de la facilidad para rodar. Una angulación negativa (menor anchura en la base) hace que la postura de los hombros sea peor y la silla será más inestable.
- Ángulo de las ruedas delanteras, después de cualquier cambio en las ruedas traseras o en la altura del armazón, hay que comprobar siempre que las delanteras están a 90° . Si el ángulo es más abierto (superior a 90°) la silla girará más rápido pero al detenerse tenderá a irse hacia atrás y la parte delantera del armazón quedará más elevada. Si el ángulo es inferior a 90° se dificulta el giro, cuando se quiere detener la silla, esta tiende a seguir rodando, y la parte delantera de la silla queda más baja que la trasera.

2.2 Sillas de ruedas eléctricas

Con el avance de la tecnología se ha ido realizando sistemas que permiten ayudar en el objetivo primordial de ayudar a integrar a las personas discapacitadas a la sociedad, para lo cual con el uso de la tecnología se realizado varias tipos de sillas de ruedas eléctricas entre las cuales permiten varios grados de movimiento, inclinación de la silla para diferentes aplicaciones, mecanismos elevadores para alcanzar mayor altura, mando por voz entre otros.

Todos estos dispositivos son basados en uso de microcontroladores o microprocesadores que permiten el óptimo desempeño de la silla dándole así mayor confiabilidad en el desplazamiento, mayor autonomía y permitiendo que personas con más

discapacidad puedan desplazarse por sí solas e integrarse a la sociedad, algunos tipos de sillas que se encuentran se muestran en la figura 2.4.



Figura. 2.4. Tipos de Sillas Eléctricas

Hoy en día existe una amplia gama de sillas de ruedas eléctricas, con gran variedad de características como velocidad, autonomía, capacidad, tiempo de carga, etc. Algunas de estas características se muestran en la tabla 2.1

Tabla. 2.1. Modelos de Sillas y Características

Modelo	Velocidad máx. (Km/h)	Autonomía (Km)	Capacidad (Kg)	Usuario
Pronto M41 ³	8	28	138	Adultos/Niños
Pronto M51 ³	6	20	138	Adultos/Niños
TDX5 ³	12		184	Adultos/Niños
Tatoo ⁴	7.5		92	Adultos/Niños
Kariboo ⁴	6		75	Adultos/Niños
Bijoo ⁴	7		102	Adultos/Niños
Speedoo ⁴	10		90	Adultos/Niños

³ www.mrwheelchair.com

⁴ www.rupiani.fr

2.3 Requisitos de diseño

Todas las terapias que usan en el Centro San Juan de Jerusalén son mediante la estimulación de los sentidos, el presente proyecto tiene como objetivo ayudar a la tercera parte de los niños, la mayoría de éstos son los que tienen IMC y podrán desplazarse en el corredor y patio interno del Centro como lo muestra la figura 2.5.



Figura. 2.5. Corredor y Patio Centro San Juan de Jerusalén

Debido a las diferentes patologías que presentan los niños, el sistema debe permitir acoplar asientos adicionales, que son diseñados específicamente para cada usuario, algunos de estos modelos se muestran en la figura 2.6.



Figura. 2.6. Acoples adicionales

El proyecto se basa en permitir el desplazamiento de los niños en dos lugares específicos del Centro, con un sistema que permita la detección de obstáculos y que el

método de mando sea adaptable según las necesidades de los niños. Los requisitos básicos se muestran en la tabla 2.2.

Tabla. 2.2. Tabla de Características Silla

Característica	Valor
Velocidad Máxima	3.5 Km/h
Velocidad Adicional	40% de Velocidad Máx.
Autonomía	3 horas
Método de Mando	Adaptable para varios métodos de ingreso

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO

Para el diseño se parte de una silla de ruedas plegable comercial entregada por el Centro San Juan de Jerusalén la cual es utilizada por niños con IMC, la silla original junto con un diagrama de las medidas se muestran en la figura 3.1.

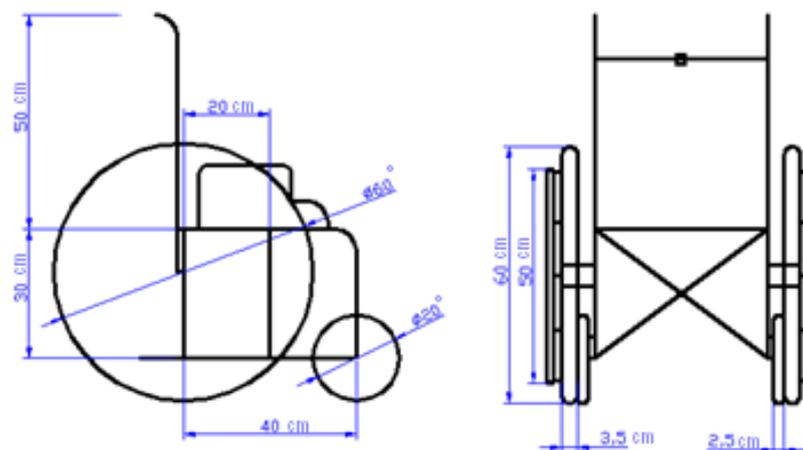


Figura. 3.1. Dimensiones de la silla

3.1 Diseño del sistema.

Los requerimientos del Centro son permitirles a los niños con IMC tengan la posibilidad de desplazarse, las características básicas que necesitan cumplir son las siguientes:

- Desplazamiento hacia delante, atrás y giro en su propio eje.
- Velocidad regulable.
- Seguridad para evitar choques.
- Facilidad de cambios en controles para desplazamiento.

Para poder cumplir con los requerimientos y utilizando como base la silla entregada por el Centro se utiliza un sistema de tracción de 2 motores, uno para cada llanta, con esto se consigue obtener los desplazamientos deseados, esto se muestra en la figura 3.2

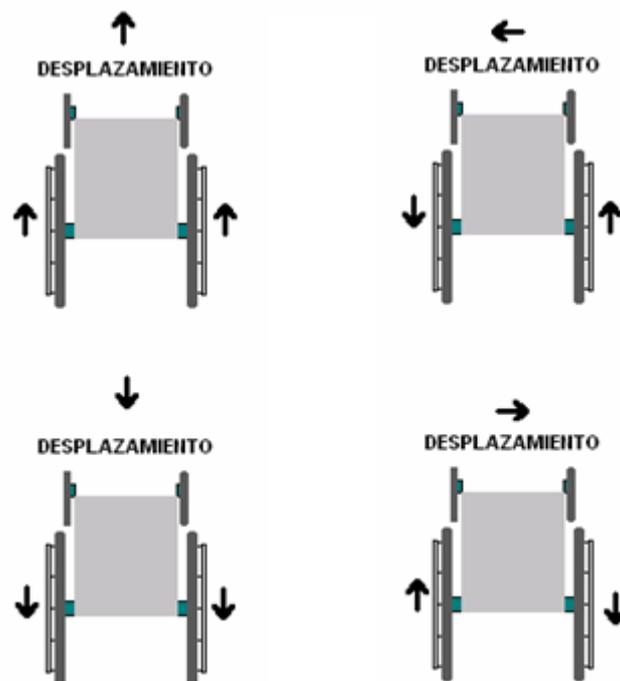


Figura. 3.2. Posibles desplazamientos

3.2 Sistema de movimiento y potencia

La colocación de los dos motores de corriente continua va a ser en la posición posterior de la silla y cercanos a la posición de la batería, esto para conseguir que no se desplace demasiado el centro de Gravedad como se puede observar en la figura 3.3

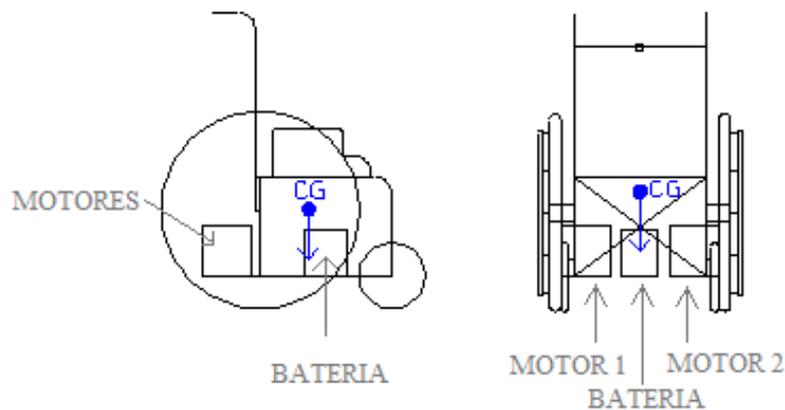


Figura. 3.3. Centro de Gravedad de la silla

La tracción se dará mediante un sistema de engranajes con cadena, esto se lo usa por su eficacia del 95% al 98% en la transferencia de potencia del motor a la silla. Este tipo de transmisión se muestra en la figura 3.4.

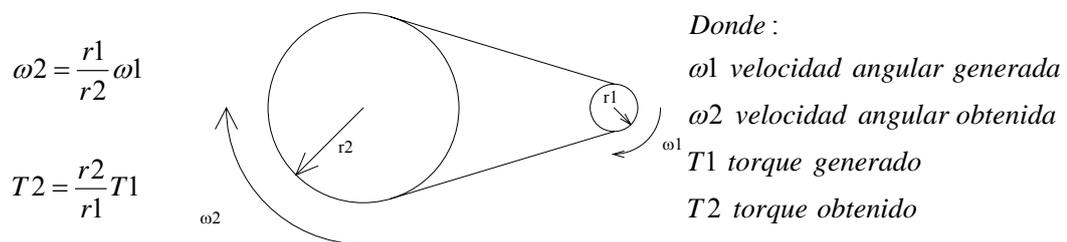


Figura. 3.4. Sistema de engranajes con cadena

Una persona tiene una velocidad promedio de 7 Km/h mientras se encuentra caminando normalmente, para poder permitir el desplazamiento a los niños con IMC se parte de la mitad de esta velocidad como velocidad deseada para poder determinar la velocidad del motor.

$$\text{Velocidad angular} = \frac{\text{Velocidad deseada}}{\text{Perímetro}} = \frac{3.5 \text{ Km/h}}{r \times \pi} = 123.79 \text{ rpm}$$

$$\omega_1 = \frac{r_2}{r_1} \omega_2 = \frac{60}{15} 123.79 = 495.16 \text{ rpm}$$

Esta es a velocidad que debe tener el motor, para alcanzar dicha velocidad se usa caja reductora de 5 a 1 con lo cual se necesita 2 motores con las características indicadas en la tabla 3.1

Tabla. 3.1. Características del Motor

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
Voltaje de operación	12	VDC
Velocidad sin Carga	2475	rpm
Potencia	24	Watts

Para poder manejar 24 Watts de potencia en los motores se tiene 2 Puentes H mediante el uso de transistores de potencia, se utiliza este método de activación de motores por la facilidad que presenta para una inversión de giro. En la figura 3.5 se tiene un diagrama esquemático del puente H, este se basa en las señales de control que son el avance y retroceso, las cuales se observan en la figura 3.6. Para poder controlar el motor usa 4 transistores de potencia y dos transistores de control que permiten activar los transistores de potencia.

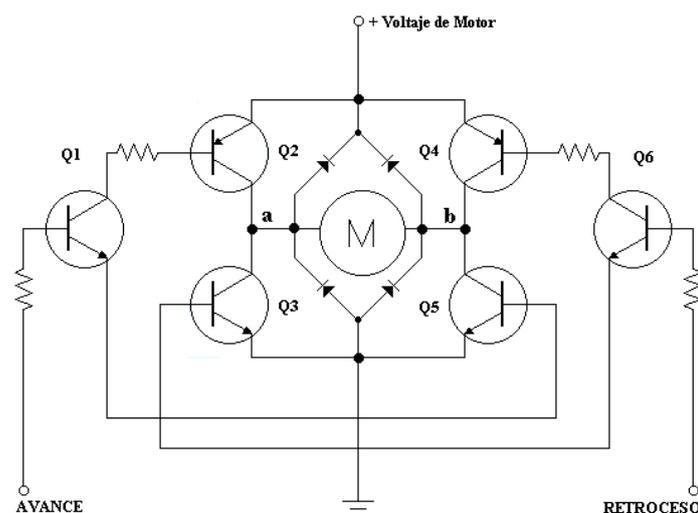


Figura. 3.5. Diagrama Esquemático del Puente H.

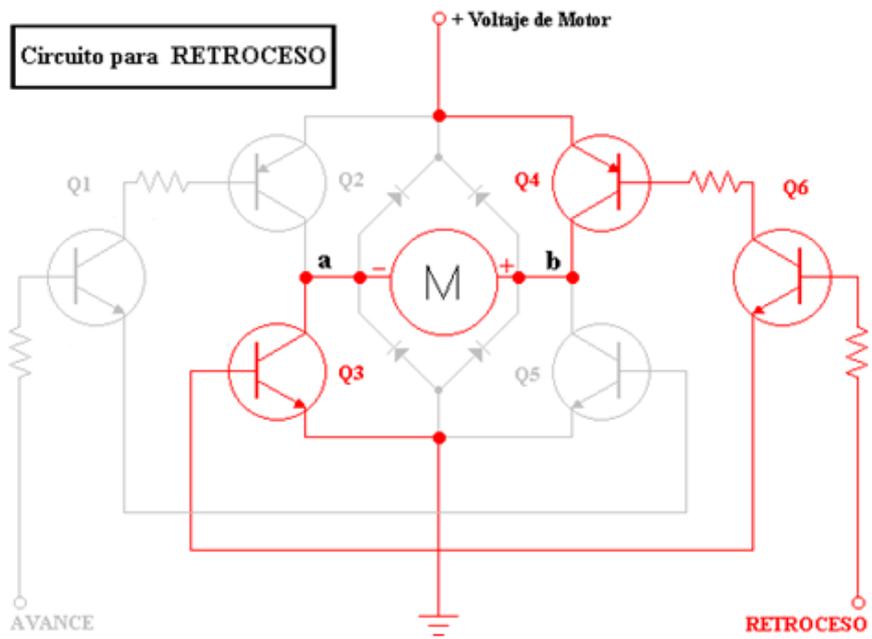
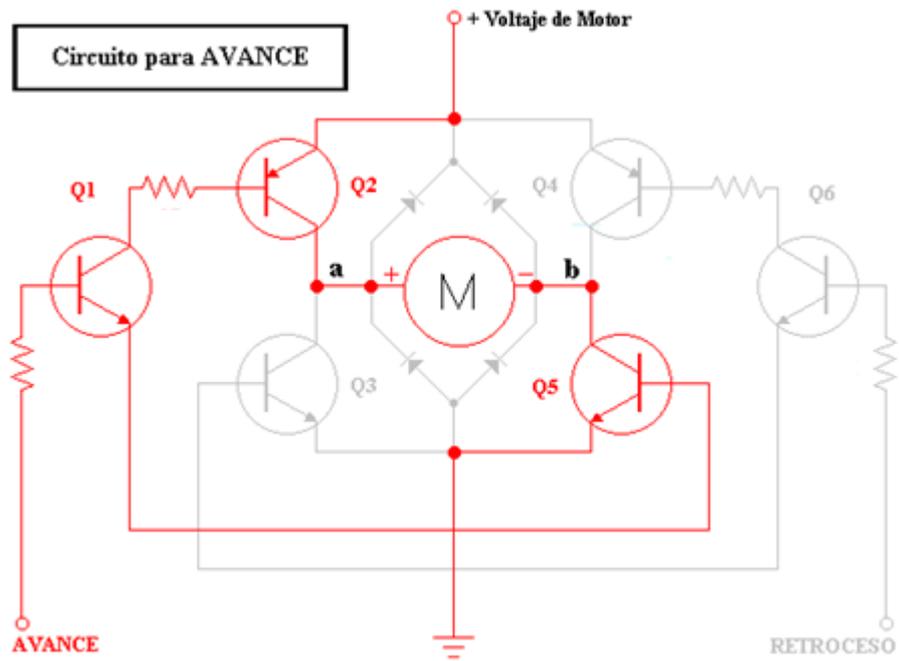


Figura. 3.6. Diagramas de funcionamiento Puente H.

