

**CREAR UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE BAJO COSTO PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ CONTROLADA POR UN
DISPOSITIVO MANUAL Y MÓVIL CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID**



JESÚS ALBERTO ARCIA HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MONTERIA - CÓRDOBA**

2015

**CREAR UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA DE BAJO COSTO PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ CONTROLADA POR UN
DISPOSITIVO MANUAL Y MÓVIL CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID**



Presentado por:

JESÚS ALBERTO ARCIA HERNÁNDEZ

Trabajo de investigación para optar al título de ingeniero de sistemas

Asesor:

Ing. Milton Eduardo Hernández Zakzuk, Msc. En software libre. Esp. En ingeniería de
software

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MONTERIA - CÓRDOBA**

2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Dedico esta investigación principalmente a Dios por haberme dado la sabiduría y la paciencia en la realización de este proyecto, por permitirme llegar a este momento de mi vida profesional como ingeniero de sistemas, a mis padres María Luisa Hernández Villalba y Fidalgo De Jesús Arcia Gómez, por su apoyo incondicional y constante, por alentarme a ser siempre el mejor, a mis tres hermanas por sus voces de aliento, a mi hermosa novia Yeisi Paola Mestra Ballesteros por haberme acompañado y brindarme su apoyo incondicional durante toda mi carrera profesional, a mi familia en general por sus buenos deseos y apoyo, a mis amigos Kevis David Gómez Méndez y Juan Camilo Llamas Mendosa por estar presente en esta investigación, por su apoyo, las noches en vela y buenos deseos, al profesor Milton Eduardo Hernández Zakzuk el cual me brindó su apoyo y aliento para hacer las cosas como deben de ser, a todos mis amigos y conocidos que me brindaron su apoyo y voz de aliento.

Tabla de Contenido

	Pg.
1. OBJETIVOS	7
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1. Ambientación.....	8
2.2. Planteamiento del problema.....	9
2.3. Antecedentes y estado del arte.....	11
2.4. Justificación.....	15
3. MARCO REFERENCIAL	17
3.1. Marco teórico.....	17
3.2. Marco conceptual.....	39
4. METODOLOGÍA	41
4.1. Etapas o fases de diseño.....	41
4.2. Metodología y desarrollo del producto.....	42
5. DESARROLLO	44
5.1. Análisis del sistema.....	44
5.2. Arquitectura del sistema.....	45

5.3.	Diseño del sistema	59
5.4.	Prototipo	65
6.	CONCLUSIONES	66
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
8.	ANEXOS	72

1. OBJETIVOS

1.1.OBJETIVO GENERAL

Crear una silla de ruedas eléctrica de bajo costo para personas con discapacidad motriz controlada por medio de un dispositivo manual y móvil con sistema operativo Android.

1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los elementos necesarios para la construcción y diseño de la silla de ruedas eléctrica teniendo en cuenta los diferentes prototipos de sillas de ruedas de bajo costo existentes en el mercado nacional.
- Diseñar y crear una silla de ruedas eléctrica con materiales económicos existentes en el mercado.
- Desarrollar el software de operación y aplicación para el control de la silla de ruedas eléctrica.
- Realizar pruebas de resistencia, control y efectividad del producto.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Ambientación

Alrededor del 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad, la más afectada por esta condición es la población vulnerable ya que vive en ambientes poco adecuados para llevar un estilo de vida en el cual pueda desarrollarse y ser más independiente de sus actividades diarias (Informe Mundial Sobre La Discapacidad, 2011). Lo que se busca con este proyecto es dar solución al problema de movilidad o desplazamiento de personas con discapacidad motriz a través de la creación de una silla de ruedas eléctrica de bajo costo, controlada por medio manual y móvil con sistema operativo Android, garantizando el acceso económico y mejorando calidad de vida.

La metodología utilizada para esta investigación fue de carácter exploratorio, en la cual se implementaron tecnologías y materiales poco convencionales con el fin de asegurar el aporte social y tecnológico dirigido a la población con discapacidad motriz mejorando el flujo de sus actividades diarias en los distintos espacios en los que se movilicen.

2.2. Planteamiento del problema

“La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás” (OMS, Organización Mundial De La Salud, 2011). La Clasificación Internacional del Funcionamiento de la Discapacidad y de la Salud –CIF, desarrollada por la OMS, define la discapacidad, desde el punto de vista relacional, como el resultado de interacciones complejas entre las limitaciones funcionales (físicas, intelectuales o mentales) de la persona y del ambiente social y físico que representan las circunstancias en las que vive esa persona. La CIF Incluye deficiencias, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. Denotando los aspectos negativos de la interacción entre un individuo y la de los factores contextuales individuales (factores ambientales y personales). En el informe mundial sobre la discapacidad se estimó que el 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad, en Latinoamérica la prevalencia más alta está en Brasil 23,9% y la más baja en Paraguay 0,99% (OMS, 2011). Colombia tiene el 6,3% de la población, en donde las causas más frecuentes son; enfermedad (29%), edad (21,05%), accidentes (13,52%), congénita (17,76%) y otras (18,67). Entre las distintas discapacidades encontramos la motriz 29,3%, visual 43,5%, auditivas 17,3%, otros 10,17% (DANE, DANE, 2005).

La discapacidad motriz afecta el cuerpo de un individuo; hace que se limite el movimiento y puede afectar una pierna o ambas, un brazo o ambos, un hemisferio del cuerpo o la totalidad de éste. Existen 210 Discapacidades de las extremidades inferiores, tronco, cuello y cabeza, el 220 Discapacidades de las extremidades superiores y 299 Insuficientemente especificadas del grupo discapacidades motrices, en el país Con respecto a este tipo de limitaciones el departamento de vichada presenta un alto índice del 65,7%, seguido por el departamento del Vaupés 40,1%. Por su parte el menor porcentaje lo presenta Casanare con 25,3%. Córdoba se ubica en un nivel intermedio con el 28,3%. Esta deficiencia aumenta conforme la población envejece debido a que son los adultos quienes presentan las causas más frecuentes, el 52,7% , este segmento no cuenta con vivienda propia y el 74,94% se encuentra inactivo económicamente ya que la distribución en los estratos socioeconómicos donde se encuentra el mayor número de personas están en los estratos más bajos 44,6% estrato I, 35,2% estrato II, 14,4% estrato III, 1,2% es estrato IV, 0,2% estrato V y 0,04% para el estrato VI (DANE, Departamento administrativo nacional de estadística, 2005).

El gobierno crea el registro para la localización y caracterización de la personas con discapacidad (RLCPD) 2003- 2010 por el DANE, con el fin de ajustar la legislación de protección de los derechos de las personas con discapacidad en los cuales incluye las legislaciones en transporte y accesibilidad que incluyen diseños, subsidios, manuales de accesibilidad al espacio público y al transporte, suprimiendo

barreras arquitectónicas y otras disposiciones , con el fin de garantizar accesos al medio físico de las personas con discapacidad (DANE, DANE, 2005).

Cada día aumenta el uso sillas de ruedas para movilidad de personas con discapacidad, por tal razón la UNESCO impulsa estrategias destinadas a lograr una mayor utilización de las TIC en la adquisición de mecanismos con acceso a la información y al conocimiento, fomentando la integración a las comunidades locales, los pueblos indígenas y los grupos minoritarios. Su acción, por tanto, se orienta principalmente a asegurar el acceso equitativo y asequible a la información para todos como requisito fundamental para crear sociedades del conocimiento, que todavía están fuera del alcance de la mayoría de las personas (Samaniego, Francisco, Valerio, & Laitamo).

2.3.Antecedentes y estado del arte.

La tecnología y la ciencia avanzan a pasos gigantescos, y por cada paso que va dando nos permite tenerla más a nuestro alcance, facilitando en un alto grado la vida de las personas y además incrementa productividad de sus actividades diarias. A través de los años muchas investigaciones han ayudado a personas con discapacidad motriz, gracias a esto estas personas son autónomas y capaces de realizar cualquier tipo de actividad (Ministerio de educación, 2015). Como ejemplo de ello encontramos lo siguientes:

La Universidad de Brigham Young localizada en Provo, Utah, EE. UU., nace una fundación llamada The Open Wheelchair Foundation en 2015 la cual construye y dona sillas eléctricas hechas de tubos PVC para niños en condición de discapacidad, de bajos recursos o en estado de vulnerabilidad (fundacion open wheelchair, 2105), esta fundación solo ha enfocado en el desarrollo de sillas de ruedas eléctricas para niños entre 3 a 12 años, la cual no abarca la población con discapacidad motriz en su totalidad.

Internacionalmente también se encontró, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, se desarrolló un dispositivo electrónico adaptado a una silla de ruedas para motorizarla y controlarla por medio de un dispositivo móvil con sistema operativo Android, esta propuesta surgió como respuesta a la necesidad de desplazamiento que enfrentaban los niños y niñas con discapacidad motriz, la utilización de una silla de ruedas motorizada de bajo costo y manipulada por el propio usuario a través de un sistema móvil resulta una valiosa alternativa (Guerra Crespo & Morales Navarro, 2012).

