

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO
MECÁNICO**

**TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA BIPEDESTADORA PARA
PERSONAS CON MOVILIDAD RESTRINGIDA GRADO IV EN LAS
EXTREMIDADES INFERIORES CON UNA CAPACIDAD DE CARGA DE
100 KG**

**AUTORES:
JHONNY ISRAEL BARBERO PALACIOS
LUIS ALEXIS ORTEGA BUSTAMANTE**

**TUTOR:
FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA**

Quito, Diciembre del 2015

Cesión de derechos de autor

Nosotros **Luis Alexis Ortega Bustamante** y **Jhonny Israel Barbero Palacios**, con documento de identificación N° 0401734637 y N° 1724248107, manifestamos nuestra voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación titulado: **“Diseño y construcción de una silla bipedestadora para personas con movilidad restringida grado iv en las extremidades inferiores con una capacidad de carga de 100 kg”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos 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 Politécnica Salesiana.

Jhonny Israel Barbero Palacios



C.I. 1724248107

Luis Alexis Ortega Bustamante



C.I. 0401734637

Fecha: Quito, Diciembre del 2015

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de PROYECTO TÉCNICO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA BIPEDESTADORA PARA PERSONAS CON MOVILIDAD RESTRINGIDA GRADO IV EN LAS EXTREMIDADES INFERIORES CON UNA CAPACIDAD DE CARGA DE 100KG realizado por JHONNY ISRAEL BARBERO PALACIOS LUIS ALEXIS ORTEGA BUSTAMANTE , obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, Diciembre del 2015



FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

C.I. 170798216-9

Agradecimientos

Mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Mecánica, y a los docentes quien me abrió las puertas e impartieron conocimientos profesionales y personales, ofreciéndome una educación de calidad y excelencia.

A todos quienes conforman la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a todos los profesores que me impartieron los conocimientos fundamentales a lo largo de mi vida estudiantil y que de una u otra forma hicieron posible la realización de este proyecto.

A mi director de tesis Ingeniero, Fabio Obando por los conocimientos brindados, quien ha sido guía indispensable para la culminación de este trabajo.

Jhonny Israel Barbero Palacios

Al finalizar esta tesis quiero agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por haber hecho de nosotros unos verdaderos profesionales comprometidos y además por considerarnos como dignos representantes de esta noble institución al concedernos su auspicio

A mis profesores que compartieron sus conocimientos y enseñanzas para que pueda tener las competencias necesarias para desempeñarme en el área de la Ingeniería Mecánica.

También quiero agradecer a nuestro tutor Ing. Fabio Obando por guiarnos a través de este proceso y ofrecer su ayuda en los aspectos técnicos de la misma.

Luis Alexis Ortega Bustamante

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de llegar a este momento tan especial y único en mí vida. Por la satisfacción de los triunfos y por las lecciones aprendidas con los errores que he cometido, los cuales me han enseñado a valorar cada día más.

A mi madre Celia y a mi padre Manuel que han sabido brindarme su apoyo, confianza y amor por la vida, brindándome ese ejemplo y con sus palabras alentarme a seguir un buen camino

Su constancia y tenacidad han marcado mi vida de una manera primordial no solo para mí, sino a todos mis hermanos.

A mis hermanos quienes siempre han estado pendientes de mi persona y continuamente me apoyaron para no decaer y seguir adelante.

Jhonny Israel Barbero Palacios

Dedico este trabajo a mi Dios ya que con la fe hacia él, superamos cualquier prueba y dificultad que se nos presentó a mí y a mi compañero en la elaboración de la tesis, sortear los obstáculos y cumplir con la meta planteada

A mi madre que se sacrificó por mi educación y nunca me dejo de apoyar constantemente con sus consejos y aliento en toda mi carrera académica

A mis hermanos que siempre me prestaron su ayuda siempre cuando lo necesite, a todos ellos dedico este trabajo

Luis Alexis Ortega Bustamante

Índice

Introducción	1
Capítulo 1	3
1.1. Discapacidad en Ecuador	3
1.2. Silla de ruedas	4
1.3 Clasificación de las sillas de ruedas	4
1.3.1. Por su diseño	5
Armazón fijo	5
Armazón Plegable	6
1.3.2. Por su locomoción.....	7
Silla de ruedas manuales	7
Silla de ruedas eléctrica.....	8
Silla de ruedas híbrida.....	9
1.3.3. Silla de ruedas por su peso	10
Silla de ruedas pesadas.....	10
Silla de ruedas ligeras.....	11
Silla de ruedas ultraligera.....	12
1.4. Silla de ruedas bipedestadora	12
1.5. Partes de una silla bipedestadora	13
Asiento	13
Respaldo.....	14
Reposapiés	15
Reposabrazos.....	15
Ruedas delanteras giratorias.....	16
Ruedas traseras propulsoras	16
Aros propulsores	17
Frenos.....	17
1.6. Beneficios de la silla de ruedas bipedestadora.....	18
Capítulo 2	19
2.1. Primera alternativa	19
Silla bipedestadora con sistema de elevación hidráulica	19
<i>Características técnicas</i>	19

<i>Partes de la silla bipedestadora con sistema de elevación hidráulica</i>	20
<i>Características del sistema hidráulico</i>	22
<i>Ventajas</i>	22
<i>Desventajas</i>	23
2.2. Alternativa 2.....	23
Silla bipedestadora con sistema de elevación mecánica	23
<i>Características técnicas</i>	23
<i>Partes de la silla bipedestadora con elevación mecánica</i>	24
<i>Características del Sistema Mecánico</i>	25
<i>Ventajas</i>	26
<i>Desventajas</i>	27
<i>Característica ergonómica</i>	27
2.3. Alternativa 3.....	27
Silla bipedestadora con sistema de elevación eléctrico.....	27
<i>Características técnicas</i>	27
<i>Partes de la silla bipedestadora con elevación eléctrica</i>	28
<i>Características del sistema eléctrico</i>	29
<i>Ventajas</i>	30
<i>Desventajas</i>	30
<i>Característica ergonómica</i>	30
2.4. Parámetros de alternativas.....	31
<i>Silla Bipedestadora Hidráulica</i>	32
<i>Silla bipedestadora con elevación de sistema eléctrico</i>	34
Capítulo 3	36
3.3. Cálculo de las medidas de la silla bipedestadora	41
Anchura cadera (CdCd).....	43
Altura poplítea (AP).....	43
Distancia sacro poplítea (SP)	43
Altura codo suelo (CS).....	44
Altura subescapular (AS)	44
Medidas Recomendadas.....	44
3.4. Selección del material para la estructura.....	46
Acero estructural ASTM A36	46

Justificación de la elección.....	46
Selección del motor eléctrico	47
<i>Actuador lineal Dewert modelo megamat 2</i>	47
<i>Justificación del motor</i>	47
<i>Justificación técnica del motor</i>	47
Selección de cojín ajustable de aire	51
<i>Justificación</i>	51
<i>Cuerina para asiento y respaldo de la silla</i>	52
<i>Justificación</i>	52
3.5. Cálculos de resistencia para el tubo ASTM A-36.....	53
3.6. Cálculo de la deflexión del tubo del asiento	56
3.7. Análisis de fuerzas en función del ángulo de desplazamiento y la trayectoria... 61	
3.8. Diagramas de cuerpo libre para el cálculo de las fuerzas con los ángulos de trayectoria.....	64
Para ángulo de 0 grados	64
Para ángulo de 15 grados	65
Para ángulo de 30 grados	66
Para Angulo de 45 grados	67
Para Angulo 60 grados	68
Ángulo de 75 grados	69
Cálculo de deflexión para el mecanismo tipo “H”	70
Capítulo 4.....	78
4.1. Costos.....	78
Conclusiones	87
Recomendaciones.....	88
Referencias.....	89

Índice de Figuras

Fig 1 Registro Nacional de Discapacidad	3
Fig 2 Clasificación de la silla de rueda	5
Fig 3 Silla de armazón fijo	6
Fig 4 Silla de armazón plegable	6
Fig 5 Silla de ruedas Manual.....	7
Fig 6 Silla de ruedas pediátrica	8
Fig 7 Silla de ruedas Eléctrica.....	8
Fig 8 Silla de ruedas Scooter.....	9
Fig 9 Silla de ruedas híbrida.....	10
Fig 10 Silla de ruedas pesadas	11
Fig 11 Silla de ruedas de aluminio.....	11
Fig 12 Silla de ruedas ultraligera	12
Fig 13 Silla de ruedas Bipedestadora	13
Fig 14 Asiento	14
Fig 15 Respaldo	14
Fig 16 Reposapiés	15
Fig 17 Reposabrazos	15
Fig 18 Ruedas Delanteras.....	16
Fig 19 Ruedas traseras	17
Fig 20 Aros Impulsores.....	17
Fig 21 Freno	18
Fig 22 Esquema de la silla bipedestadora con accionamiento hidráulico	20
Fig 23 Partes de la silla bipedestadora con sistema de elevación hidráulica	21
Fig 24 Características del sistema hidráulico.....	22
Fig 25 Esquema de la silla bipedestadora con accionamiento mecánico.....	24
Fig 26 Partes de la silla bipedestadora con elevación mecánica.....	25
Fig 27 Características del Sistema Mecánico.....	25
Fig 28 Esquema silla de ruedas bipedestadora.....	28
Fig 29 Motor eléctrico.....	29
Fig 30 Esquema de medidas antropométricas en el cuerpo humano	41
Fig 31 medidas de la silla de ruedas bipedestadora	45
Fig 32 Tubo de Acero ASTM A36	46
Fig 33 Actuador lineal grado médico.....	47
Fig 34 Ubicación centro de gravedad del muslo	49
Fig 35 Ubicación centro de gravedad del tronco	49
Fig 36 Fuerzas en los centros de gravedad.....	50
Fig 37 Diagrama de cuerpo libre de fuerzas en los centros de gravedad.....	50

Fig 38 Cojin ajustable de aire	52
Fig 39 Material de cuero sintético o cuerina.....	52
Fig 40 Propiedades perfil hueco acero	53
Fig 41 Ubicación de la fuerza en la estructura.....	54
Fig 42 Esquema de desplazamiento den tubo C40.....	60
Fig 43 Esquema de ángulo y medidas en coordenadas x e y	61
Fig 44 Esquema geométrico de fuerzas y distancias.....	62
Fig 45 Diagrama de cuerpo libre para fuerzas en ángulo de 0 grados	64
Fig 46 Esquema y Digrama de cuerpo libre para fuerzas para trayectoria de 15 grados	65
Fig 47 Esquema y digrama de cuerpo libre para fuerzas en trayectoria de 30 grados	66
Fig 48 Esquema y diagrama de cuerpo libre para fuerzas en una trayectoria de 45 grados	67
Fig 49 Esquema y diagrama de cuerpo libre para fuerzas en una trayectoria de 60 grados	68
Fig 50 Esquema y digrama de cuerpo libre para fuerzas en una trayectoria de 75 grados	69
Fig. 51 Esquema de las fuerzas en los tubos superior e inferior que soportan el motor	70
Fig 52 Desplazamientos en el elemento de elevación.....	73
Fig 53 Desplazamiento en la estructura	76

Índice de Tablas

Tabla 1 Sistema de Puntuación	31
Tabla 2 Matriz de ponderación para silla bipedestadora con elevación hidráulica....	32
Tabla 3 Matriz de ponderación para la silla bipedestadora con elevación mecánica.	33
Tabla 4 Matriz de ponderación para silla bipedestadora con elevación eléctrica	34
Tabla 5 Diagnósticos y edades de pacientes de la muestra.....	36
Tabla 6 Definiciones de medidas antropométricas	38
Tabla 7 Percentiles de medidas antropométricas	42
Tabla 8 Porcentaje de pesos segmentarios	48
Tabla 9 Características técnicas tubo cédula 40 (C40)	58
Tabla 10 Fuerza aplicada al tubo C40.....	58
Tabla 11 Resultados de reacciones del elemento tubo C40	59
Tabla 12 Resumen de resultados estáticos	59
Tabla 13 Tabla de distancias	62
Tabla 14 resultados de fuerza para las medidas tomadas.....	63
Tabla 15 Caracterísiticas técnicas del Tubo ASTM A-36	70
Tabla 16 Fuerza aplicada al tubo ASTM A36	71
Tabla 17 Reacciones en el elemento	71
Tabla 18 Resumen de resultados estáticos	72

Tabla 19 Características técnicas de la estructura.....	74
Tabla 20 Fuerzas aplicada a la estructura	75
Tabla 21 Resumen de resultados estáticos	75
Tabla 22 Costos de materia prima.....	81
Tabla 23 Costos indirectos de fabricación.	82
Tabla 24 Costos de fabricación por sección.....	84

Índice de Anexos

Anexo 1	92
Anexo 2	94
Anexo 3	95
Anexo 4.....	96
Anexo 5	98
Anexo 6	99

Resumen

El presente proyecto está orientado al diseño y construcción de una silla bipedestadora con capacidad de carga de 100 kg para personas con movilidad restringida grado IV en los miembros inferiores.

La mayoría de sillas bipedestadora que existe en el país son procedentes de Argentina, Brasil, Chile, Estados Unidos, España, entre otros. Sin embargo, las dimensiones con las cuales se han fabricado corresponden a medidas antropométricas de personas de los países antes mencionados.

Por lo cual, es conveniente desarrollar una silla con relación a la población ecuatoriana, que cubra las necesidades de los pacientes como la comodidad, seguridad y consecuentemente que ayude a mejorar las actividades de la vida diaria.

El proyecto contiene cuatro capítulos que se distribuyen de la siguiente manera, el primer capítulo se aborda la teoría de las sillas de ruedas, partes principales y su clasificación.

El segundo capítulo consta de las alternativas de diseño con la respectiva matriz de ponderación que presenta seis ítems: facilidad de accionamiento, fuerza muscular, mantenimiento, instalación, accesibilidad económica, materiales que ayudarán a seleccionar la mejor opción.

El tercer capítulo trata del diseño, selección de materiales y cálculos que componen la estructura con la respectiva justificación técnica.

El cuarto capítulo presenta los costos y el proceso de construcción de la silla bipedestadora.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones

Abstract

This project is focused on the on the design and construction of a stand up wheelchair with load capacity of 100 kg to people with restricted mobility grade IV in the lower limbs.

The majority of stand up wheelchair that exist in the country are from Argentina, Brazil, Chile, United Estates and Spain among others. However, the dimensions with which have been manufactured correspond to anthropometric measures of people of such countries.

Therefore it is desirable to develop a chair in relation to the Ecuadorian people that cover the needs of the patients like comfort, security and consequently improve the activities of daily living.

The first chapter deals with the theory of the wheelchairs, main parts, and classification.

The second chapter consists of the design alternative with the respective matrix of weighting that presents six items: operation facility, muscular force, maintenance, installation, cost and materials, these will help to select the best option.

The third chapter considers the design, selection of materials and solve of the components of the structure with the respective technical justification.

The fourth chapter presents the costs and the process of construction of the stand up wheel chair.

Finally the conclusion and recommendations are presented.

Introducción

El cuerpo humano es propenso a sufrir limitaciones en la locomoción, por múltiples causas, siendo la discapacidad física una de los principales problemas por el cual el hombre se ha visto en la necesidad de crear instrumentos y mecanismos que ayude a su movilidad y tratamiento.

En este contexto, la silla de ruedas aparece como uno de los inventos que más ayuda técnica ofrece a los usuarios que sufren discapacidad física en las extremidades inferiores.

La primera silla de ruedas conocida y creada especialmente para ese propósito fue la del rey Felipe II de España, que adolecía de un trastorno motriz que le imposibilitaba el desplazamiento normal y adecuado (cabe destacar que la implementación por aquella época de la silla de ruedas era casi injustificada, dado que los castillos medievales no contaban con rampas de acceso ni interiores).

La primera patente sobre una silla de ruedas data de 1869. Se trataba de un modelo manual impulsado por ruedas traseras. Al poco tiempo surgieron nuevos modelos de tres ruedas y con otras modificaciones.

El primer modelo impulsado eléctricamente data de 1924. Este modelo no resultó llamativo para el público por el ruido que producía. La silla de ruedas, tal y como la conocemos hoy, fue creada en 1932 por el ingeniero Harry Jennings para un amigo suyo. (Ecured, 2012)

El diseño depende de las aplicaciones y tipo de discapacidad del paciente.

En la última década el diseño ha permitido la posición de bipedestación que facilita la movilidad, socialización y tratamiento.