El circuito Puente H permite controlar el motor pero para poder regular la velocidad se usa la técnica PWM (Pulse-Width-Modulation), esto permite variar el tiempo en mayor o menor medida en que se mantienen en nivel alto los pulsos, como se muestra en la figura 3.7. Consiguiendo de esta forma que la corriente sea la misma, la tensión no varíe, el torque del motor se mantenga y variar la velocidad del motor según el ciclo de trabajo

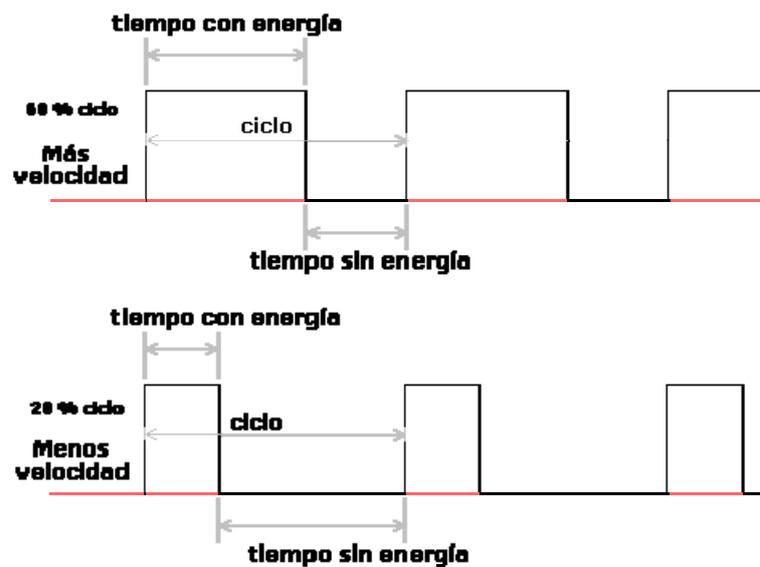


Figura. 3.7. Regulación por Ancho de Pulso

3.3 Sistema de sensamiento.

Para conseguir cierta autonomía en el control de impactos se utiliza principio del sistema de medición de distancias mediante sensores de ultrasonido, basado en la medición del tiempo de eco del ultrasonido y por la intensidad del eco de retorno como lo muestra la figura 3.8

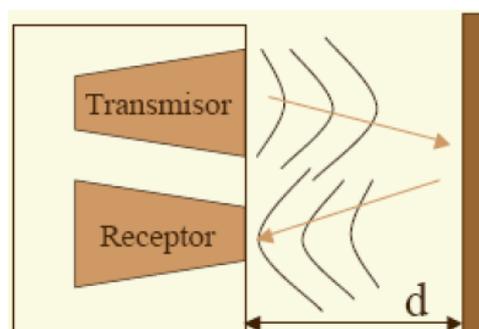


Figura. 3.8. Esquema de funcionamiento básico del sensor de ultrasonido.

La mayoría de los sensores de ultrasonido se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica, esto se puede observar en la figura 3.9

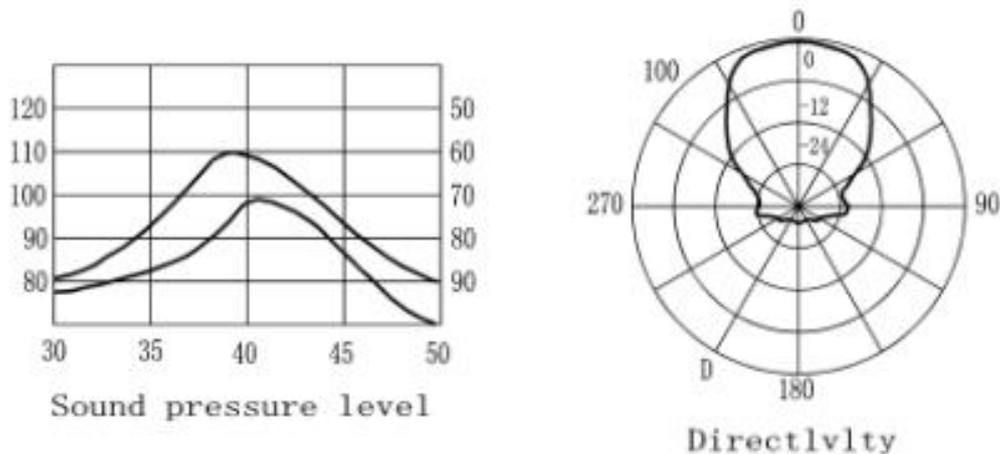


Figura. 3.9. Directividad del sensor de ultrasonido.

Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora, mediante la fórmula

$$d = \frac{1}{2} V t$$

Donde **V** es la velocidad del sonido y **t** es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso.

Pese a parecer un funcionamiento sencillo existen factores inherentes los cuales son:

- El campo de acción del pulso tiene forma cónica, por lo tanto la recepción del eco se recibe por cualquier objeto dentro de este campo de acción pero no especifica la localización angular del mismo, esto se muestra en la figura 3.10. Debido a que las distancias que necesitamos verificar son pequeñas, esta medida no afecta en gran medida al desempeño de la silla.

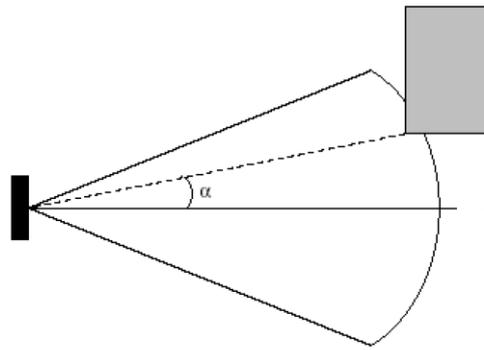


Figura. 3.10. Incertidumbre angular del sensor de ultrasonido.

- La cantidad de energía acústica reflejada por el obstáculo depende en gran medida de la estructura de su superficie, para obtener una reflexión altamente difusa del obstáculo, el tamaño de las irregularidades sobre la superficie reflectora debe ser comparable a la longitud de la onda de ultrasonido incidente.
- Las ondas de ultrasonido se mueven por un medio material que es el aire, la densidad del aire depende de la temperatura, se incluye este factor sobre la velocidad de propagación de la onda, como se aprecia en la figura 3.11, al tener un ambiente específico donde las temperaturas no varían drásticamente y las distancias a medir son pequeñas, la interferencia de temperatura afecta a la medida en milímetros.

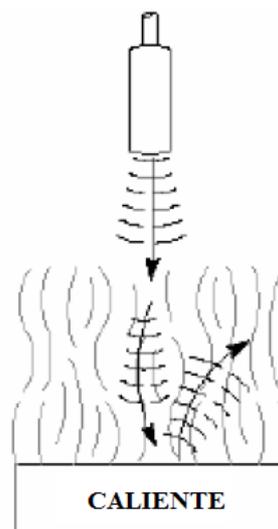


Figura. 3.11. La temperatura afecta la capacidad de detección.

- El factor de error más común son los falsos ecos, esos pueden darse cuando la onda emitida por el transductor se refleje varias veces en diferentes superficies, antes de que vuelva a incidir en el transductor, obteniendo así distancias mucho mayores a las reales, otra causa muy común es cuando varios sensores trabajan al mismo tiempo, lo que puede ocasionar que un sensor emita un pulso y sea recibido por otro que estuviese esperando el eco. Esto se aprecia en la figura 3.12. Para solucionar este problema activamos uno a uno los sensores de ultrasonido por un tiempo determinado en espera de la recepción de la onda transmitida.

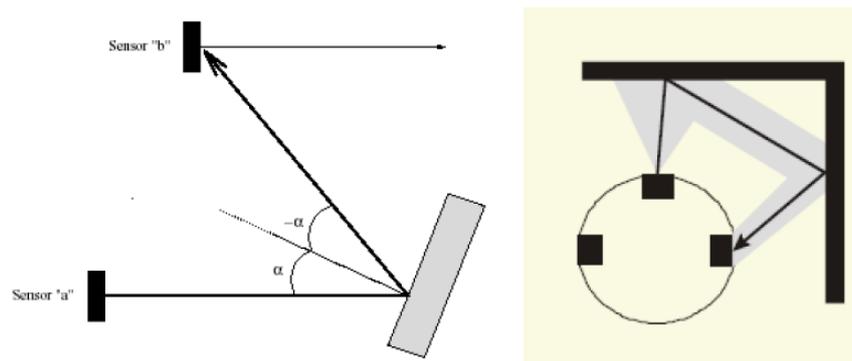


Figura. 3.12. Falsos ecos en mediciones.

- Las ondas de ultrasonido obedecen a las leyes de reflexión de ondas, por lo que una onda de ultrasonido tiene el mismo ángulo de incidencia y reflexión respecto a la normal superficie, esto implica que si la orientación relativa de la superficie reflectora con respecto al eje del sensor de ultrasonido es mayor que un cierto umbral, y puede darse que el sensor no reciba el pulso de sonido que emitió, esto se muestra en la figura 3.13. Entre menor es este ángulo, mayor es la probabilidad de perderse y producir falsas medidas de gran longitud.

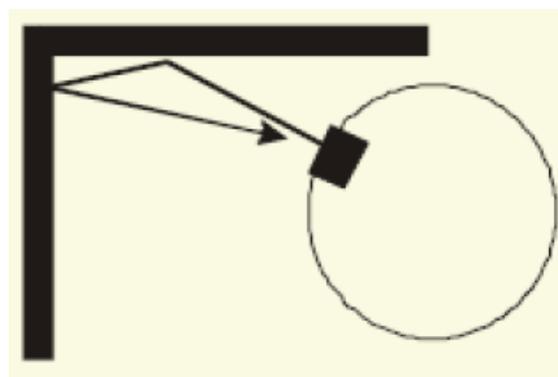


Figura. 3.13. Ángulo de incidencia en mediciones.

Teniendo en cuenta estos factores que afectan a los ultrasonidos, se establece que cada detector funcionará uno a la vez, mediante la transmisión de una señal de 40 Khz en donde se producen 20 pulsos y se comienza a detectar la señal de entrada desde un tiempo establecido, esto se aprecia en la figura 3.14

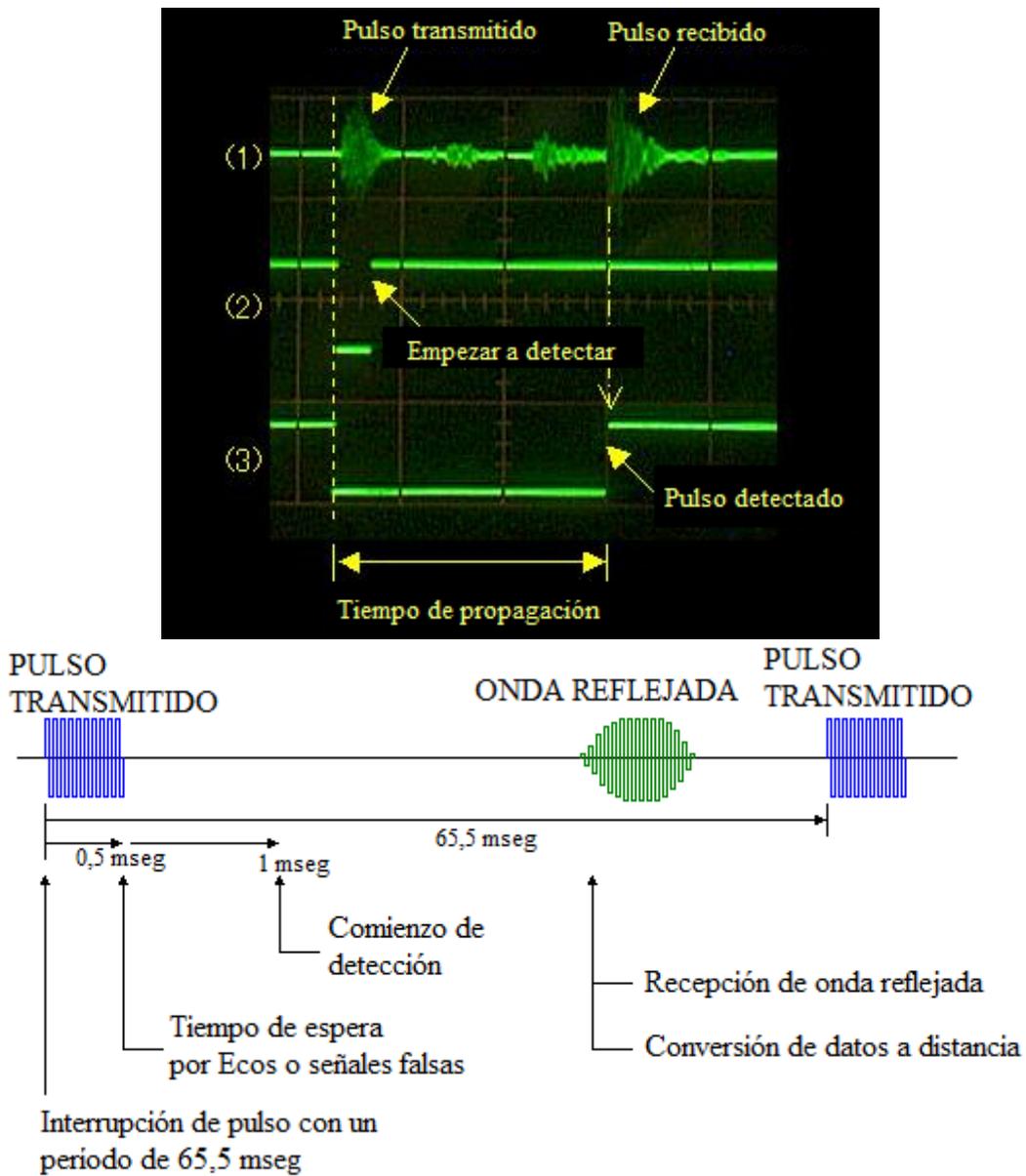


Figura. 3.14. Análisis de señales.

3.5 Diseño del sistema controlador

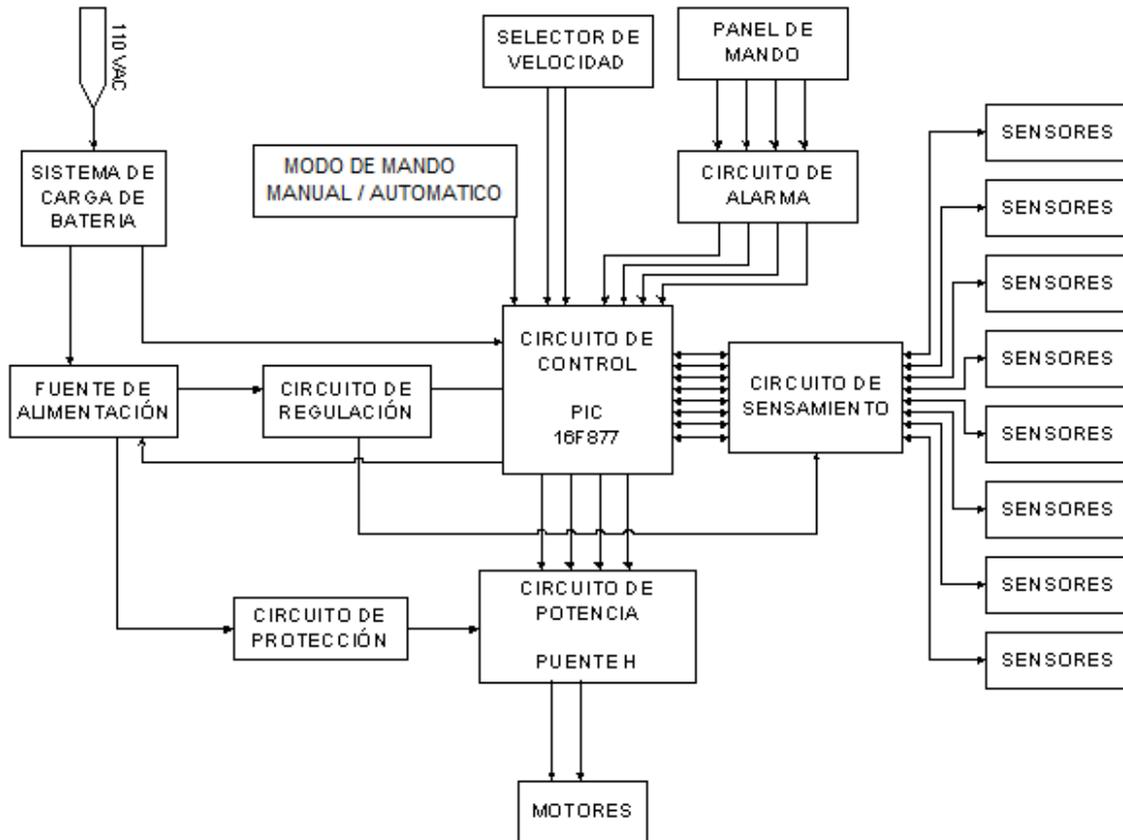


Figura. 3.15. Diagrama de Funcionamiento

El diagrama de bloques que se muestra en la figura 3.15 indica el funcionamiento del prototipo realizado, este consta de una fuente de alimentación la que proporciona toda la energía necesaria, un circuito de regulación que nivela y proporciona los diferentes niveles de voltaje necesarios, la parte principal del sistema es el circuito de control que obtiene las señales de velocidad y dirección, el cual tiene un circuito de alarma en caso de desconexión, en caso de estar funcionando en modo manual el controlador envía las señales necesarias al puente H para generar el movimiento deseado y en caso de estar en modo automático enviará señales a los sensores ultrasónicos para poder verificar el entorno y permitir o no el movimiento.