Además En revista la Mecatrónica en México volumen 2, en el artículo “prototipo de silla de ruedas como plataforma de interfaz de control gestual”, se presentó un prototipo de silla de ruedas que se empleó como plataforma para el desarrollo sistemas de control gestual en pacientes con paraplejia y cuadriplejia. El diseño del prototipo fue estructural (armadura) de modo que cumplió con la ergonomía y normatividad vigentes, adicionalmente se hicieron adaptaciones de materiales al

asiento, el respaldo, descansa brazos, piernas y pies. La silla de ruedas puede adaptarse a cualquier tipo de control así como ser desplazada de una manera manual, fue realizada con materiales comerciales con bajo costo, de manera que resulta más económica que las sillas de ruedas comerciales, teniendo un diseño adaptado a las necesidades de personas con capacidades diferentes, esta silla está construida bajo las normas ergonómicas que el sector comercial maneja, adaptando innovaciones para personas con cuádrupleja, Una de las principales innovaciones del diseño presentado es poder efectuar una posición horizontal por completo del respaldo, descansa brazos, piernas y pies, con el confort necesario para este tipo de personas, Los materiales utilizados para la fabricación de la armadura de silla de ruedas son comerciales y de bajo costo (Montiel Cabrera, y otros, 2013) .

Nacionalmente se encontró con que un grupo de estudiantes de diferentes niveles académicos del programa de Bioingeniería de la Universidad de Antioquia y cinco profesores, los cuales desarrollaron la construcción de una silla de ruedas eléctrica para personas discapacitadas, especialmente de bajos recursos económicos, Una de las principales ventajas de la silla es la versatilidad, la cual se puede adaptar fácilmente a niños y a personas más grandes y robustas –hasta de 90 kilos–; además la silla tiene unos grados de libertad de movimiento muy atractivos para el usuario por la autonomía que tiene para hacer giros en diferentes direcciones, el vehículo tiene ocho movimientos: adelante y atrás, giro largo hacia la derecha y giro largo hacia la izquierda (como el giro de un carro al tomar una curva), estos mismos giros los tiene hacia atrás, y puede hacer giros sobre su eje, lo que le permite a la persona

movilizarse en espacios muy reducidos. La silla de ruedas eléctrica se maneja con un control joystick, como el de un juego de video, con facilidades para personas que hayan sufrido daños motrices –como parálisis– o que tengan un movimiento limitado de las manos (GIREF, 2014).

También se puede evidenciar la investigación del Grupo Diseño, Tecnología y Cultura (G-DTC) del programa de diseño industrial de la Universidad Católica Popular de Risaralda a través de la línea de Ergonomía propone el proyecto “Diseño y Ergonomía para la Discapacidad” el cual diseñó una silla de ruedas a través de la cual se logró convalidar la metodología de diseño con énfasis ergonómico dirigida a la proyección de diseños para personas con discapacidad favoreciendo su acceso a los diferentes espacios de su hogar y urbanos facilitando así bienestar social y calidad de vida (Patricia Herrera & Daniel Mayoral , 2011).

Y finalmente algo similar se desarrolló en la Facultad de diseño industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín en donde básicamente atacaron la misma problemática con “Diseño para la inclusión social, silla de ruedas PROAID” (GED, 2011), que consiste en una silla de ruedas con estructura hecha en tubos PVC convencionales y a diferencia de la que actualmente se está desarrollando en este proyecto no tiene funciones eléctricas.

Por último, en lo que concierne con el contexto local se hizo una investigación exhaustiva en la cual se encontraron muchas investigaciones referentes a discapacidades visuales, auditivas y psicológicas, pero no se encontraron investigaciones que ataquen la misma problemática de este estudio.

2.4. Justificación.

En el país se están mejorando la cultura de compromiso ciudadano, no solo con el apoyo psicológico las personas con discapacidad, sino con la implementación de mecanismos de accesibilidad. “Las barreras de movilidad que se presentan en las ciudades colombianas son muchas. Para mencionar unas pocas, está la ausencia de suficientes rampas en los andenes tanto para personas que usan sillas de ruedas como aquellas con movilidad reducida, pero se han tenido meritorios resultados gestionando la construcción de rampas en los andenes de los diferentes municipios del país a través del programa Rampatón.

Hasta ahora han logrado la construcción de más de 260 rampas pintadas con el logo internacional de la discapacidad, en 12 municipios visitados” (Gomez A. F., 2011). Por otro lado en Colombia las personas discapacidad que están asegurados es del 86,1% (DANE, 2005), pero el colapso de algunas entidades de salud en el país han generados que esta población sean más vulnerable, debido a que los estratos 1, 2, 3 son dependientes de manera directa de estas organizaciones. Uno de los

departamentos más afectado es el de Córdoba debido a que presentan un alto índice de pobreza. Las sillas de ruedas suministradas por parte de estas entidades son manuales, las cuales han sido la solución para las personas con limitaciones motriz, permitiendo su movilidad y autonomía, pero el diseño de estas, presentan dificultades para los usuarios, debido a que algunos manifiestan falta de habilidad o fuerza en la parte superior del cuerpo o habilidad de moverse, lo cual genera dependencia de terceras personas, a pesar de que estos artículos son de bajo costo en el mercado, las condiciones económicas de la población no permite acceder a otro tipo de instrumento.

Este proyecto pretende responder a las limitaciones actuales que presentan las personas con discapacidad motriz, mejorando las condiciones de vida y facilitando la adquisición de un mecanismo de bajo costo y fácil manejo, sin mermar la calidad del producto.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Marco teórico

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

Discapacidad motriz.

La OMS define “*la discapacidad motriz como la pérdida o alteración de una estructura o una función psicológica, fisiológica o anatómica*” (OMS, Organización Mundial De La Salud, 2011), la discapacidad motriz se caracteriza por el impedimento de la movilidad voluntaria, resultante de una afección nerviosa, muscular u ósea.

Dependiendo del tipo de discapacidad motriz, esta se les clasifica como ambulatorios y no ambulatorios, los ambulatorios son aquellas personas que pueden usar sus miembros inferiores para sostenerse de pie y sus miembros superiores para manipular los apoyos (bastón, muletas, andaderas, etc.) y los no ambulatorios, son aquellos que necesitan una silla de ruedas para movilizarse, debido al grado de discapacidad.

Clasificación de la discapacidad motriz

- **Por su grado de afectación:**

La discapacidad motriz se da en grados cambiantes: leves, moderados y severos, estos no se pueden universalizar ya que cada persona posee una capacidad funcional diferente, aun con el mismo grado de afectación, estos pueden ser evolutivos como las distrofias musculares, o no evolutivos.

- **Origen:**

- Cerebral: podrán tener dificultades en el control de la postura, movilidad, desplazamientos, manipulación, lenguaje oral, alteraciones de la percepción.
- Espinal: podrán tener dificultades en la movilidad, desplazamientos, en el control
- Muscular: podrán tener dificultades en la movilidad, control de la postura, manipulación, capacidad respiratoria.
- Óseo-Articular: podrán tener dificultad postural y en manipulación.

- **Herramientas que ayudan a la movilidad de personas con discapacidad motriz**

Existen mecanismos que ayudan al fácil desplazamiento por las calles, hogares, edificios y escaleras, entre estos están:

- **Orugas:** son unos equipos sube escaleras, muy prácticos para desplazarse a otros lugares sin necesidad de que las escaleras sean un obstáculo.



Figura 1. Oruga STAIMAX, Recuperado De http://es.moutec.com/img/productes/altres/oruga-stairmax_prev_big.jpg.

- **Scooters eléctricos:** son una herramienta especial para desplazamientos a distancias medias, son cómodos, ágiles y efectivos, pueden ser desmontables y fácil transportar.



Figura 2. Scooter Eléctrico Modelo Lima, Recuperado de http://www.mundoelevacion.com/img/sec/multimedia/imagenes/306_scooter-minusvalido.jpg

- **Sillas de ruedas motorizadas:** las sillas de ruedas motorizadas son ideales para el desplazamiento con el menos esfuerzo posible, tienen un radio de giro muy pequeño lo que le hace ser muy versátiles en lugares pequeños.



Figura 3. Silla De Ruedas Motorizada Goya, Recuperado de

http://www.mundoelevacion.com/img/sec/multimedia/imagenes/300_sillas-de-ruedas-electricas.jpg

- **Sube escaleras portátiles:** Esta silla salva escaleras portátil es la forma más sencilla y económica de salvar todo tipo de escaleras, se caracteriza por ser desmontable y ocupar poco espacio.



Figura 4. Sube Escaleras Portátil Liftkar PT Adapt, Recuperado de

http://www.mundoelevacion.com/img/sec/multimedia/imagenes/313_elevadores-sillas-ruedas.jpg

Tecnología utilizada para el diseño y creación de la silla de ruedas.

Estructura.

Materiales.

- **Policloruro de vinilo (PVC).**

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a Policloruro de vinilo. La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. A partir de procesos de polimerización, se obtienen compuestos en forma de polvo o pellet, plastisoles, soluciones y emulsiones. Además de su gran versatilidad, el PVC es la resina sintética más compleja y difícil de formular y procesar, pues requiere de un número importante de ingredientes y un balance adecuado de éstos para poder transformarlo al producto final deseado.

En 1930 B.F. Goodrich Chemical descubre que el PVC absorbe plastificante y que al procesarse se transforma en un producto flexible. Este descubrimiento hizo posible el desarrollo comercial inicial. Posteriormente con el empleo de estabilizadores más adecuados se hizo posible el desarrollo del mercado del PVC rígido; estos dos importantes desarrollos permitieron que el PVC se convirtiera en el termoplástico más versátil e importante del mercado mundial (SHPVC).