La presencia de sillas bipedestadoras en el país es reducida, por lo que este proyecto busca solucionar uno de los principales problemas como permitirle alcanzar mayor altura para alcanzar algún objeto o simplemente conversar en forma bipedestadora con otras personas, ayudar a la rehabilitación de los miembros inferiores así como mantener la salud de estos evitando la formación de escaras y fomentando la circulación de la sangre. Al mismo tiempo busca lograr una mayor independencia del paciente para realizar actividades en forma autónoma. Esto se logrará mediante la creación de una silla bipedestadora manual, a través de un motor eléctrico con capacidad de carga de hasta 100 kg.

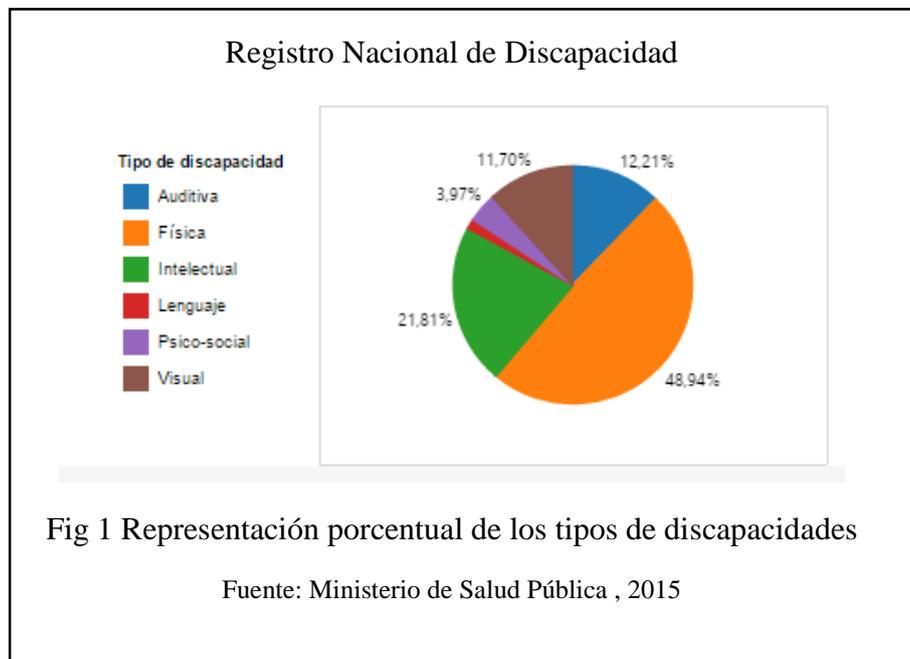
Capítulo 1

Marco teórico

1.1. Discapacidad en Ecuador

Ecuador presenta cifras altas en cuanto a los tipos de discapacidad, éste último término se entiende como el déficit de movimiento y limitaciones en la actividad social.

Evidentemente la discapacidad física presenta mayor número de casos registrados y se los representa en forma de porcentajes como se aprecia en la figura 1, los cuales han sido recopilados por el Ministerio de Salud Pública.



Por lo mencionado anteriormente, la silla de ruedas se ha convertido en una importante ayuda técnica para estos pacientes, en gran parte beneficia el movimiento; aunque depende de otras personas para realizar actividades que parecen normales pero para ellos representan una odisea, por ejemplo: alcanzar algún objeto en una estantería alta o simplemente conversar con alguien a la misma altura.

El tipo de silla de ruedas que hace referencia este proyecto es aquella que permite la bipedestación, es decir cambia la posición a través de un actuador lineal lo que permitirá mayor independencia y un estado anímico favorable.

Bajo estos antecedentes, se plantea el diseño de una silla bipedestadora que ayude a personas con discapacidad física en las extremidades inferiores y sea una opción más viable frente a las sillas de ruedas tradicionales, debido a que ayuda a la inclusión y tratamiento.

1.2. Silla de ruedas

Es un producto tecnológico que sirve para proporcionar soporte a la locomoción de los pacientes que tienen problemas de movimiento.

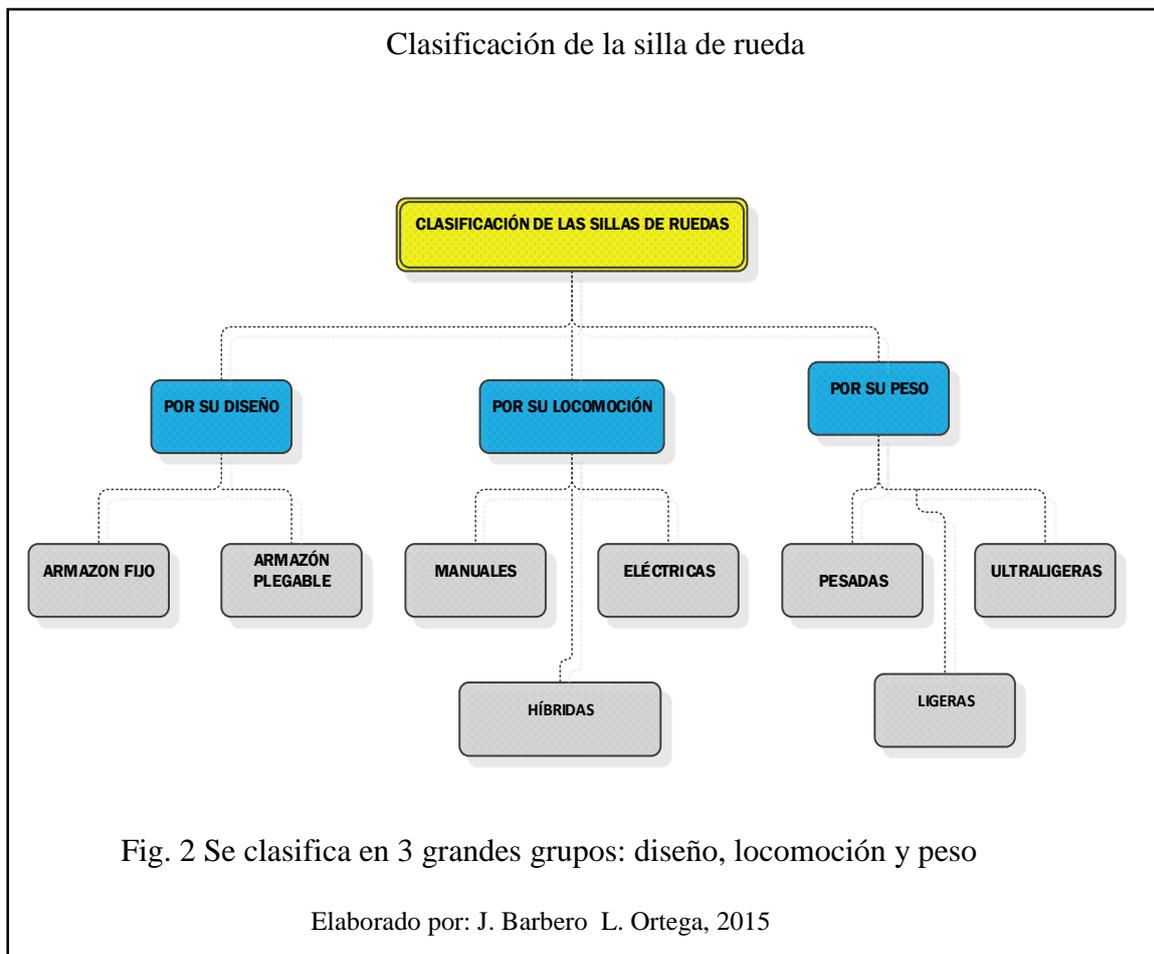
Las personas que utilizan la silla de ruedas frecuentemente son: pacientes con traumatismo o dolor, mujeres embarazadas, pacientes hospitalizadas, personas con discapacidad y adultos mayores.

Los diagnósticos en pacientes son diferentes, lo que conlleva a la fabricación de varios tipos de sillas de ruedas que se ajustan a las necesidades.

(Galán Vera, 2010, pág. 58)

1.3 Clasificación de las sillas de ruedas

Diferentes son los tipos, tamaño, funcionamiento de las sillas de ruedas, adaptándose a las necesidades de los pacientes, como se describe en la figura 2.



1.3.1. Por su diseño

Armazón fijo

El diseño tubular de chasis fijo aprovecha la energía total de las ruedas motrices grandes con aros para convertirla en un traslado eficiente en forma propia por el usuario o por otra persona.

Por lo general son sillas de diseño básico que son de uso temporal o permanente dependiendo de los requerimientos del usuario (Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad de España, 2011, pág. 51)

Silla de armazón fijo



Fig. 3 El chasis es fijo y robusto

Fuente: Universal Laboratory, 2012

Armazón Plegable

La característica distintiva es el chasis plegable en forma de tijera y a diferencia de la anterior no se aprovecha toda la energía, esto debido a que en una silla plegable parte de la energía de propulsión se pierde en el movimiento de su estructura por los puntos de articulación; pero resulta más practica al poderla movilizar a diversos lugares. (marketing.sunrisemedical.com, 2012)

Silla de armazón plegable



Fig. 4 El chasis se pliega tipo tijera

Fuente: Medilandia, 2015

1.3.2. Por su locomoción

Silla de ruedas manuales

Por lo general puede ser autopropulsada o empujada por otra persona, la mayoría consta de reposabrazos, reposapiés, asiento y respaldo adaptable. En algunos casos posee un freno, dependiendo del modelo puede ser plegable o no y por lo general se la utiliza en interiores (pisos lisos como: parquet, baldosa, entre otros) pero con adecuaciones en las ruedas delanteras y traseras puede ser utilizada en exteriores (superficies irregulares).



Además existen otros diseños para menores de edad como las sillas pediátricas, cuyos parámetros de ancho y altura de la silla presenta regulaciones en la estructura según el niño crece.

Silla de ruedas pediátrica



Fig. 6 Se ajusta al crecimiento de los niños

Fuente: Ortosoluciones , 2015

Silla de ruedas eléctrica

Posee un motor eléctrico que se abastece de baterías y estas pueden variar según su diseño pero en su mayoría son recargables. El motor y la batería pueden ubicarse en la parte delantera central o parte trasera, así mismo pueden poseer distintos modos de controlar el movimiento ya sea por computadora o un control tipo joystick.

Silla de ruedas Eléctrica



Fig. 7 Su movimiento lo realiza un motor

Fuente: Ortoweb, 2015

Posee mayor velocidad y tracción que una silla eléctrica y permite su movilización por terrenos irregulares su diseño depende de la discapacidad del paciente pero por lo general permite el acceso por cualquier lado.

En esta clasificación cabe mencionar las sillas tipo scooter como se muestra en la figura 8, por lo general posee tres neumáticos controlados por una dirección asistidos por un volante. Todos los scooter poseen baterías recargables para un recorrido de 10 a 15 km/h (kilómetros por hora) y puede llegar a correr de 6 a 12 km/h, poseen buena estabilidad y reducen al mínimo accidentes.

Son ideales para adultos mayores, personas que sufren sobrepeso o lesiones temporales.



Silla de ruedas híbrida

Este tipo de sillas disponen un motor incorporado en las ruedas motrices que ayuda al paciente a auto propulsarse con menos esfuerzo. Al presentar motores en sus dos ruedas poseen menor peso y su mantenimiento es bastante sencillo en comparación con las sillas eléctricas convencionales, como se aprecia en la figura 9.

Su motor se basa en una pila de combustible de hidrógeno de autonomía duradera que convierte la energía absorbida a través de un frenado, en actualidad su ensamblaje es escaso pero representa un gran avance en teoría de discapacidad.



1.3.3. Silla de ruedas por su peso

Silla de ruedas pesadas

Son fabricadas en acero ASTM A-36, tiene acabados en cromo o pintura con tratamiento electroestático por lo general resiste un peso de hasta 120 kg



Silla de ruedas ligeras

Su peso se reduce drásticamente con la utilización de aluminio a la vez que aumenta su costo. En general su diseño es plegable para facilitar su traslado.

Cuentan con un tipo de soldadura especial para aluminio y elementos de sujeción.

Ver figura 11.



Silla de ruedas ultraligera

Son fabricadas de carbono, titanio o polímeros de alto rendimiento. Son utilizadas por deportistas discapacitados en tenis y baloncesto. Ver figura 12.



1.4. Silla de ruedas bipedestadora

Es el tipo de silla que permite al paciente levantarse en forma de bipedestación. Entendiéndose por bipedestación la posición en la que el cuerpo se encuentra erguido y en nuestro caso apoyado por correas, respaldo, reposapiés y reposabrazos que facilitan esta posición.

La silla de ruedas bipedestadora puede ser de tipo manual o eléctrica en su desplazamiento y un actuador para conseguir la bipedestación. Ver figura 13

Silla de ruedas Bipedestadora



Fig. 13 Permite al paciente levantarse

Fuente: Ortopedia Plaza , 2015

1.5. Partes de una silla bipedestadora

Los componentes dependen del diseño, tipo de silla e inclusive la marca. Los más importantes son:

Asiento

Es el encargado de dar soporte a la cadera y tronco del paciente. Su diseño debe ser acorde a las medidas antropométricas.

En el caso de la silla bipedestadora regulable en la inclinación.

En cuestión de textura puede ser flexible el cual está fabricado de tela o tejido fuerte de fácil limpieza. Y el asiento sólido está formado de diversos materiales como: poliuretano, plásticos o madera. Ver figura 14.

Asiento



Fig. 14 Da soporte a la cadera

Fuente: Alenka Terapeutas Ocupacionales , 2014

Respaldo

Cumple con la función de apoyar a la espalda y asegurar su confort, tiene que ser de material resistente a las condiciones ambientales. En ocasiones puede ser regulable para evitar que el paciente permanezca una sola posición.

Respaldo



Fig. 15 Apoya a la espalda

Fuente: Sunrise Medical , 2015

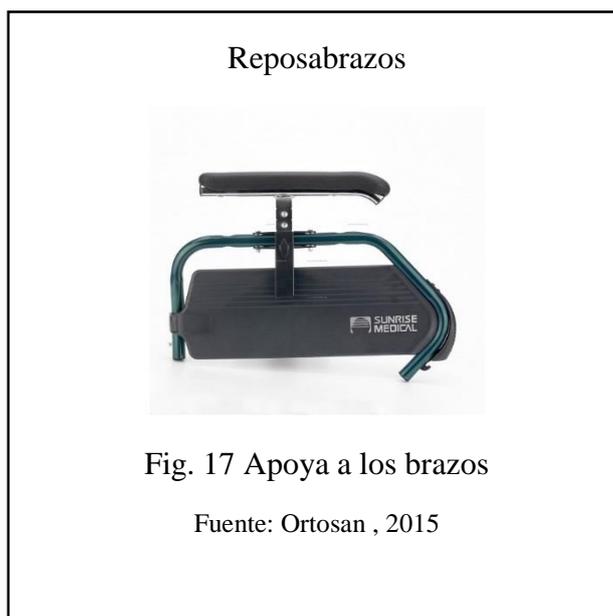
Reposapiés

La mayoría de sillas de ruedas incorpora reposapiés ajustable en altura y en algunos casos puede ser desmontable para facilitar algunas acciones como subir gradas y el traslado de usuarios a otros sitios. Ver figura 16



Reposabrazos

Es conveniente que sean regulables en altura y desmontables para facilitar la movilidad de los brazos del paciente. Ver figura 17



Ruedas delanteras giratorias

Son generalmente las ruedas directrices que conducen la silla de ruedas.

En las sillas de ruedas estándar son de tipo sólido y pueden variar de tamaño desde 200 mm a 300 mm dependiendo del modelo. Están unidas al chasis mediante una horquilla que le permite girar libremente para permitir la manejabilidad de la silla.

Pueden ser sólidas las cuales se las utiliza para interiores porque el deslizamiento es más fácil y neumáticas para exteriores en casos de terrenos con irregularidades. Ver figura 18



Ruedas traseras propulsoras

Son las encargadas de transmitir impulso a la silla de ruedas, se debe tomar en cuenta el tamaño y tipo de cubierta. Por lo general son de caucho o neumáticas para sortear cualquier obstáculo pueden medir 600mm y 500mm dependiendo de la función.



Aros propulsores

Es un elemento que se fija a la ruedas propulsoras para facilitar el desplazamiento de la silla, pueden ser de aluminio o diversos materiales livianos cubiertos de plástico que faciliten el agarrare de las manos.