3.5.1 Sistema de carga de batería

El sistema de energía será provisto por una batería seca libre de mantenimiento de 9 amperios hora, esto permitirá tener una autonomía de aproximadamente 3 Horas antes de realizar una recarga de las baterías mediante el circuito que se muestra en la figura 3.16

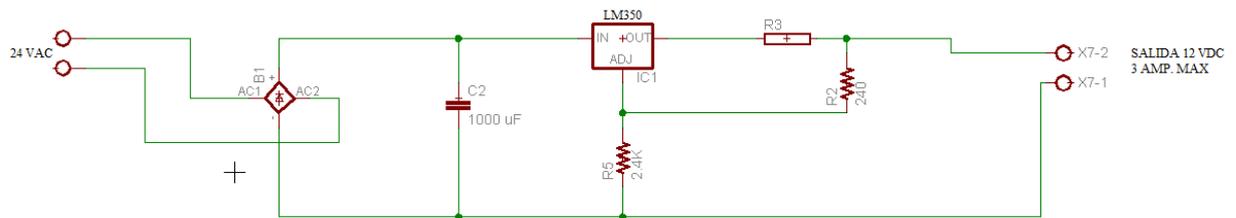


Figura. 3.16. Diagrama para carga de batería.

En este circuito podemos apreciar un capacitor que actúa como filtro para cualquier tipo de variaciones de voltaje, el integrado LM350 es un regulador de voltaje de 3 Amp. El cual tiene dentro de su circuitería protecciones para sobrecarga, limitador de corriente y protección por sobre temperatura, mediante el arreglo de resistencias R2 y R5 obtenemos un voltaje de salida que permitirá cargar las baterías, la resistencia R3 afecta directamente la impedancia de salida del cargador, mediante una resistencia de valor bajo conseguimos un valor bajo de carga para cuando las baterías ya se encuentran cargadas.

3.5.2 Fuente de alimentación y regulación

La alimentación del sistema es proporcionada por las baterías, este voltaje es filtrado mediante el capacitor C15 para mantener un voltaje constante, se pone un diodo zener de 12VDC como protección de sobrevoltaje y un fusible en caso de algún cortocircuito, mediante un zener de 7.5 VDC obtenemos una referencia de voltaje en la resistencia R30 la cual permite conocer en nivel de voltaje que se tiene en la batería, esta señal se manda a una entrada analógica del PIC.

Se coloca un led y una resistencia para indicar que se encuentra en funcionamiento el sistema, luego de todos los indicadores se tiene reguladores de voltaje que permiten conseguir los voltajes necesarios para el funcionamiento de los distintos dispositivos, el regulador 7812-AUX permite tener el voltaje de salida auxiliar, tanto el diodo como el fusible son elementos de protección y la resistencia R91 es utilizada para mantener un voltaje de salida constante. El momento de conectar el cargador alimentamos directamente un relé, el cual permite conmutar la batería que se encuentra separada para poder cargar la batería de control, esto se muestra en la figura 3.17.

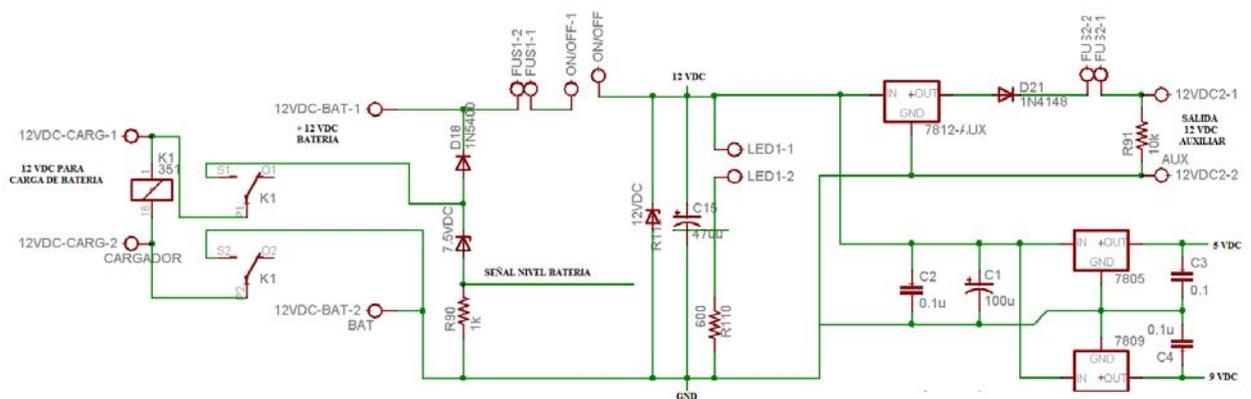


Figura. 3.17. Diagrama para fuente de alimentación y regulación.

3.5.3 Circuito de control

Todas las señales de Control hacia motores se las generará desde el Microcontrolador PIC16F877A, el cual también se encargará de procesar todos los datos obtenidos por los sensores y dispositivos de entrada, esto se muestra en la figura 3.18 y las diferentes señales que controla se muestran en la tabla 3.1

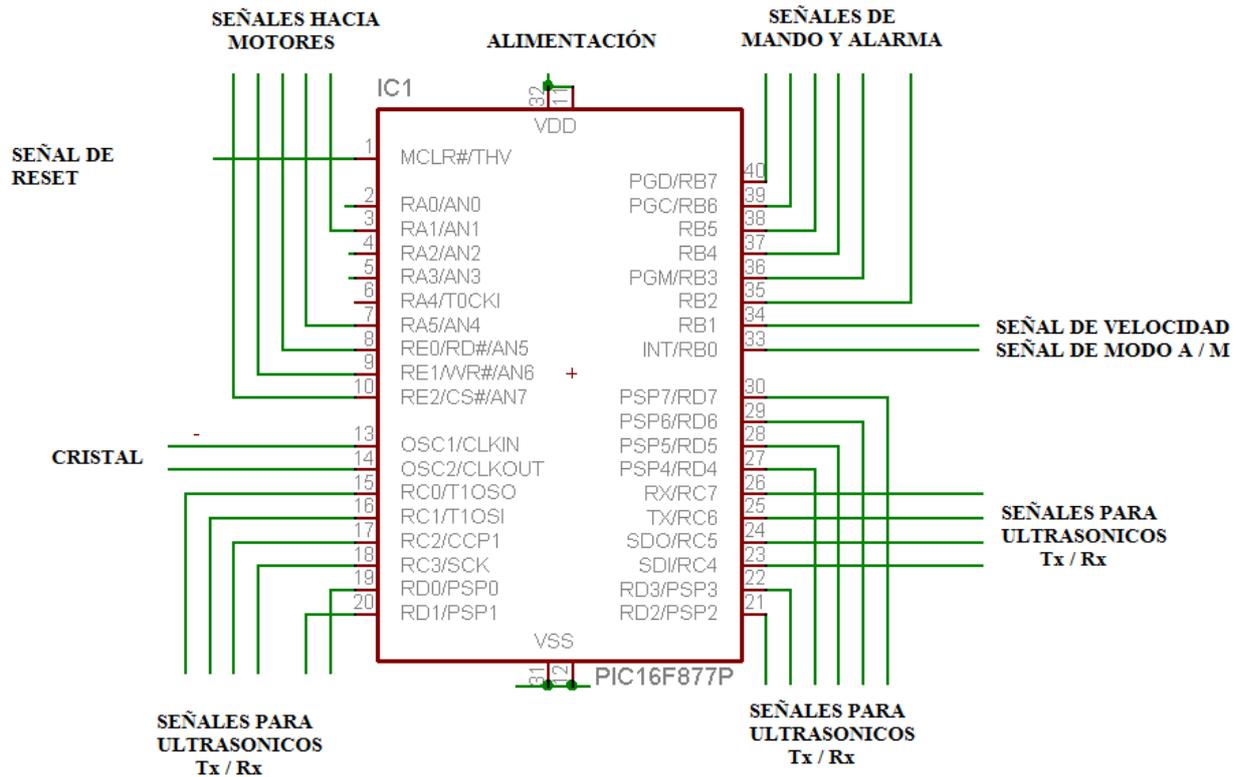


Figura. 3.18. Diagrama del microcontrolador.

3.5.4 Circuito para señales de mando y alarma

Para el mando de activación se utiliza pulsadores y un sistema de alarma en caso de desconexión, el cual se realiza mediante un circuito comparador, este permite comparar las señales en caso de que se presione el pulsador dando un voltaje referencial, y otro voltaje en caso de desconexión, esto analizan los comparadores y entregan una señal de 12VDC en caso de ser la una u otra señal, se utilizaron resistencias de $1K\Omega$ por ser las más comunes en el mercado en caso de querer realizar otro tipo de mando, y potenciómetros que permiten regular los niveles de voltaje deseados, las salidas de los operacionales se mandan al PIC mediante diodos zener de 7.5 VDC y resistencias a tierra que permiten regular el voltaje de ingreso al PIC, este efectúa el movimiento correspondiente al pulsador presionado, en caso de producirse una alarma, esta señal activa un led para indicar este estado y el PIC mediante programación deshabilita los motores, este circuito se aprecia en la figura 3.19.

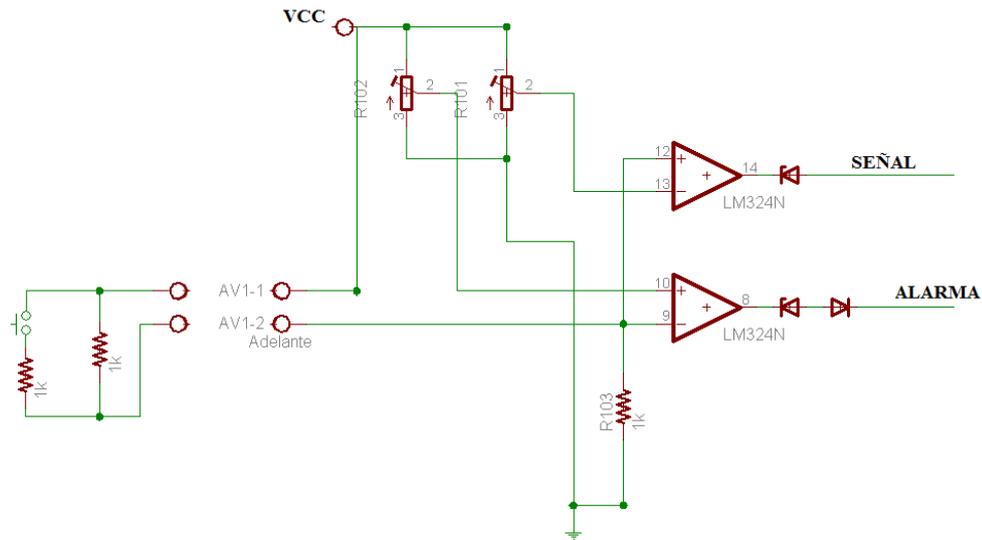


Figura. 3.19. Circuito de señal de mando y alarma.

3.5.5 Circuito de Potencia

Para la activación de motores se usa puentes H que se encuentran en el integrado L298, este permite manejar hasta 4 Amperios y un rango de voltaje hasta 46 VDC, tiene protecciones por exceso de temperatura y una entrada que permite activar los motores la cual es enviada desde el PIC, la conexión de estos elementos se muestran en la figura 3.20.

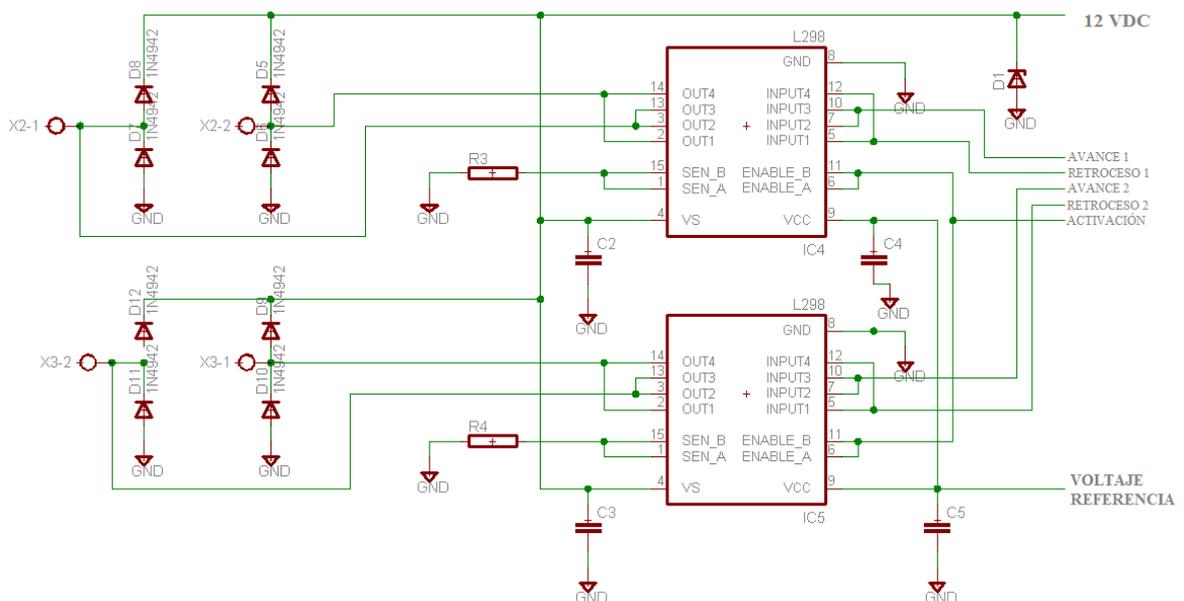


Figura. 3.20. Circuito Puente H.

Para la recepción de la señal ultrasónica se utiliza el siguiente circuito, el cual amplifica la señal mil veces, esto dado por las características de los sensores usados, 100 en el primer operacional lo cual se consigue mediante las resistencias de $100\text{K}\Omega$ y la de $1\text{K}\Omega$ obteniendo la amplificación de 100, en el segundo operacional de igual forma mediante los valores de las resistencias obtenemos una amplificación de 10 en el segundo, se colocaron dos amplificadores con esas relaciones de resistencias para evitar el ruido que pueden provocar, se utiliza un voltaje de referencia debido a que la señal emitida tiene valores positivos y negativos, obteniendo de esta manera menor distorsión en la señal. Este circuito se lo muestra en la figura 3.22.

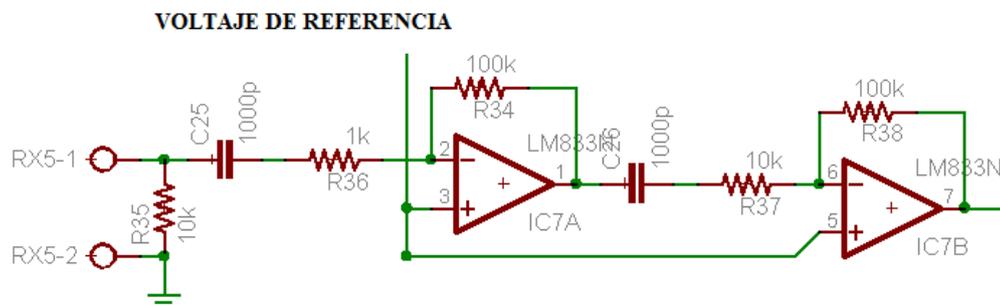


Figura. 3.22. Circuito de Recepción.

La señal es rectificadora mediante la barrera Shottky, la cual es una configuración de diodos para ser utilizada en altas frecuencias, de esta manera el capacitor almacena la energía proporcionada por los diodos. Luego esta onda es tratada mediante el disparador Schmitt-Trigger el cual permite obtener la onda cuadrada, esta es procesada por el PIC para saber la distancia a la que se encuentra el objeto y mediante este dato permite o no el desplazamiento de la silla. Este esquema se muestra en la figura 3.23.

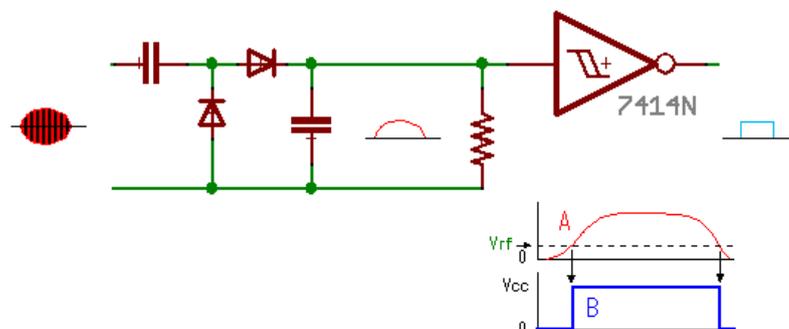


Figura. 3.23. Circuito de Rectificación.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO ALTERNATIVO

4.1 Firmware del Sistema Controlador

Todo el software ha sido desarrollado y compilado enteramente en lenguaje Basic, utilizando el programa PICBasic Pro, el cual permite el uso de varios comandos predefinidos y la creación ágil de variables y asignaciones a las mismas de los diferentes puertos del microprocesador utilizado, lo cual ayuda significativamente en el momento mismo del diseño. Adicionalmente toda la estructura del programa se la ha simplificado en una serie de instrucciones principales, las cuales de ser necesario realizan llamados a diferentes subrutinas durante la ejecución del programa, reduciendo con esto significativamente el código fuente del microprocesador.

