



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA

**“Implementación del sistema de control del prototipo bipedestador móvil
Lilibot”**

AUTOR: Robert Santiago Morillo Mejía

DIRECTOR: Ing. Cosme Mejía

Ibarra – Ecuador

2017



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA
UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003842018		
APELLIDOS Y NOMBRES:	MORILLO MEJÍA ROBERT SANTIAGO		
DIRECCIÓN:	IBARRA: SECTOR LA DOLOROSA		
EMAIL:	santymorillo@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062-954-653	TELÉFONO MOVIL:	0986976271

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Implementación del sistema de control del prototipo bipedestador móvil Lilibot
AUTOR:	MORILLO MEJÍA ROBERT SANTIAGO
FECHA:	

PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR / DIRECTOR:	ING. COSME MEJÍA

Firma: Santiago Morillo

Nombre: Robert Santiago Morillo Mejía

Cédula: 1003842018

Ibarra, Julio 2017

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Robert Santiago Morillo Mejía, con cédula de identidad Nro. 1003842018, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Julio del 2017

Firma: Santiago Morillo

Nombre: Robert Santiago Morillo Mejía

Cédula: 1003842018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Robert Santiago Morillo Mejía, con Cédula de identidad Nro. 1003842018, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: Implementación del sistema de control del prototipo bipedestador móvil Lilibot, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: Santiago Morillo

Nombre: Robert Santiago Morillo Mejía

Cédula: 1003842018

Ibarra, Julio 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

CERTIFICO QUE:

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica con el tema: Implementación del sistema de control del prototipo bipedestador móvil Lilibot, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Robert Santiago Morillo Mejía, con cédula de identidad: 1003842018, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cosme Mejía', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a small cross-like mark.

Ing. Cosme Mejía

DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

Declaración

Yo, Robert Santiago Morillo Mejía declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento

Robert Santiago Morillo Mejía

Robert Santiago Morillo Mejía

1003842018

Dedicatoria

Se la dedico a mi Padre Celestial por guiar mi camino y darme las fuerzas para alcanzar mi meta

A mis padres que son mis mejores amigos, quienes son un pilar fundamental en mi vida y me han sabido guiar, brindándome su amor incondicional, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, a mis familiares por compartir mis alegrías y tristezas, por su compañía durante mi proceso de formación profesional.

Y a todas las personas que me ayudaron de forma positiva en la culminación de una meta las llevo en el corazón.

Santiago Morillo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por el don de la vida y por ser el ejemplo más grande en este mundo.

A mis padres Darwin y Lilian, regalo maravilloso de Dios, por su apoyo y sacrificios, por enseñarme que una caída no es una derrota sino que es inicio de algo nuevo que termina en logros. Este triunfo es también suyo

A la Universidad Técnica del Norte, al personal administrativo y a mis maestros por brindarnos sus conocimientos científicos y sus valores humanistas, de manera especial al Ingeniero Cosme Mejía, director del trabajo de investigación, quien con paciencia y esmero supo orientarme en la realización del mismo.

Santiago Morillo

Resumen

En el presente trabajo se diseña un sistema de control de lazo abierto para el bipedestador móvil, el cual tiene la finalidad de trasladar el prototipo a través un joystick que se encuentra en el panel de control, o de forma inalámbrica con una aplicación android o con un control a distancia, los modos de manipulación se pueden seleccionar desde el panel de control con el objetivo de trasladar el prototipo a un lugar seguro cuando la persona no se encuentre en el. Para el diseño se considera los aspectos más relevantes de los bipedestadores comerciales y de las sillas de ruedas como son: la velocidad y los giros que debe realizar, también se consideran el dimensionamiento de los materiales eléctricos y electrónicos para movilizar le prototipo. Luego de realizar un análisis al diseño del prototipo se debe tomar en cuenta las limitaciones para no excederse en rampas o inclinaciones y movilidad.

Abstract

In the present work, an open loop control system is designed for the mobile standing frame, which has the purpose of moving the prototype through a joystick that is in the control panel, or wireless technology with an android application or with a remote control, the modes of manipulation can be selected from the control panel with the aim of moving the prototype to a safe place when the person is not in it. For the design, the most relevant aspects of commercial standing frames and wheelchair stands are considered, such as: the speed and the turns that must make, also it is considered the sizing of electrical and electronic materials to mobilize the prototype. After performing an analysis, the design of the prototype should be taken into account limitations to not exceed ramps or inclinations and mobility.

Índice de Contenido

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	¡Error!
Marcador no definido.	
3. CONSTANCIAS	¡Error! Marcador no definido.
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	
	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	¡Error! Marcador no definido.
Declaración	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	vii
Agradecimiento	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Capítulo I.....	1
Generalidades.....	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General:	2
1.2.2. Objetivos Específicos:	2
1.3. Justificación.....	2

1.4. Alcance.....	3
1.5. Limitaciones.....	3
CAPITULO II	5
Bipedestadores	5
2.1. Tipos de bipedestadores	5
2.1.1. Bipedestador estático.....	6
2.1.2. Bipedestador dinámico manual.	6
2.1.3. Silla de ruedas y bipedestación manual.....	7
2.1.4. Silla de ruedas y bipedestación eléctrica.	7
2.2. Desplazamiento del prototipo	7
2.2.1 Movilidad del prototipo en espacios abiertos.	7
2.3. Velocidad espontanea de la marcha human	9
2.4. Clasificación de los sistemas de control.....	10
2.4.1. Sistema de control lazo abierto.....	10
2.4.2. Sistemas de control lazo cerrado.	10
2.5. Dispositivos lógicos programables	11
2.6. Comunicación Inalámbrica.	11
2.6.1. Transmisión vía radio frecuencia.	12
2.6.2. Transmisión vía bluetooth	13
2.7. Palancas de mandos.....	15
2.8. Motor de corriente directa DC.	16
2.8.1. Tipos de motores DC.....	16

2.9. Métodos de visualización	18
2.10. Transformador.....	19
CAPITULO III.....	20
Metodología	20
3.1. Fuentes Bibliográficas.....	20
3.2. Características del prototipo.....	20
3.3. Generación de bocetos	20
3.4. Selección de materiales	21
3.5. Análisis de movilidad.....	21
3.6. Ensamble de componentes	21
CAPITULO IV	22
Resultados.....	22
4.1. Selección de materiales	22
4.1.1. Dispositivo lógico programable.	22
4.1.2. Regulador de Voltaje.....	23
4.1.3 Módulo de bluetooth.....	24
4.1.4. Comunicación Inalámbrica RF.....	24
4.1.5 Pantalla LCD 16x2.	25
4.1.6. Joystick.	26
4.1.7. Motor brushed serie PPSM105L-02.....	26
4.1.8 Motor de dirección.	27
4.1.9. Tarjeta de control de motores Sabertooth 2x60.....	28

4.2. Diseño de los circuitos	28
4.2.1. Diseño del circuito cargador.....	28
4.2.2. Módulo de Control Principal.....	29
4.2.3. Módulo de control a distancia.	29
4.2.4. Módulo bluetooth.	30
4.2.5. Módulo medidor de baterías.....	31
4.2.6. Diseño del circuito de dirección.....	31
4.3. Desarrollo del software	32
4.3.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del control central.	32
4.3.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del control radio frecuencia. ...	33
4.3.3. Diagrama de bloques del funcionamiento del control bluetooth.....	34
4.4. Diseño del panel principal.....	36
4.5. Diseño del control a distancia	36
4.6. Distribución de la energía eléctrica.....	37
4.6.1. Cálculo de la sección del cable.....	38
4.7. Construcción de los circuitos impresos.....	39
4.7.1. Esquema electrónico módulo principal	39
Para el módulo se realizó el circuito impreso de forma sencilla con una sola capa. Este circuito es el encargado de controlar el ingreso de las señales inalámbricas y enviar las señales a los módulos para el desplazamiento. La figura 28 indica el diseño del módulo.....	39
4.7.2. Esquema electrónico circuito de control a distancia.	40

4.7.4. Esquema eléctrico módulo de avance.....	41
4.7.5. Esquema eléctrico módulo de dirección.....	41
4.7.6. Esquema eléctrico circuito cargador	42
4.8. Diseño del software de control.....	42
4.8.1. Control principal.....	42
4.8.2. Control radio frecuencia.	43
4.8.3 Esquema eléctrico del prototipo	43
CAPÍTULO V	45
Análisis de resultados	45
5.1 Realización y análisis de pruebas de funcionamiento.....	45
5.1.1. Pruebas de funcionamiento del control a distancia.	45
5.1.2. Pruebas de funcionamiento del ingreso de clave.....	48
5.1.3. Pruebas de funcionamiento de botones de manipulación.....	49
5.1.4. Resultados del control a distancia	49
5.1.5. Pruebas de funcionamiento del módulo del control principal	50
5.1.4. Pruebas de funcionamiento del módulo de bluetooth.....	51
5.1.5. Pruebas de funcionamiento del módulo de potencia	54
5.1.6. Pruebas de funcionamiento del medidor de baterías	55
5.2. Falencias y sugerencias	56
CAPÍTULO VI.....	58
Conclusiones y Recomendaciones.....	58
6.1 Conclusiones	58

6.2 Recomendaciones.....	58
Bibliografía.....	59
ANEXOS.....	61
Anexo 1: Módulo Arduino	62
Anexo 2: Módulo Arduino minipro	63
Anexo 3: Regulador de voltaje fijo	64
Anexo 4. Tarjeta Sabertooth	65
Anexo 5. Planos Eléctricos	72

Índice de figuras

Figura 1 Tipos de bipedestadores.....	6
Figura 2 Bipedestadores.....	8
Figura 3 Accesibilidad del bipedestador	9
Figura 4 Sistema de control lazo abierto.....	10
Figura 5 Sistema de control lazo cerrado.....	10
Figura 6 Árbol de clasificación de los PLDs.....	11
Figura 7 Métodos de transición de datos	12
Figura 8 Tipos de palancas.	15
Figura 9 Clasificación de palancas.....	16
Figura 10 Tipos de transformadores.....	19
Figura 11 Módulo bluetooth hc-06	24
Figura 12 Izquierdo módulo de recepción, derecho módulo de emisión	25
Figura 13 Circuito de conexión de LCD	25
Figura 14 Joystick	26

Figura 15 Motor transeje PPSM105L-02	27
Figura 16 Motor plumas Nissan Sentra	28
Figura 17 Tarjeta de motores Sabertooth 2x60	28
Figura 18. Transformador y puente de diodos	29
Figura 19 Control a distancia.	30
Figura 20 Pantalla de ingreso de la clave	31
Figura 21 Pantalla de navegación del prototipo bipedestador.	31
Figura 22 Circuito para la dirección.	32
Figura 23 Diagrama bloques del funcionamiento del control local	33
Figura 24 Diagramas de bloques con conexión vía radio frecuencia	34
Figura 25 Diagramas de bloques con conexión vía bluetooth.	35
Figura 26 Diseño del control a distancia	37
Figura 27 Diagrama de conexión	38
Figura 28 Diseño del circuito del módulo de control principal	40
Figura 29 Diseño del circuito impreso del módulo de control a distancia	40
Figura 30 Diagrama de conexión del motor de avance.	41
Figura 31 Diseño impreso del circuito de dirección.	42
Figura 32 Esquema eléctrico	44

Índice de tablas

Tabla 1. Rangos de velocidad espontanea.	9
Tabla 2 Espectro electromagnético	13
Tabla 3. Características de tecnologías de corto alcance.	13
Tabla 4. Clasificación de motores DC	17
Tabla 5. Comparación de pantallas.	18
Tabla 6. Comparación de controladores programables	23
Tabla 7. Características del motor	26
Tabla 8. Elementos de pantalla smartphone	35
Tabla 9. Pines a utilizarse control principal	42
Tabla 10. Pines a utilizarse control radio frecuencia	43
Tabla 11. Distancia de radio frecuencia a 15m.	45
Tabla 12. Distancia de radio frecuencia a 10m.	46
Tabla 13. Distancia de radio frecuencia a 8m.	46
Tabla 14. Distancia de radio frecuencia a 5m.	47
Tabla 15. Resultado de las diferentes distancias	47
Tabla 16. Ingreso de clave incorrecta del control a distancia	48
Tabla 17. Ingreso de clave correcta del control a distancia	48
Tabla 18. Botones de manipulación	49
Tabla 19. Resultados control a distancia	49
Tabla 20. Pruebas de funcionamiento del módulo del control principal	50
Tabla 21. Distancias de bluetooth a 15m.	51
Tabla 22. Distancia de bluetooth a 10m.	52
Tabla 23. Distancia de bluetooth a 8m.	52

Tabla 24. Distancia de bluetooth 5m. _____	53
Tabla 25. Resultado de las diferentes distancias _____	53
Tabla 26 .Sabertooth modos de funcionamiento. _____	54
Tabla 27. Módulo de dirección a diferentes modos de funcionamiento _____	55
Tabla 28. Funcionamiento de medidor de batería. _____	56
Tabla 29. Referencias y sugerencias. _____	56

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Sección del cable	38
Ecuación 2. Ancho de la pista.	41

Capítulo I

Generalidades

1.1. Antecedentes.

En el Ecuador el 12,14 % de la población total presenta algún grado de discapacidad, siendo de mayor prevalencia las físicas o motoras. En los archivos de registro de El CONADIS se señala que el porcentaje de población que tiene un empleo fijo o desarrolla una actividad económica es relativamente bajo al total de la población registrada con discapacidades físicas, resultados que manifiestan que existe un incremento de la dependencia social y económica, disminuyendo la productividad de esta población en la sociedad, y convirtiéndose en una carga económica para el estado.