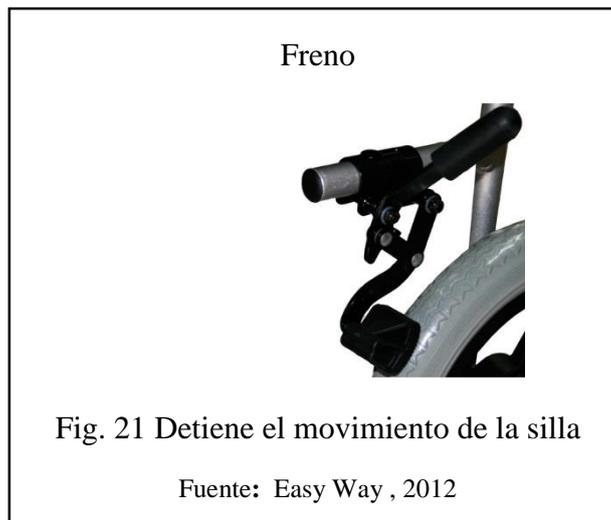


Frenos

Sirven para detener el movimiento de la silla, pueden ser de diversos materiales y diseños según el tipo de uso y el paciente.

Los más comunes son:

- Frenos de estacionamiento.
- Frenos con zapata.
- Frenos de tijera en sillas activas.
- Frenos de tambor situados en las empuñaduras.
- Frenos electromagnéticos para sillas eléctricas.



1.6. Beneficios de la silla de ruedas bipedestadora

Los beneficios de usar este tipo de silla son:

- Activar la presión sanguínea. Permite la circulación de la sangre a los miembros inferiores de modo que ayuda en el tratamiento y la prevención en formación de escaras.
- Mejorar el tránsito intestinal. Al estar en posición erguida el intestino facilita la función de digestión por lo que el tránsito intestinal es más eficiente.
- Reduce las contracturas musculares. Como parte del cambio de posición los músculos se mueven y aunque el paciente pudiere presentar un cuadro total o parcial de invalidez los ejercicios en las piernas son indispensables.
- Reduce el apareamiento de las úlceras por presión y osteoporosis.

(Adaptado.es, 2015)

Capítulo 2

Análisis de las alternativas

Este proyecto considera una silla de ruedas bipedestadora, la cual busca ser una alternativa ajustable tanto a la antropometría de la persona como a sus condiciones de tratamiento según su grado de discapacidad, que en conjunto beneficien a largo o a corto plazo la utilización.

Se desarrollan tres alternativas basadas en diferentes mecanismos para la elevación de la silla, usando una matriz de ponderación para escoger la mejor opción que favorezca a la ergonomía y a la eficiencia del sistema, basado en el sistema de elevación para pasar a la posición de bipedestación.

2.1. Primera alternativa

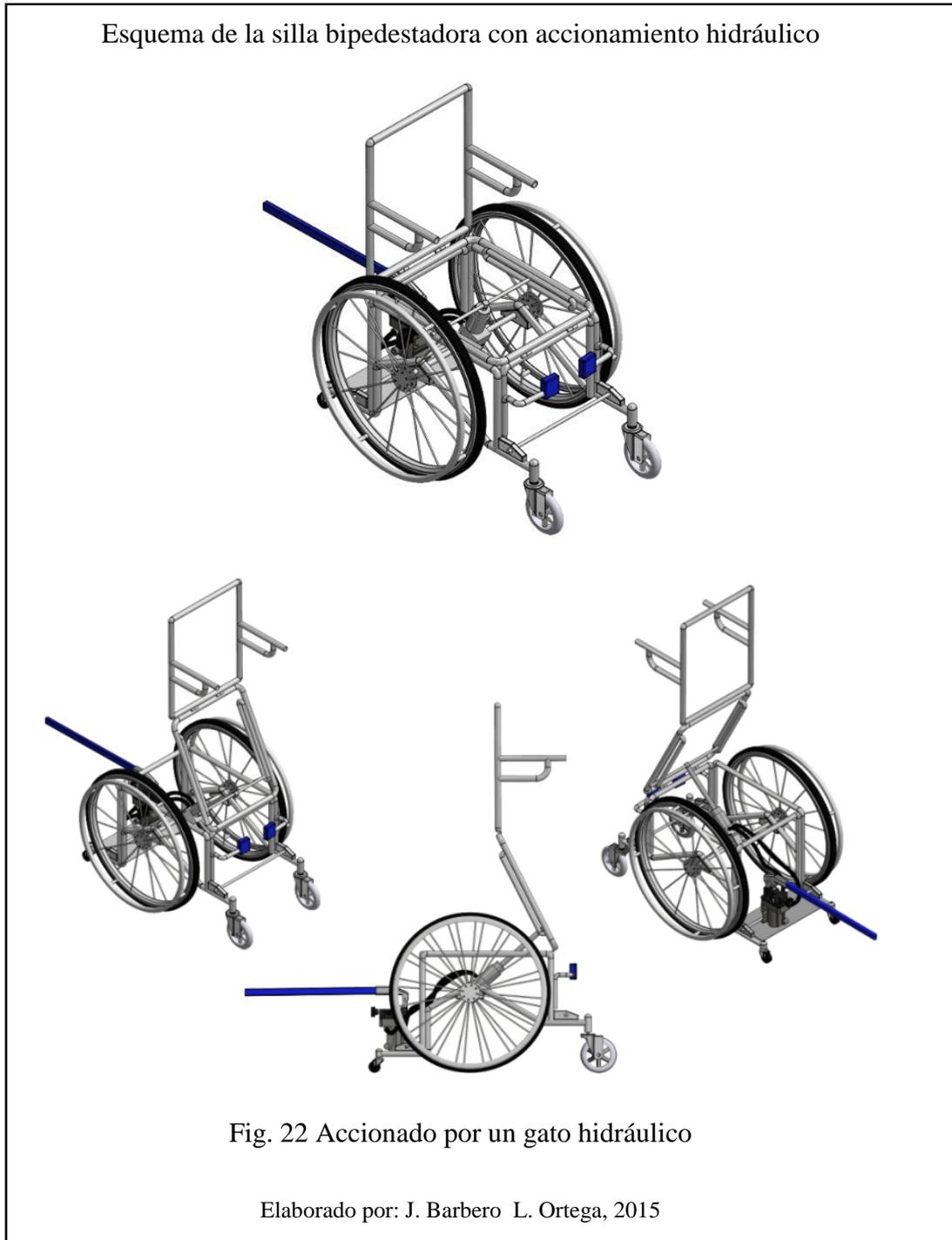
Silla bipedestadora con sistema de elevación hidráulica

Características técnicas

Posee un conjunto hidráulico formado por una bomba manual y un actuador de simple efecto. Su funcionamiento es parecido al de un gato hidráulico, ya que utilizan el mismo principio de Pascal para realizar el trabajo a través de una palanca de empuje que aplica una presión al sistema, ésta a su vez transmite fuerza mediante el líquido en todas las direcciones por medio de la pared del sistema, lo que impulsa el cilindro actuador, elevando la estructura.

Consta de una estructura en tubo de acero negro ASTM A36, con un espesor de 1.5 mm, llantas a los costados de diámetro 710 mm aproximadamente, dos ruedas delanteras de diámetro 6 in y dos ruedas posteriores anti – vuelco de 2 in de diámetro. El chasis está compuesto por un asiento, un espaldar, un reposapiés, reposabrazos a los costados.

Además el accionamiento para conseguir la posición de bipedestación consta de un actuador hidráulico con un depósito mediante un accionamiento manual. Ver figura 22 y 23.



Partes de la silla bipedestadora con sistema de elevación hidráulica

- Cilindro actuador compacto para funciones específicas de carga.

- Estructura de la silla bipedestadora.
- Varilla extraíble de impulsión para la bomba hidráulica.
- Bomba manual compacta y ligera y depósito de aceite.
- Mangueras hidráulicas que transmiten el aceite mineral.

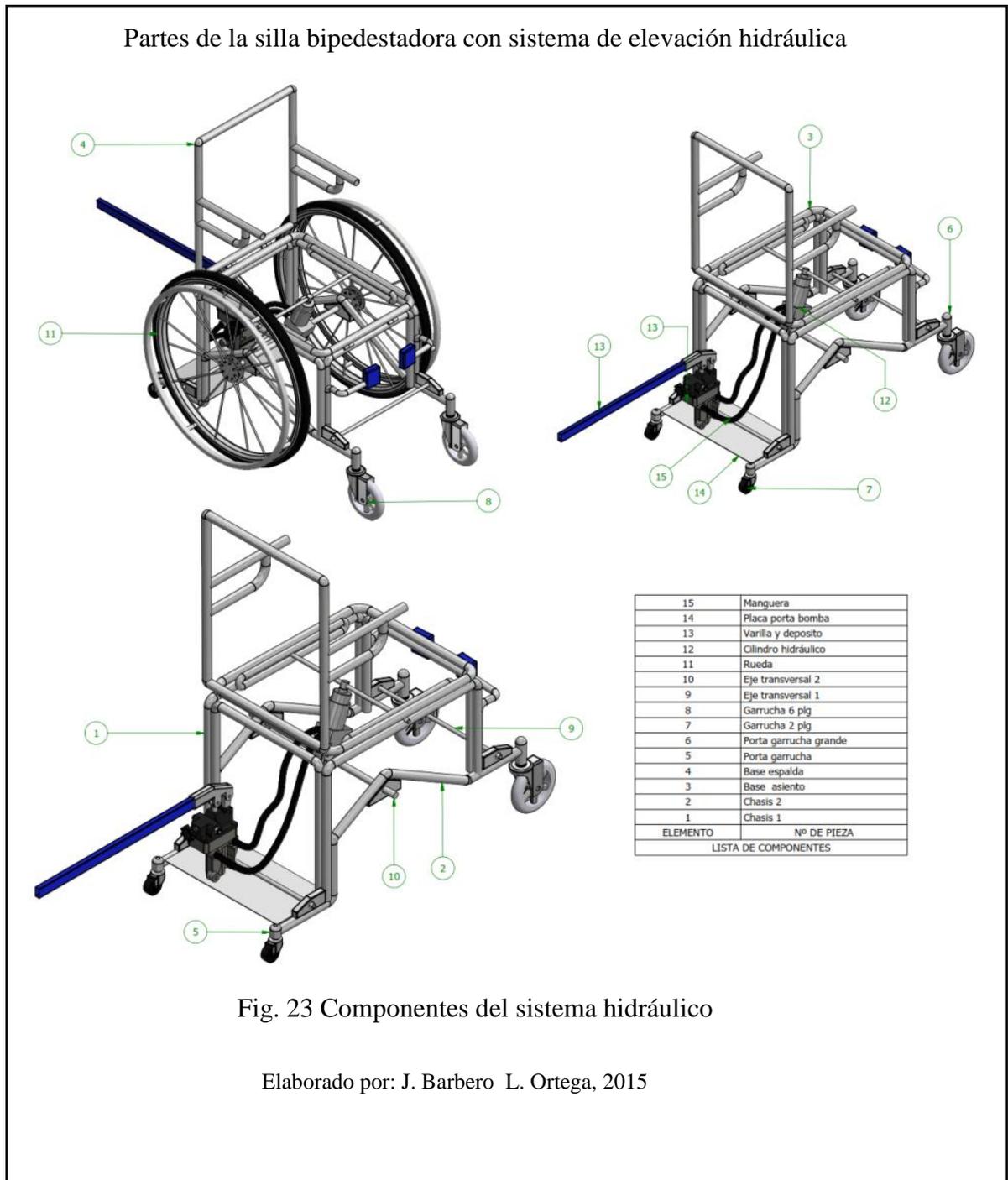


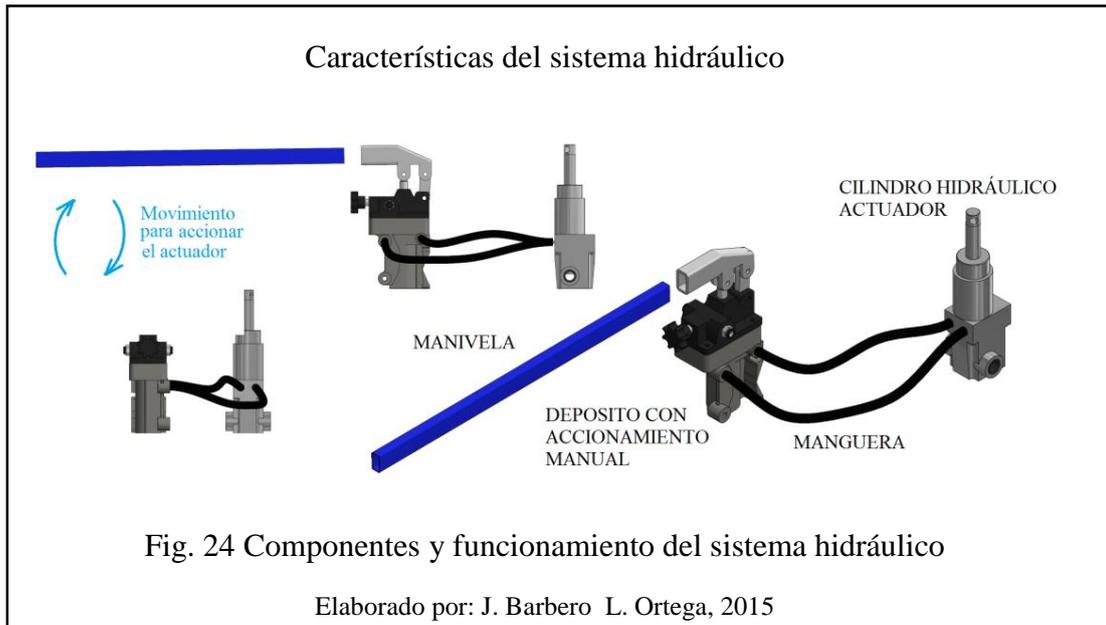
Fig. 23 Componentes del sistema hidráulico

Elaborado por: J. Barbero L. Ortega, 2015

Características del sistema hidráulico

Consta de un actuador hidráulico autónomo fiable. La bomba, cilindro y válvulas se combinan entre sí.

Viene con una válvula de alivio instalada en el depósito de presión y una válvula de control de flujo para asegurar el descenso suave. Ver figura 24.



Especificaciones

- Longitudes de carrera: múltiples posibilidades entre 80 y 400 mm.
- Máxima fuerza de empuje dinámico: 10 kN a 270 bares.
- Control de descenso: la válvula de control de flujo.
- Cilindro de simple efecto (Power packer, 2014).

Ventajas

- El sistema hidráulico utiliza fluido a presión para llevar a cabo el trabajo con sólo una pequeña cantidad de fuerza.
- Es un sistema que se auto limpia debido a que el aceite es lubricante.
- Su movimiento es bastante uniforme debido a la propiedad de incompresibilidad del aceite.

- Posee pocas piezas en acción, lo que facilita su instalación y funcionamiento.

Desventajas

- Las velocidades de los actuadores con aceite hidráulico por lo general son bajas.
- El mantenimiento es costoso y debe ser continuo para evitar fugas y prevenir accidentes.
- Algunos elementos del sistema hidráulico pueden ser costosos.
- La disponibilidad de los elementos del conjunto puede ser escasa en el país por lo que se hace necesaria su importación.

Característica ergonómica

La silla de accionamiento hidráulico puede adoptar la posición de bipedestación al dar un movimiento de elevación de palanca (bombeo) adoptando así la posición de bipedestación.

Se debe realizar muy poca fuerza para que el sistema se levante; pero en ocasiones se requiere de muchos movimientos de la mano y el brazo para elevar el sistema lo que, resulta poco beneficioso para el paciente ya que afectaría su salud a largo plazo.