El software en si se divide en dos partes principales, la primera ejecuta todos los comandos de control manuales de los motores, sin hacer uso absoluto de los diferentes sensores ubicados alrededor de la silla, tomando en cuenta únicamente las diferentes alertas que pueden afectar este modo de uso, como lo son el de alerta de batería baja de la etapa de control, la alerta de desconexión o mala conexión del joystick o dispositivo controlador de movimiento/dirección y por último el de control de velocidad.

La segunda parte u opción de control principal es el de movimiento con asistencia guiada por los diferentes sensores ultrasónicos, cuyo objetivo principal se resume en los siguientes puntos:

- Evitar la colisión directa frontal, posterior o de giro dependiendo la dirección de movimiento deseada, parando completamente el movimiento de los motores.
- Corregir la trayectoria tanto para la dirección frontal como posterior de la silla, realizando un movimiento forzado de los motores hacia la dirección opuesta del obstáculo cuando este se de cómo se muestra en las siguientes dos opciones posibles, según la figura 4.1.

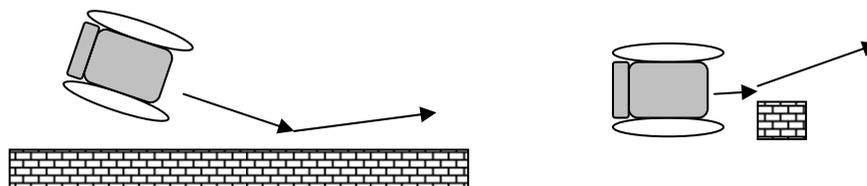


Figura. 4.1. Corrección de Trayectoria

- Al igual que la opción de control manual, la operación del modo automático depende adicionalmente de factores como la alerta de batería baja del control principal, alerta de desconexión o mala conexión del joystick controlador, alerta de proceso de carga de las baterías y por último la opción de velocidad media.

Para el cumplimiento de todos estos puntos es que se ha diseñado el software tomando en cuenta el siguiente flujograma de funcionamiento:

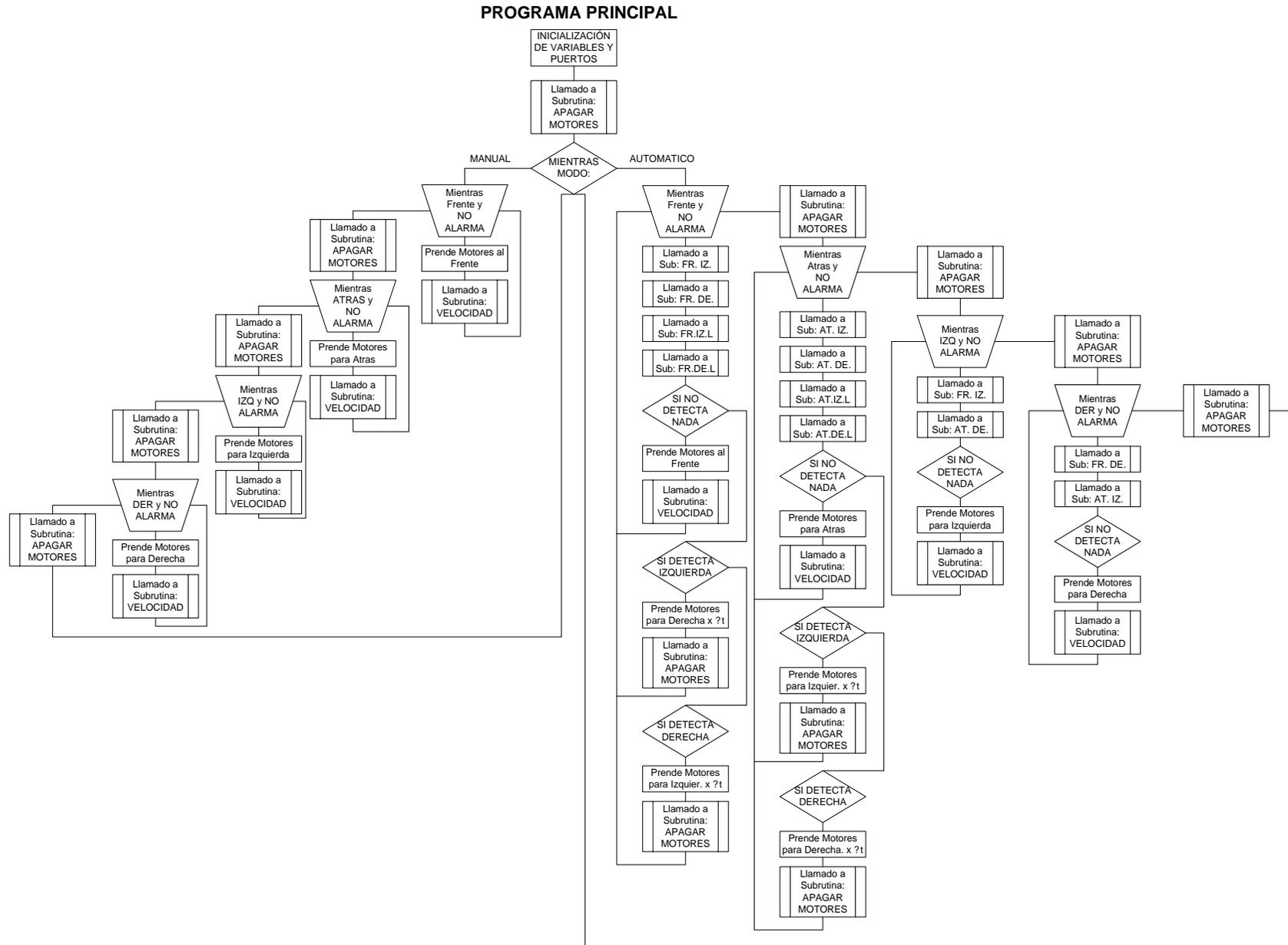


Figura. 4.2. Flujoograma Principal de Funcionamiento

En el cual se pueden observar el llamado a diferentes subrutinas las cuales se describirán a continuación:

4.1.1 Subrutina APAGAR MOTORES:

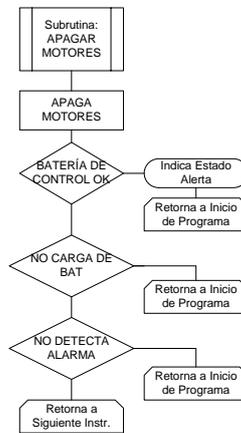


Figura. 4.3. Flujograma Apagar Motores

La cual se encarga del apagado total de los dos motores, y tiene además las funciones de detectar el estado falta de carga de la batería de control, el estado de proceso de carga de las baterías, y por último el de desconexión o mala conexión el sistema joystick, para lo cual si se da una de estas alertas el sistema automáticamente reinicia el programa principal evitando así que el sistema siga su funcionamiento normalmente; si ninguna de estas alertas se da, el programa retorna a la siguiente instrucción desde donde fue llamada la subrutina después de haber apagado los motores.

4.1.2 Subrutina VELOCIDAD:

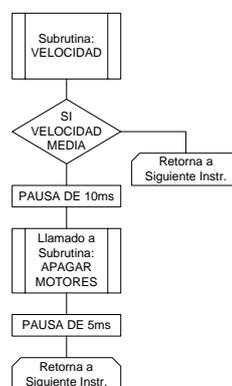


Figura. 4.4. Flujograma Velocidad

En la subrutina de Velocidad se desarrolla el control de velocidad de los motores, siempre y cuando el selector de la misma lo escoja, por medio de su activación por 10ms y la realización de una pausa apagándolos por un tiempo de 5ms y desarrollando con esto una activación tipo PWM del 67% en los mismos para seguidamente retornar al siguiente ciclo de la ejecución del programa.

4.1.3 Subrutinas FRENTE y/o ATRÁS IZQUIERDA:

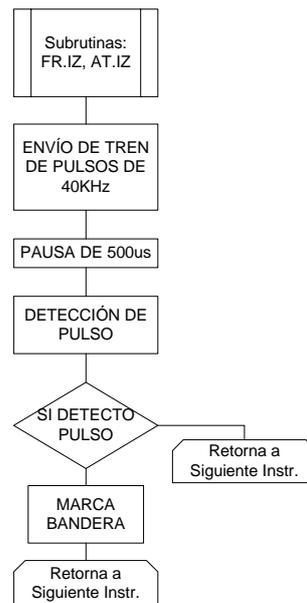


Figura. 4.5. Flujograma Frente y/o Atrás Izquierda

Estas subrutinas son las encargadas de la detección de obstáculos tanto en la parte frontal como posterior de la silla por medio de los sensores ubicados hacia el lado izquierdo de cada ubicación. Con el envío de un tren de pulsos de 40KHz por 500us por el ultrasónico transmisor, y la realización de una pausa por un período igual para evitar la recepción inmediata del mismo pulso enviado, entra en la etapa de la posible recepción la cual detectará un obstáculo dentro de 30cms, si esta detección se da, la subrutina marca una bandera para el programa principal y retorna a la siguiente instrucción desde donde fue llamada, en cambio de no ser así, retorna a la siguiente instrucción sin hacer nada.

4.1.4 Subrutinas FRENTE y/o ATRÁS DERECHA:

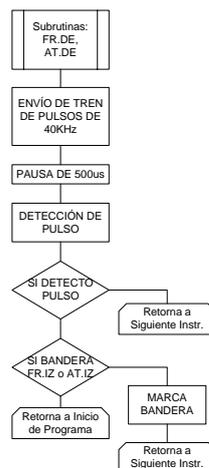


Figura. 4.6. Flujograma Frente y/o Atrás Derecha

Estas subrutinas son muy similares a las llamadas hacia el FRENTE y hacia ATRÁS DERECHA, con la diferencia de que en esta lógica se evalúa si se encontró un obstáculo en los dos sensores frontales o posteriores del lado Izquierdo y Derecho, la subrutina retorna al inicio del programa principal deteniendo completamente al movimiento de la silla y teniendo la única posibilidad de realizar un movimiento diferente al deseado. En cambio si la subrutina detecta que sólo se detectó un obstáculo en el lado derecho, el sistema marca la respectiva bandera y retorna a la siguiente instrucción permitiendo con esto tener una mayor automatización de movimiento y evasión de obstáculos para un desplazamiento más constante hacia el usuario.

4.1.5 Subrutinas FR. IZQUIERDA, FR. DERECHA, AT. IZQUIERDA y/o AT. DERECHA:

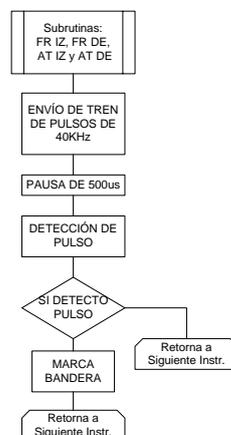


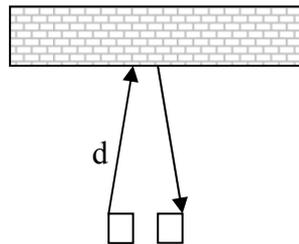
Figura. 4.7. Flujograma Fr. Iz., Fr. De., At. Iz., At. De.

El funcionamiento de detección de estas subrutinas son exactamente iguales a las de FRENTE y ATRÁS, lo que las diferencia es que las mismas al detectar el pulso de recepción dentro de los 30cms marca una bandera indicadora para el programa principal y después, sea que detecte o no, retorna a la siguiente instrucción desde donde fue llamada.

Para finalizar, la distancia mínima de sensamiento depende directamente de la pausa de 500us programada en el firmware del sistema, y del comportamiento mismo de los sensores ultrasónicos, de donde tenemos que la distancia a cubrir viene dada aplicando la siguiente fórmula:

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

$$d = \frac{343 \frac{m}{s} \times t}{2}$$



Donde:

d distancia en metros

v velocidad en m/s

t tiempo en segundos

Figura. 4.8. Funcionamiento de Sensores Ultrasónicos

Siendo 343 m/s la velocidad del sonido, y la distancia que recorre el pulso es el doble, debido a la emisión y rebote de la señal, tomando en cuenta esta fórmula y el pulso desde que se lo transmite y la pausa que evita la falsa detección, tenemos que la distancia mínima a sensar es:

$$d = \frac{v \cdot t}{2} = \frac{343 \frac{m}{s} \cdot (500 \mu s + 500 \mu s)}{2} = 17,15 \text{ cms}$$

Teniendo con esto un margen de detección desde los 17,5cms hasta los 30cms aproximadamente, distancia máxima la cual se da por la pérdida de la señal en la propagación por el aire.

El firmware resultado de este proyecto se lo puede observar en el Anexo 2 adjunto a esta monografía.

CAPÍTULO V

IMPLEMENTACIÓN

5.1 Integración del Sistema a una silla de ruedas mecánica

Para adaptar el sistema de sensores ultrasónicos a la silla de ruedas, se coloca recubrimientos metálicos en todos los sensores, esto para evitar que se rompan o dañen por un impacto, se los coloca en una configuración de cinturón de sensores tanto transmisores como receptores, mediante el cual se verifica el entorno de la silla, la ubicación de los mismos se muestra en la figura 5.1

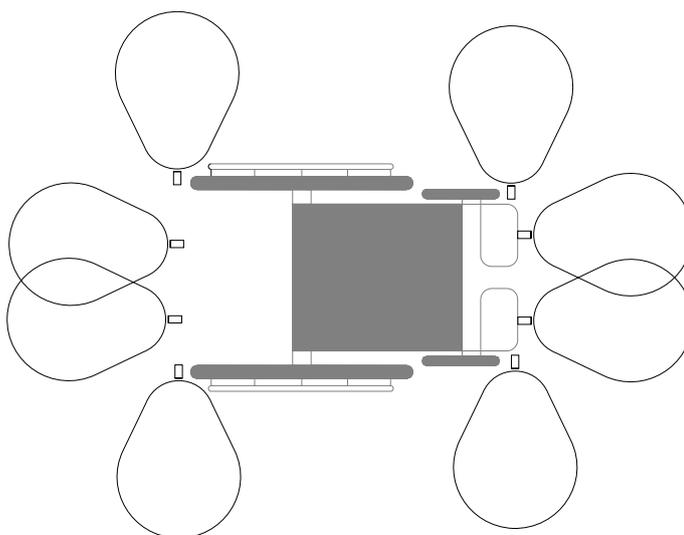


Figura. 5.1. Distribución de sensores

Debido a que el entorno en el cual se va a desenvolver la silla presenta un mismo nivel, se reubicaron los sensores que permitían reconocer huecos o gradas. La disposición de los sensores se muestra en la figura 5.2



Figura. 5.2. Instalación de sensores

El sistema de tracción de motores, junto con cadenas y engranajes se muestra en la figura 5.3.



Figura. 5.3. Sistema de tracción

Se coloca una tapa que se muestra en la figura 5.4 en la que constan, el switch de encendido general, switch para escoger modo automático o manual, switch para escoger la velocidad. Para el sistema de mando se coloca un conector DB9 para el acople de cualquier tipo de mando que se diseñe o necesite el centro, a parte se coloco una salida auxiliar de 12 voltios DC con un fusible de 500 mA. Esta salida es para uso adicional en caso de ser necesario el momento de diseñar métodos de mando adicionales.

También hay 3 porta fusibles que permiten proteger circuito de control siendo este un fusible de 1 amperio, un fusible de 8 amperios para el circuito de control de motores y un fusible de 3 amperios para el sistema de recarga de baterías. Existen 3 leds los cuales indican que la batería baja, desconexión de mando de control y encendido general.



Figura. 5.4. Elementos de control

En cuanto al mando consta de un joystick el cual tiene cuatro pulsadores con los que indica el movimiento deseado, este se muestra en la figura 5.5 y cuyo diagrama de conexión se muestra en la figura 5.6



Figura. 5.5. Disposición general de la silla

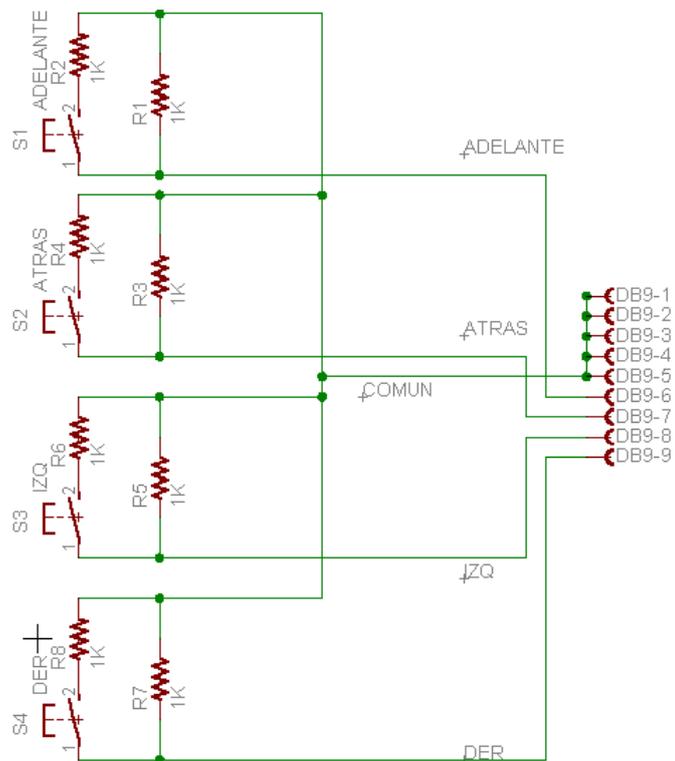


Figura. 5.6. Diagrama de conexión para mando de control

5.2 Esquema y diseño de placa para circuito de control

El circuito de control se realizó en una placa de doble lado, para el diseño y ruteado de la placa se hizo con el software EAGLE. El Diagrama ampliado se lo puede observar en el Anexo 1 adjunto a esta monografía.