En la actualidad, en nuestro país no existen investigaciones ni prototipos de bipedestadores que brinden amplitud de movimientos, funcionalidad y autonomía en las personas con discapacidades físicas y motoras, se evidencia investigaciones de instrumentos de movilidad básicos y remotos poco funcionales para las exigencias de la sociedad actual.

El prototipo de bipedestador móvil LILIBOT, mejora la calidad de vida de las personas, evita enfermedades de tipo musculo esqueléticas, osteotendinosas, cardiovasculares y que afecten la integridad de la piel, brindando autonomía e independencia en la realización de actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, además de garantizar inclusión social y productividad para la misma.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General:

- Construir un sistema de control mediante joystick para la movilización del bipedestador móvil “LILIBOT” para actividades instrumentales.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar los desplazamientos del prototipo “LILIBOT”.
- Diseñar el esquema eléctrico y control del prototipo.
- Ensamblar el panel de control al prototipo bipedestador “LILIBOT”.
- Realizar pruebas, ajustes y optimización del prototipo.

1.3. Justificación

La presente investigación permitirá el desarrollo del sistema de control del prototipo bipedestador móvil, el cual ayudará a la movilización de las personas con paraplejia, controlando trayectorias y bipedestación de la silla a partir de un tablero de control, adicional a esto tendrá un control a distancia que permitirá el acceso al prototipo.

El desarrollo de este proyecto de investigación contribuirá a mejorar el estado de salud biopsicosocial y la calidad de vida de las personas con paraplejia, garantizando una verdadera inclusión económica y social al permitir la realización de actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, además del desarrollo de sus habilidades y destrezas con amplitud de movimiento que brindará el bipedestador.

Los instrumentos de movilidad que existen actualmente en el país, para las personas con paraplejia, obligan a mantener una sola posición de su cuerpo, lo que puede ser desencadenante de muchas patologías musculo esqueléticas, cardiovasculares,

articulares y afecciones a la integridad cutánea, además de un deterioro psicológico y su participación en la sociedad.

El prototipo LILIBOT, ofrece amplitud de movimientos empezando por cambios posturales que sin duda mejorará la salud de las personas parapléjicas, además de incentivar a la realización de actividades. LILIBOT será el instrumento que mejore las condiciones de vida e incentive cambios positivos en las expectativas de la población con paraplejia, desde una visión holística e innovadora.

1.4. Alcance

Esta investigación tiene la finalidad de diseñar el sistema de control del prototipo “LILIBOT”, el sistema será de lazo abierto ya que no consta de ningún sensor que realice la retroalimentación, consta de dos etapas, la etapa de control y potencia.

En el panel de control central se encontrará un dispositivo programable, el medidor de batería, el botón de encendido y apagado del prototipo, el receptor de señales de radiofrecuencia y módulo de bluetooth, el joystick para el control de una velocidad constante y de giros.

También se podrá controlar el prototipo de forma remota a través de bluetooth con un Smartphone o por un control a distancia, estos contarán de un joystick para controlar la velocidad y los giros del prototipo y un teclado numérico para ingresar el código de seguridad para poder movilizarse.

El módulo de potencia tendrá acoplamiento del cargador de batería, la tarjeta de activación y desactivación de los motores la cual será activada mediante el módulo de control central, el control remoto o vía bluetooth.

1.5. Limitaciones

- Disponibilidad de dispositivos electrónicos

- El peso máximo de la persona en el prototipo.
- Estudio de la velocidad de la marcha humana
- La movilidad del prototipo en pendientes

CAPITULO II

Bipedestadores

2.1. Tipos de bipedestadores

Existe una gran variedad de bipedestadores: en supina o ventrales, en prono o dorsales.

La posición prona y/o supina son instancias Intermedias que permiten acercarse a la verticalidad, de tal manera que tanto la estructura ósea como muscular vayan asumiendo paulatinamente la posición vertical, así el cuerpo por su propio peso toma conciencia de sí mismo en el espacio. Los bipedestadores pueden ser estáticos y móviles, o los que pueden pasar de sentado a bipedestación (R.J, 2007).

Las sillas de ruedas de bipedestación son un tipo especial de dispositivos para ayudar a adoptar la posición bípeda a personas con movilidad limitada, o nula, de las extremidades superiores e inferiores (León, 2005). Con los bipedestadores estáticos, las extremidades inferiores –por lo menos la parte baja del tronco- están sujetas con firmeza con cintas acolchadas (Gudjonsdottir, 2002). El bipedestador puede estar encima de una base con ruedas, lo que permite que la persona con algún tipo de discapacidad física, sea transportada a distancias cortas mientras está en bipedestación (Stuberg, 1992).

Encontramos en el mercado algunos tipos de bipedestadores que van desde rústicos que ayudan únicamente a estar de pies, hasta modernos sistemas con costos muy elevados.

La presente investigación se orienta al desarrollo de una silla de ruedas normal por un bipedestador. Las tipologías encontradas en el mercado ecuatoriano como a nivel internacional, se caracterizan en términos generales, por poseer grandes distancias conceptuales y funcionales entre ellos encontramos diferentes tipos de bipedestadores

para los nivel de discapacidad, encontramos en el mercado sistemas rústicos que sirven únicamente como seguros posturales y modernos sistemas, estos no reflejan realmente el perfil psicológico de las personas discapacitadas, y más aún cuando se trata de un sistema para personas con paraplejía. A continuación detallamos algunos tipos de bipedestadores que se encuentran en el mercado con especificaciones más relevantes de cada uno.



Figura 1 Tipos de bipedestadores

Fuente: www.researchgate.net/figure/303993539_fig1_Figura-1-Tipos-de-bipedestadores

2.1.1. Bipedestador estático.

Base de madera con barrales de tubo de acero pintado, soportes para pies ajustables. Apoyo posterior para piernas regulable en altura. Sujeciones pélvicas y torácicas con correas con cierre de velcro, regulables en altura.

2.1.2. Bipedestador dinámico manual.

Chasis de acero, altura regulable con ruedas uso exterior. Soportes axilar y pélvico regulables y acolchados, Faja regulable y lavable, para sujetar al usuario en caso de aflojamiento. Amplia gama de accesorios. (S.L, s.f.)

2.1.3. Silla de ruedas y bipedestación manual.

Es un bipedestador para levantarse desde una posición sentada diseñado para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de personas. Los ajustes se realizan sin herramientas y una amplia gama de opciones soporte hacen que sea ideal para instalaciones con usuarios múltiples. (Easystand, 2013)

2.1.4. Silla de ruedas y bipedestación eléctrica.

Es una silla manual con bipedestación eléctrica, lo que supone que la función de bipedestación es totalmente automática y el usuario no tiene que hacer nada de fuerza para ponerse de pie. Lleva incorporado un pequeño mando, y con tan solo apretar un botón, la silla eléctricamente te pondrá en posición de pie en cuestión de segundos. Además es una silla plegable, por lo que se puede meter y transportar sin necesitar grandes espacios. La silla permite ajustar el ángulo del respaldo, la altura de los reposabrazos, profundidad de asiento, así como el plegado de los reposapiés. En opción se ofrece el respaldo ergonómico V-trak, antivuelco, puños en respaldo (López, s.f.).

2.2. Desplazamiento del prototipo

2.2.1 Movilidad del prototipo en espacios abiertos.

Las personas con discapacidad física podrán recorrer lugares como, parques, plazas, supermercados y las calles de la ciudad, teniendo experiencias agradables o simplemente realizando actividades de la vida diaria.



Figura 2 Bipedestadores

Fuente: www.rehab.com.ar

La accesibilidad, entendida como la condición que permite desplazarse en cualquier espacio exterior, el fácil desplazamiento de la población en general, y su uso en forma segura, confiable y eficiente es una solución incluyente y amable, que incorpora al mercado y a la vida de la ciudad a las personas con paraplejia.

En el Ecuador, existen una serie de normas y leyes contempladas y supervisadas por el INEN, para la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida en el medio físico, el objetivo fundamental es que todo espacio público o privado debe estar diseñado para permitir el acceso y el desplazamiento seguro de las personas con discapacidad, sin embargo son muy pocos los espacios que cuentan con infraestructura adecuada de acuerdo con lo que rigen las normas.

Por ejemplo; las rampas exteriores, para tramos cortos de hasta 3mts deberá tener una pendiente máxima del 10%, y en tramos mayores a 3mts hasta 10mts, una pendiente del 8%, de igual forma el ancho debe ser mayor o igual a 1,2mts, con ancho de giro de la misma magnitud. (Ecuador Patent No. 2245, 2000)

El ancho mínimo libre de rampa, unidireccional será de 900mm, cuando se considere la posibilidad de un giro de 90°, la rampa debe tener un ancho mínimo de 1000mm.

(Ecuador Patent No. 2245, 2000).

Todas estas normas vigentes permiten mejorar y garantizar la calidad de vida en el cumplimiento de sus necesidades y aspiraciones, eliminando cualquier barrera arquitectónica del espacio público que interfiera en la realización de las mismas.



Figura 3 Accesibilidad del bipedestador

Fuente: www.ortoweb.com

2.3. Velocidad espontanea de la marcha human

La velocidad espontanea es cuando un individuo camina con total naturalidad y se encuentra divididos por grupos de edad (Cámara, 2011).

Tabla 1. Rangos de velocidad espontanea.

Edad	V(m * s⁻¹)
13-14	0,95-1,67
15-17	1,03-1,75

18-49	1,10-1,82
50-64	0,96-1,68

Fuente: (Cámara, 2011)

2.4. Clasificación de los sistemas de control

2.4.1. Sistema de control lazo abierto.

“Es aquel sistema en el cual la acción de control es, en cierto modo, independiente de la salida”. (Gaviño R. H., 2010).



Figura 4 Sistema de control lazo abierto.

2.4.2. Sistemas de control lazo cerrado.

Es aquel en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. (Gaviño R. H., 2010)

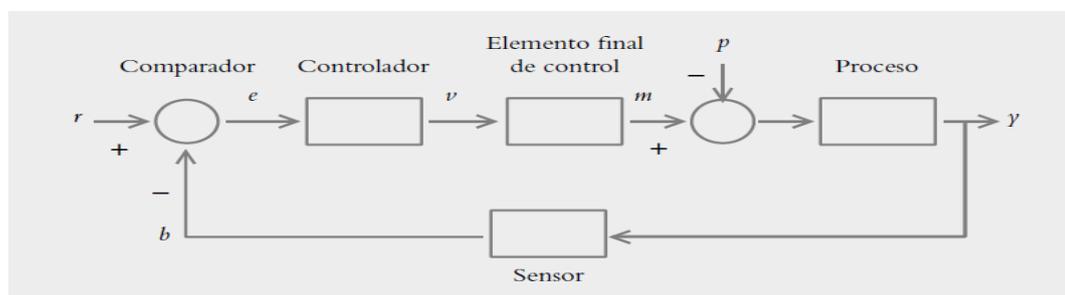


Figura 5 Sistema de control lazo cerrado

Fuente: (Gaviño R. H., 2010)

2.5. Dispositivos lógicos programables

Los dispositivos de lógica programable (PLD) es cualquier dispositivo que permita ser configurables, cumpliendo con las normas del fabricante y un diseño digital realizado por el usuario, están compuestos por compuertas lógicas y flip-flop's que son programados para conseguir funciones específicas y operaciones que deben cumplirse de manera rápida y precisa. En la actualidad se usan en sistemas electrónicos reemplazando a los circuitos integrados SSI y MSI ahorrando espacio, tiempo y dinero. En la figura 6 se indica la clasificación de los dispositivos lógicos programables.