2.2. Alternativa 2

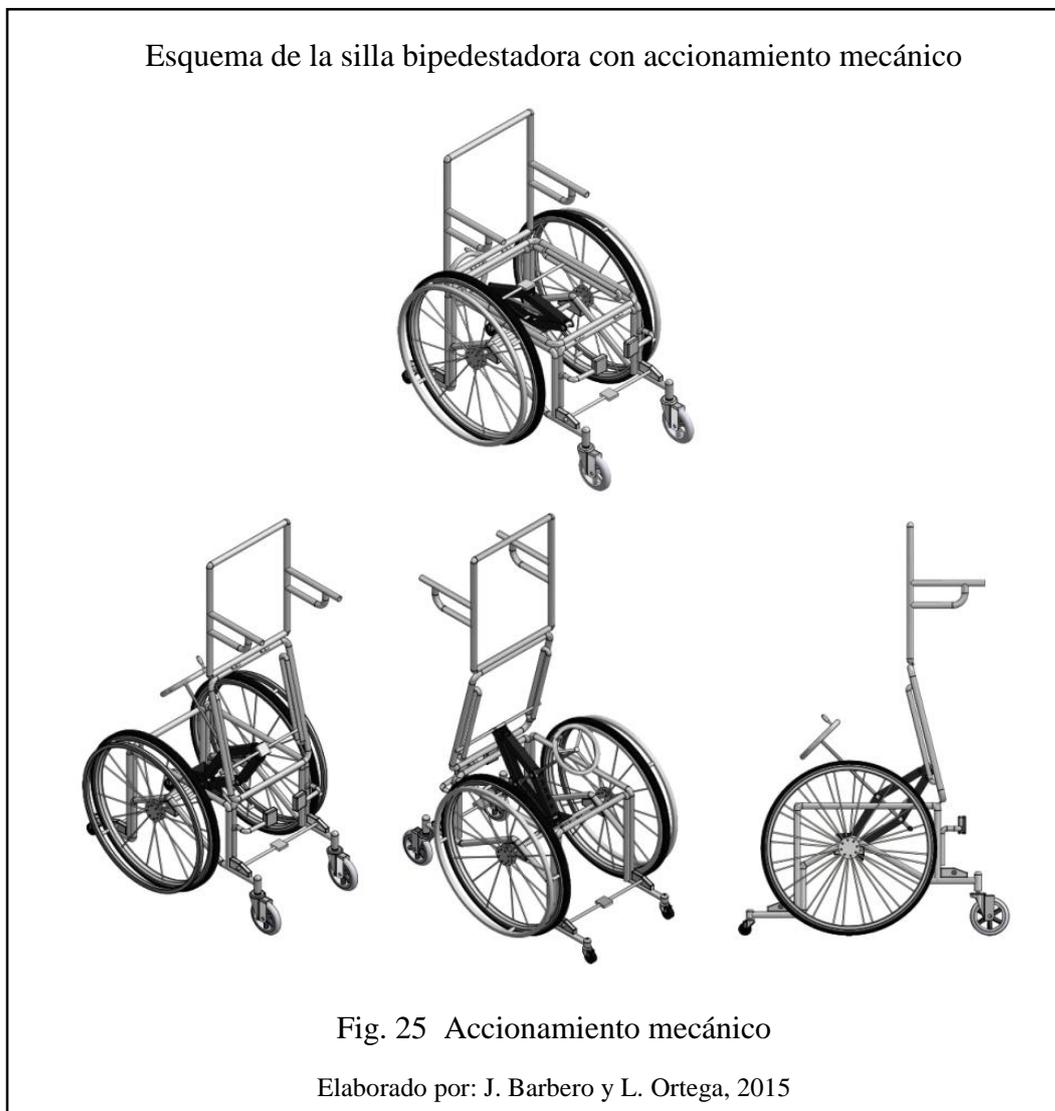
Silla bipedestadora con sistema de elevación mecánica

Características técnicas

Consta de un sistema de bipedestación el cual es accionado por un actuador mecánico (gata mecánica), que tiene una capacidad de carga de 100 kg, siendo accionado con una manivela unida a un volante, el cual al girar horariamente hace que el sistema mecánico suba y al girar anti horariamente hace que el sistema baje regresando a la posición de sedestación.

La silla de ruedas bipedestadora con accionamiento mecánico, consta de una estructura en tubo de acero negro ASTM A36, con un espesor de 1.5 mm, llantas a los costados de diámetro 710 mm aproximadamente, dos ruedas delanteras de diámetro 6 in y dos ruedas posteriores anti – vuelco de 2 in de diámetro.

El chasis está compuesto por un asiento, un espaldar, un reposapiés, reposabrazos a los costados. Además el accionamiento para conseguir la posición de bipedestación consta de un actuador mecánico. Ver figura 25 y 26.



Partes de la silla bipedestadora con elevación mecánica

- Gata mecánica.

- Volante de impulsión.
- Estructura de la silla.

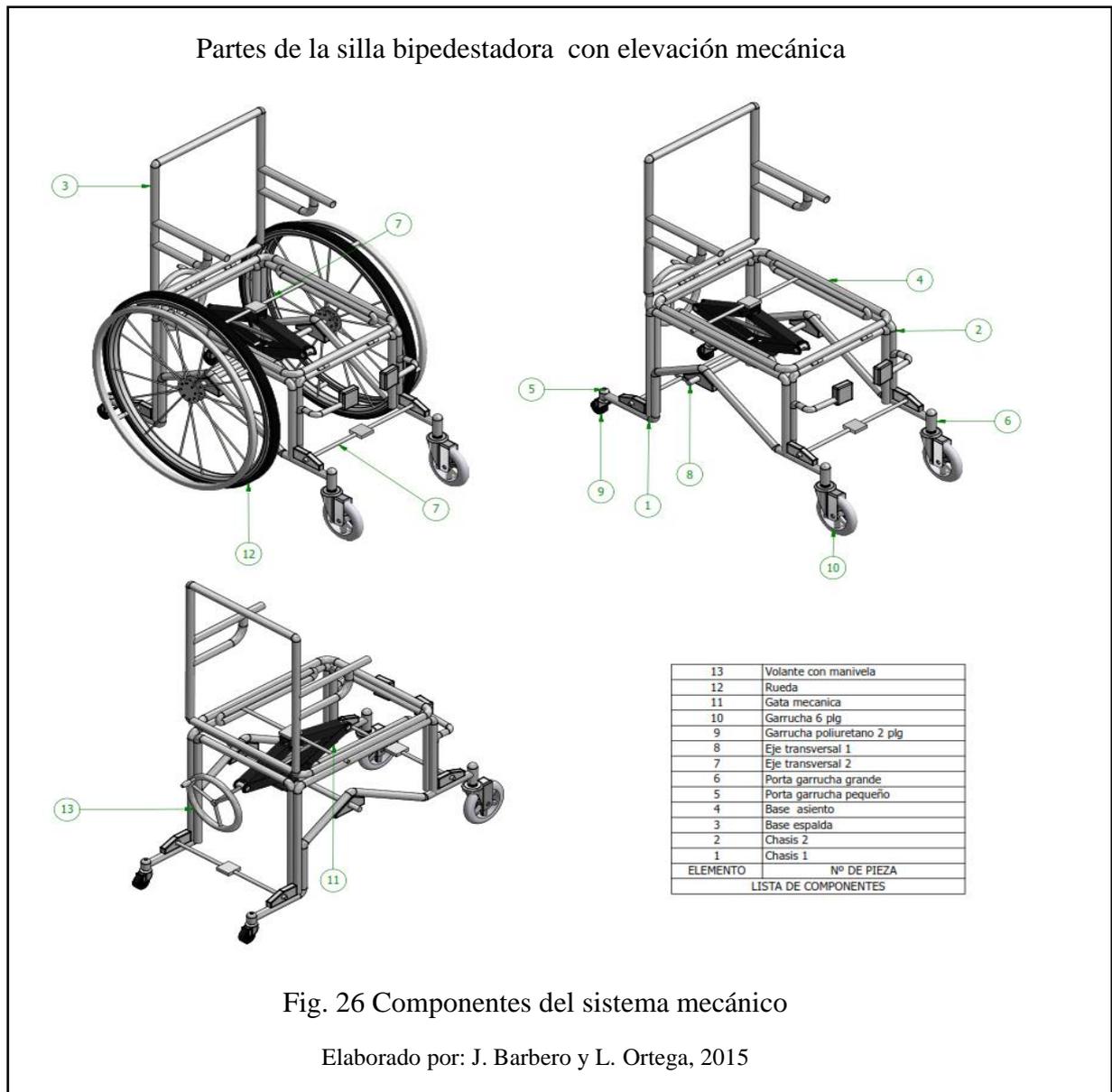
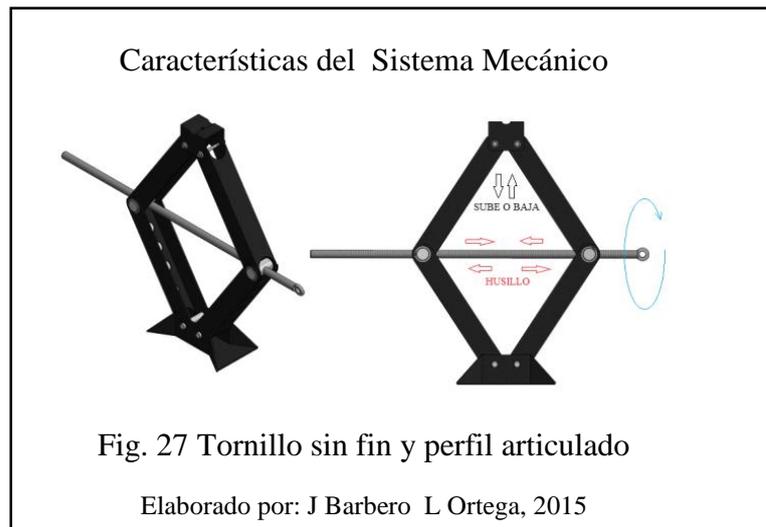


Fig. 26 Componentes del sistema mecánico

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Características del Sistema Mecánico

Este sistema utiliza un tornillo sin fin y un perfil articulado que permite el ascenso y el descenso mediante la rotación del tornillo. Ver figura 27.



Especificaciones

- Material: Acero ASTM A36.
- Capacidad de carga: 100 kg.
- Cuenta con un asiento universal para cualquier tipo de superficie de apoyo.
- Usillo reforzado.
- Altura mínima: 80 mm.
- Altura máxima: 310 mm.
- Recorrido extensible: 300 mm.
- Peso neto: 2.5 kg (Grainger, 2015)

Ventajas

- Ocupa un espacio reducido para su funcionamiento.
- Su proceso de fabricación es sencillo y relativamente económico.
- Se adapta a cualquier posición de trabajo lo que facilita su instalación.
- Es un sistema silencioso.

Desventajas

- Depende de una excelente lubricación para evitar el desgaste del sistema a causa del rozamiento.
- Es un sistema propenso a ensuciarse con facilidad.
- Aumenta considerablemente el peso de la silla lo que dificulta el uso.
- El sistema debe ser accionado por otra persona por lo que dificulta la practicidad.

Característica ergonómica

A pesar de su bajo costo de fabricación este sistema al igual que el hidráulico exige de una considerable fuerza muscular de otra persona.

2.3. Alternativa 3

Silla bipedestadora con sistema de elevación eléctrico

Características técnicas

Es un sistema efectivo que requiere de una fuente auxiliar de energía eléctrica (batería) recargable, un actuador eléctrico y un pulsador que al ser accionado induce la corriente para que el motor de peso reducido accione el émbolo elevando así la silla bipedestadora.

La silla de ruedas bipedestadora con accionamiento eléctrico, consta de una estructura en tubo de acero negro ASTM A36, con un espesor de 1.5 mm, llantas a los costados de diámetro 710 mm aproximadamente, dos ruedas delanteras de diámetro 6 in dos ruedas posteriores anti – vuelco de 2 in de diámetro.

El chasis está compuesto por un asiento, un espaldar, con reposapiés, reposabrazos a los costados. Además el accionamiento para conseguir la posición de bipedestación consta de un actuador eléctrico y un control el cual permite al usuario lograr la posición de bipedestación en forma autónoma. Ver figura 28.

Esquema silla de ruedas bipedestadora



Fig. 28 Accionamiento silla bipedestadora

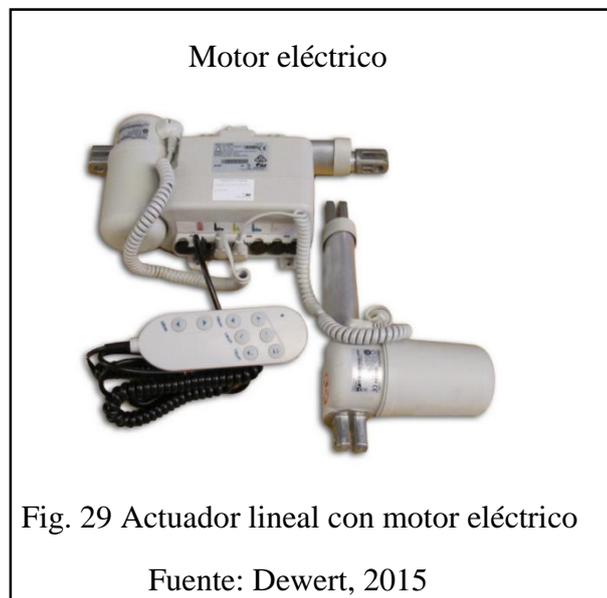
Elaborador por: J. Barbero L. Ortega, 2015

Partes de la silla bipedestadora con elevación eléctrica

- Batería recargable.
- Actuador eléctrico.
- Motor compacto de actuador lineal.
- Pulsador de funcionamiento.
- Estructura de la silla bipedestadora.

Características del sistema eléctrico

Actuador eléctrico de desplazamiento lineal, con una batería de 24 V recargable, fabricado en plástico de alta resistencia. Se considera este motor debido a que existe en el mercado y cumple con normas establecidas en la fabricación de dispositivos médicos. Ver figura 29.



Especificaciones

- Potencia: 95 W.
- Color: Gris Claro.
- Grado de Protección: IP X4.
- Ciclo de Operación: 2 min. / 18 min. de pausa.
- Partes plásticas anti-llama V0 - conforme 3a Edición IEC 60601.

Ventajas

- Son de larga vida y funcionamiento eficiente por lo que requieren muy poco mantenimiento.
- Ocupa un espacio mucho más reducido al evitar mangueras y otros dispositivos para su funcionamiento.
- La capacidad de carga del sistema se adapta a cualquier peso.
- Disminución del esfuerzo físico al contar con pulsadores para su elevación y retroceso.
- La velocidad de transición de movimiento es rápida.

Desventajas

- Es un sistema que cuenta con piezas delicadas que sin el adecuado mantenimiento suelen desgastarse acarreado un gasto agregado al usuario.
- La batería tiene que ser cargada con cierta regularidad para que pueda mantener su función absoluta.

Característica ergonómica

Al poseer un sistema de control activado por un pulsador que activa el circuito, la fuerza muscular es casi mínima para elevar y retroceder en posición. Su funcionamiento es rápido y muy preciso ya que la velocidad del actuador es constante lo que proporciona al usuario un mayor confort al utilizarla.

2.4. Parámetros de alternativas

El análisis de las alternativas usa un sistema de puntuación cuyas equivalencias se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Sistema de Puntuación

Valoración	Puntaje
Excelente	4
Muy Buena	3
Bueno	2
Regular	1
Mala	0

Elaborado por: J. Barbero L. Ortega, 2015

Los parámetros tomados en cuenta son:

- Facilidad de accionamiento.
- Fuerza muscular.
- Mantenimiento.
- Instalación.
- Accesibilidad económica.
- Materiales en el mercado.