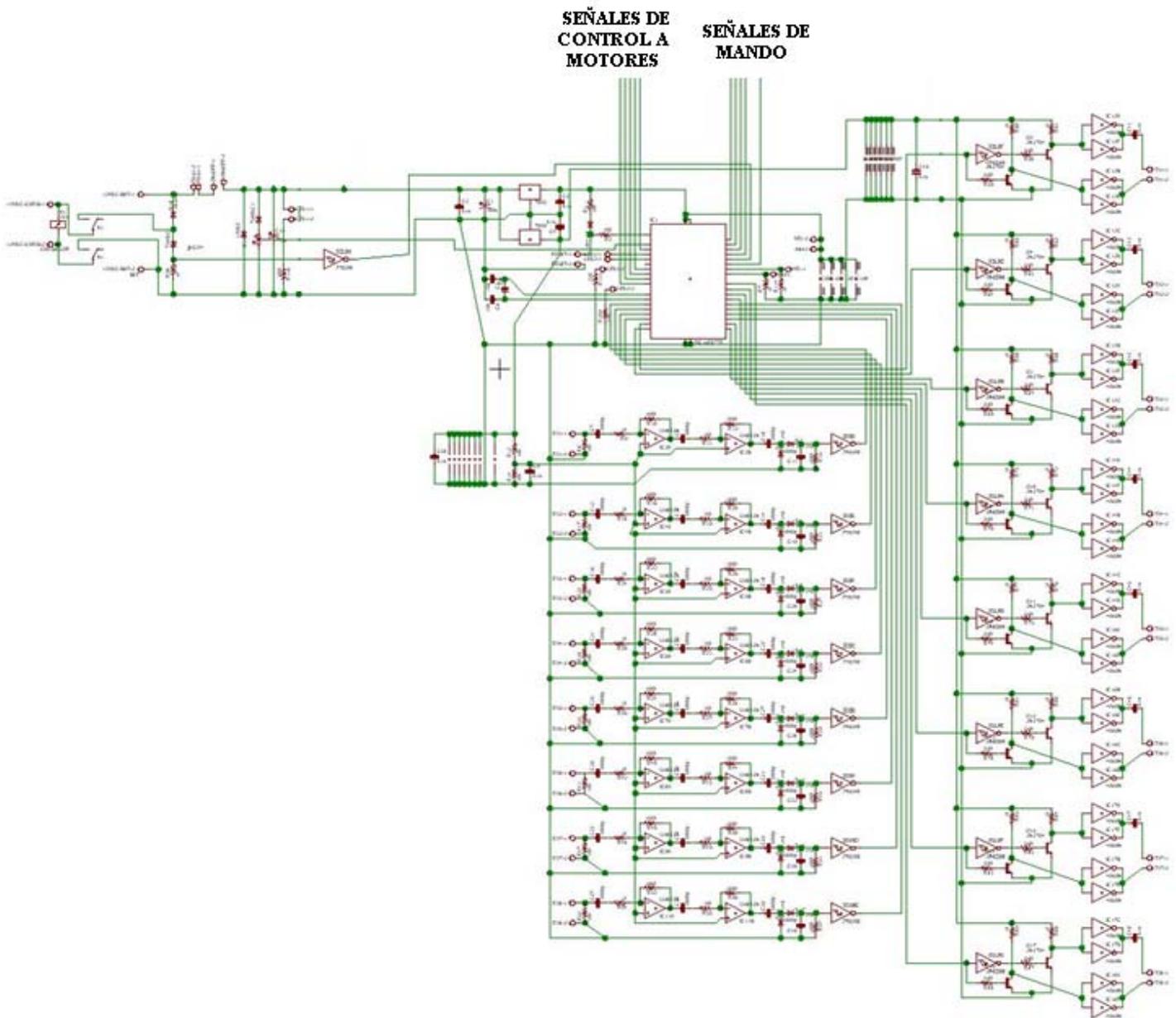


Figura. 5.7. Esquema general para placa de control

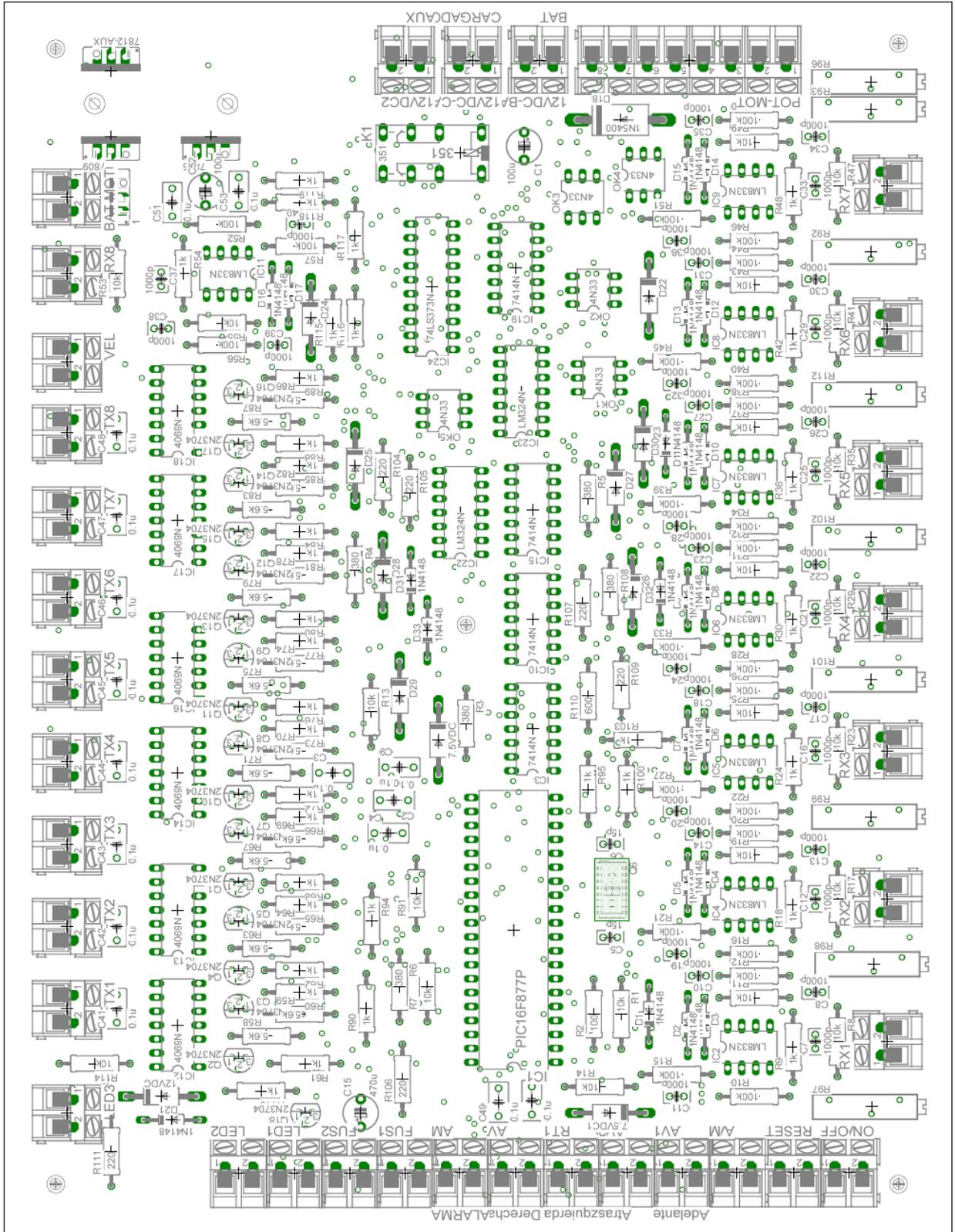


Figura. 5.8. Distribución de elementos para placa de control

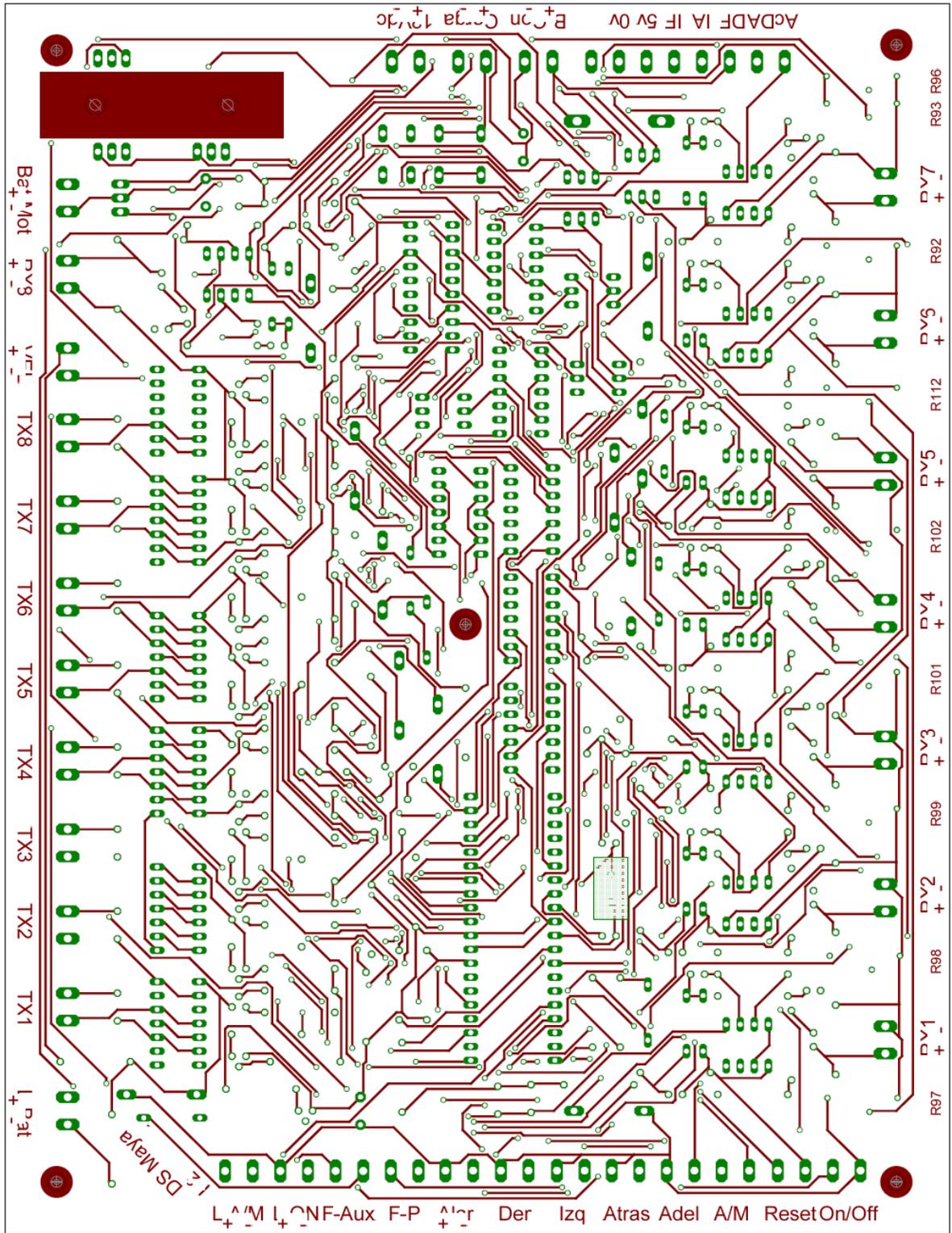


Figura. 5.9. Ruteado superior para placa de control

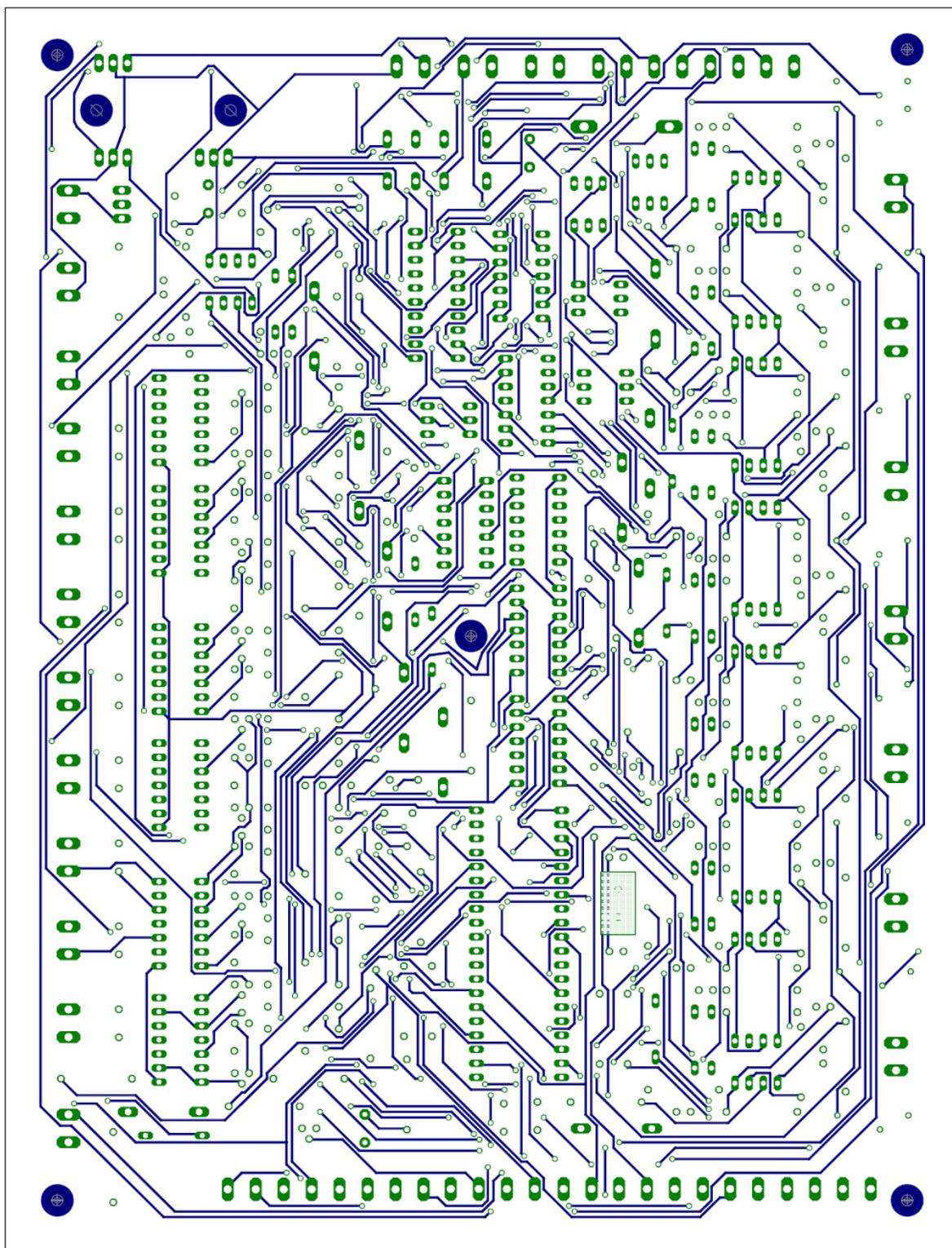


Figura. 5.10. Ruteado inferior para placa de control

5.3 Esquema y diseño de placa para circuito de potencia

Tanto la parte de potencia de motores como el circuito de recarga de batería se realiza en una placa por separado, con el diagrama de funcionamiento de la figura 5.11.