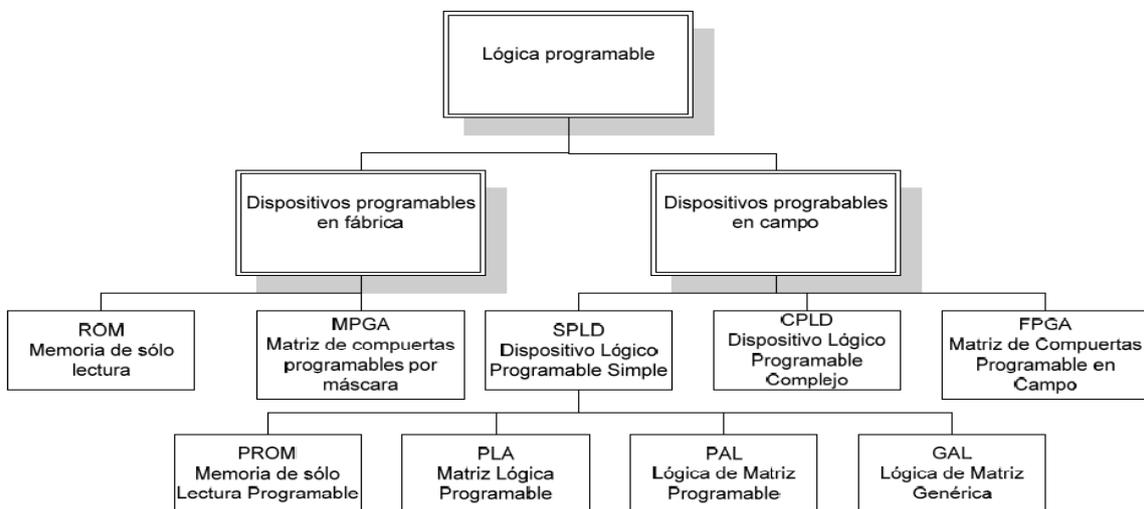


Figura 6 Árbol de clasificación de los PLDs.

Fuente: (Universidad Nacional Autónoma de México)

2.6. Comunicación Inalámbrica.

La tecnología inalámbrica utiliza ondas de radio frecuencia de baja potencia y una banda específica (espectro), de uso libre o privada para transmitir entre dispositivos. La eficacia y mayor alcance entre dos equipos inalámbricos es cuando no existen objetos

entre sus antenas de comunicación, este tipo de comunicación se caracteriza por no disponer de cables entre los dos dispositivos que transfieren información.

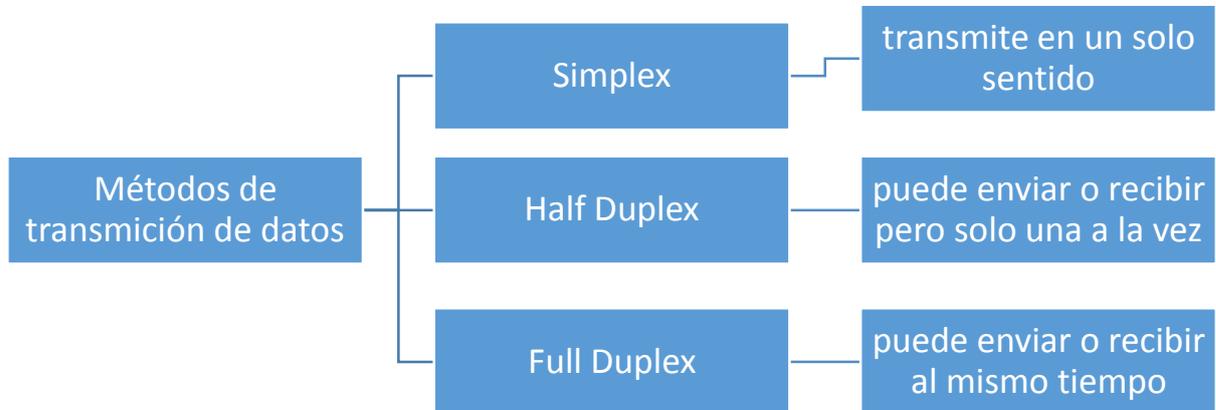


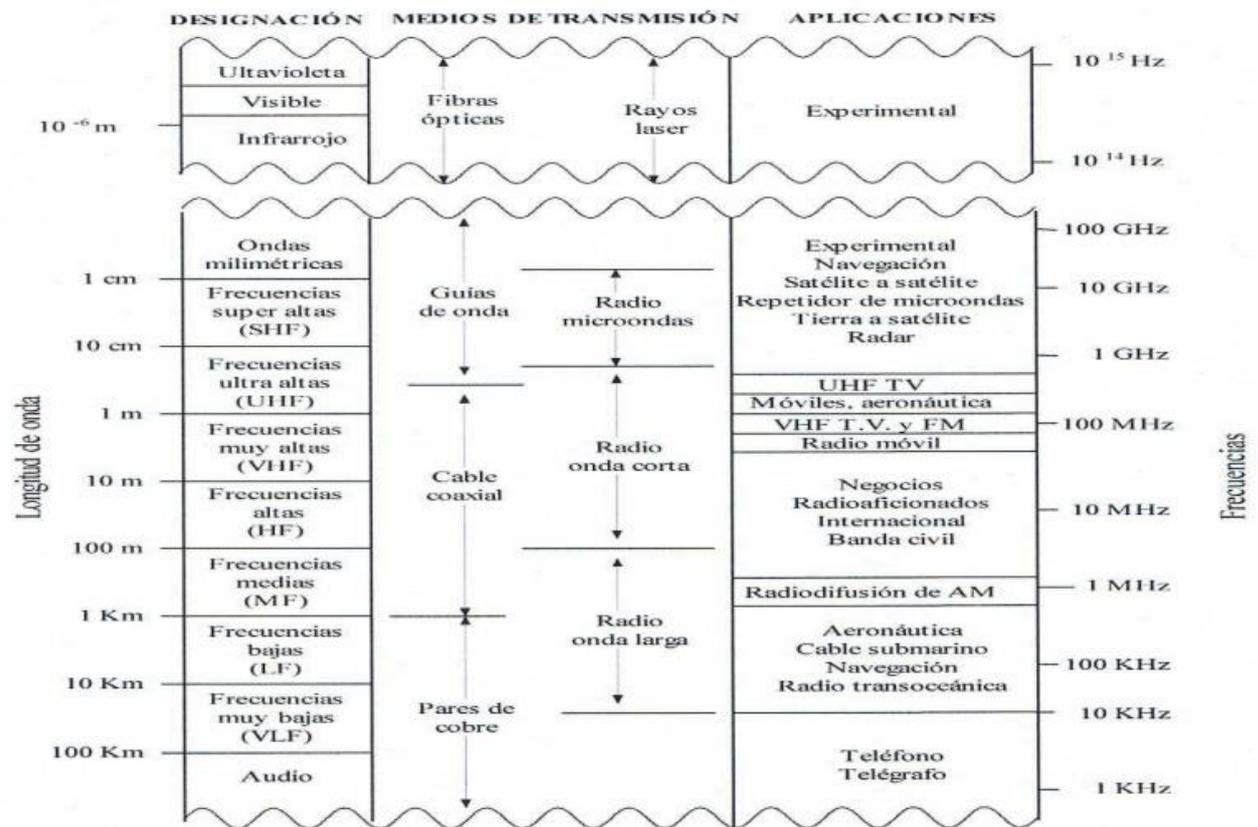
Figura 7 Métodos de transmisión de datos

2.6.1. Transmisión vía radio frecuencia.

La comunicación por radio frecuencia son ondas electromagnéticas que trabajan en un rango de 30kHz a 300GHz. Están expuestas a fenómenos que son capaces de modificar el esquema de propagación. El transmisor y el receptor están sintonizados a una determinada frecuencia, los cuales no requieren ser visibles, sin embargo la transmisión por radio frecuencia puede ser defectuosa en caso de paredes de acero.

Para la propagación de radio frecuencia se necesitan fenómenos de gran importancia para las comunicaciones inalámbricas, este tipo de ondas viajan en el vacío a la velocidad de la luz y aproximadamente en 95% en otros medios

Tabla 2 Espectro electromagnético



Fuente: www.serbal.pntic.mec.es

2.6.2. Transmisión vía bluetooth

Este tipo de redes inalámbricas posibilita transmitir voz y datos entre diferentes dispositivos.

Tabla 3. Características de tecnologías de corto alcance.

Tecnología	Frecuencia	Tasa de Tx	Alcance	Seguridad	Aplicación
ANT+	2.4 GHz	1 Mbps	<10m	-	Monitoreo: salud y deportes

Bluetooth	2.4 GHz	1-54 Mbps	10- 100m	Alta encriptación	Aplicación de audio
Infrared (IrDA)	800-1000 μ m	9600 bps	1 m	-	Mando a distancia
NFC	13.56 MHz	106- 848 Kbps	<30 cm	Alta	Acceso a pagos
RFID	125 KHz 13.56 MHz, 902 a 928 MHz	424 Kbps	<1 m	Vulnerabl e	Rastreo, inventarios
6LoWPAN	2.4 GHz	-	<10 m	Alta	Monitoreo y control vía internet
UWB	3.1 a 10.6 GHz	53Mb ps – 480Mbps	<10 m	Alta	Transferenc ia de video
Wi-Fi	2.4- 5 GHz	54- 300 Mbps	<100 m	Alta con encriptación	Redes locales, acceso a internet
ZigBee	2.4 GHz	250 Kbps	<10 m	Mediante autenticaci ón y encriptación	Monitoreo y control: hogar , industrial

Z-Wave	908.42	9600	<30 m	-	Monitoreo
	MHz	bps-			y control de
		40Kps			hogar

Fuente: (Lou, 2012)

2.7. Palancas de mandos.

Las palancas de mando son dispositivos que se acopla a la mano y dependiendo el modelo contiene botones, de control periféricos de dos ejes (x, y) o tres ejes (x, y, z) que son utilizados en computadoras, consolas de video, transbordadores espaciales, aviones de caza, en maquinaria pesada para el movimiento. Se encuentra constituido por una palanca de mano el cual gira sobre una base. En algunos modelos viene el joystick con botones para diferentes configuraciones de control. Su función es traducir el movimiento del joystick en información electrónica para que sea procesada, cada vez que se mueve el joystick se está cerrando los circuitos permitiendo así el paso de electricidad



Figura 8 Tipos de palancas.

Fuente: www.ermec.es

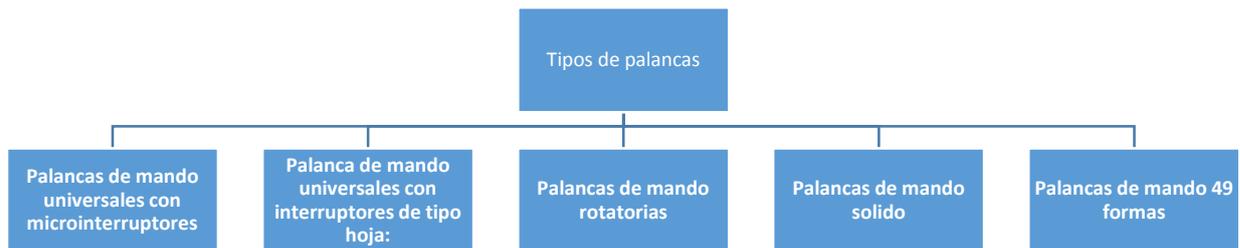


Figura 9 Clasificación de palancas

2.8. Motor de corriente directa DC.

Los motores son máquinas que transforman la energía eléctrica en movimiento mecánico rotatorio de su eje, por la acción de los campos magnéticos de sus bobinas.

Los motores se diferencian de los generadores por la dirección del flujo de la corriente.

Los motores DC son idénticos a los motores AC porque tienen el mismo principio, la única diferencia radica en que los motores DC tienen un mecanismo que transforma los voltajes DC en AC. Los motores DC son de fácil control de posición y de velocidad desde vacío y a plena carga, por lo que se han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones en el área industrial

2.8.1. Tipos de motores DC.

El motor es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica, a continuación se indica la clasificación:

Tabla 4. Clasificación de motores DC

Tipos de Motores	Características	Ventajas
Motor DC compuesto	Tiene campo de derivación y campo en serie, por lo cual tiene una velocidad limitada sin carga	Con carga disminuye la velocidad y aumenta el flujo de corriente
Motor DC en serie	Tiene bobinas inductoras con pocas espiras, pero de gran sección	Usados por su elevado par-motor en el arranque
Motor DC de imán permanente	El bobinado inductor está compuesto de imanes permanentes por su gran capacidad de almacenamiento de energía	Permite su arranque en baja tensión
Motor DC en derivación o shunt	El circuito de campo se encuentra conectado en paralelo	Son adecuados para aplicaciones en donde se necesita velocidad constante
Motor DC con excitación separada	Obtiene la alimentación de circuito de campo de fuentes de tensión	Las variaciones de velocidad al momento de aumentar la carga

independientes, por lo que el campo del estator es constante al no depender de la carga del motor.	únicamente dependerán de la caída de la fuerza electromotriz
----------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

2.9. Métodos de visualización

Dispositivos generadores de imágenes a través de una pantalla las cuales se indican a continuación en la tabla 5

Tabla 5. Comparación de pantallas.