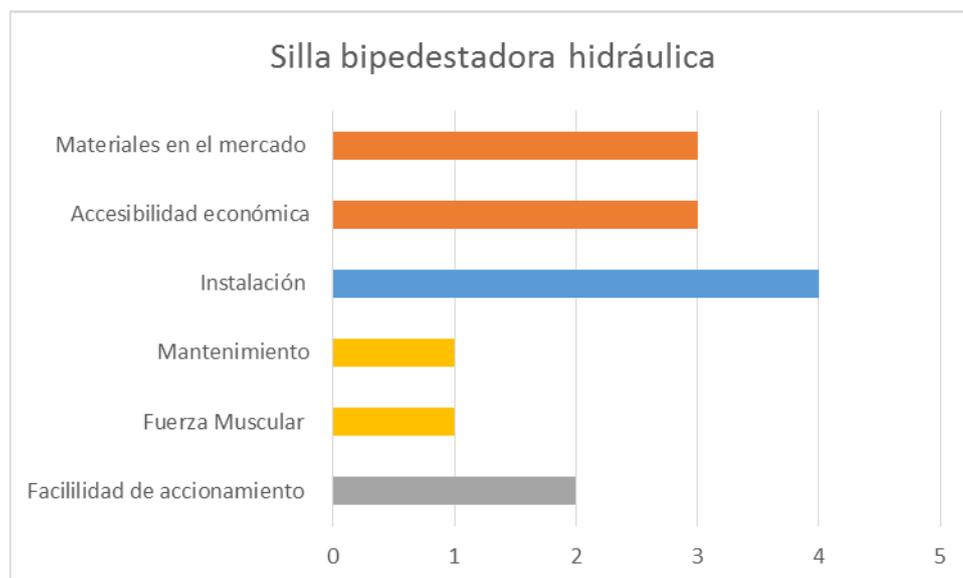
Matriz de ponderación

Silla Bipedestadora Hidráulica

Tabla 2

Matriz de ponderación para silla bipedestadora con elevación hidráulica

Silla de ruedas bipedestadora con elevación hidráulica					
Ítems	excelente	muy bueno	bueno	regular	malo
Facilidad de accionamiento			2		
Fuerza Muscular				1	
Mantenimiento				1	
Instalación	4				
Accesibilidad económica		3			
Materiales en el mercado		3			



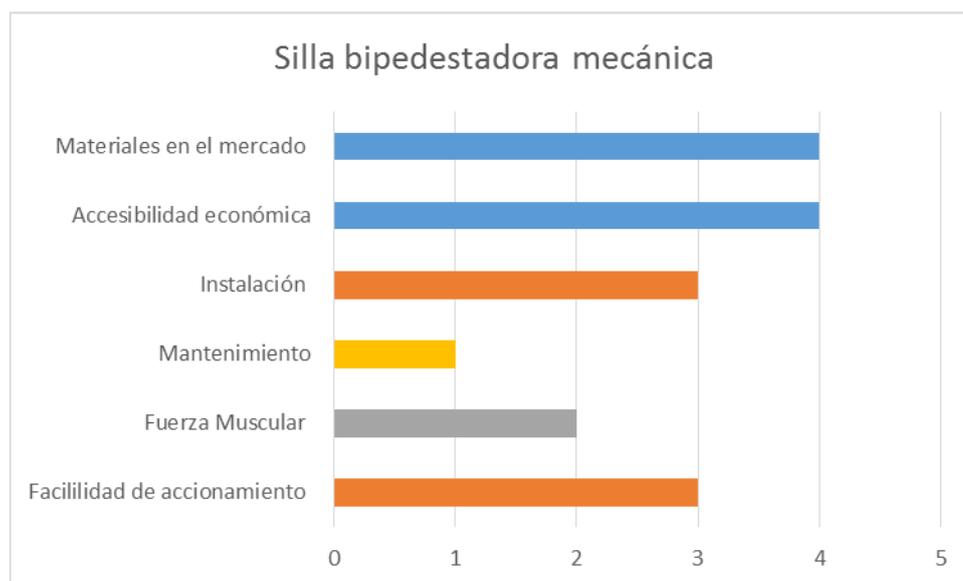
Elaborado por: J. Barbero L. Ortega, 2015

Silla bipedestadora mecánica

Tabla 3

Matriz de ponderación para la silla bipedestadora con elevación mecánica

Silla de ruedas bipedestadora con elevación mecánica					
Ítems	excelente	muy bueno	bueno	regular	malo
Facilidad de accionamiento		3			
Fuerza Muscular			2		
Mantenimiento				1	
Instalación		3			
Accesibilidad económica	4				
Materiales en el mercado	4				



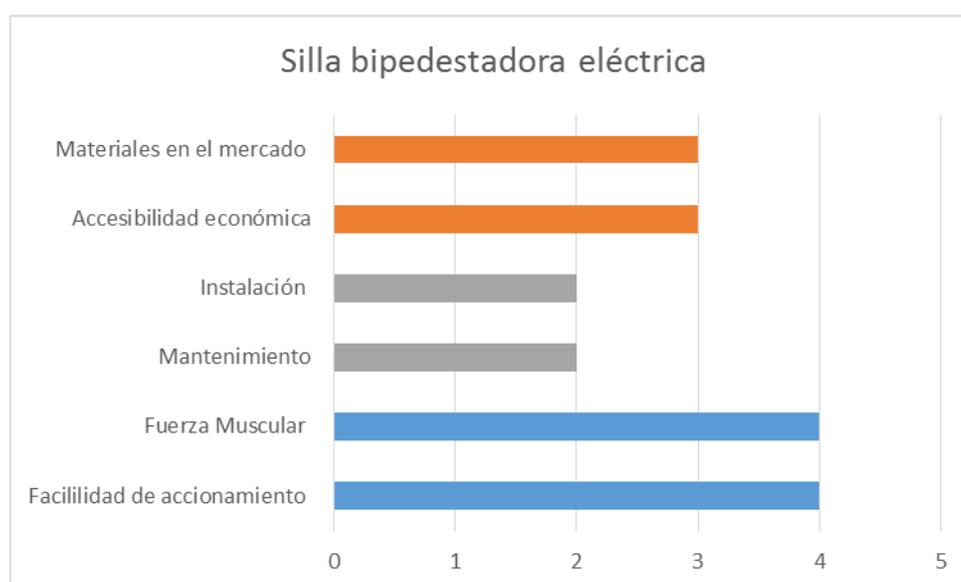
Elaborado por: J. Barbero L. Ortega, 2015

Silla bipedestadora con elevación de sistema eléctrico

Tabla 4

Matriz de ponderación para silla bipedestadora con elevación eléctrica

Silla de ruedas bipedestadora con elevación mecánica					
Ítems	excelente	muy bueno	bueno	regular	malo
Facilidad de accionamiento	4				
Fuerza Muscular	4				
Mantenimiento			2		
Instalación			2		
Accesibilidad económica		3			
Materiales en el mercado		3			



Elaborado por: Jhonny Barbero y Luis Ortega

Conclusiones

Analizando las tablas podemos decir que la mejor alternativa en términos de facilidad de accionamiento, fuerza muscular, mantenimiento, instalación, accesibilidad económica y materiales en el mercado, es la eléctrica ya que exige menor esfuerzo al usuario y no afecta a la ergonomía a diferencia de la hidráulica y mecánica que son poco prácticas; debido a que necesitan de otra persona para el funcionamiento.

La facilidad de accionamiento del sistema eléctrico es superior, su diseño no exige ningún esfuerzo muscular del paciente, el ruido producido al operar el motor es casi imperceptible y su velocidad de respuesta es mucho mayor. Se requiere de menor mantenimiento en comparación con las alternativas antes mencionadas ya que estas necesitan con mayor frecuencia un mantenimiento preventivo.

Por su constitución eléctrica el usuario es capaz de conseguir mayor autonomía, ya que cuenta con baterías recargables y un control portable para pasar de posición de sedestación a bipedestación y a largo plazo resultan beneficioso para la salud.

Capítulo 3

3.1. Diseño de la silla bipedestadora

Para el desarrollo de este capítulo se ha tomado en cuenta el diseño de la silla bipedestadora con mediadas acordes a tablas antropométricas, tomadas de 19 personas en el Centro de Rehabilitación Integral Especializado CRIE Nro. 1 ubicado en la parroquia Conocoto.

Estos datos fueron recopilados por Gabriela Flores, Luis Ortega y Jhonny Barbero, los cuales serán citados según se consideren necesarios.

Tabla 5

Diagnósticos y edades de pacientes de la muestra

Nombre	Diagnostico	Edad
José Fernández	Artrosis Medular	66
Guillermo Ulloa	Hemiparecia derecha	67
Inés Martínez	Hemiparecia	86
Delia Valenzuela	Hemiparecia derecha	81
Alegria Cachumba	Coxaprosis	83
Cesar Hayo	Trombosis lado derecho	67
Irma León	Hemiparecia Izquierda	69
Rosa Urcuango	Operación tumoral	69
Janeth Fuenmayor	Lumbalgia	62

María Sosa	Flacidez Muscular	63
Vicente Hugo	Hemiplegia	52
Martha Paredes	Hemiparecia	73
María Chango	Osteartrosis	74
Elvia Romero	Lesión ciática	62
Rosa Carvajal	Reumatismo	71
Diana Freire	Fractura T12 por traumatismo	58
Juan Pablo Salcedo	Hemiparecia espástica	31
Cristian Cayo	Traumatismo	29
Delia Calderón	Hemiplegia	60

Elaborado por: G. Flores, J. Barbero y L. Ortega, 2015

3.2. Medidas antropométricas

Las medidas de la silla se utilizaron para obtener un producto lo más cómodo y ergonómico posible abarcando a la mayoría de pacientes.

El estudio consistió en evaluar a través de medidas antropométricas con criterios ergonómicos un grupo de pacientes que acuden regularmente al centro de rehabilitación. Estas mediciones permitieron establecer los criterios para diseñar las medidas de la silla de ruedas.

Tabla 6

Definiciones de medidas antropométricas

Código	Medición	Posición	Definición
AP	Altura poplítea	Sentado	Distancia vertical desde el suelo hasta la depresión poplítea
SP	Distancia Sacro-Poplítea	Sentado	Distancia horizontal desde la depresión poplítea hasta el plano vertical de la espalda
SR	Distancia Sacro-Rótula	Sentado	Distancia horizontal desde la rótula hasta el plano vertical de la espalda
MS	Altura Muslo-Suelo	Sentado	Distancia vertical desde el suelo hasta la parte más alta del muslo
RS	Altura Rodilla-Suelo	Sentado	Distancia vertical desde el suelo hasta el punto más alto de la rodilla
CS	Altura Codo-Suelo	Sentado	Distancia vertical desde el suelo hasta la parte más saliente del codo
AmínBa	Alcance Mínimo de Brazo	Sentado	Distancia horizontal desde el respaldo del asiento hasta el plano

			vertical que se produce en la mano con el puño cerrado
CM	Distancia Codo mano	Sentado	Distancia horizontal desde el codo hasta la punta de los dedos con la mano extendida
AmáxBa	Alcance máximo de Brazo	Sentado	Distancia horizontal desde el plano vertical que paso por las escapulas hasta el eje vertical que se produjo con el puño cerrado
HS	Altura Hombros Suelo	Sentado	Distancia vertical desde el suelo hasta el punto equidistante del cuello y el acromion
CdCd	Anchura de las caderas	Sentado	Distancia horizontal que existe entre los muslos
RRs	Ancho Rodillas	Sentado	Distancia horizontal entre los puntos exteriores de las rodilla
AS	Altura subescapular	Sentado	Distancia vertical desde el suelo hasta el ángulo inferior de la escapula
CC	Ancho Codo-Codo	Sentado	Distancia horizontal entre la parte externa de los codos

PP	Profundidad Pecho	Sentado	Distancia horizontal mediada desde la escapula hasta el punto más alejado del pecho
HH	Anchura de los hombros	Sentado	Distancia horizontal entre los músculos deltoides
AT	Ancho Tórax	Sentado	Distancia medida en el tórax en la zonas externas del pecho
PeMus	Perímetro Muslo	Sentado	Medida que rodea la parte más saliente del muslo
PePan	Perímetro pantorrilla	Sentado	Medida que rodea la parte más saliente de la pantorrilla
Atro	Altura trocánter	Parado	Distancia desde el suelo hasta el abultamiento del muslo trocánter
AG	Altura Glúteo	Parado	Distancia vertical desde el suelo hasta la parte más saliente del glúteo
PeAb	Perímetro Abdomen	Parado	Medida que rodea el abdomen

Fuente: Mondelo, Torada, Busquets, & Bombardó, 2000, págs. 46-48

Esquema de medidas antropométricas en el cuerpo humano

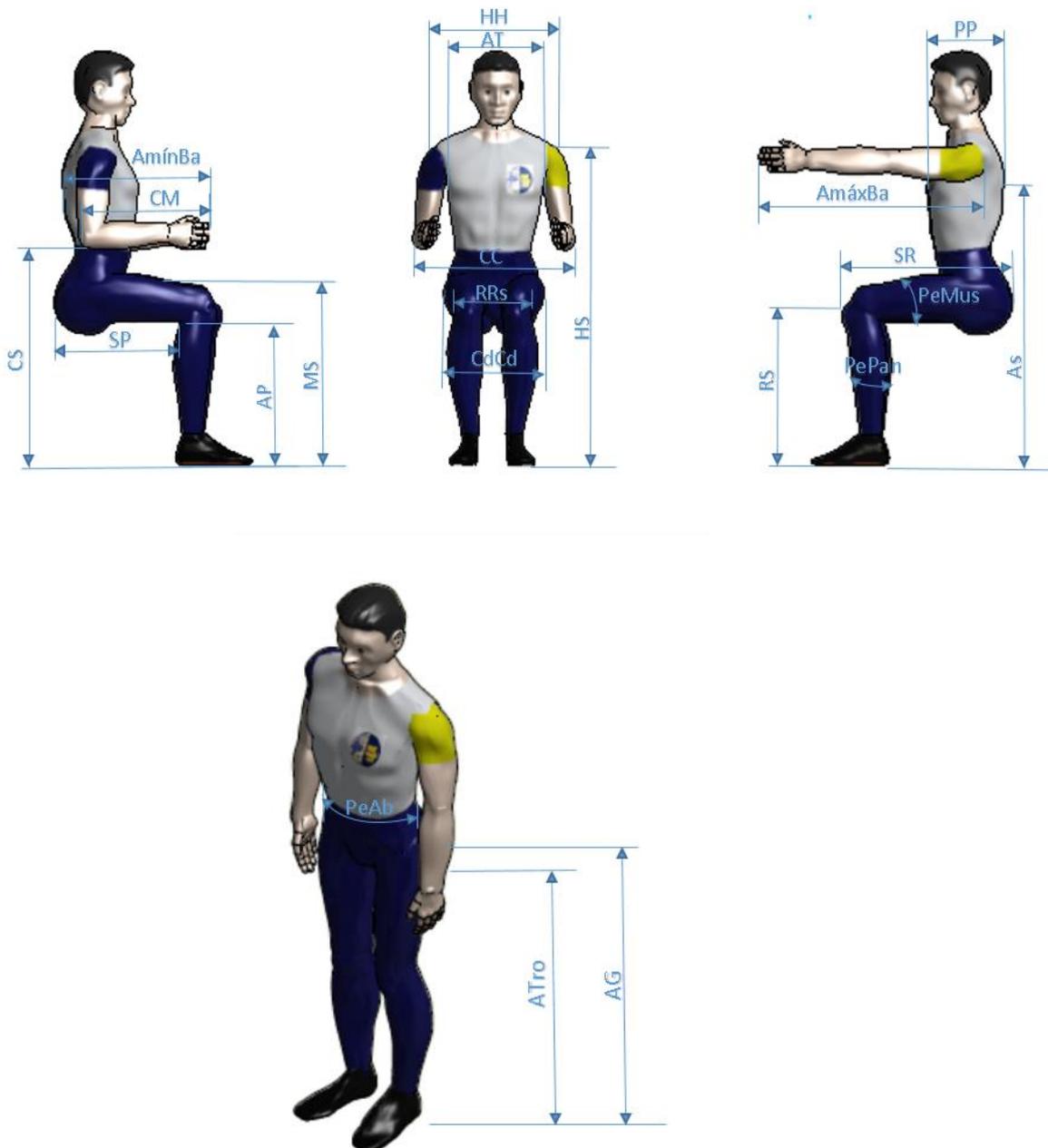


Fig. 30 Representación esquemática de las medidas antropométricas

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

3.3. Cálculo de las medidas de la silla bipedestadora

El cálculo de las medidas de la silla depende de los siguientes factores:

- Edad.

- Raza.
- Sexo.

Para la obtención de los percentiles utilizados para el diseño de la silla de ruedas bipedestadora se usó una hoja de cálculo de Excel que nos facilitó sacar los valores de percentil 5 y 95.

Tabla 7

Percentiles de medidas antropométricas

codigo	percentiles			
	media (cm)	desviación Est	P5	P95
AP	42,85	1,939845355	40,65	44,72
SP	43,1	4,664511407	37,125	47,64
SR	54,7	4,718333039	48,35	59,8
MS	55,05	1,912502723	52,35	56,44
RS	53,05	2,423564867	50,85	55,66
CS	62,45	2,073081442	58,85	63,8
AmínBa	52,4	2,68824602	51,625	57,8
CM	42,2	4,284857057	37,75	47,3
AmáxBa	73,5	6,782821439	65,35	82
HS	95	1,800462903	94	98,2
CdCd	34	4,72458111	28,875	40,88
RRs	23,1	1,906217896	21,525	26,08
AS	87	2,973494017	83,25	89,98
CC	50,75	6,536487334	39,15	53,88
PP	27	1,837389452	24,025	28,54
HH	39,35	2,214196619	36	40,74
AT	31,8	2,561249695	27,65	33,64
PeMus	45	6,916767068	37,375	54
PePan	35,25	2,840187787	32	38,7
Atro	85,5	5,492419018	78,25	91,4
AG	97	6,031169041	86,875	100
PeAb	101,5	14,67991826	92,25	127,8

Nota: Las abreviaturas utilizadas en esta tabla se encuentran descritas en la tabla 6

Elaborado por: G. Flores, J. Barbero y L. Ortega, 2015

Al analizar estos resultados podemos concluir que los percentiles 5 y 95 de una distribución normal abarcan a un 90% de la muestra que proporciona un diseño generalizado y no individual.