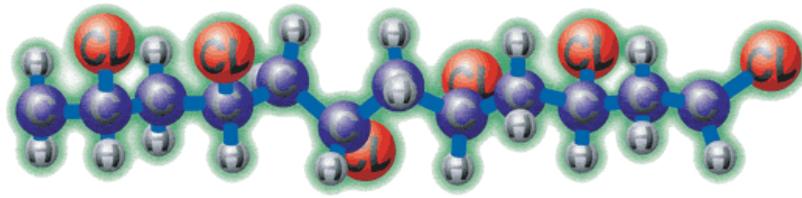


Figura 5. Policloruro De Vinilo Estructura molecular, Recuperado de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/PVC/imagenes/moleculapvc.gif>

- **Tubos.**

Pieza hueca, generalmente de forma cilíndrica y por lo común, abierta por ambos extremos que se hace de distintos materiales y se destina a varios usos de la construcción (DicSig).



Figura 6. Tubos PVC, Recuperado de <http://www.madeireiravilaberger.com.br/images/grandes/h8.png>

- **Codos.**

Los codos, son accesorios de tuberías que sirven para desviar fluidos, pueden ser codos de 90 ° y de 45°.



Figura 7. Codos PVC, Recuperado de http://img2.mlstatic.com/s_MLM_v_O_f_2623847063_042012.jpg

- **Tee.**

Las Tee, son accesorios de tuberías que sirven para desviar fluidos, a diferencia de los codos, están proporcionan dos direcciones.



Figura 8. Tee PVC, Recuperado de <http://lineashidraulicas.com.mx/image/cache/productos/teec40-224x224.jpg>

- **Tapones**

Los tapones son accesorios de tubería, que sirven para interrumpir fluido (Tubería y Soldadura, 2011).



Figura 9. Tapón PVC, Recuperado de http://www.depositola68.com/570-home_default/adaptador-macho.jpg

- **Soldadura en frío.**

La soldadura en frío es el procedimiento más extendido para el encolado o pegado que permite unir los tubos y accesorios de fontanería en general. Cuando se utiliza PVC, las uniones por el procedimiento de soldadura en frío, disuelven el material de las superficies a unir (Soldadura en frío).

- **Remaches.**

Un roblón o remache es un elemento de fijación que se emplea para unir de forma permanente dos o más piezas. Consiste en un tubo cilíndrico (el vástago) que en su fin dispone de una cabeza. Las cabezas tienen un diámetro mayor que el resto del remache, para que así, al introducir éste en

un agujero pueda ser encajado. El uso que se le da es para unir dos piezas distintas, sean o no del mismo material (Bralo) .



Figura 10. Remaches, Recuperado de http://www.nauticasanisidro.com.ar/articulos/remaches_inox.jpg

- **Rueda.**

Una rueda es un objeto metálico que tiene forma de disco que se instala en un eje para que gire en su alrededor (Definicion.de), por lo general las ruedas están compuestas por:

- **Llanta metálica.**

Las llantas metálicas son normalmente de aleación de aluminio, acero y termoplástico. Existen tres tipos de llantas, tipo Westwood, tipo Sprint y tipo Endrick.

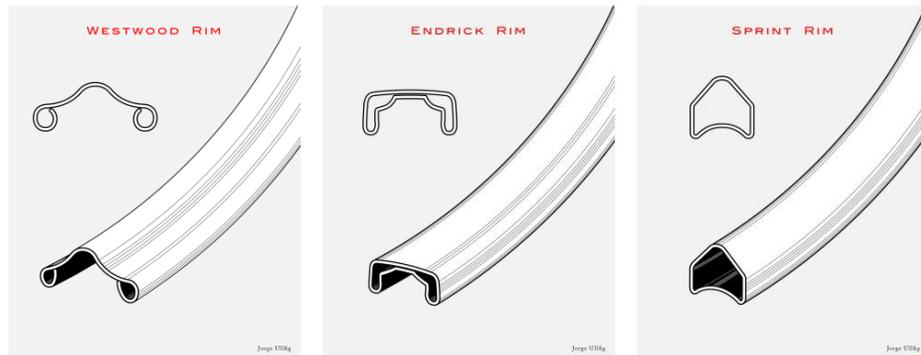


Figura 10. Llanta Metálica, Recuperado de http://www.Bicycle_rim_diagrams.com/160px-Bicycle_rim_diagrams_01.png

- **Buje.**

Un buje es la parte central de una rueda de bicicleta. Se compone de un eje, los rulemanes y el cubo del buje. El cubo del buje típicamente tiene 2 pestañas metálicas a las que se puede enlazar los radios (rayos). Los bujes pueden ser de una sola pieza con cartucho de prensa o cojinetes libres o, en el caso de diseños más antiguos, las pestañas pueden ser colocadas por separado en un centro de buje. En Latinoamérica, el buje también es conocido como "maza" o "bocina" (mtbymas).



Figura 11. Buje, Recuperado de http://static.parastorage.com/media/2060cc_027b7bc6892c45a89dd7e6b217b7e6d0.png_256

- **Radio.**

Un radio o rayo de una rueda es cada una de las barras que une rígidamente la zona central con la perimetral. El centro conecta con un eje. La disposición del enlazado de los radios puede ser radial, cruzada o mixta Radial: Los radios radiales (rectos) atraviesan la distancia más corta posible entre el buje y la llanta, reduciendo así el peso, pero no transmiten bien el esfuerzo de torsión que se produce al frenar y acelerar. Las ruedas con radios radiales suelen utilizarse en bicicletas ultraligeras para pruebas contrarreloj.

Cruzado: Los radios cruzados presentan tangentes al buje, creando así una palanca que permite al radio transmitir la torsión con menor esfuerzo que un radio radial.



Figura 12. Radios De Bicicleta, Recuperado de

<http://bikespain.es/recambios/images/radios,negros,gurpil,con,cabezas,laton,tuercas.png>

- **Neumático.**

Un neumático, también denominado “cubierta” en algunas regiones, es una pieza toroidal de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y el manejo (Terra).



Figura 13. Neumático, Recuperado de

<http://bikespain.es/recambios/images/duro,berm,master,black,hawk,dirt,enduro,tire.jpg>

- **Cámara de aire.**

Es el elemento del neumático que tiene la misión de contener el aire comprimido indispensable para sostener y transmitir elásticamente al suelo la carga que gravita sobre las ruedas. La cámara, provista de válvula para introducir, conservar y sacar el aire, está alojada en el interior del neumático en contacto directo con las superficies internas de la cubierta por un lado y con la garganta de la llanta por el otro, a las que transmite la presión de inflado casi sin oponerse, dada su función específica de depósito elástico. La elevada impermeabilidad

de la cámara al aire permite mantener durante mucho tiempo la presión correcta, premisa indispensable para la mejor utilización del neumático. En los neumáticos sin cámara (tubeless), la impermeabilidad está confiada a la cubierta y a la llanta, y también a una válvula especial montada en la llanta (diccionario motorgiga).



Figura 14. Cámara De Aire, Recuperado de

http://medias.norauto.es/images_produits/650x650/camara_aire_700_25.jpg

- **Eje.**

Pieza mecánica que transmite el movimiento de rotación en una máquina (Wordreference).



Figura 15. Eje, Recuperado de <http://amat-bici.es/tienda/BBDD.jpg>

Tela soporte asiento y espaldar

- **Tela de lona.**

Tela resistente, fuerte e impermeable, de algodón o cáñamo, empleada especialmente para toldos, velas de barco, tumbonas, tiendas de campaña, etc. (thefreedictionary).



Figura 16. Tela de lona, Recuperado de <http://cys.com.ec/migracion/imagenes/6LO-00010.JPG>

Sistema Motriz

- **Motor reductor.**

Los reductores y motor reductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando prácticamente en cada máquina que tengamos a la vista, desde el más pequeño reductor o motor reductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes motor reductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar.

Un motor reductor tiene un motor acoplado directamente, el reductor no tiene un motor acoplado directamente.

La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento a través de los siglos (EZRA).



Figura 17, motorreductor, Recuperado de http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/motorreductor-dc-helicoidal-arboles-paralelos-9033-2327599.jpg

- **Mecanismo piñones y cadenas.**

Es un método de transmisión muy utilizado para transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos que se encuentren bastante separados. Es el mecanismo de transmisión que utilizan las bicicletas, motos y muchas máquinas e instalaciones industriales y también se emplea en sustitución de los reductores de velocidad por poleas cuando es importante evitar el deslizamiento entre la rueda conductora y el mecanismo de transmisión (en este caso una cadena).

Este mecanismo se compone de tres elementos: dos piñones (en el caso de las bicicletas el piñón conductor suele llamarse "plato"), uno en cada uno de

los ejes, y una cadena cerrada. Los dientes de los piñones engranan de manera muy precisa en los eslabones de la cadena, transmitiéndose así el movimiento.

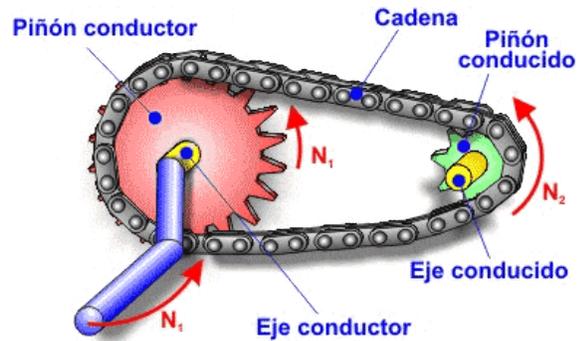


Figura 18, sistema piñón - cadena, Recuperado de

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/imagenes/mec_cadena-pinion01.gif

Las cadenas empleadas en esta transmisión suelen tener libertad de movimiento solo en una dirección y tienen que engranar de manera muy precisa con los dientes de los piñones. Las partes básicas de las cadenas son: placa lateral, rodillo y pasador.