Tecnología	Definición	Ventajas
Tubo de rayos catódicos (CTR)	Originados por la acción de los diodos cubiertos por un material fluorescente dirigidos hacia una pantalla de vidrio para la visualización de las imágenes	Capacidad de suministrar colores a una pantalla que puede ser visto en un amplio rango dinámico
Diodos emisor de luz (LED)	Se compone de paneles o módulos led, usadas en televisiones y ordenadores. También se encuentra en esta los display 7 segmentos	Operan con corrientes y voltajes pequeños Son muy resistentes y durables Tiene bastante brillo

Cristal líquido (LCD)	Es una pantalla delgada la cual contiene un determinado número de pixeles que se encuentra frente a una fuente de luz.	Requieren bajo consumo de energía Bajo costo de adquisición
------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

2.10. Transformador

El transformador es un dispositivo eléctrico que aumenta o disminuye la tensión de corriente alterna de un circuito, manteniendo el potencial eléctrico. Se constituye de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas en un núcleo común

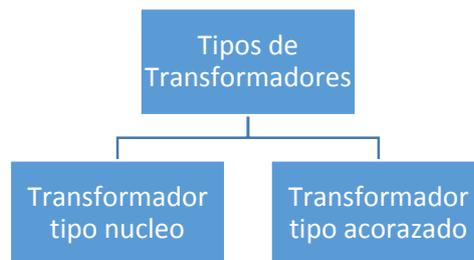


Figura 10 Tipos de transformadores

CAPITULO III

Metodología

3.1. Fuentes Bibliográficas

Para conocer el estado del arte se ha utilizado esta metodología que permite conocer información acerca de las condiciones de movilización que requiere el prototipo bipedestador, es necesario el estudio de bipedestadores móviles, silla de ruedas y la accesibilidad a cualquier espacio supervisada por el INEN

Con la información obtenida por parte de las normas INEN, los manuales de los dispositivos de movilización para las personas con paraplejia y de las experiencias de las personas, se tiene una idea de los diferentes movimientos del prototipo

3.2. Características del prototipo

Para el diseño del control se tiene que limitar las características del prototipo, el peso de las personas es una de ellas, por lo que el prototipo no puede subir pendientes mientras se encuentre una persona en él, las dimensiones es otra de las limitaciones ya que no puede girar en corredores angostos, la velocidad de movilización del prototipo es la misma que tiene la marcha espontanea de una persona.

3.3. Generación de bocetos

El estudio de bipedestadores comerciales es parte importante tanto para observar los diseños de circuitos, la eficiencia en sus diferentes etapas, para así plasmar los diferentes bocetos. El boceto inicial fue con tres motores, dos motores para cada rueda en la parte posterior y un motor para la parte de la dirección, siendo el diseño que más energía consumía. El siguiente boceto fue con dos motores para cada rueda en la parte de atrás llegando a la conclusión que era un problema en la parte de la dirección,

concluyendo en el boceto idóneo que sería poner un motor para el avance y el motor de dirección eliminando las desventajas del consumo energético y la dirección.

3.4. Selección de materiales

La investigación para la selección de los materiales más adecuados a usar en el prototipo es importante para que se cumpla con las características planteadas, también se tiene en cuenta el precio, disponibilidad en el mercado y fiabilidad de los diferentes elementos. Entre los materiales a usarse los primordiales son: los módulos de Arduino, la tarjeta de control del motor y los elementos de comunicación inalámbrica entre otros.

3.5. Análisis de movilidad

Los rangos de velocidad espontánea, la velocidad a utilizarse va a ser de 4 km/h esto ayudará a la movilización de las personas en el prototipo. Dicha velocidad seleccionada ayuda para la selección del motor ya que es un dato primordial

3.6. Ensamble de componentes

Para el ensamble de los componentes del prototipo se realizará las diferentes tarjetas dependiendo de los mecanismos a implementarse. Existirá una tarjeta madre la cual controlará las señales necesarias para el buen funcionamiento y control del prototipo. Esta tarjeta controlará señales de radio frecuencia, bluetooth y manuales en la cual se espera no exista interferencia de ningún tipo. También se implementará un medidor y cargador de batería.

CAPITULO IV

Resultados

4.1. Selección de materiales

La elección de los materiales es una parte importante para el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas, se tiene en cuenta los distintos niveles de voltaje a los que trabajan los elementos y que a su vez tengan un precio razonable para reducir el valor del diseño del sistema de potencia y control.

4.1.1. Dispositivo lógico programable.

Para la elaboración del proyecto se utilizará las placas de Arduino las cuales son: Arduino nano y Arduino mini-pro. Los dispositivos son de alta velocidad de procesamiento de la información

El Arduino nano cumple con los números de pines que se requiere para el desarrollo de la aplicación del control a distancia, bajo precio económico, un rango amplio de aplicaciones, eficiente, práctico y disponibilidad en el mercado, es una solución perfecta para aplicarlo en el proyecto.

Para el módulo principal se utilizará Arduino mini-pro que ofrece un buen rendimiento de procesado a bajo costo, una ventaja se puede utilizar varios protocolos seriales

Una de las ventajas es que se puede utilizar 35 pines en forma de entrada o salida y puede operar a una frecuencia de hasta 48Mhz con oscilador externo. Además cabe mencionar que este módulo Arduino sirve para proyectos de alto rendimiento.

Tabla 6. Ccomparación de controladores programables

Dispositivo	Arduino	Arduino	Pic16f84a	Pic18f4550	18f4431
Lógico programable	mini pro	nano			
Pines I/O	14	14	13	35	35
Digitales					
Memoria	16 KB	32KB	68	2048	768
Flash					
Pines Analógicos	6	8	No	Si	Si
Frecuencia máxima de trabajo	16Mhz	16Mhz	20Mhz	48Mhz	
Entradas de Voltaje	5-12V	7-12V	5-12V	5-12V	5-12V

4.1.2. Regulador de Voltaje.

El LM7812 y LM7805 son reguladores de voltaje lineal, por efecto Joule disipa el exceso de potencia eléctrica en forma de calor, estos dispositivos reguladores ayudará con los requerimientos de algunos dispositivos que integran el proyecto. Posee protección contra sobrecargas térmicas en caso de que su temperatura de juntura supere los $125^{\circ}C$ y entregando una corriente máxima en el circuito de 1 amperio, resistiendo corrientes picos de hasta 2.2 amperios.

4.1.3 Módulo de bluetooth.

Es empleado para conexiones inalámbricas que sirve para la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos, a través de un enlace radio frecuencia de 2.4 GHz. En este tipo de comunicación el objetivo es comunicarse eliminando cables entre elementos fijos y móviles, creando redes inalámbricas para facilitar la sincronización de datos entre dispositivos.



Figura 11 Módulo bluetooth hc-06

Fuente: www.forosdeelectronica.com

4.1.4. Comunicación Inalámbrica RF.

Es empleada la comunicación inalámbrica para la utilización del control a distancia en el que se ubica el módulo transmisor y en el control principal se encuentra el módulo receptor. Para el proyecto se utiliza los módulos de radio frecuencia de 433Mhz que son fáciles de manipular y de bajo costo

Los módulos funcionan a una distancia máxima de 25 metros y con enlace simplex ya que para el proyecto no se necesita una comunicación dúplex y comunicación a largas distancias.

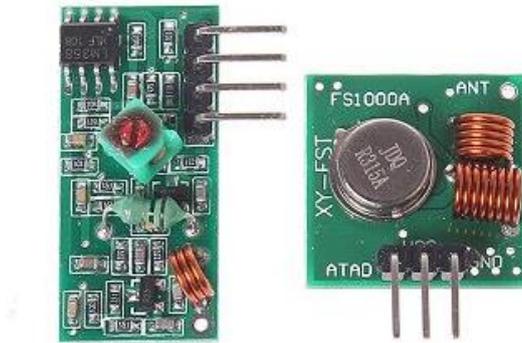


Figura 12 Izquierdo módulo de recepción, derecho módulo de emisión

Fuente: archimon-tx8.blogspot.com

4.1.5 Pantalla LCD 16x2.

Constituida por cristal líquido, es un dispositivo salida de datos que se encuentra gobernado por un módulo Arduino para la visualización de los caracteres que se puede presentar en las 2 filas y 16 columnas de las que dispone, cada una dispone de 5x7 pixeles. La pantalla LCD necesita un circuito de acondicionamiento externo para el correcto funcionamiento

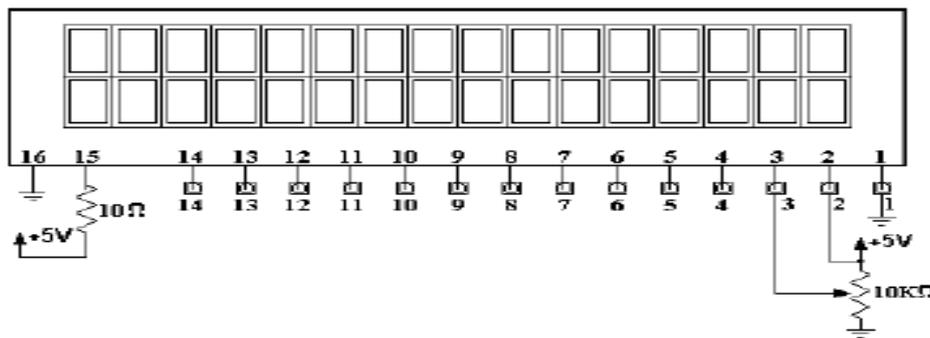


Figura 13 Circuito de conexión de LCD

Se utiliza la pantalla en el control a distancia como un método de visualización de datos para ingresar la clave de acceso para poder movilizar al prototipo.

4.1.6. Joystick.

El módulo están compuesto de dos ejes que son analógicos por dos potenciómetros en los eje (X,Y) y el eje (Z) que es un botón de salida digital. Su alimentación para cada eje es independiente. El joystick además incluye auto retorno al centro. Este dispositivo cumple con los requerimientos del proyecto se encuentra en el módulo principal, en el control a distancia y son alimentados con 5V.



Figura 14 Joystick

Fuente: www.ebay.com

4.1.7. Motor brushed serie PPSM105L-02.

El motor reductor brushed, utiliza un mecanismo de transeje, este dispositivo reduce la velocidad y aumenta el par de torsión. En la tabla 7 se dispone de las características:

Tabla 7. Características del motor

Modelo	PPSM105L-02
Potencia Pico	800W
Relación De Reducción	20: 1
Torque limite (Nm)	35 – 50

Voltaje Nominal (V)	12 / 24
Corriente de carga (A)	37-50
Sin carga RPM	250 – 300
Peso (kg)	11
Precio	\$ 1200

Fuente: <http://www.peipeiscooter.com>

La figura 15 indica el motor utilizado para la movilización del prototipo



Figura 15 Motor transeje PPSM105L-02

Fuente: www.peipeiscooter.com

4.1.8 Motor de dirección.

El motor de la dirección tiene las siguientes características: funciona a 12 V. consumo de corriente es de 10 A. tiene una potencia de salida que varía desde los 30 – 120 W y una torsión de 8 – 16 Nm y con un peso de 1kg. Que es suficiente para poder generar el movimiento necesario para la dirección.



Figura 16 Motor plumas Nissan Sentra

4.1.9. Tarjeta de control de motores Sabertooth 2x60.

Se seleccionó la tarjeta Sabertooth 2x60, soporta 60 A y 120 A de corrientes de pico durante unos segundos, debido a que el motor transeje PPSM105L-02 en pruebas realizadas maneja corrientes de 40-50 Amperios de forma continua.



Figura 17 Tarjeta de motores Sabertooth 2x60

Fuente: www.dimensionengineering.com

4.2. Diseño de los circuitos

4.2.1. Diseño del circuito cargador

En la figura 18 se indica el alternador que representa la alimentación de un tomacorriente, el switch representa el enchufe del circuito cargador que permitirá el paso de energía desde el cargador hacia las baterías, el transformador 12V el cual permite reducir la tensión y el puente de diodos rectificador de onda completa que se encarga de convertir la corriente alterna en corriente directa.