Valores y descripción

Según Mondelo & Otros (2000), se realiza el cálculo de las medidas para la silla bipedestadora con el procedimiento siguiente:

Anchura cadera (CdCd)

Medida que corresponde en la silla bipedestadora a la anchura de asiento.

Equivale a la máxima anchura de las caderas en el punto más ancho de las mismas en posición sentado.

Para el ancho del asiento se trabaja con el percentil P95 es decir el más ancho y se deja 2.5 más para holgura del paciente.

$$\text{Ancho del asiento} = \text{CdCd} + \text{holgura} = 40.6 + 2.5 = \mathbf{43.1}$$

Altura poplítea (AP)

Medida que corresponde en la silla bipedestadora a la altura de asiento.

Equivale a la altura desde el piso hasta la parte anterior de la rodilla concretamente el punto poplíteo en posición sentado.

Para el ancho del asiento se trabaja con el percentil P5 es decir el más bajo y se debe considerar el alto del asiento de material especial 10cm más.

$$\text{Altura del asiento} = \text{AP} + \text{alto del asiento} = 40.65 + 10 = \mathbf{50.65}$$

Distancia sacro poplíteo (SP)

Medida que corresponde en la silla bipedestadora a la profundidad del asiento.

Equivale a la distancia desde el respaldo hasta el punto poplíteo de la rodilla en posición sentado.

Para esta longitud se trabaja con el percentil P95 es decir el más grande y se debe considerar que del borde del asiento al punto poplíteo debe haber una holgura de 3cm, por lo tanto:

$$\textit{Profundidad del asiento} = SP - \textit{holgura} = 45.25 + 3 = \mathbf{42.25}$$

Altura codo suelo (CS)

Medida que corresponde en la silla bipedestadora a la altura del reposabrazos.

Equivale a la distancia desde el piso hasta el codo formando un ángulo de 90° con el hombro y con el puño cerrado en posición sentado.

Para esta longitud se trabaja con el percentil P5 es decir el menor.

$$\textit{Altura del reposabrazos} = CS + \textit{holguara} = 58.85 + 2 = \mathbf{60.8}$$

Altura subescapular (AS)

Medida que corresponde en la silla bipedestadora a la altura del respaldo de la silla.

Equivale a la distancia desde el suelo a la parte más baja del omóplato en posición sentado.

Para esta longitud se trabaja con el percentil P95 es decir el más grande y se debe restar unos dos centímetros menos.

$$\textit{Altura del respaldo} = AS - \textit{holgura} = 87 - 2 = \mathbf{85}$$

Medidas Recomendadas

Altura del reposa pies (**5cm**)

Inclinación del respaldo (**100°-110°**)

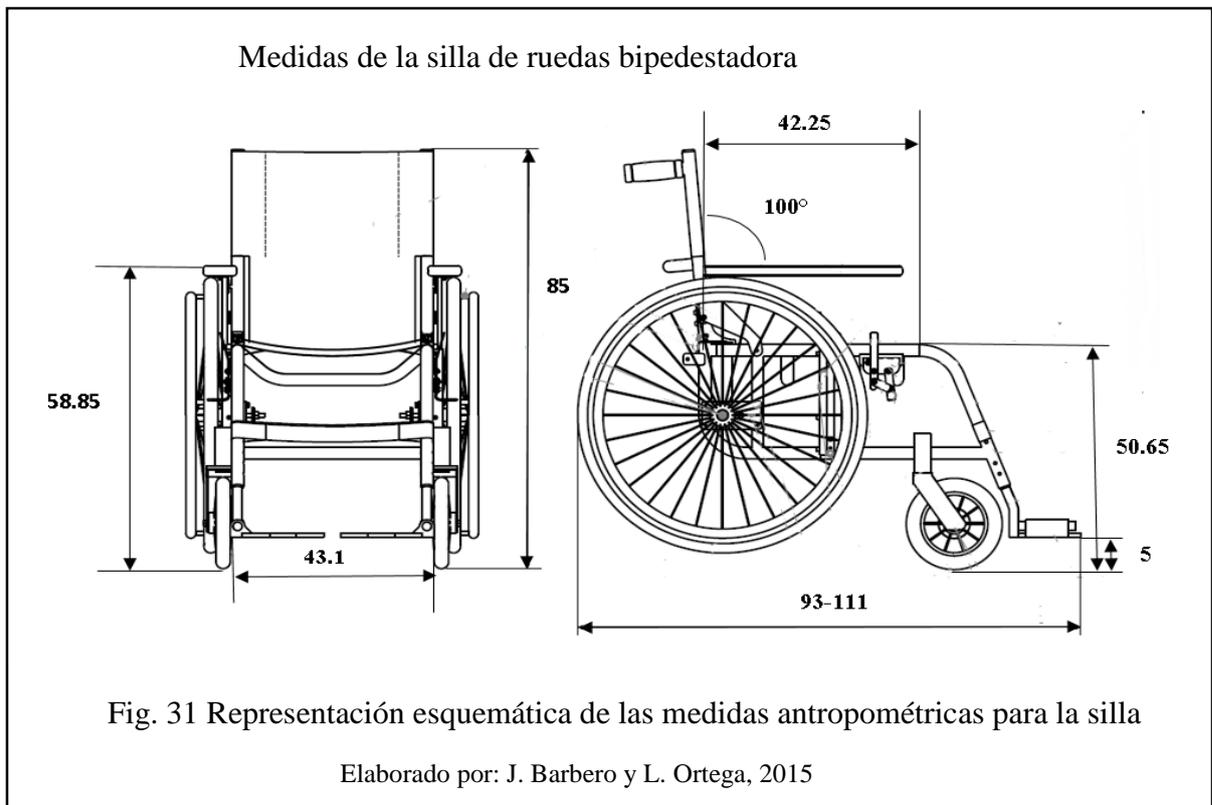
Inclinación asiento (**1-4°**)

Diámetro ruedas traseras (**60cm**)

Diámetro ruedas delanteras (**12.8cm**)

Longitud del reposapiés medida de la altura rodilla suelo (**RS**) (**P5**) (**50- 85**)

Longitud Total de la silla (**93-111cm**) (Mondelo P. , 2013, pág. 113)



3.4. Selección del material para la estructura

Acero estructural ASTM A36

Debido a sus propiedades se ha convertido en el material más usado a nivel industrial. Está constituido de hierro y carbono este último no supera el 1.2% en peso lo que facilita los procesos de fabricación y pos tratamiento.

Justificación de la elección

A pesar de que en el mercado existen otros materiales como el aluminio y el acero inoxidable (Anexo1) que son más livianos, sus propiedades mecánicas como la resistencia y la soldabilidad son mucho mejores que los demás materiales enunciados, razón que justifica una durabilidad y facilidad de construcción y a pesar de ser susceptible a la corrosión nos permite hacer el uso de recubrimientos de pintura para mejorar su aspecto y resistencia a diversas condiciones ambientales y finalmente su costo es más conveniente.

Tubo de Acero ASTM A36



Fig. 32 Material mejor adaptable a la silla

Fuente: Frabicalo.net, 2012

Selección del motor eléctrico

Actuador lineal Dewert modelo megamat 2

Es un motor eléctrico versátil y económico específico para desarrollar funciones de grado médico. Posee una batería y control externos que favorecieron en gran medida el diseño de la silla y en funcionamiento produce muy poco ruido. Ver Anexo 2

Justificación del motor

Pese a no ser el único en su categoría, su adquisición no presento problemas frente a otros modelos ya que su stock es más popular, presenta una carga de ajuste de 6000 N empuje y 3000 N de tracción, una velocidad constante de 8mm/s, una longitud de carrera máxima de 425mm. Ver figura 33.



Justificación técnica del motor

Mediante la sumatoria de fuerzas en los centros de gravedad de la espalda y muslos con sus respectivos pesos segmentarios, los mismos que son equivalentes a las partes del cuerpo humano en porcentaje siendo sus valores los siguientes. Ver tabla 8.

Tabla 8

Porcentaje de pesos segmentarios

Fuente	Porcentaje %
Cabeza	7.3
Tronco	50.7
Brazo	2.6
Antebrazo	1.6
Mano	0,7
Extremidad superior	4,9
Antebrazo y mano	2,3
Muslo	10,3
Pierna	4,3
Pie	1,5
Extremidad inferior	16,1
Pierna y pie	5,8

Nota: Los pesos segmentarios son equivalentes a las partes del cuerpo en porcentaje

Fuente: Gonzales Polo & Martinez Barranco , 2014, pág. 144

Tomando en cuenta el peso del tronco y los muslos para nuestro peso máximo admisible de 100 kgf. (980.665[N]) tenemos que:

Tronco: 497.197[N] que equivale al 50.7% del peso total de 100 kgf.

Muslo: 101.008[N] que equivale al 10,3% del peso total de 100 kgf.

Para la ubicación de los centros de gravedad se utilizó Autodesk Inventor Profesional 2015 para definir las características del muslo y la espalda.

Ubicación centro de gravedad del muslo

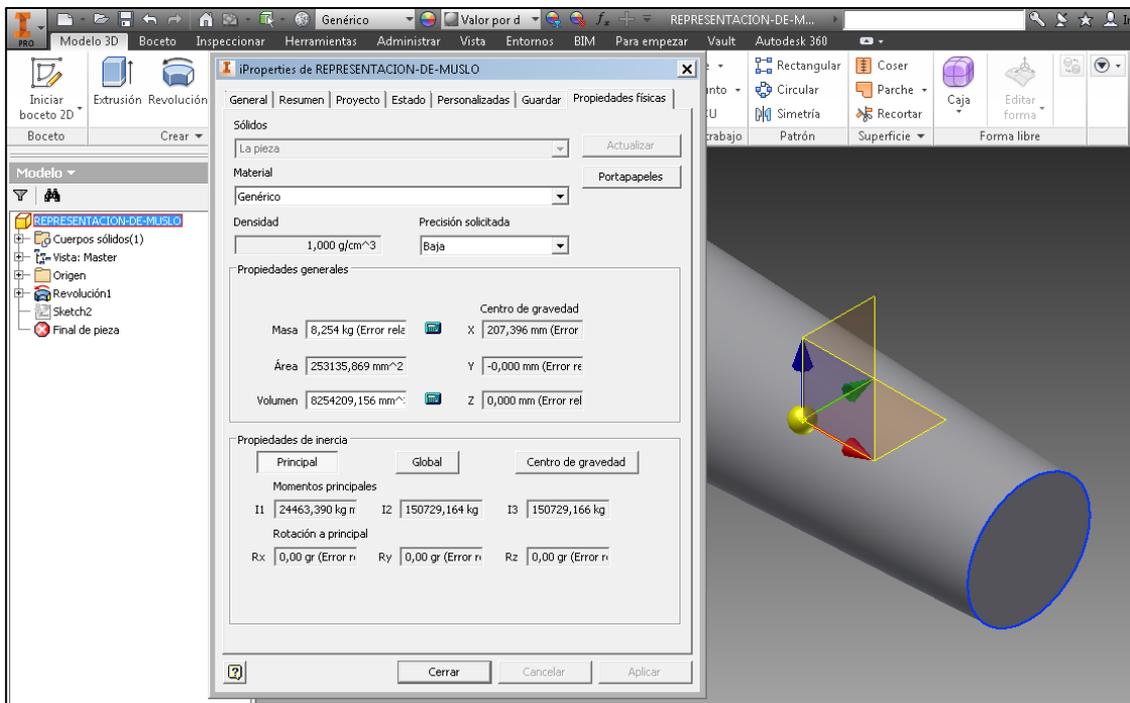


Fig. 34 Se utilizó Autodesk Inventor para la obtención del centro de gravedad

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Ubicación centro de gravedad del tronco

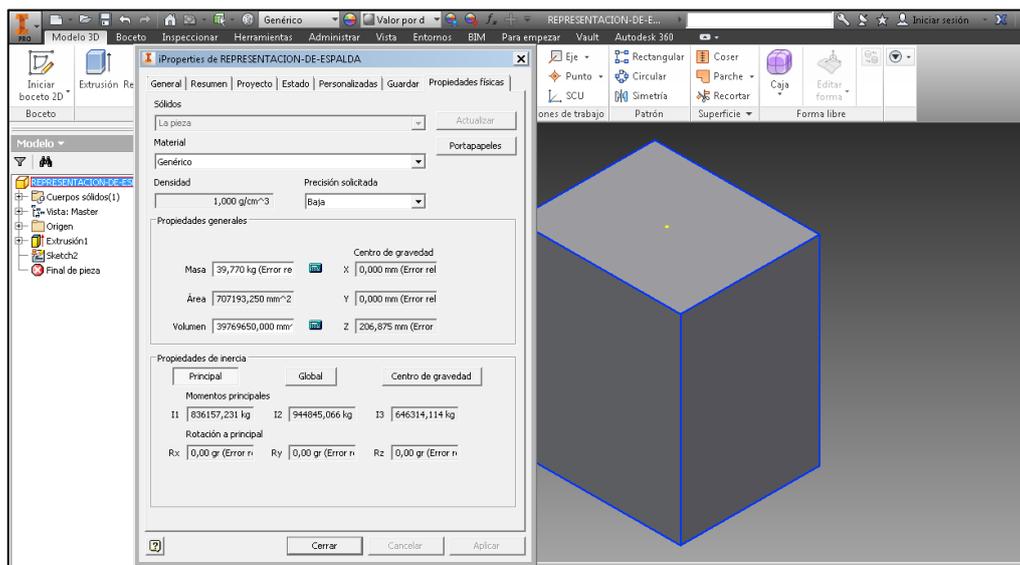


Fig 35 Se utilizó Autodesk Inventor para la obtención del centro de gravedad

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Fuerzas en los centros de gravedad

FUERZAS EN LOS CENTROS DE GRAVEDAD

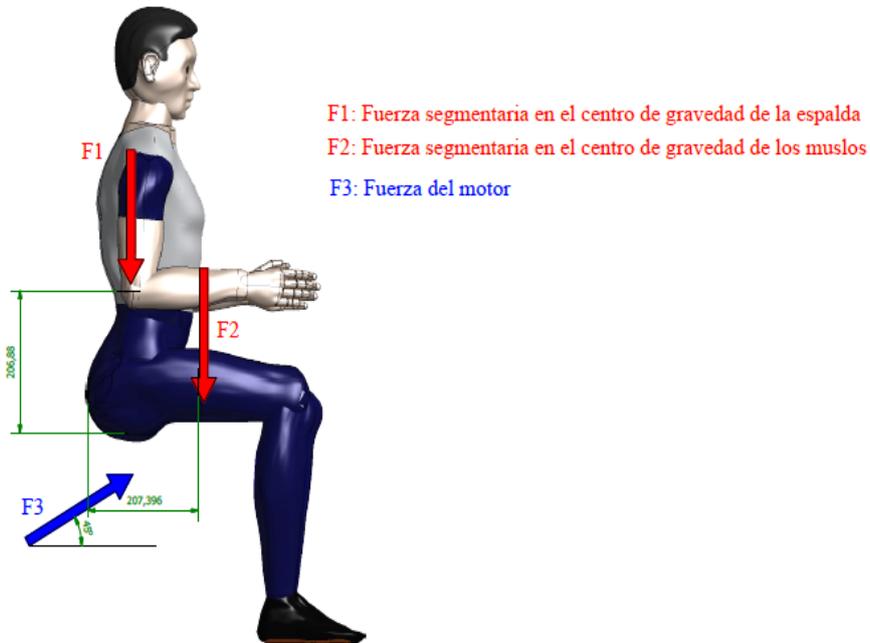


Fig. 36 Ubicación en el cuerpo de los centros de gravedad

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Diagrama de cuerpo libre de fuerzas en los centros de gravedad

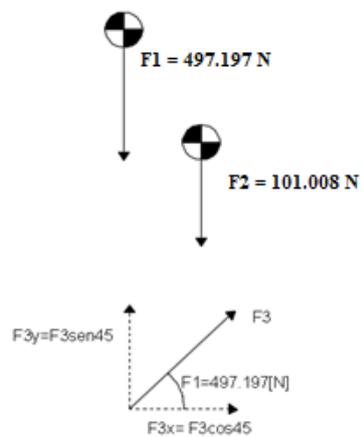


Fig.37 Representación esquemática de la fuerzas en los centros de gravedad

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

$$\Sigma Fy = 0$$

$$F3\text{sen}45 - 497.197[N] - 101.008[N] = 0$$

$$F3 = \frac{497.197 + 101.008}{\text{sen}45}$$

$$F3 = 845.99[N]$$

Lo que significa que el vástago necesita una fuerza de 845.99 [N] para levantar el peso segmentario del tronco y el muslo que a pesar de no ser la fuerza total neta de 980 [N] equivalente a 100 kgf, nos demuestra que puede trabajar fácilmente con este peso ya que el máximo peso que puede levantar el motor es de 6000[N].