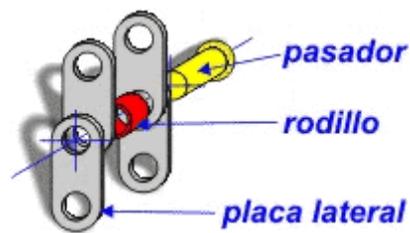


Figura 19, cadena, Recuperado de

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/imagenes/mec_cadena-pinion03.gif

Las ruedas dentadas suelen ser una placa de acero sin cubo (aunque también las hay de materiales plásticos).



Figura 20, piñón, Recuperado de http://mla-s2-p.mlstatic.com/pinion-y-corona-yamaha-yzf-r1-fazer-1000-supersprox-fas-motos-4037-MLA119604478_4088-F.jpg

Sistema de mando

- **Joystick**

Un joystick es un dispositivo de entrada que es utilizado, comúnmente para el control de dispositivos como consolas, pc y objetos electrónicos (Informatica moderna).



Figura 21, joystick, Recuperado de <https://www.ultimarc.com/images/UltraStik2.jpg>

- **Dispositivo móvil.**

Un dispositivo móvil se puede definir como un aparato de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para una función, pero que puede llevar a cabo otras funciones más generales (Infoma joven).



Figura 22, dispositivo móvil, Recuperado de http://www.buibee.com/blog/wp-content/uploads/2011/03/desarrollo_movil.png

Hardware

- **Bluetooth**

Tecnología de comunicación inalámbrica que permite la conexión entre diferentes equipos en un corto alcance (Blog electronica) .



Figura 23, modulo bluetooth hc-05, Recuperado de http://botscience.net/store/image/cache/data/products/MODCOM/TEL0001/Bluetooth_Module_bb-500x500.jpg

- **Placa Arduino**

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo costo que permiten el desarrollo de múltiples diseños (arduino) (burutek).



Figura 24, placa Arduino uno, Recuperado de http://arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno_R3_Front.jpg

- **Puente h**

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

Cuando los interruptores S1-S4 están cerrados, el motor será atravesado por la tensión en una dirección, a la que girará el motor. Ahora bien, si abrimos

S1-S4 y cerramos S2-S3 (en este orden) dicha tensión se habrá invertido y la operación, invertirá el sentido de giro del motor (HispaVila).

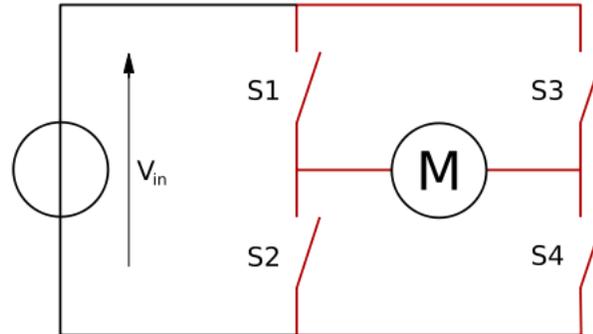


Figura 25, Puente H, Recuperado de <http://www.ingenierofernandoruiz.com/Puentes%20H/hbrige2.png>

- **Cableado electrónico**

Se llama cable a un conductor (generalmente de cobre o aluminio) o conjunto de ellos, generalmente recubierto de un material aislante o protector (ecured).



Figura 26, Cableado eléctrico, Recuperado de https://www.vistronica.com/images/stories/virtuemart/product/jumper_male-female2.jpg

Software

- **Arduino ID**

Arduino IDE consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque (boot/loader) que corre en la placa (AJPD).



Figura 27, logo Arduino ID, Recuperado de <http://seeklogo.com/images/A/arduino-logo-5B8F98793E-seeklogo.com.gif>

- **App inventor 2**

Inventor MIT App es una herramienta de programación basada en los bloques que permite a todos, incluso los principiantes, para iniciar la programación y construir aplicaciones totalmente funcionales para los dispositivos Android. Los recién llegados a App Inventor pueden tener su primera aplicación en marcha y funcionando en una hora o menos, y se pueden programar aplicaciones más complejas en mucho menos tiempo que con lenguajes más tradicionales, basados en texto (app inventor 2, 2012)



Figura 28, logo App inventor 2, Recuperado de

<http://ai2.appinventor.mit.edu/images/logo.png?t=1432838634169>

Sistema de alimentación de energía

- **Batería 12 voltios**

Aparato electromagnético capaz de acumular energía eléctrica y suministrarla, normalmente está formado por placas de plomo que separan compartimentos con ácido (blogspot definicion de bateria, 2014).



Figura 29, batería 12 voltios, Recuperado de [https://www.hdibattery.com/archivos/bateria-de-plomo-](https://www.hdibattery.com/archivos/bateria-de-plomo-gp12260-csb-12-voltios-26-amperios_p1180154i1995.jpg)

[gp12260-csb-12-voltios-26-amperios_p1180154i1995.jpg](https://www.hdibattery.com/archivos/bateria-de-plomo-gp12260-csb-12-voltios-26-amperios_p1180154i1995.jpg)

3.2. Marco conceptual.

A continuación se detallaran algunos conceptos básicos de elementos necesarios para entender la temática propuesta en el marco teórico, Esta información es suministrada por el diccionario de la real academia española (Diccionario de la real academia española, 2015).

- **Afección:** Dolencia, enfermedad, padecimiento, indisposición, alteración, achaque.
- **Distrofia muscular:** Trastorno patológico que afecta a la nutrición y al crecimiento.
- **Polimerización:** proceso químico por el cual mediante el calor, la luz o un catalizador se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples eslabones de estas y obtener una macromolécula.
- **Afecciones:** Enfermedad, dolencia.
- **Ambulatorio:** No requiere hospitalización.
- **OMS:** Organización mundial de la salud.
- **Microcontrolador:** Circuito integrado programable capaz de ejecutar ordenes guardadas en su memoria.

- **Multidisciplinario:** Trabaja con varias disciplinas
- **Termoplástico:** Plástico que ante altas temperaturas se deforma o se vuelve flexible.

4. METODOLOGÍA

Partiendo de las necesidades y la baja calidad de vida que las personas con discapacidad motriz, se busca mejorar la movilidad de manera asequible para así ayudarlos a ser más útil para ellos mismos y la sociedad. El tipo de investigación que se utilizó fue el exploratorio, teniendo como población final a todas las personas con discapacidad motriz, ya que el conjunto de elementos para la evaluación del estado de estas es en su mayoría igual para todos. Adicional a esto, el conjunto de interés se reduce más al escoger personas de estratos 1, 2 y 3 que serían los principales beneficiarios.

4.1. Etapas o fases de diseño

TABLA 1

Etapas o fases para creación de una silla de ruedas eléctrica de bajo costo, controlada por un dispositivo manual y móvil con sistema operativo android.

NÚMERO DE LA ETAPA O FASE	DESCRIPCION
----------------------------------	--------------------

1	Análisis y planteamiento del problema, recolección de datos, análisis de los datos.
2	Diseño de la estructura, selección de materiales, motor, sistema electrónico, accesorios.
3	Desarrollo del software de operación y aplicación.
4	Ensamble y construcción
5	Pruebas de resistencia, control y efectividad

4.2. Metodología y desarrollo del producto

Fase 1. Análisis y planteamiento del problema, recolección de datos, análisis de los datos.

Tras analizar la situación de los factores que generaban inconformidad en la movilidad de personas con discapacidad motriz y su limitado acceso a una herramienta innovadora, se inicia este proyecto con una exhaustiva indagación sobre el segmento de población con bajos recursos económicos con discapacidad motriz, en Colombia encontramos que el 6,3% de la población es discapacitada y la discapacidad motriz se presenta en un 29,3%, en cuanto a la distribución en los estratos socioeconómicos el mayor sector con personas que presentan esta falencia se encuentran en el estrato I con el 44,6%, 35,2% estrato II, 14,4% III.

Fase 2. Diseño de la estructura, selección de materiales, motor, sistema electrónico, accesorios.

El del diseño de la estructura, se tuvo en cuenta la ergonomía y tips recomendados para la creación de sillas de ruedas, para evitar una enfermedad a causa de su posición, en la selección de los materiales a utilizar se compararon el Hierro, fibra de carbono, aluminio y pvc según sus características (resistencia, durabilidad, accesibilidad y precio), se eligió el pvc como material principal, este diseño fue validado por el departamento de ingeniería mecánica de nuestra universidad. Ver ítems 5.2.

Fases 3. Desarrollo del software de operación y aplicación.

Para el desarrollo del software de operación y aplicación se tuvo en cuenta los requerimientos de posición (delante, atrás, derecha, izquierda), conectividad de la aplicación, y buen funcionamiento del sistema. Ver ítems 5.3.

Fases 4. Ensamble y construcción

Ver ítems 5.4.

Fases 5. Pruebas de resistencia, control y efectividad.