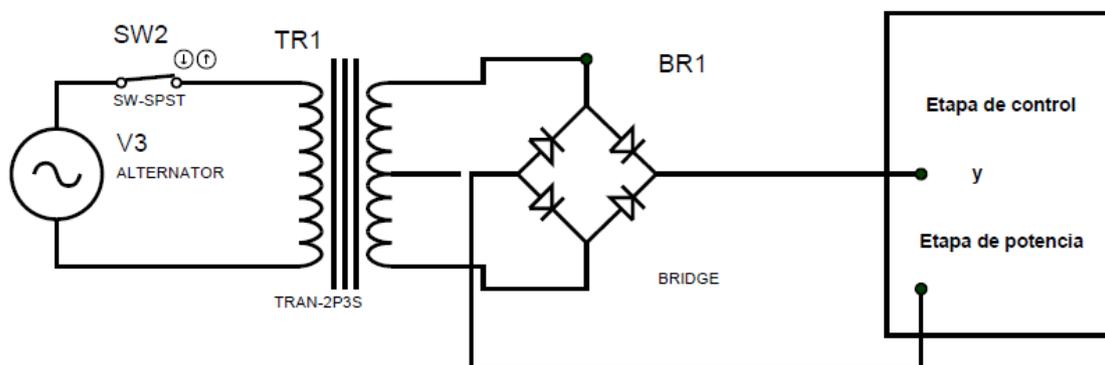


Figura 18. Transformador y puente de diodos

4.2.2. Módulo de Control Principal.

En el módulo principal se encuentra el receptor de las señales de radio frecuencia, el módulo de bluetooth, el joystick para la movilización, el switch de 3 estados, 2 sensores finales de carrera y el módulo Arduino siendo estos los destacados.

Con el switch de tres estados se selecciona el modo de funcionamiento del prototipo, este puede ser tanto manual, radio frecuencia y bluetooth; en el estado manual se podrá manipular el joystick el cual da desplazamiento, en el modo de radio frecuencia se realizará mediante el control a distancia y por el modo bluetooth que se manipulará mediante la aplicación.

Los sensores colocados estarán situados en la parte de la dirección los cuales ayudaran en la desactivación del motor al momento de curvar en su totalidad, haciendo que no existan desgastes en el piñón, a su vez ayudará a que el motor no tenga esfuerzos innecesarios en esas condiciones.

4.2.3. Módulo de control a distancia.

En este módulo de control a distancia se propone el diseño del circuito para el envío de señales de radiofrecuencia hacia el receptor que se encuentra en el panel principal, en el

módulo transmisor se encuentra un Arduino nano que está encargado de enviar las señales por medio de radiofrecuencia hacia el receptor ubicado en el panel principal. Para el correcto funcionamiento del control, primero se ingresará una contraseña que habilite el envío de los datos al módulo principal.

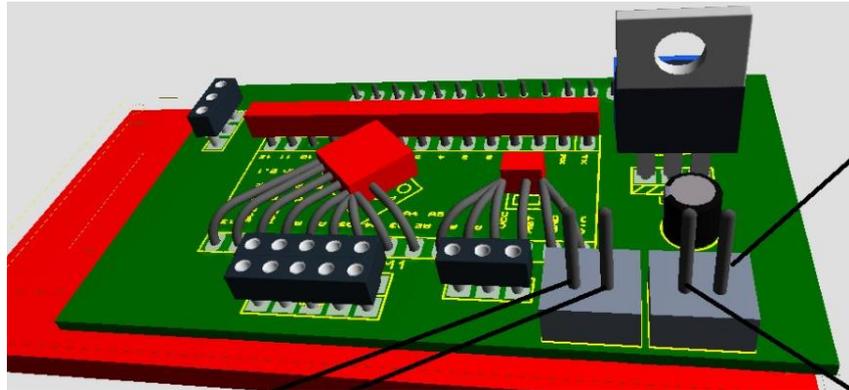


Figura 1911 Control a distancia.

La alimentación del circuito transmisor será a partir de una batería de 9V y el componente lm7805 para regular a 5V que ingresa a todo el módulo del control a distancia.

4.2.4. Módulo bluetooth.

Para la transmisión de datos por vía bluetooth se propone el envío a través de un Smartphone, el cual contendrá una aplicación compatible con Android, de nombre “Lilibot”. La primera pantalla es exclusiva para ingresar la clave de acceso a la pantalla de manejo del prototipo, después de eso se tiene que emparejar el bluetooth del dispositivo móvil con el modulo bluetooth que se encuentra en el módulo principal para poder movilizar al prototipo con las flechas que indica las direcciones de navegación.



Figura 20 Pantalla de ingreso de la clave



Figura 21 Pantalla de

navegación del prototipo

bipedestador.

4.2.5. **Módulo** medidor de baterías.

Es un módulo de dígitos led que será utilizado para monitorizar el voltaje de las baterías. Los rangos de medición van desde de 5V-30V. Según la norma INEN 1498 una batería de 12V se encuentra cargada cuando entre sus bornes tiene un valor de 13,4V, y se encuentra totalmente descargada cuando el valor entre sus bornes sea de 10,5V.

4.2.6. **Diseño del circuito de dirección.**

Este circuito alimentado por el voltaje que suministra la batería, formada por dos relés como se muestra en la figura 22, girará dependiendo de la señal digital que envíe el

módulo de control principal para saturar al transistor y la activación unos de los relés electromagnéticos.

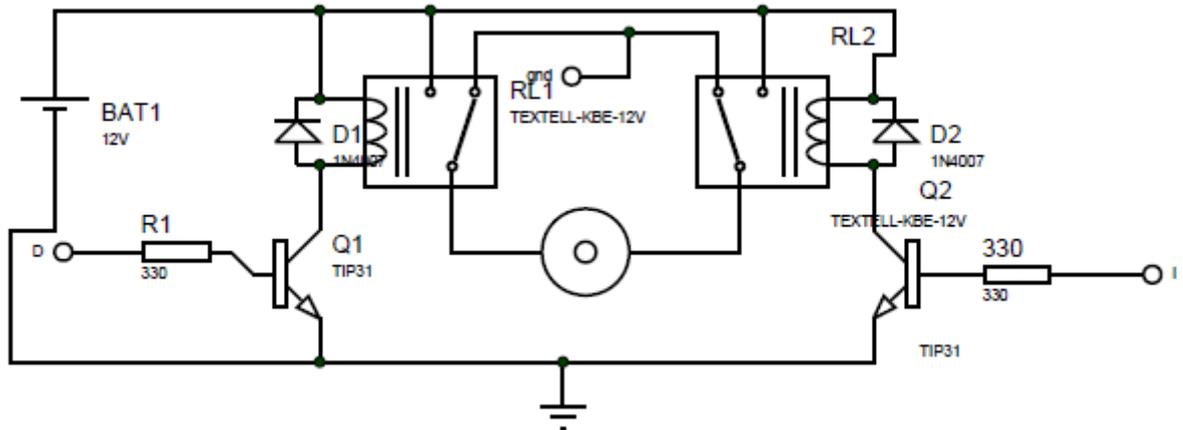


Figura 22 Circuito para la dirección.

4.3. Desarrollo del software

Para el desarrollo de la programación de los módulos de Arduino utilizados en el presente trabajo, se utilizó el software Arduino IDE, utilizando el lenguaje C; obteniendo así el máximo provecho del compilador en estos dispositivos. El software es fácil de utilizar, cuenta con una amplia variedad de librerías, funciones ya predefinidas, muy compactas y eficientes. Además el Arduino IDE ayuda para la realización de la simulación del esquema eléctrico y electrónico.

4.3.1. Diagrama de bloques del funcionamiento del control central.

Este módulo Arduino está encargado de enviar las señales de control a los motores de acuerdo a la posición del joystick y del potenciómetro lineal; además de la comunicación por radio frecuencia o de la aplicación de Android a través de bluetooth.

En la figura 23 se indica el diagrama de bloques del programa, donde se mira la configuración y la selección del modo de control

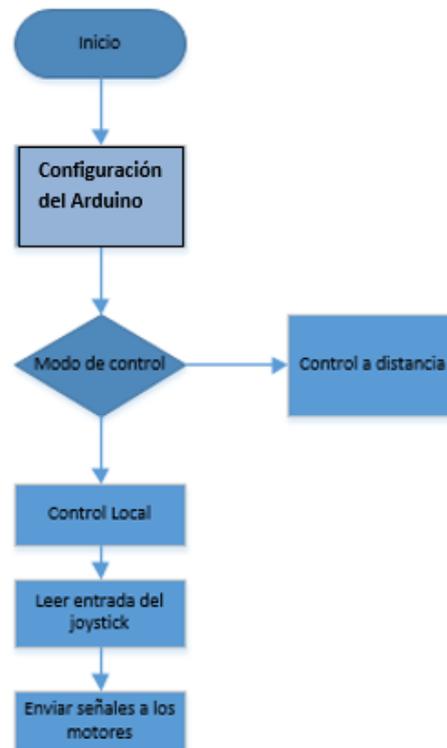


Figura 23 Diagrama bloques del funcionamiento del control local

4.3.2. Diagrama de bloques del funcionamiento del control radio frecuencia.

El módulo Arduino nano está encargado de recibir las señales provenientes de los pulsadores tanto del control de la dirección como el de la clave de acceso, cuenta también con un potenciómetro lineal encargado del avance del prototipo. En la figura 24 se indica el diagrama de bloques del programa, en donde se mira la configuración

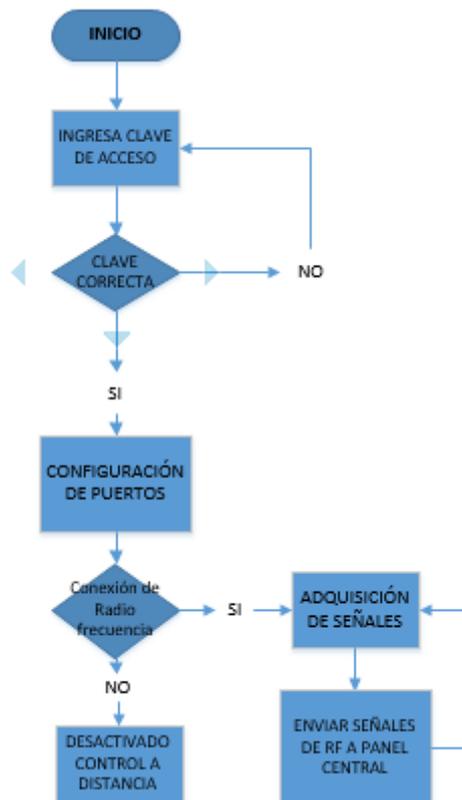


Figura 24 Diagramas de bloques con conexión vía radio frecuencia

4.3.3. Diagrama de bloques del funcionamiento del control bluetooth.

La aplicación Android fue desarrollado en la página de www.appinventor.mit.edu que es compatible con el sistema operativo Android. La aplicación cuenta con una pantalla exclusiva para el ingreso de la clave de acceso el cual sirve para no ser manipulada por personas no autorizadas.

Posteriormente se visualizara los iconos de emparejar el modulo con un Smartphone para luego movilizar el prototipo con la aplicación.

Tabla 8. Elementos de pantalla smartphone

	Emparejamiento del módulo con un Smartphone
	Slider: controlar la velocidad de desplazamiento
	Flechas laterales su función son el movimiento de la dirección
	Flechas transversales se encargan del avance o retroceso del prototipo
	Sirve para detener todo los motores de avance y dirección
	Es la encargada de salir la aplicación y desemparejar el módulo

A continuación en la figura 25 se indica el diagrama de bloques del funcionamiento de la aplicación.

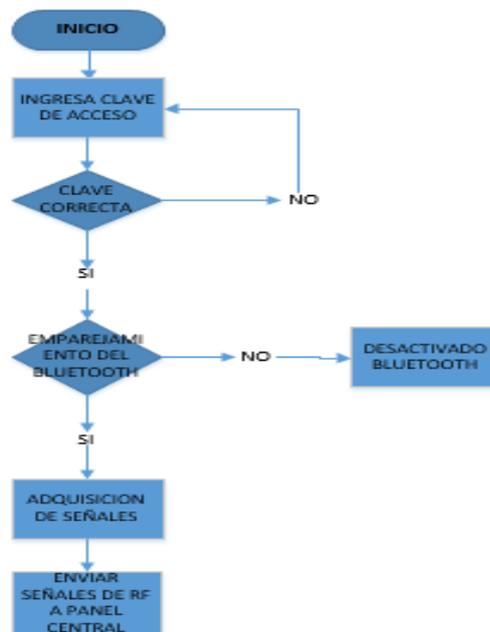


Figura 25 Diagramas de bloques con conexión vía bluetooth.