Selección de cojín ajustable de aire

El cojín favorece la postura del paciente haciendo más cómoda su utilización (Anexo 3).

Justificación

La utilización de este cojín previene en gran medida la formación de úlceras, ya que posee células de aire independientes interconectadas que aumentan el flujo sanguíneo necesario para mantener el tejido sano.

Es resistente al agua y antideslizante, además posee una bomba manual para regular la presión de las células.

Cojin ajustable de aire



Fig. 37 Necesario para mantener el tejido sano

Fuente: DriveMedical, 2015

Cuerina para asiento y respaldo de la silla

Material sintético, resistente y rígido de fácil aseo y económico que es muy común en la fabricación de las sillas de ruedas.

Justificación

Este elemento favorece la postura de la espalda ya que es un elemento flexible se acomoda perfectamente cualquier forma.

Material de cuero sintético o cuerina



Fig 38 Resistente y de facil aseo

Fuente. Elementos de autosuficiencia, 2011

3.5. Cálculos de resistencia para el tubo ASTM A-36

Se realizará el cálculo del momento flector para comprobar si la tensión que se produce es inferior a la tensión admisible.

Los datos necesarios para el cálculo se realizaron con Autodesk Inventor Profesional 2015 con el perfil de 1.5mm de material ASTM A36.

Propiedades perfil hueco acero

Material de viga

Vigas	
ANSI 0000001.ipt	
ANSI 0000003.ipt	
ANSI 0000005.ipt	
ANSI 0000007.ipt	
ANSI 0000008.ipt	
ANSI 0000011.ipt	
ANSI 0000012.ipt	
ANSI 0000013.ipt	
ANSI 0000016.ipt	
ANSI 0000017.ipt	
ANSI 0000018.ipt	
ANSI 0000020.ipt	
ANSI 0000022.ipt	
ANSI 0000024.ipt	
ANSI 0000025.ipt	
ANSI 0000028.ipt	

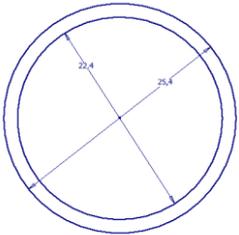
Personalizar

Material

Nombre: Acero ASTM A36

7,850 g/cm ³	Densidad
199,959 GPa	Módulo de Young
0,300 su	Coefficiente de Poisson
248,225 MPa	Límite de elasticidad
399,900 MPa	Resistencia máxima a tracción
45,000 W/(m K)	Conductividad térmica
0,0000120 su/c	Expansión lineal
0,480 J/(kg K)	Calor específico

Aceptar Cancelar Aplicar



$\varnothing_e = 25.4 \text{ mm}$
 $\varnothing_i = 22.4 \text{ mm}$

Fig. 39 Cálculo de resistencia del tubo ASTM A36

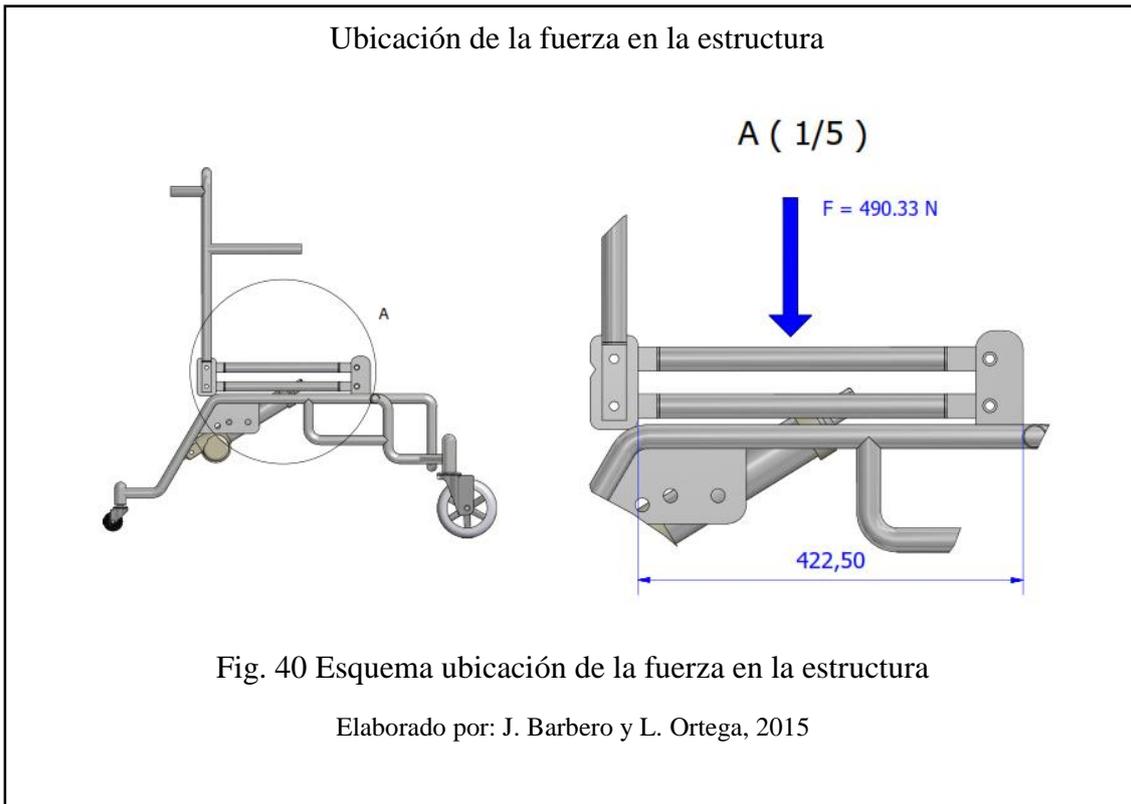
Elaborado por: Jhonny Barbero y Luis Ortega

La fuerza neta de 980 [N] se dividió para 2 teniendo así 490 [N] y una longitud de 422.50 mm para el elemento crítico mostrado, se decidió aplicar un coeficiente de seguridad dos debido a que el comportamiento de las fuerzas calculadas puede ser diferentes a la realidad.

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{f_s}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{400 \text{ [MPa]}}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 200 \text{ [MPa]}$$



Calculando el momento flector:

$$M_{flector} = P \times L$$

$M_{flector}$ = Momento flector (Nm).

P = Peso (N).

L = Longitud total dividido para 2 (mm).

$$+\cup \sum M_{flector} = 0$$

$$-490.33 [N] * \left(\frac{0.4225 [m]}{2} \right) + M_B = 0$$

$$M_{flector} = 103.58 [Nm]$$

Utilizando la ecuación de Navier:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{flec}(Y_{max})}{I}$$

Donde:

σ_{adm} = tensión o esfuerzo admisible.

M_{flec} = Momento Flector.

$Y_{m\acute{a}x}$ = Distancia máxima del eje "x" de la sección hasta la altura máxima de la sección.

I_x = Momento de Inercia sección transversal respecto al eje x.

Calculando la inercia en x

$$I_x = I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$$

$$I_x = I = \frac{\pi[(\phi_e)^4 - (\phi_i)^4]}{64}$$

$$I_x = I = \frac{\pi[(25.4)^4 - (22.4)^4]}{64}$$

$$I_x = I = 8073.42 \text{ mm}^4$$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$\sigma_{adm} = 200 [MPa]$$

$$M_{flec} = 103.58 [Nm]$$

$$Y_{max} = 12.7 [mm]$$

$$I = 8073.42 [mm^4]$$

Para que el tubo resista se debe cumplir la siguiente expresión:

$$\sigma_{adm} \geq \frac{M_{flec}(Y_{max})}{I}$$

Teniendo en cuenta esta expresión se obtiene lo siguiente:

$$200 [MPa] \geq \frac{103.58 [Nm] 12.7 [mm]}{8073.42 [mm^4]} \left(\frac{1000 [mm]}{1 [m]} \right)$$

$$200 [MPa] \geq 162.93 [MPa]$$

El tubo cumple con los parámetros de seguridad establecidos.

3.6. Cálculo de la deflexión del tubo del asiento

Para este caso concreto la deflexión se puede calcular mediante la ecuación que corresponde a una viga en voladizo:

$$Y = \frac{F L^3}{3 E I}$$

Donde:

Y =Deflexión (mm).

F = Fuerza aplicada (N).

L = Longitud a la que se aplica la fuerza respecto a la bancada.

E = Módulo de Young (N/m²).

I = Momento de inercia de la sección transversal respecto a la fibra neutra.

Por lo tanto se tiene:

$$E = 200 \times 10^9 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$Y = \frac{F L^3}{3 E I}$$

$$Y = \frac{490.33 [N] \left(\frac{0.4225^3 [m^3]}{2^3} \right)}{3 \left(200 \times 10^9 \left[\frac{N}{m^2} \right] \right) 8073.42 [mm^4] \left(\frac{(1m)^4}{(1000mm)^4} \right)}$$

$$Y = 0.00095 [m]$$

$$Y = 0.95 [mm]$$

Lo que representa que el elemento crítico se va a deformar 0.95 mm lo cual es una cantidad casi mínima en condiciones extremas de carga.

Para corroborar estos cálculos se realizó un reporte mediante el software de diseño mecánico Autodesk Inventor, en su entorno de simulación estática el cual nos permite realizar simulaciones al elemento anteriormente analizado obteniendo así sus reacciones al aplicar una fuerza, desplazamiento y tensiones totales a las que se somete.

Tabla 9

Características técnicas tubo cédula 40 (C40)

Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7,850 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207,000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345,000 MPa
Tensión	Módulo de Young	220,000 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
Nombre(s) de pieza	ANSI 1 x 0.133 00000001.ipt	

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 10

Fuerza aplicada al tubo C40

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	500,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	0,00 gr
Ángulo en plano	180,00 gr
Fx	0,000 N
Fy	0,000 N
Fz	-500,000 N
Desfase	175,000 mm

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 11

Resultados de reacciones del elemento tubo C40

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componentes (Fx, Fy, Fz)	Magnitud	Componentes (Mx, My, Mz)
Restricción fija:1	254,294 N	0,000 N	22125,484 N mm	0,000 N mm
		0,000 N		-22125,484 N mm
		254,294 N		0,000 N mm
Restricción fija:2	254,294 N	0,000 N	22125,484 N mm	0,000 N mm
		0,000 N		22125,484 N mm
		254,294 N		-0,000 N mm

Elaborado por: J.Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 12

Resumen de resultados estáticos

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,014 mm
Factor de seguridad		7	15
Fuerzas	Fx	-254,294 N	254,294 N
	Fy	-0,000 N	0,000 N
	Fz	0,000 N	0,000 N
Momentos	Mx	-0,000 N mm	0,000 N mm
	My	-22125,484 N mm	22000,242 N mm

	Mz	0,000 N mm	0,000 N mm
Tensiones normales	Smax	0,391 MPa	10,164 MPa
	Smin	-10,164 MPa	-0,391 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	0,000 MPa
	Smin(Mx)	-0,000 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	0,391 MPa	10,164 MPa
	Smin(My)	-10,164 MPa	-0,391 MPa
	Saxial	0,000 MPa	0,000 MPa
Tensión de corte	Tx	-1,583 MPa	1,583 MPa
	Ty	-0,000 MPa	0,000 MPa
Tensiones de torsión	T	0,000 MPa	0,000 MPa

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Esquema de desplazamiento tubo C40

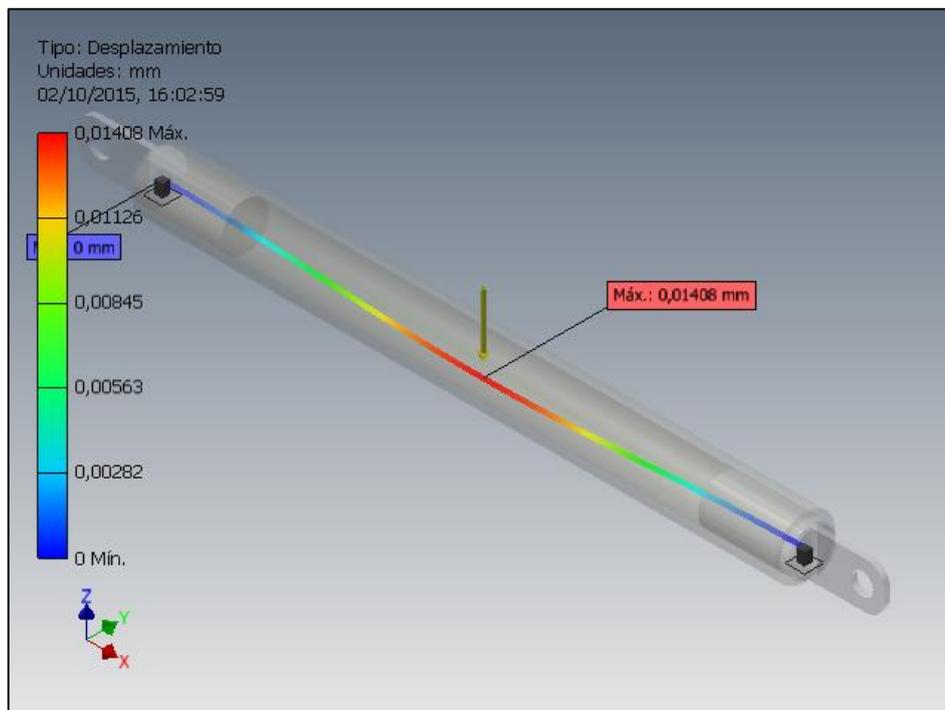


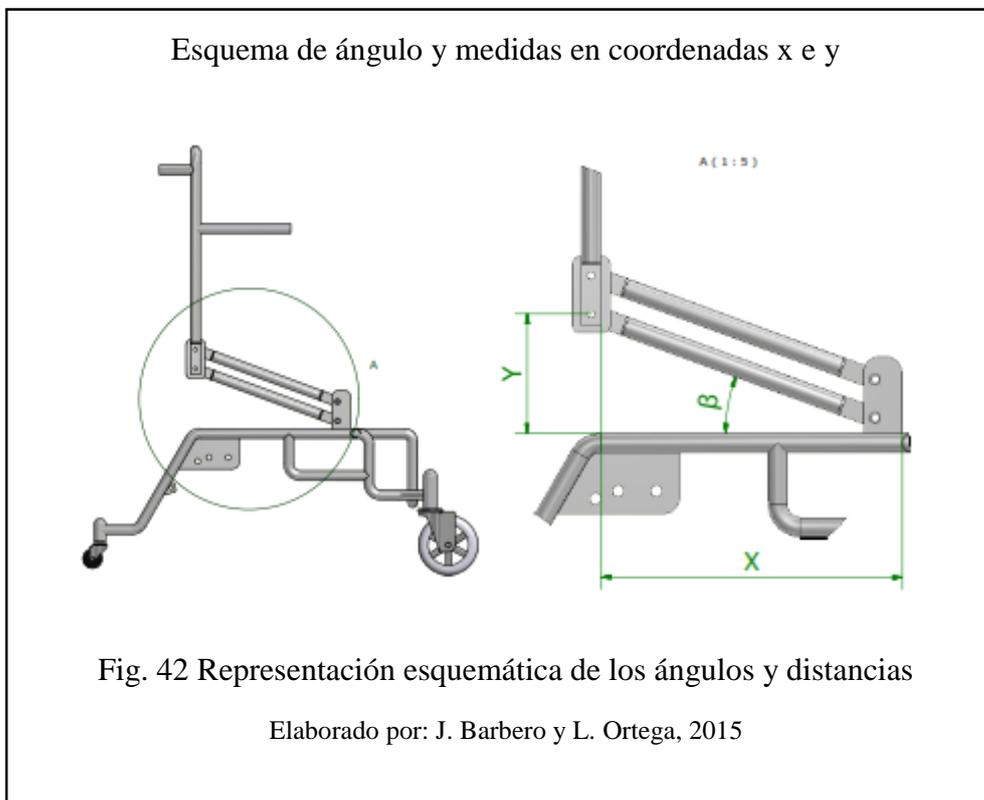
Fig. 41 Se realizó el cálculo con Autodesk Inventor