5. DESARROLLO

5.1. Análisis del sistema

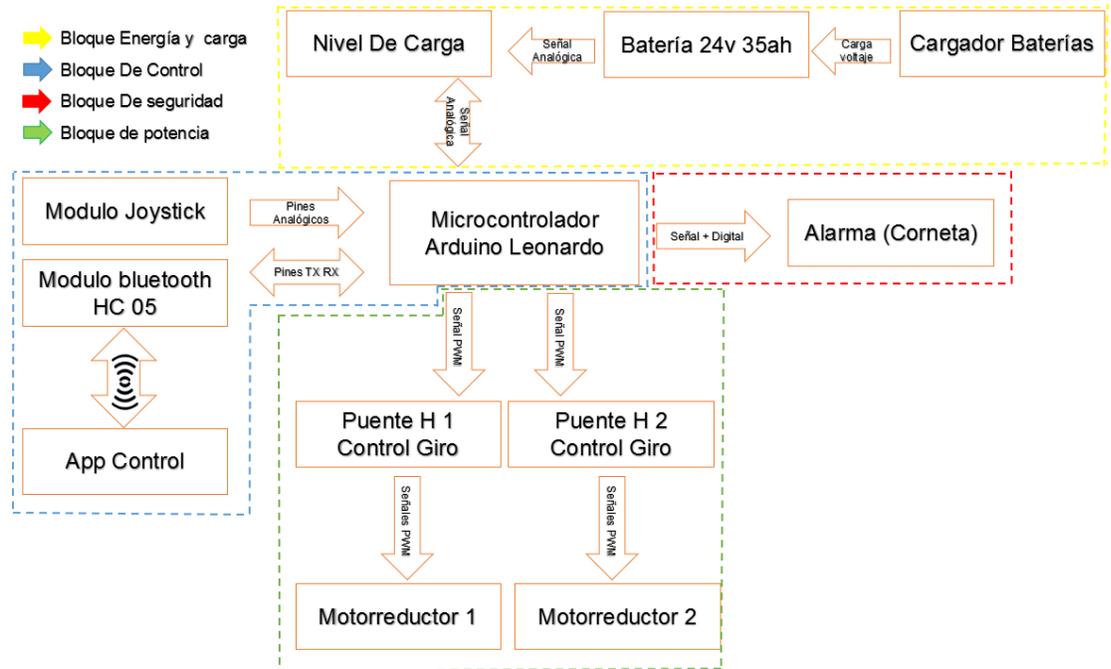


Figura 30, análisis del sistema diagrama de bloques, fuente autor.

5.2.Arquitectura del sistema

Diseño estructural de la silla de ruedas

Para el diseño estructural de la silla de ruedas se utilizó un software de modelado mecánico en 3D, este permite trasvasar la idea mental del prototipo construyéndolo virtualmente de manera automatizada. En este diseño se utilizan accesorios y tubos en PVC de $\frac{3}{4}$ " presión 11-400 psi (ver anexo A, manual técnico tubo sistemas PVC), Las uniones entre los accesorios y tubos fueron adheridos con cemento solvente de PVC (anexo B, hoja de datos de seguridad de los materiales). A continuación el diseño de la estructura.



Figura 31, diseño parte frontal estructura, fuente autor.

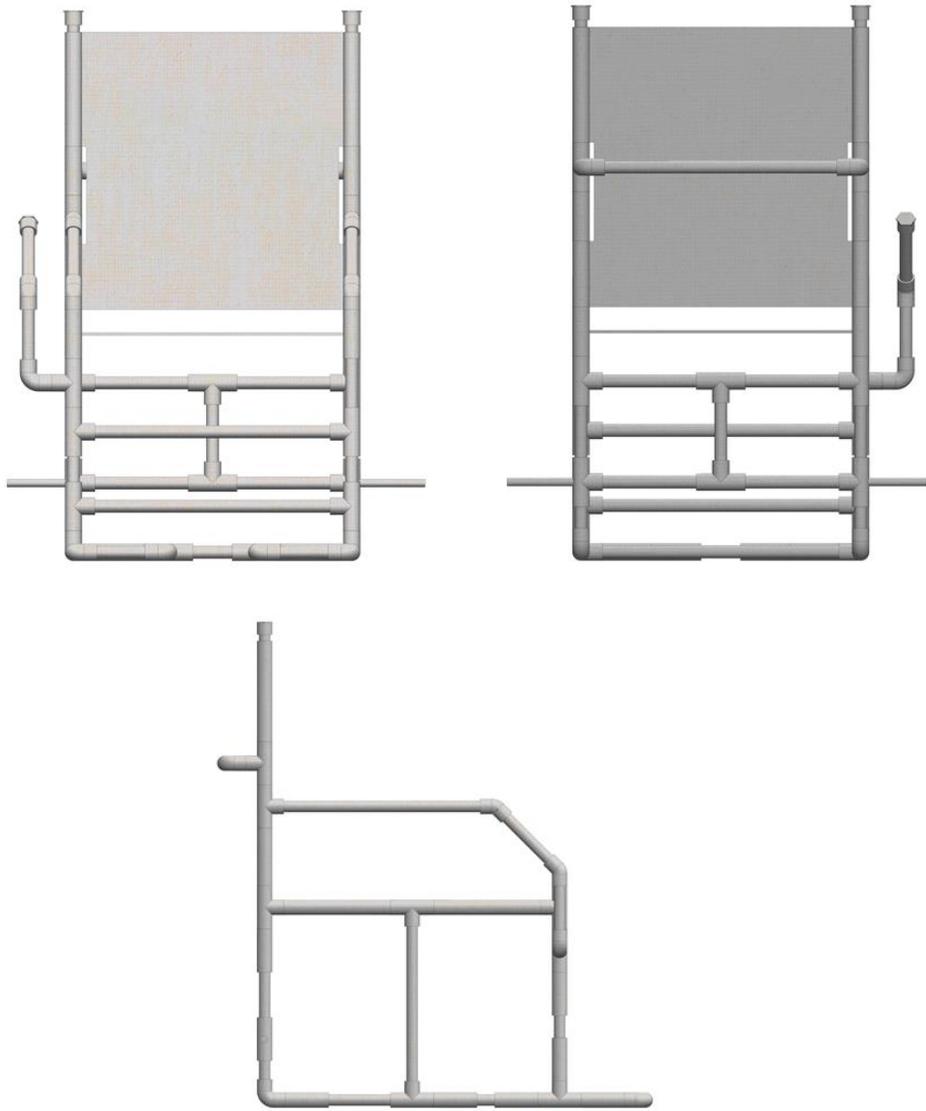


Figura 32, diseño estructura, fuente autor.

Calculo de potencia para selección del motor

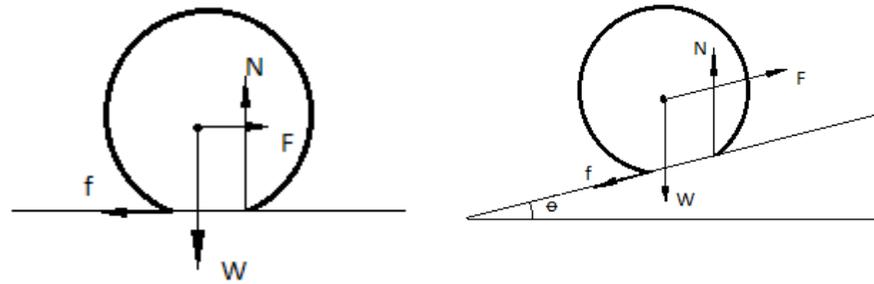


Figura 33, Análisis de fuerzas en las llantas, fuente autor.

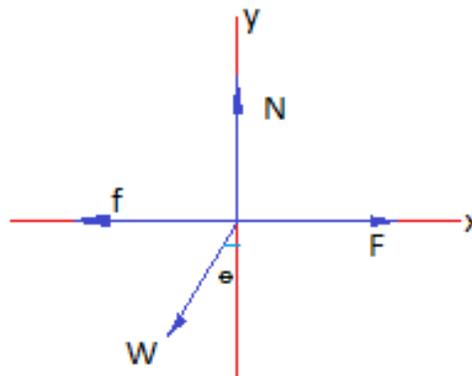


Figura 34, Diagrama de fuerzas para la silla de ruedas analizada como partícula, fuente autor.

$V = 2\text{m/s}$ velocidad promedio deseada de silla de ruedas

$R = 0,25\text{m}$ radio de llantas

$\theta = 6,84^\circ$ ángulo máximo de rampas para discapacitados

W= peso aproximado de diseño (silla en conjunto + peso máximo de conductor) =
30 + 100 (Kg-f)

$\mu r = 0,002m$ coeficiente de resistencia a la rodadura

$C_{rr} = \frac{0,002m}{0,25m} = 0,008$ coeficiente de rodadura

N= fuerza normal

F= fuerza mínima necesaria para mover la silla de ruedas a carga máxima promedio

f= fuerza de rozamiento

$$(+)\uparrow \Sigma F_y = 0 : N - W_y = 0 \Rightarrow N = W \cos(\theta) = 1277 \cos(6,84^\circ) \Rightarrow N = 1268N$$

$$(+)\rightarrow \Sigma F_x = 0 : F - 2f - W_x = 0$$

$$\Rightarrow F = 2C_{rr} N + W \sin(\theta) \Rightarrow F = (2)0,008(1268) + (1277)\sin(6,84^\circ)$$

$$F = 172,4N$$

Carga mínima combinada de las dos llantas $F = 172,4N$. Ahora, la carga mínima combinada de cada llanta es $86,2N$.

ω = velocidad angular

$$\omega = \frac{v}{2\pi R} = \frac{2 \text{ m/s}}{2\pi (0,25m)} = 1,273 \text{ rev/s} = 76,4 \text{ rev/min}$$

$$\omega = 1,273 \text{ rev/s} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) = 8 \text{ rad/s}$$

P = potencia mecánica

T = torque

$$T = F \cdot R$$

$$T = (86,2\text{N})(0,25\text{m}) = 21,6 \text{ Nm}$$

$$P = \omega T = (21,6 \text{ Nm})(8 \text{ rad/s}) \approx 173 \text{ W}$$

$$173\text{W} \left(\frac{1\text{Hp}}{745,7\text{W}} \right) \approx 0,23\text{Hp}$$

Se estima que la potencia mínima requerida por cada motor para mover un operador por encima del promedio de peso (100kg), a una velocidad promedio de 2m/s, en un Plano inclinado máximo de 12% será de 0,23Hp.