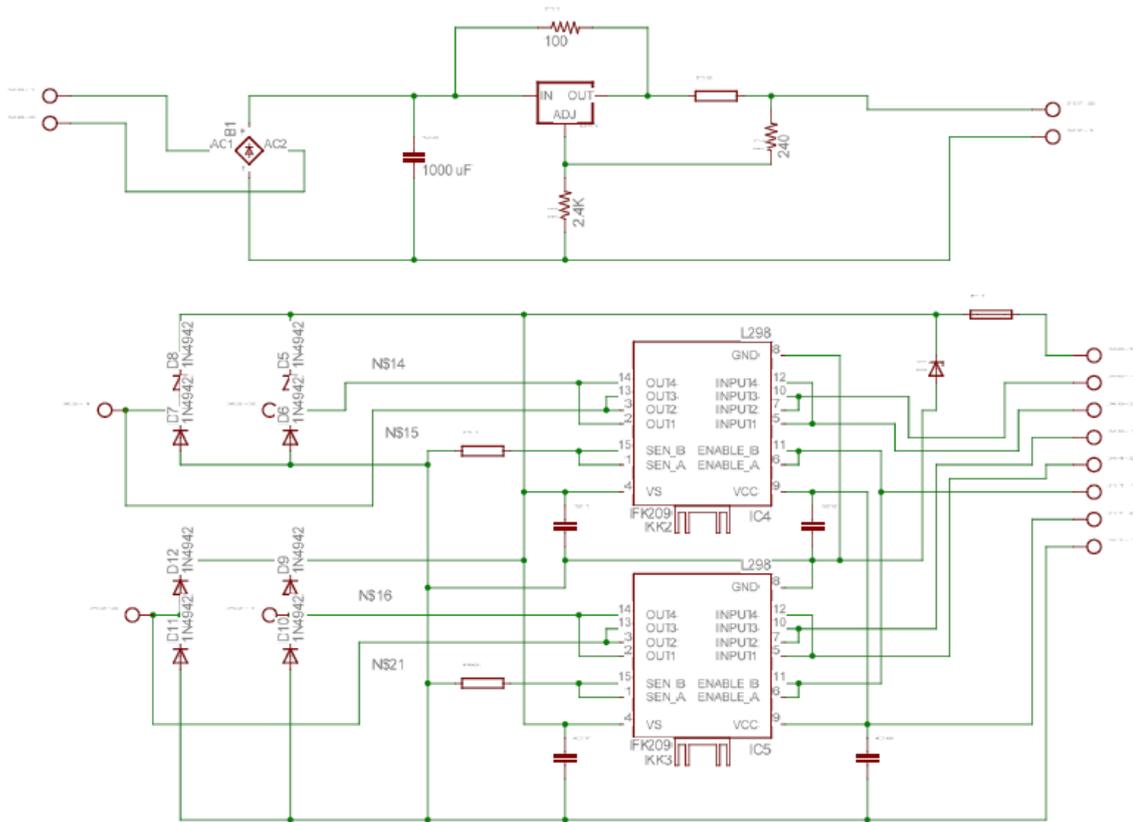


Figura. 5.11. Esquema general para placa de potencia

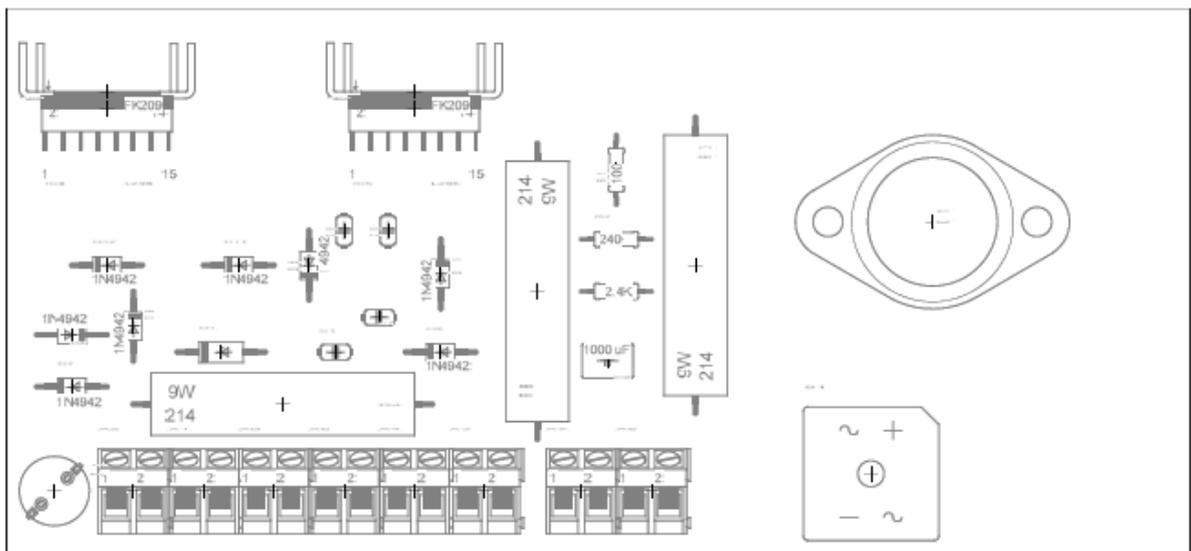


Figura. 5.12. Distribución de elementos para placa de potencia

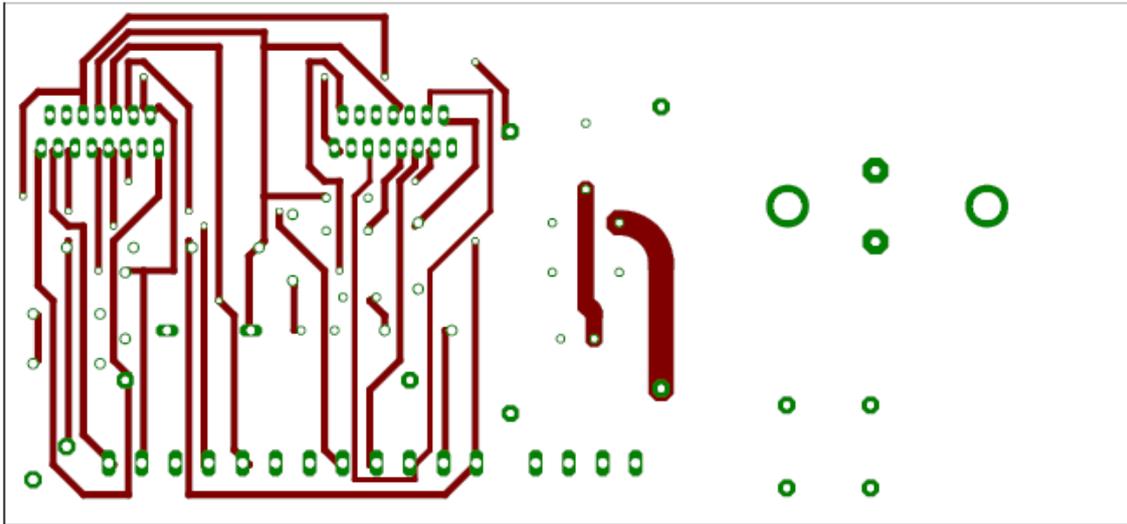


Figura. 5.13. Ruteado superior para placa de potencia

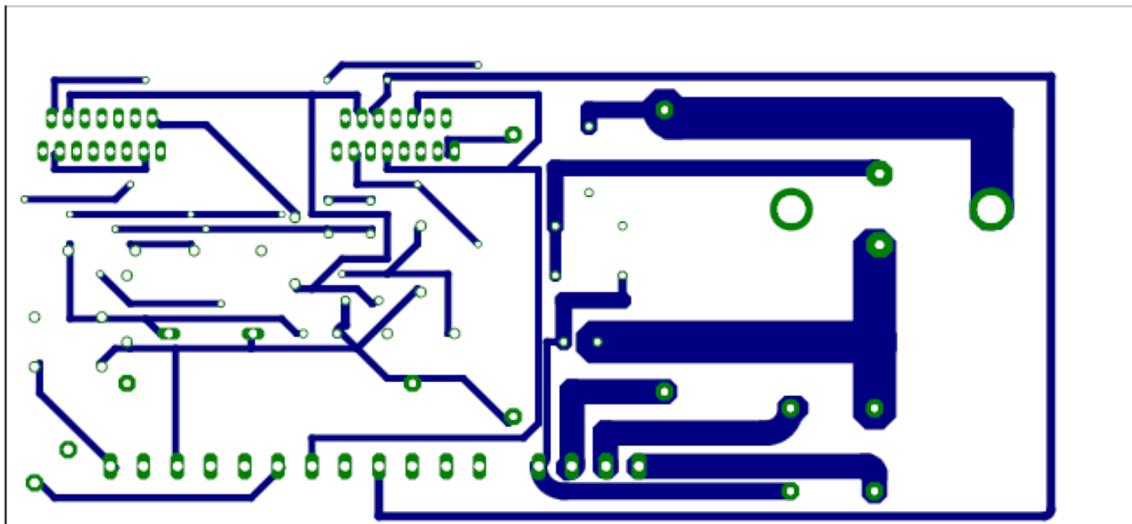


Figura. 5.14. Ruteado inferior para placa de potencia

Los motores eléctricos generan ruido y esto afecta el desenvolvimiento de los sensores ultrasónicos haciendo que den falsas medidas, para evitar esto se coloca otra batería de 1,3 Ah la cual suministra toda la energía necesaria a la placa de control y otras dos baterías de 7Ah para la alimentación de motores, mediante el uso de opto acopladores se envía las señales al circuito de potencia, en cuanto a la carga de dicha batería se coloca un módulo

de relé que conecta y desconecta la batería adicional el momento que se conecta la carga de baterías.

CAPÍTULO VI

PRUEBAS Y RESULTADOS

Al terminar la construcción del prototipo y luego de haber realizado las correcciones necesarias, se recopiló la información necesaria para verificar los requerimientos planteados en el Capítulo II. El diseño empezó desde una silla de ruedas plegable que se encuentra comúnmente en el mercado, la disposición de los elementos se mantuvo según lo diseñado para poder mantener un centro de gravedad estable y los elementos de potencia que se utilizaron fueron puentes H integrados ya que brindan mayores protecciones a un bajo costo.

En cuanto a la etapa de control todos los dispositivos se los puede conseguir a nivel nacional, la parte de sensamiento en sí es la más complicada en cuanto a elección de dispositivos ya que los sensores ultrasónicos se los debe importar.

Antes de realizar las respectivas pruebas en campo, se realizaron ciertas mediciones y pruebas del desempeño de los sensores para estar seguros del correcto trabajo de la silla, obteniendo los siguientes resultados:

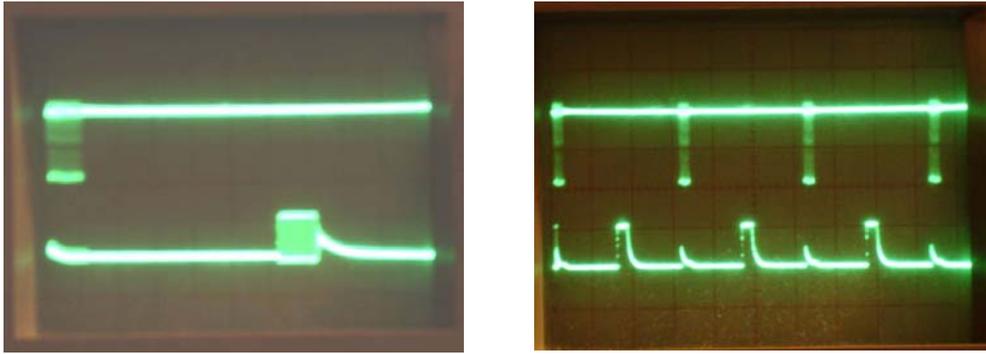


Figura. 6.1. Señal emitida vs. Señal recibida

En las dos gráficas que se muestran en la figura 6.1 se pueden observar las señales emitidas versus las señales recibidas, en el primer caso se muestra la señal antes de pasar por el respectivo filtro rectificador, mientras que en la segunda gráfica se visualiza la señal que finalmente es ingresada en el inversor con Smith Trigger previo su tratamiento en el microcontrolador.

Adicionalmente se puede observar la recepción del pulso falso en el mismo momento de ser emitido, por lo cual es muy importante su consideración en el momento del diseño mismo del firmware en el proceso de recepción.

Finalmente la señal final obtenida y tratada por el microcontrolador es la que se puede observar en la figura 6.2, en la cual se pueden identificar tanto la señal de pulsos falsos, como las señales verdaderas, en bajo que ingresan al PIC.

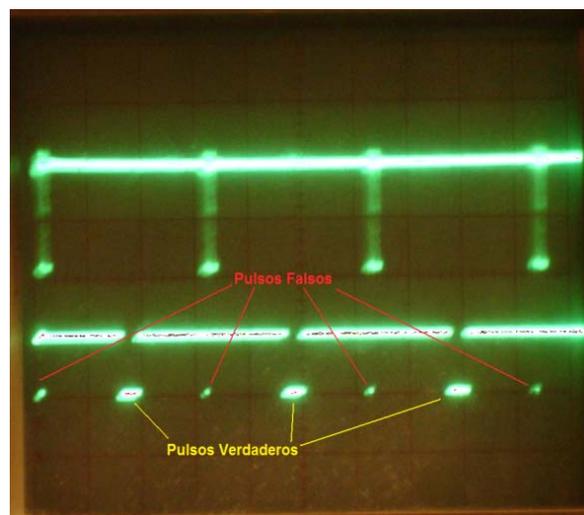


Figura 6.2. Señales al PIC

Una vez realizadas todas las mediciones y verificaciones del sistema realizado se procedió a realizar las pruebas en campo, para lo cual se requirió del usuario final, a quien se lo puede observar en la figura 6.3.



Figura. 6.3. Usuario y prototipo

Las pruebas de funcionamiento en campo fueron completamente exitosas, probando la silla a lo largo de todos los posibles lugares de recorrido acostumbrados en el centro para el cual será su destino final, para esto se adjunta a este proyecto un video demostrativo en donde se visualiza a la silla en su funcionamiento final, en el cual se pueden observar las siguientes pruebas realizadas:

Prueba 1: Se deja a libre recorrido del usuario a través del corredor, observando la correcta corrección de trayectoria cuando la misma se desplaza hacia el lado izquierdo o derecho del corredor, esto se puede observar en las series de fotografías de la figura 6.4.



Figura. 6.4. Prueba 1

Prueba 2: Se llega a la esquina obligada de giro al final del corredor, el usuario simplemente deja a libre movimiento hacia el frente del control de la silla, dejando que el sistema controlador corrija la trayectoria y realice el giro automáticamente, esto se lo puede apreciar en la figura 6.5.



Figura. 6.5. Prueba 2

Se toma en cuenta incluso los diferentes posibles obstáculos, considerando que los mismos deben estar completamente expuestos a los diferentes sensores de la silla, ya que en pruebas de la misma nos percatamos algo que era ya de esperarse: la silla no detecta objetos fuera del nivel al que están los sensores es decir por ejemplo, una mesa, la silla detectará las patas dependiendo de si no son delgadas, pero la tabla en sí de la mesa, lastimosamente no es detectable por la construcción en sí de la misma silla, hecho el cual debe considerarse en el momento mismo del libre uso de la silla.

Para terminar las especificaciones finales del prototipo realizado se las puede observar en la tabla siguiente:

Prueba	Resultado
Peso total de la silla	36 Kg.
Peso de carga máximo en movimiento rectilíneo	100 Kg.
Ángulo máximo de tracción	30°
Velocidad máxima	3 Km/h
Autonomía con carga completa	2 horas
Distancia máxima para detección de obstáculos	30 cm
Distancia mínima para detección de obstáculos	7 cm

Tabla. 7.1. Características técnicas del prototipo

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. Se logró la construcción y puesta en funcionamiento de un sistema móvil de conducción para niños con insuficiencia motriz cerebral, realizando dicha construcción con la adquisición de la mayoría de elementos electrónicos localmente, pudiendo abaratar los costos en comparación a importar una silla de estas características.
2. Se le permitió a los niños con insuficiencia motriz cerebral desplazarse a su conveniencia, con ciertas medidas de seguridad para prevenir accidentes.
3. Debido a la limitación para encontrar motores más potentes en el mercado nacional, se logró aproximar los requerimientos de velocidad máxima, velocidad en planos inclinados y peso de carga máxima, estos factores se pueden mejorar en función de los motores que se utilicen.