4.4. Diseño del panel principal

El diseño del panel constará de los siguientes indicadores y controladores:

Indicador del nivel de batería

Control de estabilización

Control de dirección (jostick)

Control de avance (Potenciómetro lineal)

Switch de 3 estados

Control de estabilización se localiza 4 pulsadores que estarán previamente indicados en el tablero de control. Dichos pulsadores están dados para la posición de estabilización tanto delantera como trasera; esta estabilización será acorde a la necesidad que tenga el operador del prototipo en el ascenso o descenso de las rampas.

Control de avance presenta un potenciómetro lineal, donde la posición media será un estado neutro, al mínimo cambio de posición el prototipo tendrá un desplazamiento tanto de avance como de retroceso.

Switch de tres estados es un componente que tendrá el prototipo de selección ya sea de forma manual como inalámbrica; de forma manual es cuando el operador está controlando el prototipo desde la silla, y la forma inalámbrica es cuando el operador está controlando mediante el control a distancia o por medio de la aplicación Android

4.5. Diseño del control a distancia

El diseño del panel consta de los siguientes indicadores y controladores:

Un módulo Arduino nano.

Un módulo de radio frecuencia de 433 MHz.

Una pantalla LCD

Cinco Pulsadores.

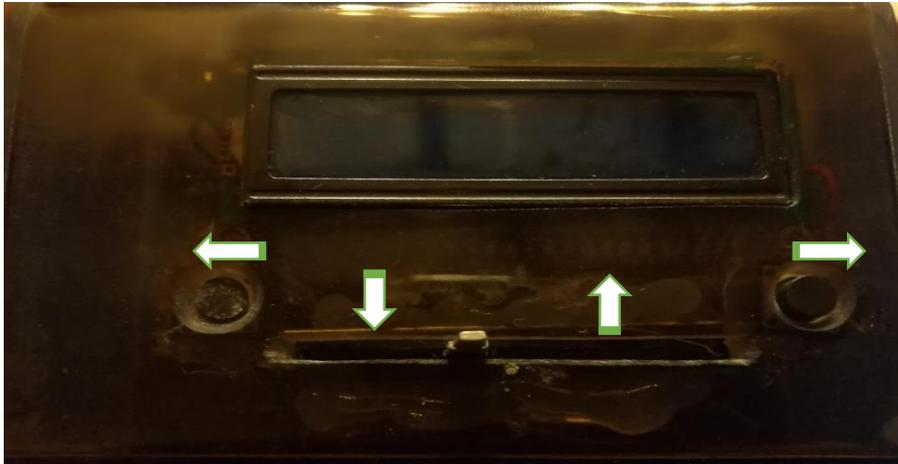


Figura 26 Diseño del control a distancia

La pantalla se utiliza para indicar la clave de acceso, la que se ingresa por los pulsadores ubicados en la parte superior del control, si es correcta la contraseña, en la pantalla indicará conectado y a continuación enviara datos hacia la placa de control principal

El potenciómetro lineal en la parte media hace referencia a neutro y a un leve movimiento del cursor el prototipo tendrá un desplazamiento tanto de avance como de reversa. Los pulsadores alojados en los extremos del potenciómetro lineal dan movimiento a la dirección.

4.6. Distribución de la energía eléctrica.

La red de distribución es la parte de suministrar electricidad desde la batería hacia todos los elementos eléctricos y electrónicos. El prototipo esta alimentado por una batería de 12V; la cual suministra energía a los controladores del motor de avance y el motor de la dirección, el control principal consume 5V que es el consumo más bajo del prototipo pero el que cumple la función de controlar y de mover al prototipo.

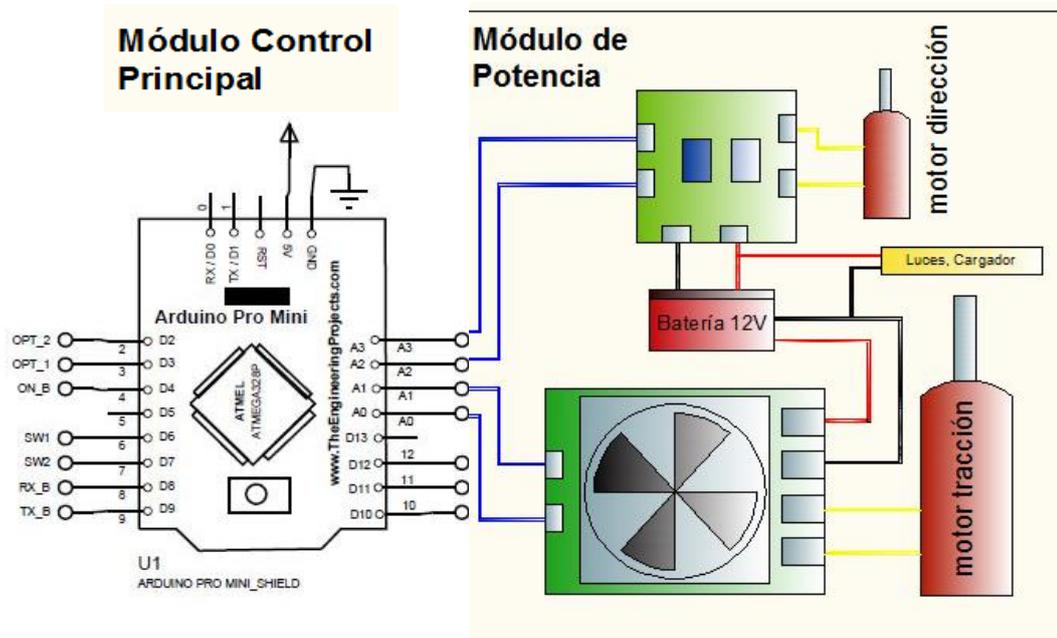


Figura 2127 Diagrama de conexión

4.6.1. Cálculo de la sección del cable.

A continuación se indica la ecuación para seleccionar la sección del cable de todo el prototipo.

$$S = \frac{2 \cdot p \cdot L \cdot i}{V_L}$$

Ecuación 1. Sección del cable

p = Resistividad ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$) = 0.0172 del cobre

L = Longitud (m)

i = Intensidad (A)

V_L = Caída de tensión (V)

Sección del cable de Baterías hacia la tarjeta de control de motor

$$S = 17.603 \text{ mm}^2$$

Cable AWG número 4

Sección del cable hacia el motor de dirección

$$S = 2.384 \text{ mm}^2$$

Cable AWG número 13

Sección del cable de control

$$S = 0.385 \text{ mm}^2$$

Cable AWG número 21

Sección del cable cargador de baterías

$$S_{cable} = 1.232 \text{ mm}^2$$

Cable AWG número 16

4.7. Construcción de los circuitos impresos.

4.7.1. Esquema electrónico módulo principal

Para el módulo se realizó el circuito impreso de forma sencilla con una sola capa. Este circuito es el encargado de controlar el ingreso de las señales inalámbricas y enviar las señales a los módulos para el desplazamiento. La figura 28 indica el diseño del módulo.

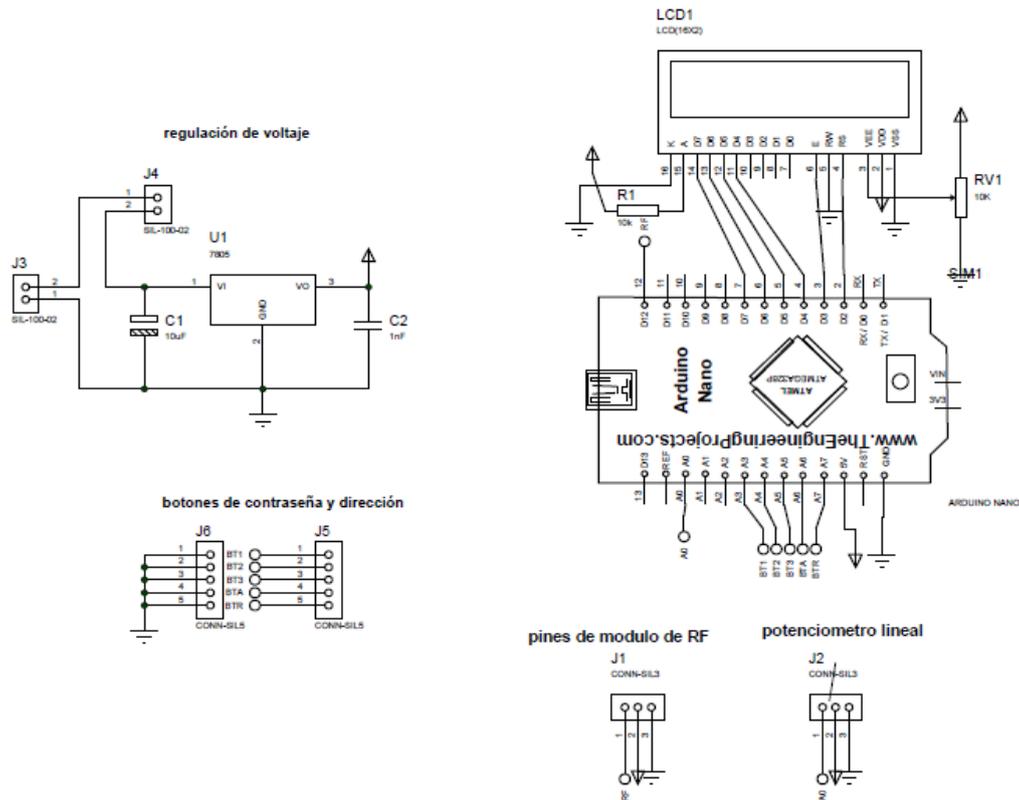


Figura 28 Diseño del circuito del módulo de control principal

4.7.2. Esquema electrónico circuito de control a distancia.

Este circuito se realizó de una sola capa, el circuito es el encargado de enviar vía radio frecuencia para el desplazamiento del prototipo. La figura 29 indica el diseño del circuito.

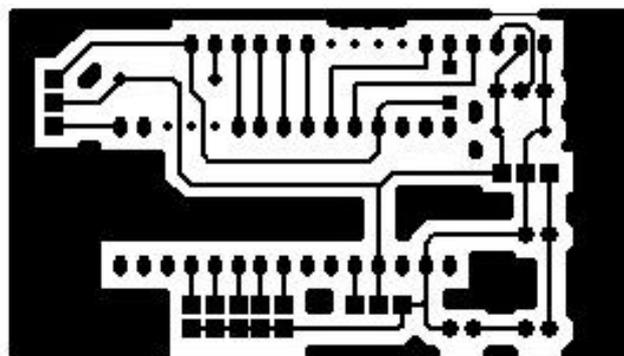


Figura 29 Diseño del circuito impreso del módulo de control a distancia

4.7.4. Esquema eléctrico módulo de avance.

Para la activación del motor de avance se utilizó la tarjeta de control Sabertooth la que reciben las señales del control principal.

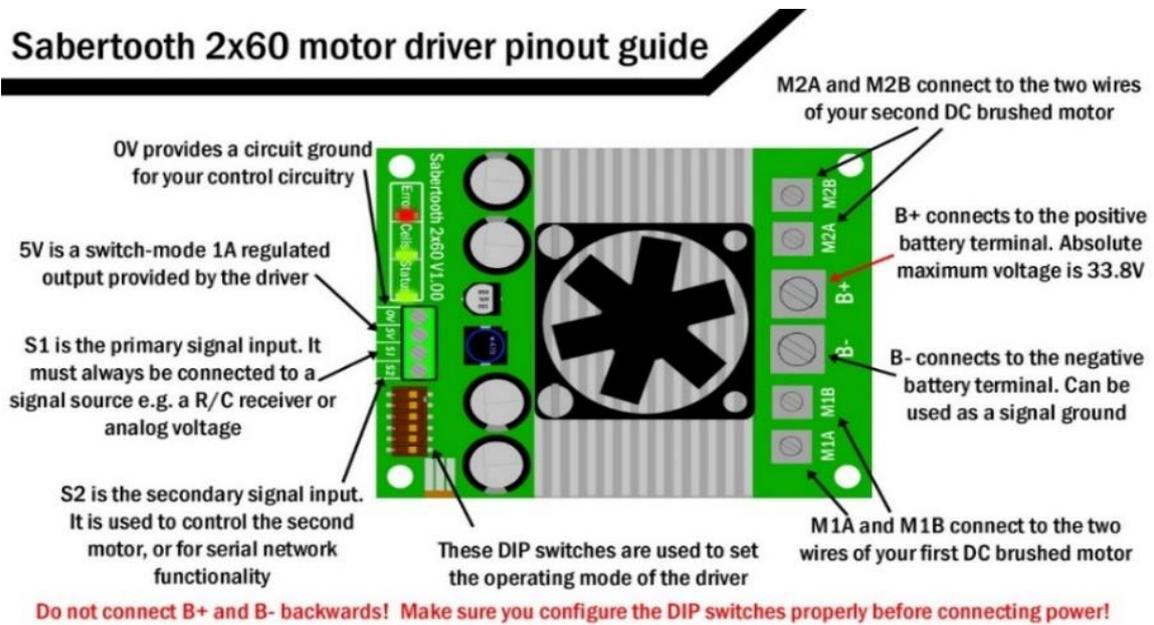


Figura 30 Diagrama de conexión del motor de avance.