Se seleccionaran motores de 0,5Hp, muy por encima de la potencia P anteriormente mencionada, la cual es la mínima admisible solo para sacar al sistema del equilibrio estático. A continuación los motores escogidos:



Figura 35, Motorreductores, fuente autor.

Motorreductores 24 voltios, torque 100 kg.cm, 150 rpm, 10 amperios, marca hundai.

Calcula de cadena

$N_1 = 150$ rpm velocidad angular (salida del motor).

$N_d = 1,5$ factor de diseño (los autores).

$k_2 = 1$ factor de hileras múltiples. Tomado de la Tala 17-23 de diseño en ingeniería mecánica Shigley 9na edición.

$K_s = 1,3$ factor de servicio (impacto ligero). Tomado de la Tala 17-15 de diseño en ingeniería mecánica Shigley 9na edición.

$K_1 = 1,6$ factor de corrección para números de diente diferente de 17 en la parte pre extrema. Tomado de la Tala 17-22 de diseño en ingeniería mecánica Shigley 9na edición.

Asegurando lo mínimo: $H_a = H_d$

$$H_{tab} = \frac{H_{nom} K_s n_d}{k_1 k_2}$$

$$H_{tab} = \frac{(0,5Hp)(1)(1,5)}{(1,6)(1)} = 0,47Hp$$

Seleccionaremos una cadena número 40, de 0.5in de paso y $H_{tab} = 0,99$ tbla 17-20.

Obtención del factor de seguridad: $n_d = \frac{H_{tab} K_1 K_2}{H_{nom} K_s} = \frac{(0,99Hp)(1,6)(1)}{(0,5Hp)(1,3)} = 2,2$

$$\text{Potencia para el eslabón: } H1 = 0,004N1^{1,08}n1^{0,9}P^{(3-0,07p)}$$

Para cadenas número 40 a 140, $Kr = 17$

$N1$ = número de dientes del piñón menor

$n1$ = velocidad del piñón, rev/min

P = paso de la cadena, in

$$H1 = 0,004(28)^{1,08}(150)^{0,9}0,5^{(3-0,07(0,5))}$$

$$= 1,70\text{Hp}$$

$$\text{Potencia para el rodillo: } H2 = \frac{1000Kr N1^{1,5} P^{0,8}}{n1^{1,5}}$$

$$= \frac{1000(17)(28)^{1,5}(0,5)^{0,8}}{(150)^{1,5}}$$

$$= 787,45\text{Hp}$$

Se espera que la cadena falle primero por el eslabón, además funciona en la parte pre extremo de la potencia, por tanto se garantiza una vida de 15.000h.

Longitud de la cadena: L

Con $N2 = 53$ dientes, número de dientes de la Catarina mayor

$C = 35,5\text{cm} = 13,98\text{in}$, distancia entre centros

$$\frac{L}{P} = \frac{2C}{P} + \frac{N1+N2}{2} + \frac{(N2-N1)^2}{\frac{4C\pi^2}{P}}$$

$$\frac{L}{P} = \frac{2(13,98IN)}{0,5in} + \frac{28+53}{2} + \frac{(25in)^2}{\frac{4(13,98in)\pi^2}{0,5in}}$$

$$\frac{L}{P} = 96,99 \Rightarrow L=48,49in \approx 49in$$

Diámetro de piñón cadena: $Dp = \frac{P}{\text{sen}(\pi/N)}$

$$Dp1 = \frac{12,7mm}{\text{sen}(180/28)} = 113,43mm$$

$$Dp2 = \frac{12,7mm}{\text{sen}(180/53)} =$$

214,37mm

Dp1= 70mm

Dp2= 215mm



Figura 36, selección de cadena y piñones, fuente autor.

Diseño y control del hardware de control.

Diseño puentes H

En la construcción de los puentes h se utilizó el integrado IR2110 de alto voltaje, donde nos permite controlar mosfet de N canal en este caso el mosfet IRF8010, permitiendo el control de giro de los motores a través de señales PWM que nos envía el Arduino.

En el siguiente cuadro se describen los materiales y cantidades utilizados para la creación de los puentes h.

Descripción	Cantidades	Unidad
IR2110	4	Unidad
IRF8010	8	Unidad
BASE PROF 14PI	4	Unidad
CON-MOLEX-3P	6	Unidad
CONDENSADOR ELECTROLITICO 22uf 25 v	6	Unidad
CONDENSADOR CERAMICO 104 nf	6	Unidad
RESISTENCIA 100 ohm	8	Unidad
RESISTENCIA 10 k ohm	8	Unidad
RESISTENCIA 1.8 k ohm	4	Unidad
DIODO 1N4148	4	Unidad
DIODO ZENER 15 v 1/2 w	4	Unidad
REGULADOR 7812	1	Unidad
REGULADOR 7805	1	Unidad
TERMINAL BLOCK 2 PINES ED1621	2	Unidad
TERMINAL BLOCK 3 PINES ED1610	2	Unidad
ACIDO	2	Bolsa
BAQUELITA 25x10 cm	1	Unidad
CONECTOR USB HEMBRA CONUSB-A-SMD	1	Unidad

PORTA FUSIBLE	2	Unidad
FUSIBLE 30 A	2	Unidad

Ver anexo c, Descripciones materiales puentes h

Esquemático de conexión puente h:

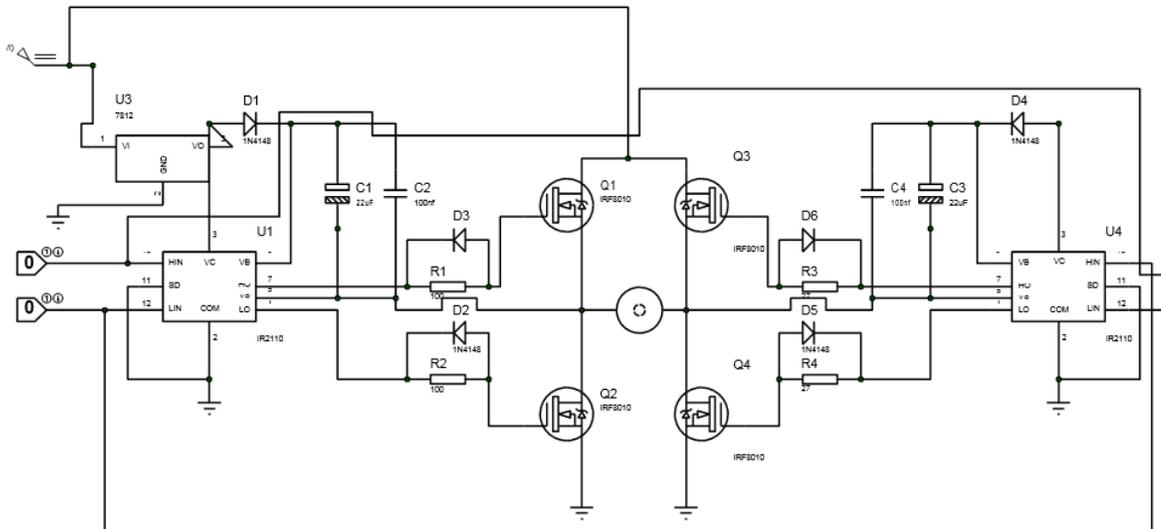


Figura 34, esquemático puentes h, fuente autor.

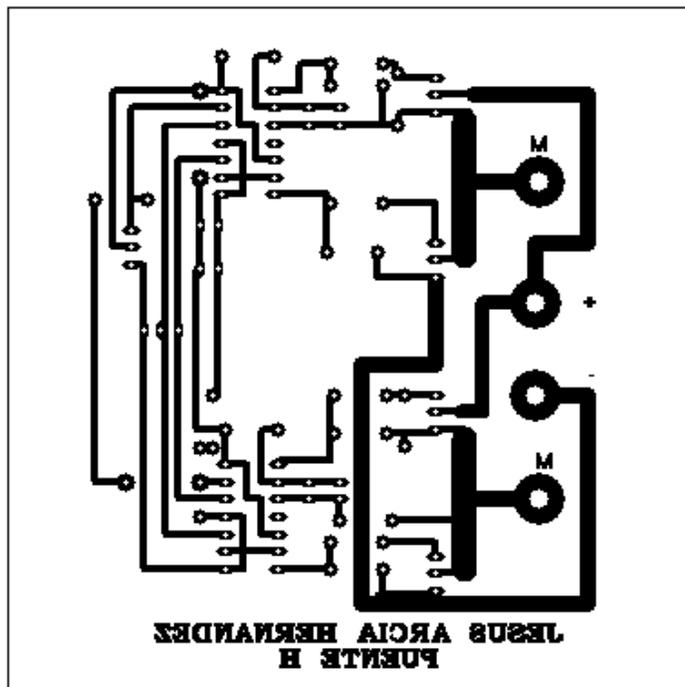


Figura 35, esquemático pcb puentes h, fuente autor.