4. La disposición de los motores, engranajes y todo el método de tracción permite que el sistema tenga un freno mecánico efectivo al retirar la energía del motor, haciendo innecesario la utilización de un freno electromecánico adicional. Con el inconveniente que para desplazamientos en ausencia de energía sea bastante complicado su traslado.
5. Se consiguió una aceptable maniobrabilidad de la silla para su desenvolvimiento en el ambiente dispuesto por parte del Centro San Juan de Jerusalén.
6. Se comprobó una fácil adaptación por parte del operador al manejo de la silla, dando así una mayor autonomía al desplazamiento de niños con insuficiencia motriz cerebral.
7. La utilización de los sensores ultrasónicos permitieron dar mayor grado de seguridad al operador como al entorno en el que se desenvuelve, permitiendo dejar a los niños que la utilizan sin supervisión permanente.
8. El éxito de la implementación de los sensores ultrasónicos va directamente relacionado con los que se utilicen, debido al hecho de que existen diversos modelos y marcas en el mercado y cada uno de ellos tienen diferentes características de directividad, factor muy importante a tomar en cuenta en el momento de escoger los sensores a implementar.
9. Tomando en cuenta que la silla de ruedas usada se conforma de dos ruedas adaptadas con motores y dos ruedas locas, la distribución de sensores es suficiente para cubrir todos los posibles movimientos que este tipo de silla da, tomando en cuenta que si deseamos adaptar otro tipo de vehículo se deberá considerar todos los posibles movimientos y en base a ello realizar la correcta distribución de sensores, teniendo la posible necesidad de aumentar o disminuir la cantidad de los mismos, hecho el cual debe considerarse, ya que si se requirieran mayor cantidad de elementos, la capacidad del PIC escogido no es suficiente, teniendo que cambiarlo o asociarlo a otro principal.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Se puede mejorar características de velocidad y carga utilizando motores de mayor potencia y materiales de menor peso para la construcción de la silla.
2. Para terrenos más accidentados se debe realizar un sistema de tracción a las 4 ruedas, aumentando así la capacidad de carga y lugares en los cuales se puede utilizar la silla.
3. La utilización de mayor o menor número de sensores dependerá del lugar en el que se va a utilizar la silla, el prototipo realizado fue diseñado para un ambiente específico.
4. La autonomía de la silla depende directamente de los motores escogidos y el sistema de baterías que se use, tomando en cuenta que los mismos deberían de ser de mayor capacidad para aumentar este tiempo, pero esto implica un incremento radical en el costo de la implementación de la misma, por lo que se recomienda analizar sobre todo el presupuesto disponible y en base a ello escoger los elementos adecuados teniendo que sacrificar este factor.
5. Dependiendo del grado de insuficiencia motriz cerebral que el usuario posea se aconseja la supervisión de un adulto, tomando en cuenta que la silla no está diseñada para detectar posibles huecos o desniveles de objetos en el entorno del uso de la silla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_III/Contenido/pagina8/pagina8.htm, Sensores Ultrasónicos.

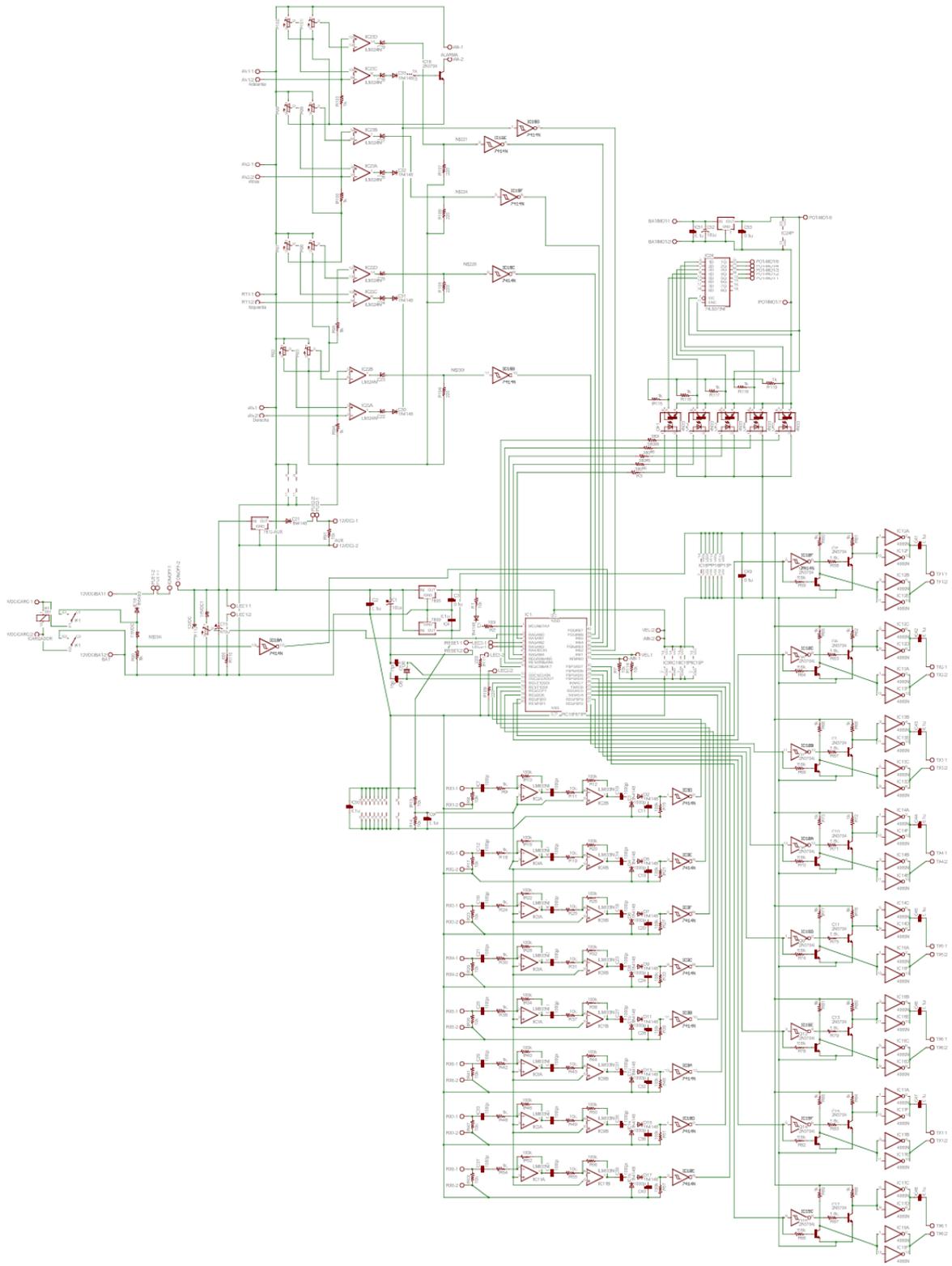
http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic6_6.htm, Ultrasonic Range Meter.

<http://www.conadis.gov.ec/antecedentes/index.html>, Las Discapacidades en el Ecuador.

<http://www.sanjuandejerusalen.org>, Página WEB del Centro de Educación Motriz San Juan de Jerusalén.

ANEXO I

DIAGRAMA ESQUEMATICO GENERAL



ANEXO II

FRIMWARE DEL CONTROLADOR

Firmware enteramente desarrollado en lenguaje Basic usando el programa PicBasic Pro
Versión 2.47:

```
DEFINE OSC 20
Define ADC_BITS 8      ' Bits para ADC
Define ADC_CLOCK 3     ' Clock para ADC (3=rc)
Define ADC_SAMPLEUS 50 ' Sampling time en uS para ADC
x var word      'Variable auxiliar
s var word      'Variable indicadora de sensor
cbat var byte   'Variable para carga de batería
' PORTD == Salidas a Tx
Tf var PORTD.0
Tfh var PORTD.1
Tizf var PORTD.2
Tizp var PORTD.3
Tdef var PORTD.4
Tdep var PORTD.5
Tp var PORTD.6
Tph var PORTD.7
' PORTC == Entradas de Rx
Rf var PORTC.0
Rfh var PORTC.1
Rizf var PORTC.2
Rizp var PORTC.3
Rdef var PORTC.4
Rdep var PORTC.5
Rp var PORTC.6
Rph var PORTC.7
' Entrada de Control Remoto
DE var PORTB.7
IZ var PORTB.6
AT var PORTB.5
FR var PORTB.4
' Salidas a Motores
```

```

MizF var PORTE.2
MizA var PORTE.1
MdeF var PORTE.0
MdeA var PORTA.5
' Auto/Manual
modo var PORTB.0
' Velocidad
vel var PORTB.1
' Alarma
alar var PORTB.2
' Carga
char var PORTB.3
' Encendido de Motores
act var PORTA.1
' Carga de Batería
BAT var PORTA.0
' Led de Carga de Batería
lbat var PORTA.2
'INICIO DE PROGRAMA
    TRISA = %00010001
    TRISB = %11111111
    TRISC = %11111111
    TRISD = %00000000
    TRISE = %00000000
    ADCON1 = %00001110 'Setea a PORTA.0 como entrada análoga y el resto
digital
loop: gosub apagar
    while (modo == 0) 'Si el modo está en manual
        while (FR == 0) and (alar == 1)
            low act
            low MizF
            low MdeF
            gosub velocidad
        wend

```

```
gosub apagar
while (AT == 0) and (alar == 1)
  low act
  low MizA
  low MdeA
  gosub velocidad
wend
gosub apagar
while (IZ == 0) and (alar == 1)
  low act
  low MizA
  low MdeF
  gosub velocidad
wend
gosub apagar
while (DE == 0) and (alar == 1)
  low act
  low MizF
  low MdeA
  gosub velocidad
wend
gosub apagar
wend
while (modo == 1) ' Si el modo está en Semi-Automático
  while (FR == 0) and (alar == 1)
    s = 0
    gosub frent  'izquierda
    gosub frenth 'derecha
    gosub frentiz
    gosub frentde
  if s == 0 then
    low act
    low MizF
    low MdeF
```

```
        gosub velocidad
    endif
    if (s == 3) or (s == 1) then
        gosub apagar
        low act
        low MizF
        low MdeA
        pause 100
        gosub apagar
    endif
    if (s == 4) or (s == 2) then
        gosub apagar
        low act
        low MizA
        low MdeF
        pause 100
        gosub apagar
    endif
wend
gosub apagar
while (AT == 0) and (alar == 1)
    s = 0
    gosub atras    'izquierda
    gosub atrash   'derecha
    gosub atrasiz
    gosub atrasde
    if s == 0 then
        low act
        low MizA
        low MdeA
        gosub velocidad
    endif
    if (s == 7) or (s == 5) then
        gosub apagar
```

```
    low act
    low MizA
    low MdeF
    pause 100
    gosub apagar
endif
if (s == 8) or (s == 6) then
    gosub apagar
    low act
    low MizF
    low MdeA
    pause 100
    gosub apagar
endif
wend
gosub apagar
while (IZ == 0) and (alar == 1)
    s = 0
    gosub frentiz
    gosub atrasde
    if s == 0 then
        low act
        low MizA
        low MdeF
        pause 10
        gosub apagar
        pause 5
        gosub velocidad
    endif
wend
gosub apagar
while (DE == 0) and (alar == 1)
    s = 0
    gosub frentde
```

```
        gosub atrasiz
    if s == 0 then
        low act
        low MizF
        low MdeA
        pause 10
        gosub apagar
        pause 5
        gosub velocidad
    endif
wend
gosub apagar
wend
Goto loop    ' Repetir
' Pulso de Tx
frent: x = 1
    while x < 20
        pulsout Tf,4 '8uS
        x = x + 1
    wend
    pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rf == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    s = 1
endif
Return
' Pulso de Tx
frenth: x = 1
    while x < 20
        pulsout Tfh,4 '8uS
```

```
        x = x + 1
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rfh == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    if s == 1 then
        goto loop
    endif
    s = 2
endif
Return
' Pulso de Tx
frentiz: x = 1
while x < 20
    pulsout Tizf,4 '8uS
    x = x + 1
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rizf == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    s = 3
endif
Return
' Pulso de Tx
frentde: x = 1
while x < 20
```

```
    pulsout Tdef,4 '8uS
    x = x + 1
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rdef == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    s = 4
endif
Return
' Pulso de Tx
atras: x = 1
while x < 20
    pulsout Tp,4 '8uS
    x = x + 1
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rp == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    s = 5
endif
Return
' Pulso de Tx
atras: x = 1
while x < 20
    pulsout Tph,4 '8uS
    x = x + 1
```

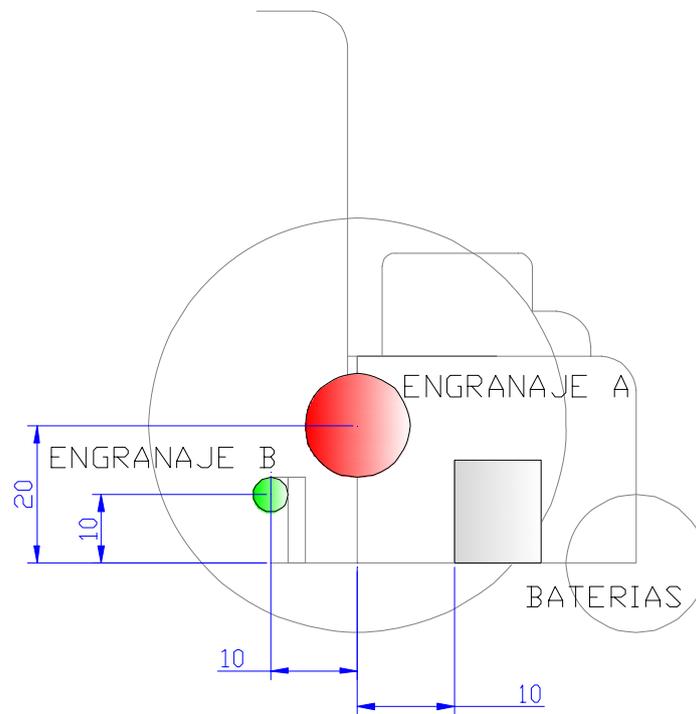
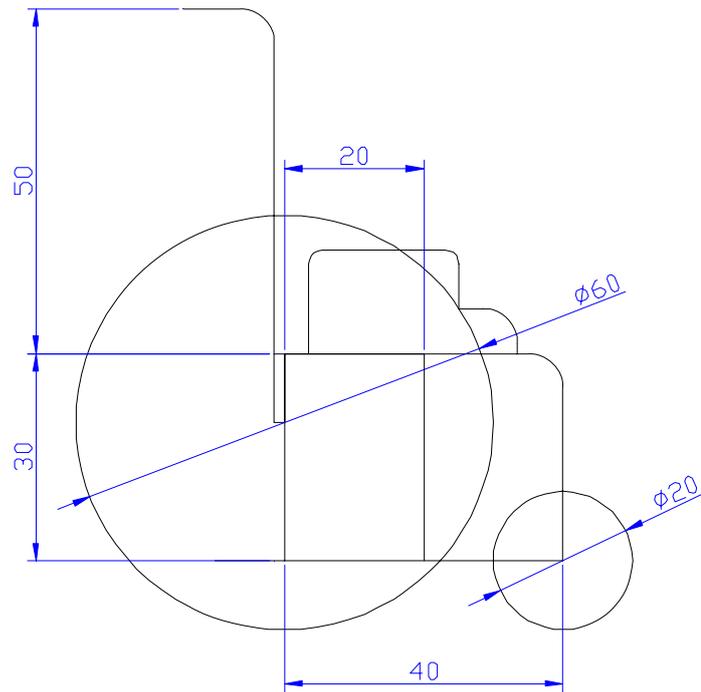
```
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rph == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    if s == 5 then
        goto loop
    endif
    s = 6
endif
Return
' Pulso de Tx
atrasiz: x = 1
while x < 20
    pulsout Tizp,4 '8uS
    x = x + 1
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rizp == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    s = 7
endif
Return
' Pulso de Tx
atrasde: x = 1
while x < 20
    pulsout Tdep,4 '8uS
```

```
        x = x + 1
wend
pauseus 500
' Señal de Rx
x = 0
while (Rdep == 1) and (x < 100)
    x = x + 1
wend
if x < 100 then
    s = 8
endif
Return
apagar: HIGH act
        LOW PORTD      ' Sensores Tx
        high MizF
        high MizA
        high MdeF
        high MdeA
        low lbat
        cbat = 0
        ADCIN BAT, cbat
        if cbat < 175 then
            high lbat
            pause 1000
            goto loop
        endif
        if char == 0 then
            goto loop
        endif
        if alar == 0 then
            goto loop
        endif
Return
velocidad: if (vel == 1) then
```

```
    pause 10
    gosub apagar
    pause 5
endif
return
```