Fuente: www.dimensionengineering.com

4.7.5. Esquema eléctrico módulo de dirección.

Para el motor de la dirección se utilizó dos relés con los cuales se realizó un puente H para la inversión de giro. Para el cálculo del ancho de la pista de la placa de dirección se utilizó la ecuación 2.

$$\text{Ancho} = \left\{ \left[\frac{I}{0.0647 * \Delta T^{0.4281}} \right]^{0.6732} \right\} / (L * 1.378)$$

Ecuación 2. Ancho de la pista.

Ancho = 18.71 mm

El circuito está encargado de direccionar el prototipo. La figura 31 indica el diseño del circuito.

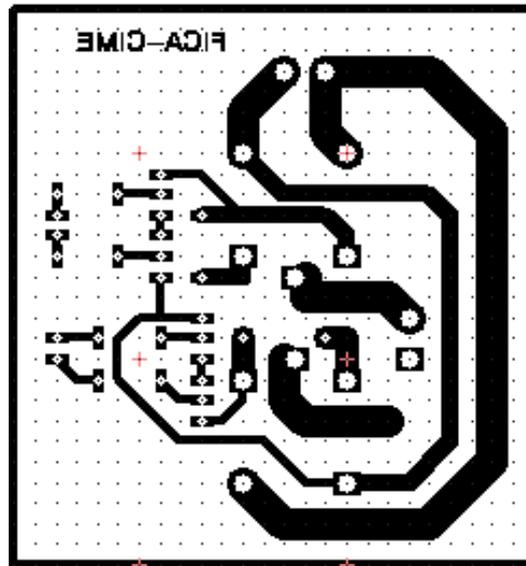


Figura 31 Diseño impreso del circuito de dirección.

4.7.6. Esquema eléctrico circuito cargador

Para el módulo se realizó una conexión de dos transformadores en paralelo, con un puente de diodos rectificador de onda completa para convertir de corriente alterna a corriente directa

4.8. Diseño del software de control

4.8.1. Control principal.

Los pines a utilizar en el módulo Arduino *se encuentran en la tabla 9.*

Tabla 9. Pines a utilizarse control principal

Función	Pines
El converso A/D de 10 bytes para leer los niveles del joystick	A0, A6

Salida para el motor de dirección	D3, D4
Control de la velocidad de avance	D11
Comunicación inalámbrica de radio frecuencia	D10
Comunicación vía bluetooth	D8, D9
Indicadores leds de modos de manejo	A1, A2, A3
Selector de modo de manejo	D6, D7

4.8.2. Control radio frecuencia.

Los pines a utilizar en el módulo Arduino se encuentran en la tabla 10

Tabla 10. Pines a utilizarse control radio frecuencia

Función	Pines
Comunicación de radio frecuencia	D12
Pantalla LCD	D2 – D7
Potenciómetro Lineal	A0
Botones dirección y contraseña	A3 – A7

4.8.3 Esquema eléctrico del prototipo

En la figura 32 se observa las conexiones del prototipo con las etiquetas de cada cable de los dispositivos usados.

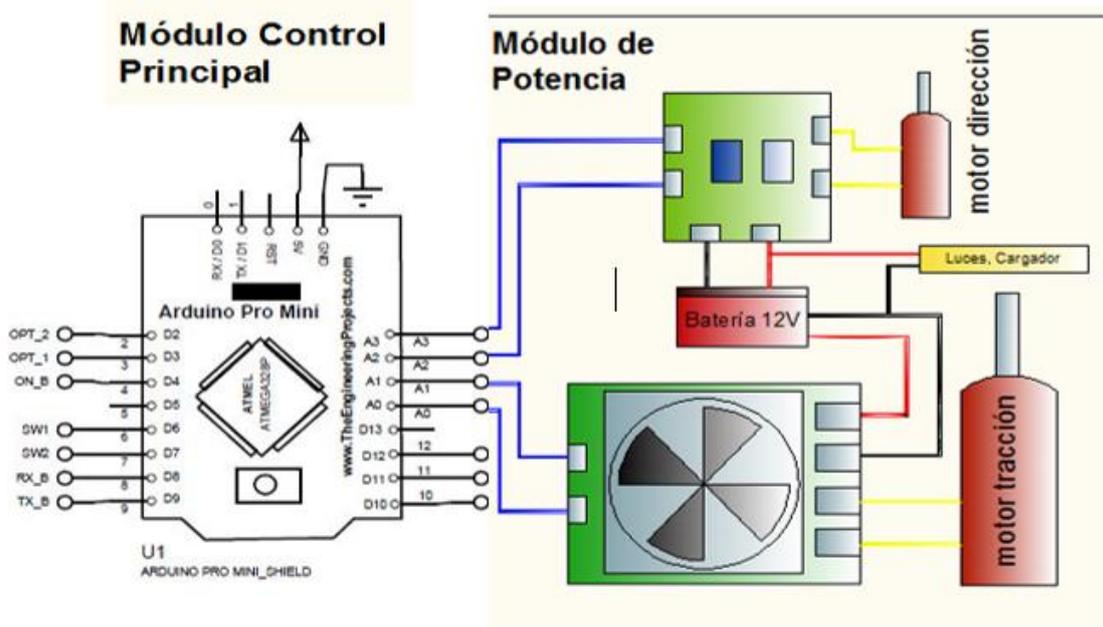


Figura 32 Esquema eléctrico

Tabla 14. Distancia de radio frecuencia a 5m.

Ac	Intentos									
ción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alc	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ance										
de la										
señal										

Se comprobó que una distancia segura para la manipulación con el control a distancia es de 10 metros a la redonda.

Tabla 15. Resultado de las diferentes distancias

Acción	Resultado	Éxito
Alcance de 15m.	En ciertos momentos no se transiten los datos	No
Alcance de 10m.	Todas la veces se recibió sin ningún problema	Si
Alcance de 8m.	Se transmitió sin ningún problema	Si
Alcance de 5m.	Se transmitió sin ningún problema	Si

5.1.2. Pruebas de funcionamiento del ingreso de clave.

Se realizó en diferentes ocasiones ingresar la clave.

Tabla 16. Ingreso de clave incorrecta del control a distancia

Ac	Intentos									
ción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alc	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ance										
de la										
señal										

En todos los intentos se comprobó con el 100% de que no puede acceder a la manipulación con la clave incorrecta.

Tabla 17. Ingreso de clave correcta del control a distancia

Ac	Intentos									
ción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alc	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ance										
de la										
señal										

Se ingresó la clave sin ningún problema, dando un resultado de un 100%

5.1.3. Pruebas de funcionamiento de botones de manipulación.

Tabla 18. Botones de manipulación

Ac	Intentos									
ción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alc	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ance
de la
señal

En la prueba de funcionamiento pulsando los botones se tuvo como resultado un 100% de efectividad.

5.1.4. Resultados del control a distancia

Tabla 19. Resultados control a distancia

Acción	Resultado	Éxito
Ingresa la clave de forma incorrecta	Mediante la LCD indica que intente de nuevo y no accede a la conexión	Si
Ingresa la clave de forma correcta	En la LCD indica que se procede con la comunicación	Si

Procesado de la señal	El controlador procesa la señal y realiza el movimiento hacia adelante	Si
Alcance de radio frecuencia	Para una buena comunicación se debe estar a una distancia inferior de 10 metros	Si

5.1.5. Pruebas de funcionamiento del módulo del control principal

Para el modo de control a distancia se debe ubicar el switch en la posición correcta.

Tabla 20. Pruebas de funcionamiento del módulo del control principal

Acción	Resultados	Éxito
Se selecciona el modo de controlar a distancia	No se puede maniobrar desde el control principal ni a través de bluetooth	Si
Se conecta a través de Bluetooth	No se puede conectar por el control principal ni por el módulo de control por radio frecuencia	Si
Se selecciona el modo de control local	No se comunica con ningún conexión inalámbrica	Si

Tabla 24. Distancia de bluetooth 5m.

Ac ción	Intentos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alcance de la señal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Se comprobó que una distancia segura para la manipulación con el control a distancia es de 10 metros

Tabla 25. Resultado de las diferentes distancias

Acción	Resultado	Éxito
Alcance de 15m.	En ciertos momentos no se transiten los datos	No
Alcance de 10m.	Todas la veces se recibió sin ningún problema	Si
Alcance de 8m.	Se transmitió sin ningún problema	Si
Alcance de 5m.	Se transmitió sin ningún problema	Si

5.1.5. Pruebas de funcionamiento del módulo de potencia

Las pruebas se las realizara al driver Sabertooth y a la tarjeta del motor de dirección

Driver Sabertooth.

Tabla 26 .Sabertooth modos de funcionamiento.

Acción	Intentos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Se controla el motor en modo manual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controlo con bluetooth	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controlo con radio frecuencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Control de tarjeta de dirección

Se comprobó que se puede controlar los motores en los diferentes modos

Tabla 27. Módulo de dirección a diferentes modos de funcionamiento

Acción	Intentos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Control manual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Control remoto			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Control por voz	✓	✓								
Control por radiofrecuencia		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Control por frecuencia	✓									

5.1.6. Pruebas de funcionamiento del medidor de baterías

Si solo se enciende dos leds el prototipo ya no funciona.

Tabla 28. Funcionamiento de medidor de batería.

Acción	Resultado	Éxito
Se mide la batería con la máxima carga	Se encienden todos los leds de la barra	Si
Se mide la batería con la mitad de la carga	Se encienden cinco leds de la barra	Si
Se mide la batería descargada	No se enciende ningún led de la barra	Si

5.2. Falencias y sugerencias

Tabla 29. Referencias y sugerencias.

Falencias	Sugerencias
Comunicación inalámbrica	
Se realizó la comunicación inalámbrica por radio frecuencia y por bluetooth, lo que existe problemas al momento de cambiar de radio frecuencia a bluetooth.	Se recomienda que solo se realice un solo tipo de comunicación inalámbrica, para que no exista la interferencia de frecuencias. La comunicación más recomendable es la bluetooth ya que es la más estable
Carga autónoma	
La energía es uno de los problemas del prototipo ya que no dura mucho tiempo en funcionamiento, por lo que se trató	Para implementar este sistema se sugiere aumentar la velocidad del motor de tracción o utilizar un generador que trabaje a menos rpm pero siempre a 12V.

de implementar un sistema de carga autónoma a través de la tracción en la cual pudo observar que la velocidad de una caminata humana no abastece al sistema del alternador y magneto de moto que fueron los generadores utilizados.

Movilidad del prototipo

La estructura inicial del prototipo fue dimensionada con las medidas de una silla de ruedas normal, pero posteriormente se adoptaron medidas más grandes de acuerdo al diseño de la silla. Con esto conlleva a que el prototipo no pueda trasladarse en espacios reducidos

Realizar un rediseño del prototipo para realizarlo más compacto y ligero, el cual pueda acceder a todos los sitios correspondientes una silla de ruedas

CAPÍTULO VI

Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

El diseño mecánico del prototipo sufrió modificaciones que aumentaron el peso, por lo que fue necesario anexar un driver que abastezca los nuevos requerimientos de consumo de potencia que permita el funcionamiento continuo.

Se adecuó el control principal en una palanca ergonómica con botones de acceso rápido y joystick el que permitió un funcionamiento adecuado del todo el prototipo en las diferentes pruebas realizadas.

Se presentó un error en las pruebas de comunicación inalámbrica las cuales se pudo corregir mediante software obteniendo un error del 2%.

Se determinó en base a las pruebas de la comunicación inalámbrica un alcance máximo en campo abierto de 10 metros tanto en la comunicación de radio frecuencia y bluetooth

6.2 Recomendaciones.

Anexar todos los mandos de movilización y bipedestación en un solo control para su mayor facilidad de manejo.

Generar todos los ensayos de desplazamiento antes de diseñar e implementar las placas de control para así evitar funcionamiento de elementos al límite.