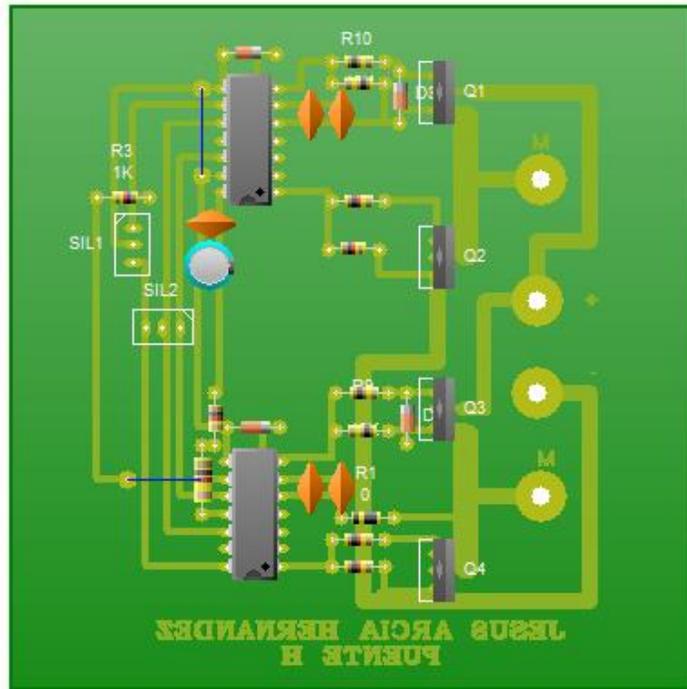


Figura 36, esquemático pcb 2D puentes h, fuente autor.

En la elaboración de los puentes h se utilizó el método de planchado para los circuitos impresos como lo muestran las figuras 37, 38,39 y 40.



Figura 37, método de planchado circuitos impresos, fuente autor.



Figura 38, circuito en acido, fuente autor.

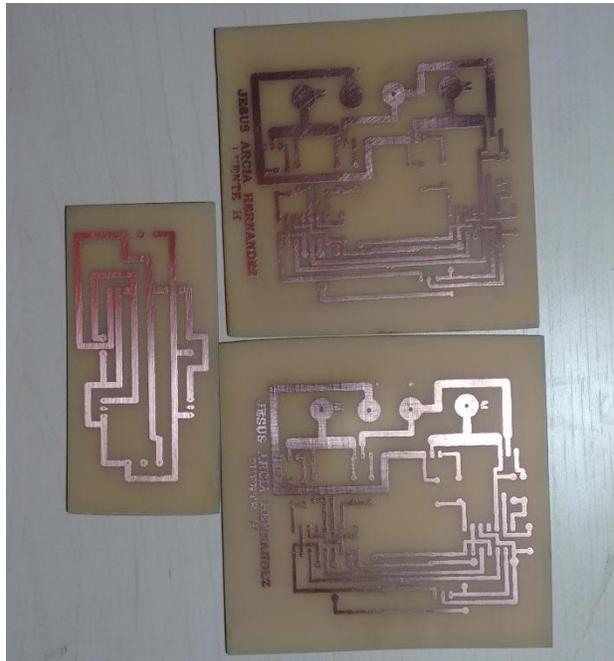


Figura 39, circuito impreso luego del ácido, fuente autor.

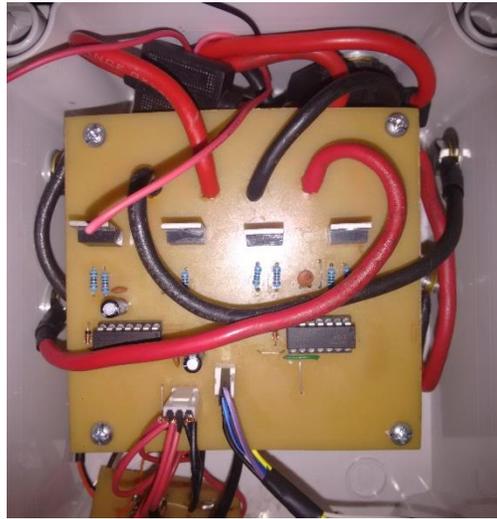


Figura 40, puente h terminado, fuente autor.

Panel de control

En la construcción del panel de control utilizamos un lcd e11602a, este nos permite visualizar el nivel de carga de la fuente de alimentación.

Esquemático de conexión lcd

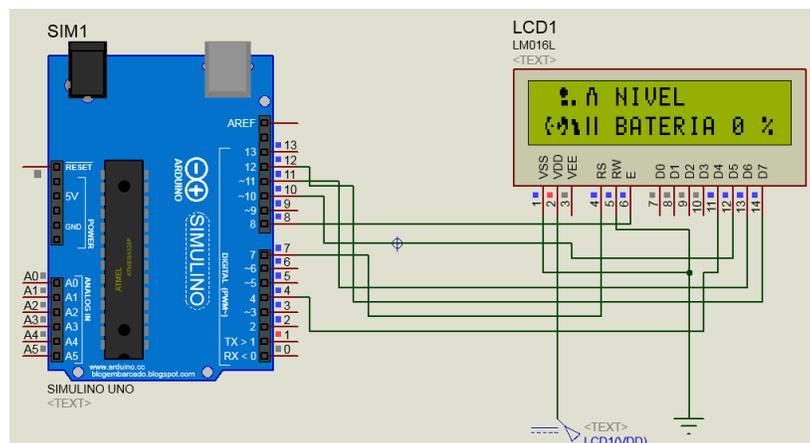


Figura 41, Conexión lcd, fuente autor.



Figura 42, lcd, fuente autor.

Se instalaron 2 interruptores como lo muestra la figura 43, el izquierdo prende y apaga el sistema en su totalidad y el derecho prende y apaga el joystick y el bluetooth, solo se puede utilizar el joystick cuando el bluetooth se encuentra apagado, de igual forma el bluetooth.



Figura 43, panel de control interruptor, fuente autor.

5.3.Diseño del sistema

5.3.1. Software de operación

```
#include <LiquidCrystal.h> // librería lcd

LiquidCrystal lcd(7, 8, 4, 10, 11 , 12);

// Dibujos lcd
byte a[8] =
{0b011110,0b01010,0b11011,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001};

byte b[8] =
{0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b11111};

byte e[8] =
{0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00001};

byte f[8] =
{0b00110,0b01111,0b01111,0b00110,0b00000,0b00111,0b00111,0b11110};

byte g[8] =
{0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b00000,0b11000,0b11000,0b00000};

byte h[8] =
{0b00110,0b00100,0b01000,0b01001,0b01000,0b00100,0b00110,0b00001};

byte i[8] =
{0b00110,0b00111,0b10111,0b11001,0b10001,0b00010,0b00110,0b11000};

byte j[8] =
{0b00000,0b11000,0b11100,0b01100,0b01100,0b01110,0b01110,0b00000};

void setup() {
  Serial.begin(9600);
```

```

    Lcd(); //inicializamos el lcd

    //pines de salidas apagadas
    pinMode(2,OUTPUT);
    pinMode(3,OUTPUT);
    pinMode(4,OUTPUT);
    pinMode(5,OUTPUT);
    pinMode(6,OUTPUT);
    pinMode(7,OUTPUT);
    pinMode(8,OUTPUT);
    pinMode(9,OUTPUT);
    pinMode(10,OUTPUT);
    pinMode(11,OUTPUT);
    pinMode(12,OUTPUT);
    pinMode(13,OUTPUT);

}

void loop() {
    // imagen lcd
    silladeruedas();
    Bateria();

    // nivel de bateria
    lcd.setCursor(13,1);
    lcd.print(NivelBateria());
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print("%");

    //leemos datos
    // joystick

    int valory = analogRead(A0);
    valory = map(valory,0,700,-3,3);

    int valorx = analogRead(A1);
    valorx = map(valorx,0,700,-3,3);

    int boton= analogRead(A2);

    boton = map(boton,0,750,0,1);

    // nivel bateria
    int bateria = analogRead(A3);
    bateria = map(bateria,0,1023,0,99);

    // app
    char datoapp = Serial.read();

    // joystick funcionamiento
    // eje y

    if(valorx == 0 && valory == 0 ){
        analogWrite(3,LOW);
        analogWrite(5,LOW);
        analogWrite(6,LOW);
        analogWrite(9,LOW);
        Serial.print("\n Apagado \n");
    }
    if(valorx == 0 && valory == 1 ){

```

```

analogWrite(3,30);
analogWrite(5,LOW);
analogWrite(6,LOW);
analogWrite(9,30);
Serial.print("\n Y -> 1\n");
}
if(valorx == 0 && valory == 2 ){
  analogWrite(3,70);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,70);
  Serial.print("\n Y -> 2\n");
}
if(valorx == 0 && valory == 3 ){
  analogWrite(3,90);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,90);
  Serial.print("\n Y -> 3\n");
}
if(valorx == 0 && valory == -1 ){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,30);
  analogWrite(6,30);
  analogWrite(9,LOW);
  Serial.print("\n Y -1 <- \n");
}
if(valorx == 0 && valory == -2 ){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,70);
  analogWrite(6,70);
  analogWrite(9,LOW);
  Serial.print("\n Y -2 <- \n");
}
if(valorx == 0 && valory == -3 ){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,90);
  analogWrite(6,90);
  analogWrite(9,LOW);
  Serial.print("\n Y -3 <- \n");
}
}
// eje x
if(valorx == 1 && valory == 0 ){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,30);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,30);
  Serial.print("\n X -> 1\n");
}
if(valorx == 2 && valory == 0 ){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,70);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,70);
  Serial.print("\n X -> 2\n");
}
if(valorx == 3 && valory == 0 ){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,90);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,90);
  Serial.print("\n X -> 3\n");
}
if(valorx == -1 && valory == 0 ){
  analogWrite(3,30);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,30);
  analogWrite(9,LOW);
  Serial.print("\n X -1 <- \n");
}
if(valorx == -2 && valory == 0 ){
  analogWrite(3,70);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,70);
  analogWrite(9,LOW);
}

