

Implementación del sistema de control del prototipo bipedestador móvil

Morillo Santiago.
santymorillo@hotmail.com
Universidad Técnica del Norte

Resumen—Consiste en diseñar un sistema de control de lazo abierto para el bipedestador móvil, el cual tiene la finalidad de trasladar el prototipo con un potenciómetro lineal que se encuentra en el panel de control, o de forma inalámbrica con una aplicación android (bluetooth), o con un control a distancia (radio frecuencia), los modos de manipulación se pueden seleccionar desde el panel de control con el objetivo de trasladar el prototipo de forma inalámbrica a un lugar seguro cuando la persona no se encuentre en él.

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 el prototipo.

I. INTRODUCCIÓN

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 está amparado en el Objetivo 3 del Plan Nacional del Buen Vivir, 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 musculoesqueléticas, 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.

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

A. 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.

B. 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 [1].

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 [2]. Con los bipedestadores estáticos, las extremidades inferiores —por lo menos la parte baja del tronco— están sujetas con firmeza con cintas acolchadas [3]. 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 considerando está en bipedestación [4].

Encontramos en el mercados 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
www.researchgate.net/figure/303993539_fig1_Figura-1-Tipos-de-bipedestadores

C. 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 [5].

Tabla I. Rangos de velocidad espontanea.

Edad años	$V(m * s^{-1})$
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: [1]

D. 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.

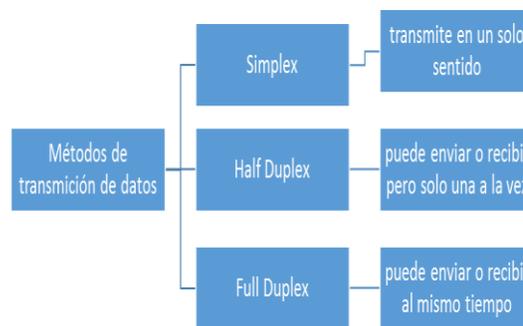


Figura 2 Métodos de transición de datos

E. Palancas de mando.

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), 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 3 Clasificación de palancas de mando

F. 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.

Tabla II 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 independientes, por lo que el campo del estator es constante al no depender de la carga del motor.	Las variaciones de velocidad al momento de aumentar la carga únicamente dependerán de la caída de la fuerza electromotriz

G. 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

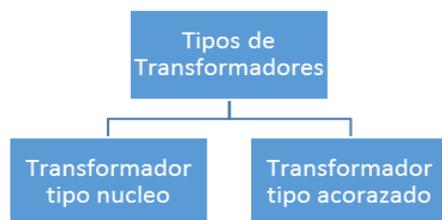


Figura 4 Tipos de transformadores.

H. Metodología

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.

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, 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 como se indicó en la sección III.C.

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.

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.

5) Análisis de movilidad

Los rangos de velocidad espontanea, 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

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.

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.

1) 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 III. 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

www.peipeiscooter.com

Para la selección del driver, se tomó en cuenta las características de funcionamiento del motor, disponibilidad en el mercado y precio, llegando que una solución es la tarjeta Sabertooth 2x60 que soporta 60 A y 120 A de corrientes de pico durante unos segundos y teniendo distintos modos de control para la misma

2) Motor de dirección.

El motor de la dirección tienes 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 N.m y con un peso de 1kg.

Que es suficiente para poder generar el movimiento necesario para la dirección.

El circuito que controla el motor está formado por dos relés los cuales se activa dependiendo de la señal digital que envíe el módulo de control principal.

3) Diseño del 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) Esquema eléctrico del prototipo

En la Figura 5 se observa las conexiones del prototipo con las etiquetas de cada cable de los dispositivos usados.

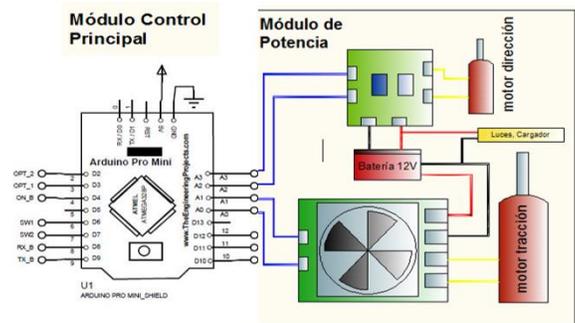


Figura 5 Esquema eléctrico

J. Análisis de resultados

1) Realización y análisis de pruebas de funcionamiento.

Las pruebas realizadas en el sistema son de vital importancia en el desarrollo del software y hardware, teniendo como propósito la revisión final de todos los requerimientos para la implementación.

Poner a prueba tanto la etapa de control, la etapa de potencia, el control a distancia, sometidos a diferentes situaciones para observar el comportamiento que tendrá el

prototipo bipedestador móvil en su uso diario, encontrando fallas para proceder con la eliminación de errores del sistema y así asegurar que el prototipo ha sido desarrollado con todos los requerimientos

2) Pruebas de funcionamiento de la comunicación inalámbrica.

Se realizó la comunicación inalámbrica a diferentes distancias para verificar el alcance máximo de las mismas teniendo como resultado que una distancia segura para la manipulación es de 10 metros a la redonda en área de línea no vista.

3) Pruebas de funcionamiento de los módulos de potencia

Las pruebas realizadas a las diferentes placas como son el driver Sabertooth y a la tarjeta del motor de dirección en los diferentes modos tanto manual, radio frecuencia y conexión vía bluetooth fueron bastante aceptables, teniendo error en las comunicaciones inalámbricas las cuales se corrigió

III. 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

IV. BIBLIOGRAFÍA

- P. R.J, «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.,» 2007. [En línea].
- [1] León, Artist, *Metodología para la detección de requerimientos subjetivos de diseño de un producto*. [Art]. Universidad Politécnica de Cataluña, 2005.
- [2] Gudjonsdottir, 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*, 2002.
- [3] Stuber, Considerations related to weight-bearing programs in children with developmental disabilities, *Physical Therapy*, 1992.
- [4]

J. Cámara, «www.scielo.org.co,» 14 Febrero 2011. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-38032011000100011&lang=pt.

Universidad Nacional Autónoma de México, México.