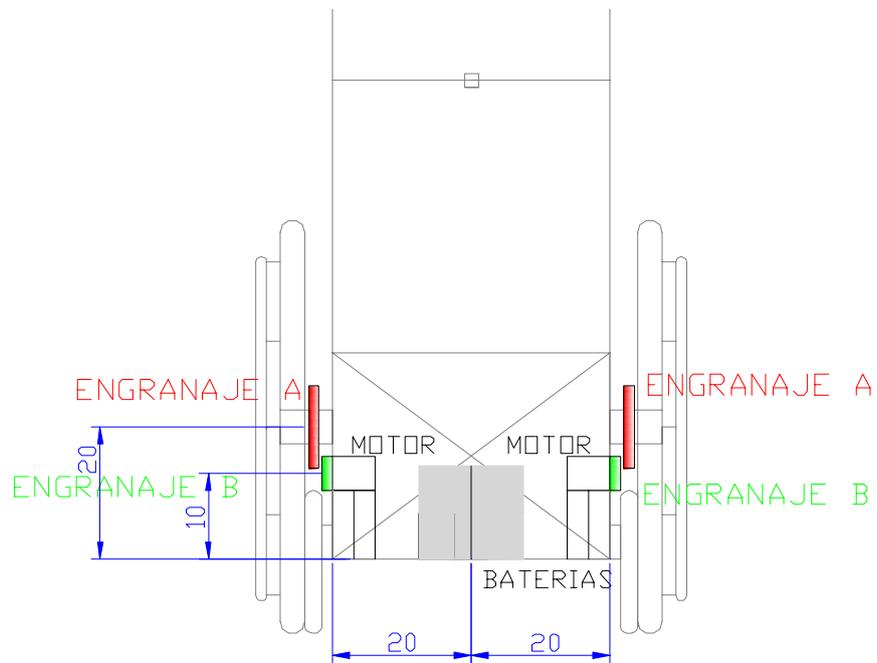
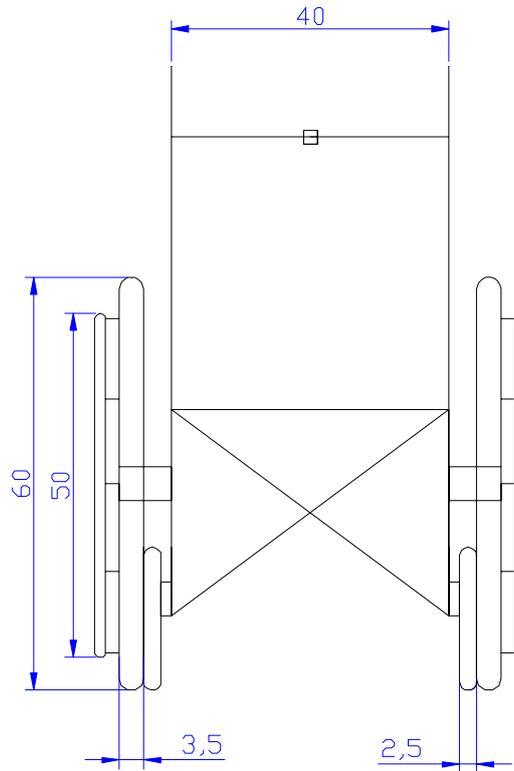
ANEXO III

DIAGRAMAS DE LA SILLA

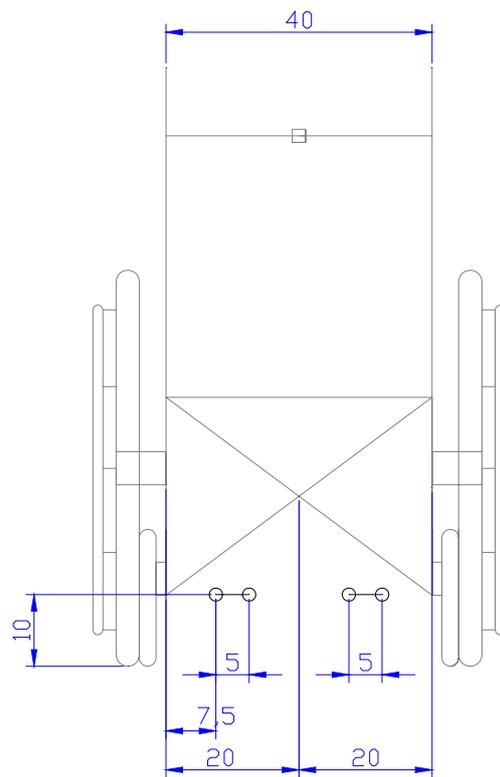
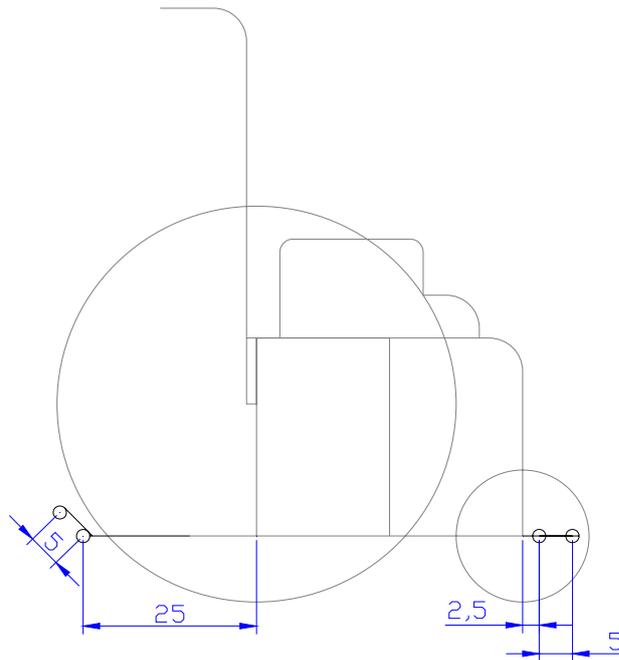
MEDIDAS LATERALES DE LA SILLA

$$\text{ENGRANAJE A} = 4 \times \text{ENGRANAJE B}$$

MEDIDAS FRONTALES DE LA SILLA



ENGRANAJE A = 4xENGRANAJE B

UBICACIÓN DE SENSORES EN LA SILLA

ANEXO IV

MANUAL DE USUARIO

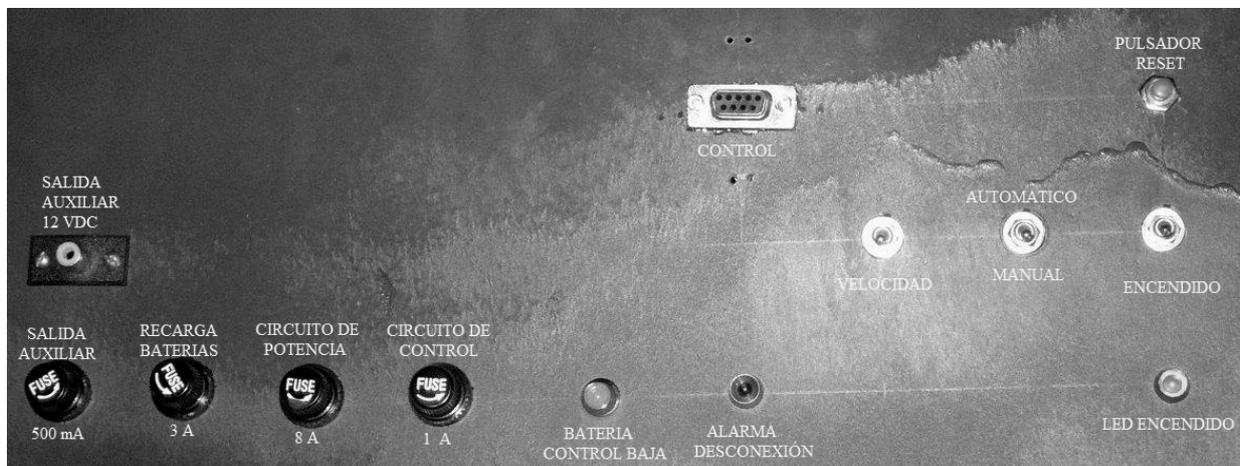
MANUAL DE USUARIO

La presente silla de ruedas eléctrica permite independencia y libertad de movimiento a la gente con cierto grado de discapacidad, a pesar de tener elementos que proporcionan parámetros de seguridad, se debe tener siempre en cuenta el medio en el que se desenvuelve para evitar posibles accidentes.

Parámetros de seguridad.

- En caso de no estar utilizando la silla apáguela para evitar movimientos accidentales.
- La silla fue diseñada para un ambiente específico si grados de inclinación, en caso de utilizarla en otros ambientes tener en cuenta la inclinación de la misma para evitar inestabilidad en la misma.
- Revise el correcto posicionamiento de los elementos de anclaje antes de operarla para evitar lesiones o caídas innecesarias.
- Esta silla es personal, no permita el transporte de pasajeros u objetos ajenos que no permitan el correcto desenvolvimiento de la misma.
- No conducir la silla cuando el nivel de aire en las llantas sea bajo, esto afecta a la estabilidad y fuerza de la silla.
- No dejar la silla en ambientes expuestos a condiciones climáticas como lluvia o altas temperaturas.

Disposición de elementos de control



PULSADOR RESET: Permite reiniciar el microcontrolador, en caso de mal funcionamiento presiónelo por unos segundo y verifique que el problema se haya solucionado.

ENCENDIDO: Este switch permite dar o quitar energía a todo el sistema, en caso de estar encendido el **LED ENCENDIDO** se prenderá de color verde indicando que esta energizado el sistema y se puede utilizar la silla.

MODO AUTOMATICO / MANUAL: Permite activar o desactivar los sensores ultrasónicos, en caso de esta en modo manual tenga cuidado con los obstáculos ya que no serán detectados y evite posibles accidentes.

VELOCIDAD: Permite escoger entre las dos velocidades posibles.

CONTROL: Es un conector DB9 para la colocación de los mandos de control, en caso de desconexión de cualquier señal de control se activara el led de **ALARMA DESCONEXION** de color rojo, esto no permitirá ningún movimiento de la silla hasta que se corrija dicho error.

En caso de necesitar realizar algún método de mando adicional se deberá realizar la siguiente conexión para el mando y detección de alarma por desconexión

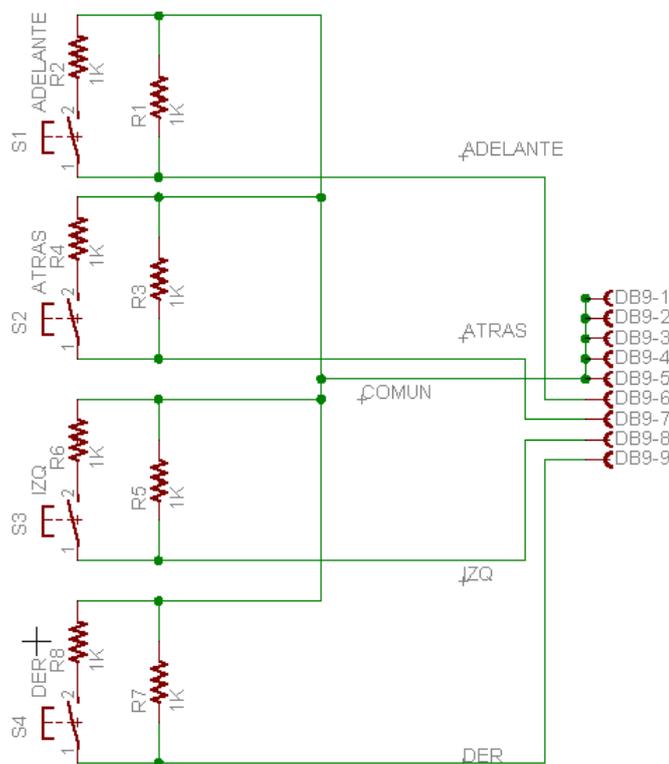


Diagrama de conexión para mando de control

BATERIA BAJA: Este led se encenderá de color amarillo en caso de que la batería de control se encuentre en un nivel bajo dando así señales erróneas, por lo cual en caso de encontrar encendido este led la silla no realizará ningún movimiento adicional hasta que no se recarguen las baterías.

FUSIBLES: Permiten proteger los distintos sistemas de control de la silla, en caso de rotura de alguno reemplace únicamente con el especificado en la siguiente tabla, NO reemplace por fusibles de mayor capacidad ya que esto podría dañar los sistemas de control y la silla quedaría sin funcionar.

FUSIBLE	VALOR
CIRCUITO DE CONTROL	1 amperio
CIRCUITO DE POTENCIA	8 amperios
CIRCUITO DE RECARGA DE BATERIAS	3 amperios
SALIDA AUXILIAR	0,5 amperios

SALIDA AUXILIAR: Esta salida proporciona 12 VDC adicionales, los cuales pueden ser utilizados en caso de realizar algún método de mando que necesite energía adicional, la protección de esta salida es de 0,5 amperios pudiendo llegar a 1 amperio máximo, luego de lo cual puede dañar la placa de control.

CARGA DE BATERIAS

En caso de necesitar cargar las baterías es necesario conectarla a la red eléctrica de 120 VAC, para lo cual se debe colocar un cable a la toma de la silla que se encuentra en la parte inferior posterior derecha de la silla, en caso de conectar la silla, esta desactivará los motores y no realizará ningún movimiento para evitar cualquier posible inconveniente, asegúrese de no conectarla mientras se encuentre en una superficie mojada o si el cable de conexión no se encuentra en buen estado.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Corredores y aulas Centro San Juan de Jerusalén.....	3
Figura. 2.1. Tipos de ruedas delanteras	10
Figura. 2.2. Tipos de Llantas	11
Figura. 2.3. Tipos de Frenos	12
Figura. 2.4. Tipos de Sillas Eléctricas	16
Figura. 2.5. Corredor y Patio Centro San Juan de Jerusalén	17
Figura. 2.6. Acoples adicionales.....	17
Figura. 3.1. Dimensiones de la silla.....	19
Figura. 3.2. Posibles desplazamientos	20
Figura. 3.3. Centro de Gravedad de la silla	21
Figura. 3.4. Sistema de engranajes con cadena	21
Figura. 3.5. Diagrama Esquemático del Puente H.....	22
Figura. 3.6. Diagramas de funcionamiento Puente H.....	23
Figura. 3.7. Regulación por Ancho de Pulso.....	24
Figura. 3.8. Esquema de funcionamiento básico del sensor de ultrasonido.....	24
Figura. 3.9. Directividad del sensor de ultrasonido.....	25
Figura. 3.10. Incertidumbre angular del sensor de ultrasonido.....	26
Figura. 3.11. La temperatura afecta la capacidad de detección.....	26
Figura. 3.12. Falsos ecos en mediciones.....	27
Figura. 3.13. Ángulo de incidencia en mediciones.....	27
Figura. 3.14. Análisis de señales.....	28
Figura. 3.15. Diagrama de Funcionamiento	29
Figura. 3.16. Diagrama para carga de batería.....	30
Figura. 3.17. Diagrama para fuente de alimentación y regulación.....	31
Figura. 3.18. Diagrama del microcontrolador.....	32
Figura. 3.19. Circuito de señal de mando y alarma.....	33
Figura. 3.20. Circuito Puente H.....	33

Figura. 3.21. Circuito de Transmisión.....	34
Figura. 3.22. Circuito de Recepción.....	35
Figura. 3.23. Circuito de Rectificación.....	35
Figura. 4.1. Corrección de Trayectoria.....	37
Figura. 4.2. Flujograma Principal de Funcionamiento	38
Figura. 4.3. Flujograma Apagar Motores	39
Figura. 4.4. Flujograma Velocidad	39
Figura. 4.5. Flujograma Frente y/o Atrás Izquierda	40
Figura. 4.6. Flujograma Frente y/o Atrás Derecha.....	41
Figura. 4.7. Flujograma Fr. Iz., Fr. De., At. Iz., At. De.....	41
Figura. 4.8. Funcionamiento de Sensores Ultrasónicos.....	42
Figura. 5.1. Distribución de sensores	43
Figura. 5.2. Instalación de sensores	44
Figura. 5.3. Sistema de tracción	45
Figura. 5.4. Elementos de control.....	46
Figura. 5.5. Disposición general de la silla	47
Figura. 5.6. Diagrama de conexión para mando de control.....	47
Figura. 5.7. Esquema general para placa de control.....	48
Figura. 5.8. Distribución de elementos para placa de control	49
Figura. 5.9. Ruteado superior para placa de control.....	50
Figura. 5.10. Ruteado inferior para placa de control	51
Figura. 5.11. Esquema general para placa de potencia.....	52
Figura. 5.12. Distribución de elementos para placa de potencia	52
Figura. 5.13. Ruteado superior para placa de potencia.....	53
Figura. 5.14. Ruteado inferior para placa de potencia.....	53
Figura. 6.1. Señal emitida vs. Señal recibida.....	56
Figura 6.2. Señales al PIC	56
Figura. 6.3. Usuario y prototipo	57
Figura. 6.4. Prueba 1.....	58
Figura. 6.5. Prueba 2.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Modelos de Sillas y Características.....	16
Tabla. 2.2. Tabla de Características Silla	18
Tabla. 3.1. Características del Motor.....	22
Tabla. 7.1. Características técnicas del prototipo	59

ÍNDICE DE DATA SHEETS

- 91. MICROCONTROLADOR - PIC 16F87Xa
- 122. Puente H- L298
- 134. Sensores ultrasónicos
- 135. Amplificador operacional – LM833
- 151. Inversor – CD4069UBE
- 157. Schmitt Trigger – 74HC14
- 164. Optoacoplador – 4N33
- 170. Regulador ajustable - LM350
- 183. Transistor – 2N3704
- 185. Reguladores de voltaje – Serie L78xx

Sangolquí, Julio del 2008

HOJA DE LEGALIZACIÓN

Elaborado por:

Henry Hernán Cortez Ramos

David Sebastián Maya Torres

Ing. Víctor Proaño

**Director de Carrera de Ingeniería
en Electrónica, Automatización
y Control**

Dr. Jorge Carvajal

**Secretario Académico del
Departamento de Eléctrica
y Electrónica**