```

```

Serial.print("\n X -2 <- \n");
}
if(valorx == -3 && valory == 0 ){
  analogWrite(3,90);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,90
);
  analogWrite(9,LOW);
Serial.print("\n X -3 <- \n");
}

```

```

//bluetooth
if(datoapp == 'a'){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,90);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,90);
}
if(datoapp == 'b'){
  analogWrite(3,90);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,90);
  analogWrite(9,LOW);
}
if(datoapp == 'c'){
  analogWrite(3,LOW);
  analogWrite(5,90);
  analogWrite(6,90);
  analogWrite(9,LOW);
}
if(datoapp == 'd'){
  analogWrite(3,90);
  analogWrite(5,LOW);
  analogWrite(6,LOW);
  analogWrite(9,90);
}

```

```

// alarma

```

```

if( alarma() == 1){
  digitalWrite(13,HIGH);
}else{
  digitalWrite(13,LOW);
}

```

```

};

```

```

void Lcd(){
  lcd.createChar(1, a);
  lcd.createChar(2, b);

  lcd.createChar(3, e);
  lcd.createChar(4, f);
  lcd.createChar(5, g);
  lcd.createChar(6, h);
  lcd.createChar(7, i);
  lcd.createChar(8, j);

  lcd.begin(16, 2);// seleccionamos el
numero de columnas y filas de
nuestro lcd
  lcd.setCursor(5,0);
  lcd.print("NIVEL");
  lcd.setCursor(5,1);
  lcd.print("BATERIA");
}

```

```

void Bateria(){
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.write(1);
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.write(2);
}

```

```

void silladeruedas(){
  lcd.setCursor(0,0);
}

```

```
lcd.write(3);  
lcd.setCursor(1,0);  
lcd.write(4);  
lcd.setCursor(2,0);  
lcd.write(5);  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.write(6);  
lcd.setCursor(1,1);  
lcd.write(7);  
lcd.setCursor(2,1);  
lcd.write(8);  
  
}
```

```
int NivelBateria(){  
    int Nivel = analogRead(A3);  
    Nivel = map(Nivel,0,1023,0,99);  
    return(Nivel);  
  
}  
  
int Alarma(){  
  
    int alarma = analogRead(A4);  
    Serial.print(alarma);  
    return(alarma);  
  
}
```

5.3.2. Software de aplicación

En el diseño del sistema se crea una aplicación móvil, en android, la cual permite interactuar vía remota a través del módulo de bluetooth HC-05 al Arduino mandándole símbolos correspondientes a una acción.



Figura 44, control APP silla de ruedas, fuente autor.

5.4. Prototipo



Figura 45, prototipo final, fuente autor.

6. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación, el diseño, la creación y puesta en marcha de la silla de ruedas eléctrica, se obtuvo el correcto funcionamiento del sistema motriz (motores, puente H), sistema de mando (joystick manual e inalámbrico), hardware (microcontrolador), software (operación y aplicación) como un solo sistema, la parte de la estructura soportó 150 kilogramos en las simulaciones.

Se lograron todos los objetivos propuestos en esta investigación y además de esto se logró que el usuario sea auto eficiente en su movilidad.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guerra Crespo, H., & Morales Navarro, N. A. (10 de 09 de 2012). Control de una Silla de Ruedas por Medio de un Dispositivo Móvil con Sistema Operativo Android. *tecnologia digital*, 1-13. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de http://www.revistatecnologiadigital.com/pdf/02_004_control_de_una_silla_de_ruedas_android.pdf
2. *AJPD*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de Arduino ID: <http://www.ajpdsoft.com/modules.php?name=News&file=article&sid=570>
3. *app inventor 2*. (2012). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>
4. *arduino*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de placa arduino: [http://www.arduino.cc/es/pmwiki.php?n=.](http://www.arduino.cc/es/pmwiki.php?n=)
5. *Blog electronica*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de tecnologia Bluetooth: <http://www.blogelectronica.com/conceptos-de-la-tecnologia-bluetooth/>
6. *blogspot definicion de bateria*. (2014). Obtenido de <http://mafebarajas8-5.blogspot.com/p/dispositivos-de-procesamiento-de.html>
7. Bralo. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://www.bralo.com/ckfinder/archivos/files/03.INFORMACION%20TECNICA/CATALOGO2013.pdf>.

8. *burutek*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de placa arduino:
<http://burutek.org/es/arduino/DANE>. (2005). *DANE*. Obtenido de Censo:
<https://www.dane.gov.co/files/censo2005/discapacidad.pdf>
9. DANE. (2005). *Departamento administrativo nacional de estadística*. Obtenido de www.dane.gov.co
10. *Definicion.de*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://definicion.de/rueda/>
11. *Diccionario de la real academia española*. (2015). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de http://www.rae.es/diccionario_motorgiga. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/camara-de-aire-definicion-significado/gmx-niv15-con193348.htm>
12. DicSig. (s.f.). *Diccionario de significados*. Recuperado el 27 de 06 de 2015, de <http://que-significa.com/significado.php?termino=tubosecured>. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de cableado electrónico:
http://www.ecured.cu/index.php/Cables_EI%C3%A9ctricos
13. EZRA. (s.f.). *Potencia Electromecánica S.A. de C.V.* Recuperado el 27 de 05 de 2015, de <http://www.potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>
14. *fundacion open wheelchair*. (2105). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://openwheelchair.org/>
15. GED, G. d. (2011). *Diseño para la inclusión social silla de ruedas PROAID*. Proyecto de investigación, Universidad pontificia bolivariana, Antioquia, Medellín.

Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://sid.uncu.edu.ar/sid/wp-content/uploads/2011/04/Gustavo-Sevilla-SILLA-DE-RUEDAS-PROAID.pdf>

16. GIREF, G. d. (2014). silla de ruedas eléctrica. *Ingenieros*, 8. Obtenido de <http://ingenieria.udea.edu.co/portal/ingeniemos/versionimpresa/200703/pag8.pdf>
17. Gomez, A. F. (2011). Fundación Colombia Sin Barreras Entrevista al presidente de la fundación, Carlos Marín Rodríguez. *Revista Ingeniería Biomédica*, 10-12.
18. Gomez, A. F. (06 de 01 de 2011). Fundación Colombia Sin Barreras Entrevista al presidente de la fundación, Carlos Mario Rodriguez. *Ingeniería Biomedica*, 5(9), 10-11. Recuperado el 27 de 05 de 2015
19. *Hiswavila*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de El Puente-H (o H-bridge).: <http://www.hispavila.com/3ds/atmega/hpuente.html>
20. *Infoma joven*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de Dispositivo movil: http://www.informajoven.org/info/informacion/I_12_4.asp
21. *Informatica moderna*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de Definicion de joystick: <http://www.informaticamoderna.com/Joystick.htm#defi> (2011). *Informe Mundial Sobre La Discapacidad*.
22. *Ministerio de educacion*. (2015). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-348266.html>
23. Montiel Cabrera, D. N., Ventura Rios, L. D., Posada Gómez, R., Hernández Ojeda , I., Martínez Sibaja , A., & Águila Rodríguez , G. (05 de 2013). Prototipo de Silla de

Ruedas como Plataforma de Interfaz de Control Gestual. *La Mecatrónica en México*, 2(2), 55-66. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de www.mecamex.net/revistas/LMEM

24. *mtbymas*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de

<http://www.mtbymas.com/2007/02/buje-rollhoff-todo-un-invento.html>.

25. OMS. (09 de 06 de 2011). *Organizacion Mundial De La Salud*. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de Organizacion Mundial De La Salud:

<http://www.who.int/topics/disabilities/es/>

26. OMS. (09 de 06 de 2011). *Organizacion Mundial De La Salud*. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de Organizacion Mundial De La Salud:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs352/es/>

27. Patricia Herrera , S., & Daniel Mayoral , M. (12 de 07 de 2011). Ergonomia para la discapacidad. Una propuesta de silla de ruedas ergonómica y económica. *Arquetipo*, 95-108. Recuperado el 28 de 05 de 2017, de

<http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/arquetipo/article/download/531/496>

28. S.L, F. I. (s.f.). *Soldadura en frio*. Recuperado el 28 de 05 de 2015, de

http://bricolaje.facilissimo.com/reportajes/fontaneria/soldadura-en-frio_183306.html

29. Samaniego, P., Francisco, C., Valerio, E., & Laitamo, S. M. (s.f.). *Informe sobre el Uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la Educación*

para Personas con Discapacidad. Obtenido de

<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002163/216382s.pdf>

30. *SHPVC*. (s.f.). Recuperado el 27 de 06 de 2015, de

<http://shpvc.com.ve/educativo.html>

31. *Terra*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de Ecotransporte el neumatico:

<http://www.terra.org/categorias/comunidad-ecotransporte/el-neumatico>

32. *thefreedictionary*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de definicion tela de lona:

<http://es.thefreedictionary.com/lona>

33. *Tuberia y Soldadura*. (2011). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de

<http://tuberiaysoldadura.blogspot.com/2008/02/los-codos-los-codos-son-accesorios-de.html>

34. *Wordreference*. (s.f.). Recuperado el 28 de 05 de 2015, de Definicion eje:

<http://www.wordreference.com/definicion/eje>

8. ANEXOS