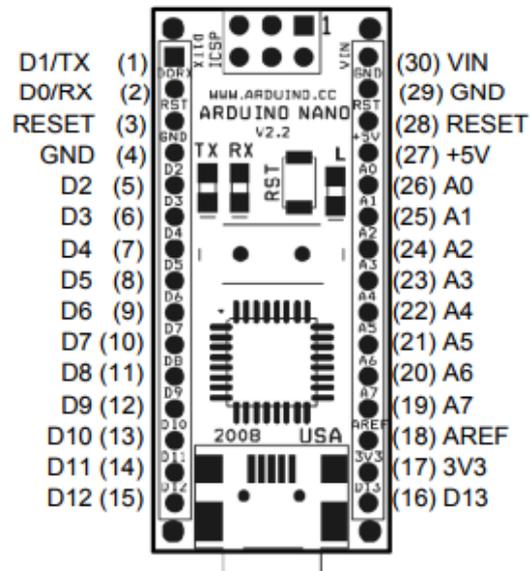
Bibliografía

- AmpFlow. (2015). *www.ampflow.com*. Obtenido de *www.ampflow.com*.
- Angulo Bahón, C., & Ray Giber, C. (2004). Sistemas de Control. En C. Angulo Bahón, & C. Ray Giber, *Tecnología de los sistemas de control* (págs. 4-5). Catalunya: UPC.
- Digitales, F. d. (2000). *Thomas L. Floyd*. Madrid: Prentice Hall.
- Easystand. (2013). *Easystand*. Obtenido de Catalogo Easystand:
<http://www.easystand.com/documents/2013/08/easystand-catalogo-2013.pdf>
- Frouzan, B. (2007). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicación*. Madrid: Mc-Graw Hill.
- Gaviño, R. H. (2010). *Introducción a los sistemas de control*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Gaviño, R. H. (2010). *Introducción a los sistemas de control* . México: PEARSON.
- Gudjonsdottir. (2002). *Effects of a dynamic versus a static prone stander on bone mineral density and behavior in four children with severe cerebral palsy*.
Pediatric Physical Therapy.
- INEN. (2000). *Ecuador Patente n° 2245*.
- INEN. (13 de julio de 2015). *NTE INEN*. Obtenido de Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios, corredores y pasillos. Características generales :
www.normalizacion.gob.ec
- Lara, R. R. (2008). *Sistemas digitales de instrumentación y control*.
- León. (2005). *Metodología para la detección de requerimientos subjetivos de diseño de un producto*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

- Linares Ruiz , R., Quijano Vásquez, J., & Holguín Londoño, G. (mayo de 2004).
Scientia et Technica. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira:
<http://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/view/7293/4297>
- López, P. (s.f.). *Discapitado online*. Obtenido de silla de ruedas manual y bipedestación eléctrica: <http://www.discapidadonline.com/silla-ruedas-manual-bipedestacion-electrica.html>
- Lou, F. (2012). *The Fundamental of Short Range Wireless Technology* .
- Microchip. (s.f.). *mikroe.com*. Obtenido de mikroe.com:
<http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>
- Moreno Alberto . (2005). *Estandar BLuetooth* . Tsukuba, Japan .
- R.J, P. (2007). *Mejora de la condición física, adaptación de la función motora y participación de los niños con parálisis cerebral clasificados en los niveles IV y V*. Obtenido de Sociedad española de fisioterapia en pediatría.
- S.L, O. M. (s.f.). *Ortopedia Media Riojana S.L*. Obtenido de Andadores y bipedestadores: <http://www.ortopediamedicariojana.com/productos/andadores-bipedestadores/>
- Stuberg. (s.f.). *Considerations realted to weight-bearing rpograms in children with developmental disabilitis*. 1992: Physical Therapy.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/658/A8.pdf?sequence=8>

ANEXOS

Anexo 1: Módulo Arduino



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

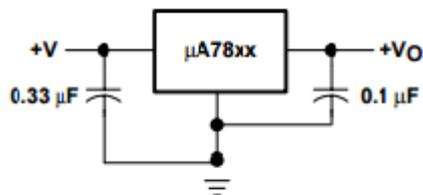
Anexo 3: Regulador de voltaje fijo

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 14\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$T_{J\ddagger}$	$\mu\text{A}7808\text{C}$			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$	25°C	7.7	8	8.3	V
		$0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	7.6		8.4	
Input voltage regulation	$V_I = 10.5\text{ V to }25\text{ V}$	25°C		6	160	mV
	$V_I = 11\text{ V to }17\text{ V}$			2	80	
Ripple rejection	$V_I = 11.5\text{ V to }21.5\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$	$0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	55	72		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	25°C		12	160	mV
	$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$			4	80	
Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$	$0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.016			Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5\text{ mA}$	$0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	-0.8			mV/ $^\circ\text{C}$
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C	52			μV
Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$	25°C	2			V
Bias current		25°C	4.3	8		mA
Bias current change	$V_I = 10.5\text{ V to }25\text{ V}$	$0^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$			1	mA
	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$				0.5	
Short-circuit output current		25°C	450			mA
Peak output current		25°C	2.2			A

[†] Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a $0.33\text{-}\mu\text{F}$ capacitor across the input and a $0.1\text{-}\mu\text{F}$ capacitor across the output.

APPLICATION INFORMATION



Fixed-Output Regulator

Anexo 4. Tarjeta Sabertooth



Sabertooth 2x60 User's Guide



Input voltage: 6-30V nominal, 33.6V absolute max.

Output Current: Up to 60A continuous per channel.

5V Switching BEC: Up to 1A continuous and 1.5A peaks across the entire range of input voltages.

Recommended power sources are:

- 5 to 20 cells high capacity NiMH or NiCd
- 2s to 8s 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 30V high capacity lead acid
- 6v to 30V power supply (when in parallel with a suitable battery).

All batteries must be capable of maintaining a steady voltage when supplying 50+ amps (AA or 9V batteries aren't going to cut it! A 35Ah lead-acid battery is a good starting point)

Dimensions:

Size: 3" x 3.5" x 1.8" 76 x 89 x 46mm

Weight: 8.4oz / 240g

FEATURES

Ultra-sonic switching frequency:

Sabertooth 2x60 features a PWM frequency of 24kHz, 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.

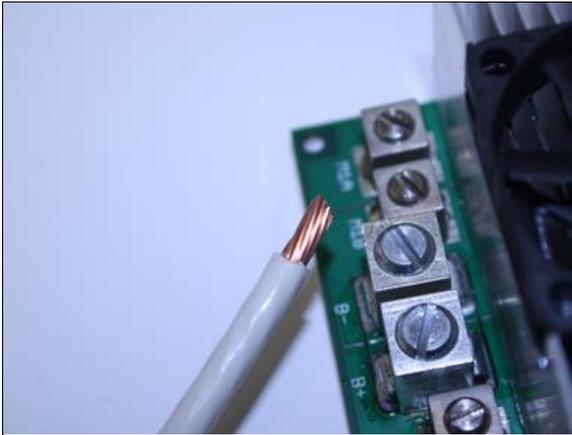
Compact size:

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.

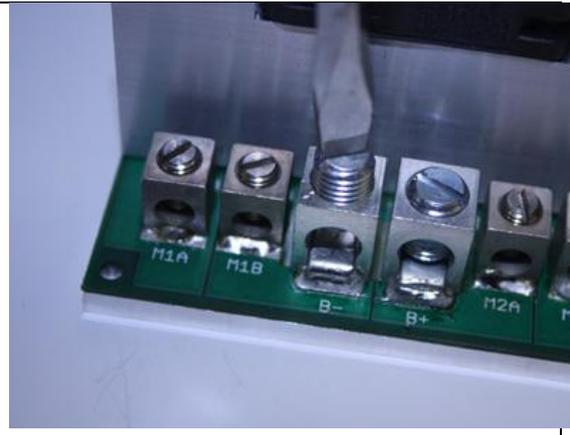
Many operating modes:

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.

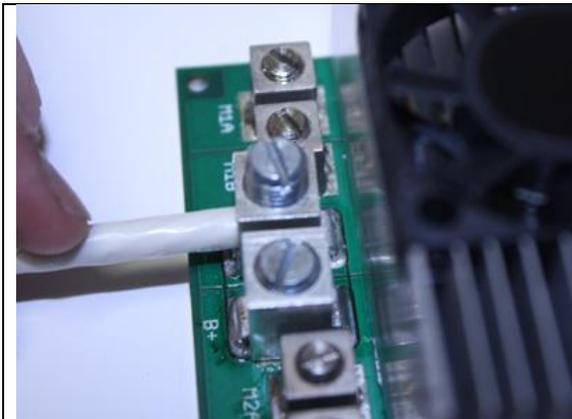
Hooking up the Sabertooth motor driver



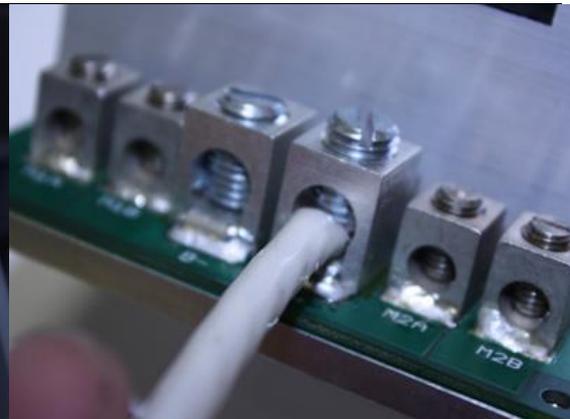
Step 1: Strip the wire which you are using approximately $\frac{1}{4}$ ". Use thicker wire for high current applications. See the chart on the next page for wiring guidelines.



Step 2: With a medium sized screwdriver, turn the top screw counter-clockwise until there is enough clearance to fit the wire.



Step 3: Insert the stripped portion of the wire into the opening in the screw terminal. Make sure no wire sticks out the other side! Having wire sticking out the other side may contact the heatsink. This could cause a serious short if two wires



Step 4: Turn the top screw clockwise until you encounter resistance, then tighten the screw firmly. Pull on the wire gently to ensure that it is secured.

are allowed to contact the heatsink and power is applied to the unit.	
--------------------------------------------------------------------------	--

All connections to the Sabertooth are done with screw terminals. This makes it easy to set up and reconfigure your project. If you've never used screw terminal connections before, here is a quick overview.

Battery Terminals B+ and B-

The battery or power supply is connected to terminals B- and B+. B- connects to the negative side of the battery (usually black.) B+ connects to the positive side of the battery (usually red or yellow.) It is usually best to connect the battery through a connector (a big one!) instead of directly to the motor driver. This makes it easy to unplug the battery for charging, and prevents plugging in the battery backwards.

The battery connects to terminals B+ and B-

Another possibility is to use a heavy duty disconnect rated at 100A or more to switch power on and off to the 2x60. This will allow for easy shut down and will reduce the chances of a reverse hookup.

Warning! Be very careful to wire and plug in the battery and connector correctly.

Connecting the battery backwards will destroy the Sabertooth and will void the warranty.

Motor Terminals

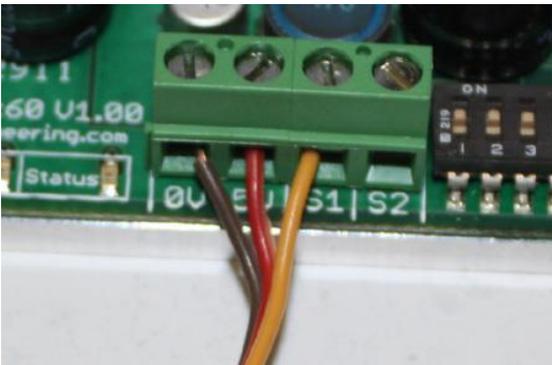
Motor 1 is connected to terminals M1A and M1B. If the motor runs in the opposite way that you want, you may reverse the motor wires to reverse rotation.



The motors connect to terminals M1A/B and M2A/B

Signal Input Terminals S1 and S2

The input signals that control the Sabertooth are connected to terminals S1 and S2. If you are running in analog mode, it is important to have both the signal wires connected before applying power to the device. Otherwise, the motors may start unexpectedly.



The input signals connect to terminal S1 and/or S2

Status and Error LEDs

Sabertooth 2x60 has three indicator LEDs.

The green LED marked Status is used to communicate various information about the current state. In most cases Status acts as a power indicator. In R/C mode, it glows dimly if there is no RC link present and brightly if there is an RC link.

The green LED marked Cells will blink the amount of cells you have attached when running in Lithium mode. Cells will also illuminate along with the Error LED if you have tripped the under-voltage alarm.

The red Error LED illuminates if the Sabertooth has detected a problem. It will light if the driver has shut down due to a depleted battery or due to overheating, overcurrent or overvoltage. The Error LED will flash along with Cells if there is an issue with your battery. If both of those are blinking simultaneously, your battery is depleted.

Anexo 5. Planos Eléctricos