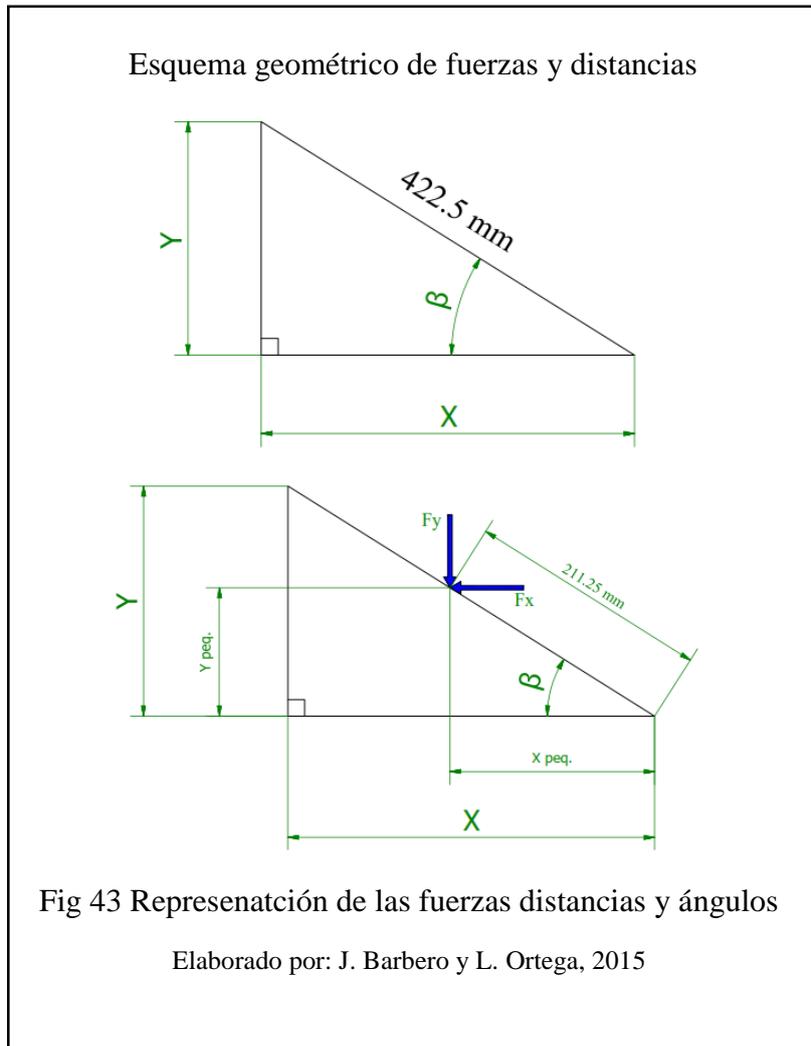
Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Al examinar estos resultados se llegó a la conclusión que a través del entorno de diseño, el elemento sometido a una fuerza de 490 N incluso aumentado a 500 N se obtendrá una deflexión máxima de 0.01408 mm que en términos de dimensiones es mínima, todo esto en condiciones extremas en donde apliquemos un peso máximo de 980 N de carga.

3.7. Análisis de fuerzas en función del ángulo de desplazamiento y la trayectoria

Se calcula los efectos de la fuerza a través de diagramas de cuerpo libre para ángulos de 0, 15, 30, 45, 60 y 75 grados





Para obtener los datos que corresponden a las distancias de la tabla 13, se considera un análisis con un triángulo rectángulo según se muestra en la figura 44.

Tabla 13

Tabla de distancias

	DISTANCIAS					
	β [Grados]	β [Radianes]	X [mm]	Y [mm]	X peq. [mm]	Y peq. [mm]
Silla bipedestadora a :	15	0,262	408,10	109,35	204,05	54,68
Silla bipedestadora a :	30	0,524	365,90	211,25	182,95	105,63
Silla bipedestadora a :	45	0,785	298,75	298,75	149,38	149,38
Silla bipedestadora a :	60	1,047	211,25	365,90	105,63	182,95
Silla bipedestadora a :	75	1,309	109,35	408,10	54,68	204,05

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Una vez obtenidas las distancias se procede a realizar el análisis estático de los elementos para encontrar las fuerzas que actúan en los elementos. Ver tabla 14.

Tabla 14

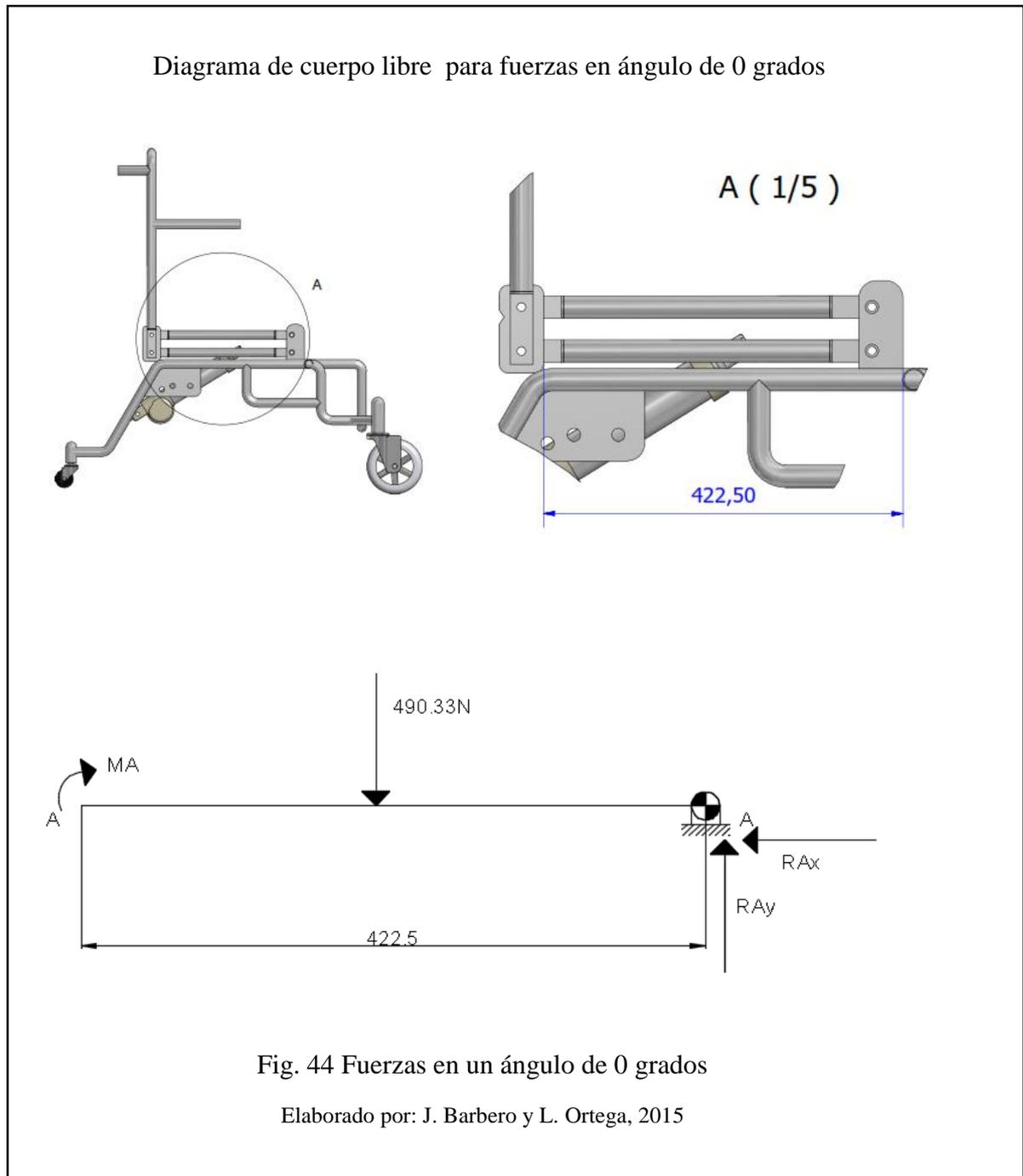
Resultados de fuerza para las medidas tomadas

FUERZA				
	β [Grados]	β [Radianes]	Fuerza en X [N]	Fuerza en Y [N]
Silla bipedestadora a :	15	0,262	473,62	126,91
Silla bipedestadora a :	30	0,524	424,64	245,17
Silla bipedestadora a :	45	0,785	346,72	346,72
Silla bipedestadora a :	60	1,047	245,17	424,64
Silla bipedestadora a :	75	1,309	126,91	473,62

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

3.8. Diagramas de cuerpo libre para el cálculo de las fuerzas con los ángulos de trayectoria

Para ángulo de 0 grados



Para ángulo de 15 grados

Esquema y Digrama de cuerpo libre para fuerzas para trayectoria de 15 grados

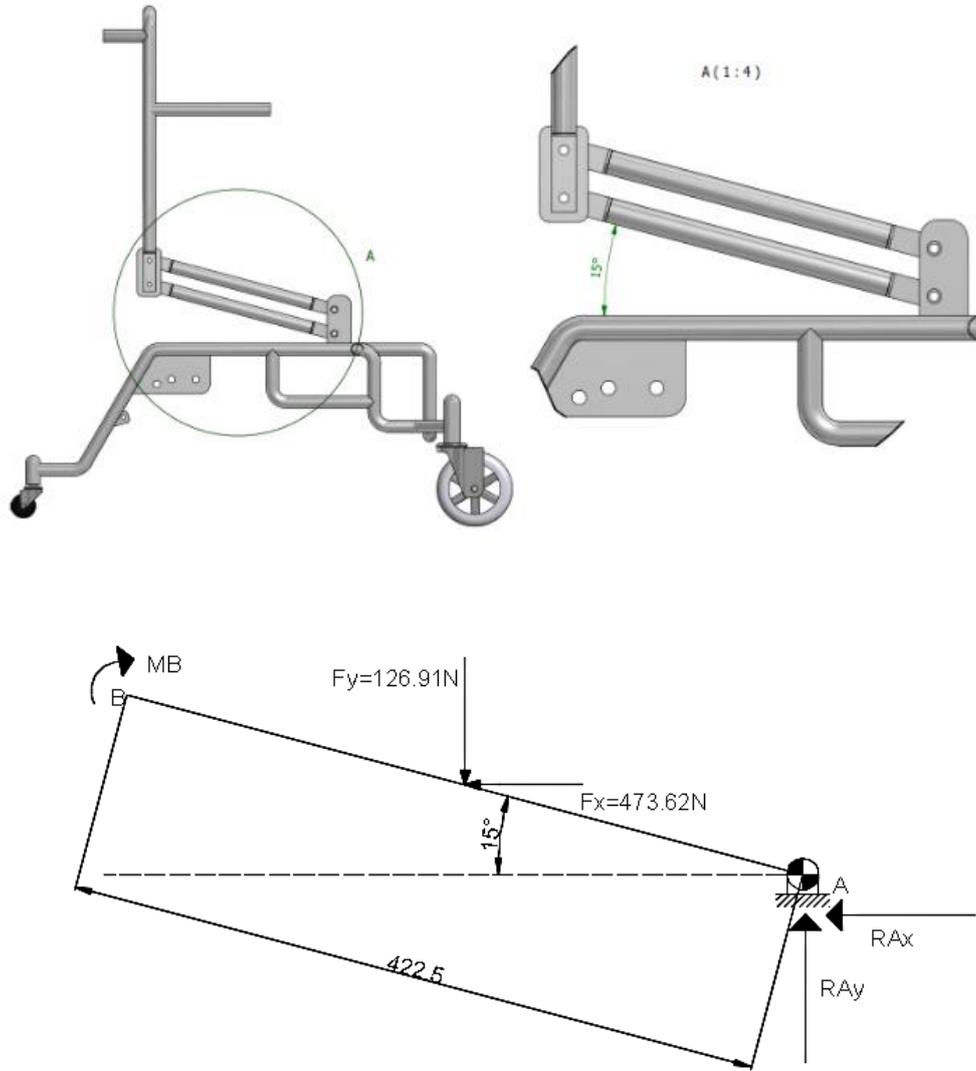


Fig 45 Fuerzas en un ángulo de 15 grados

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Para ángulo de 30 grados

Esquema y digrama de cuerpo libre para fuerzas en trayectoria de 30 grados

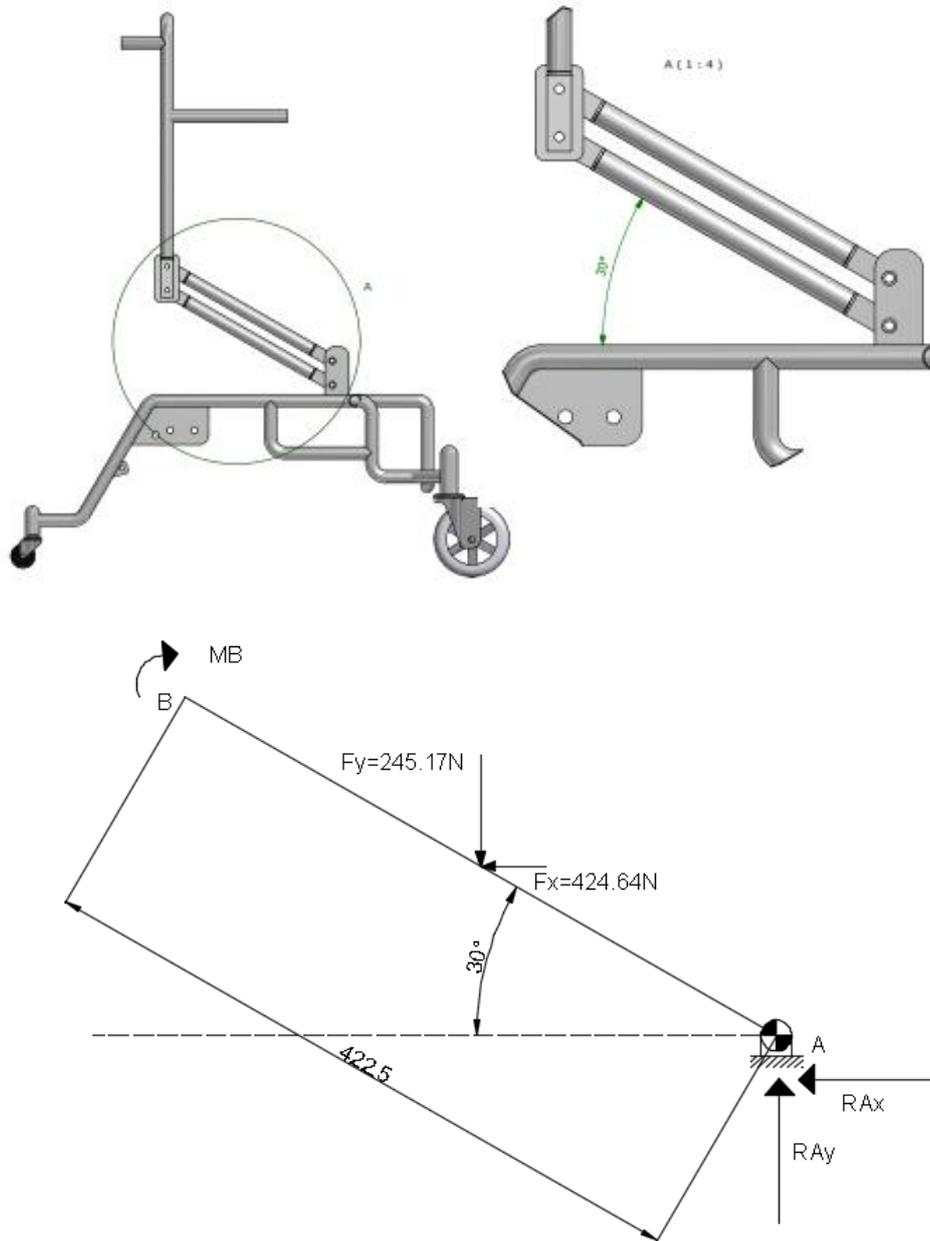


Fig. 46 Fuerzas en un ángulo de 30 grados

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Para Angulo de 45 grados

Esquema y diagrama de cuerpo libre para fuerzas en una trayectoria de 45 grados

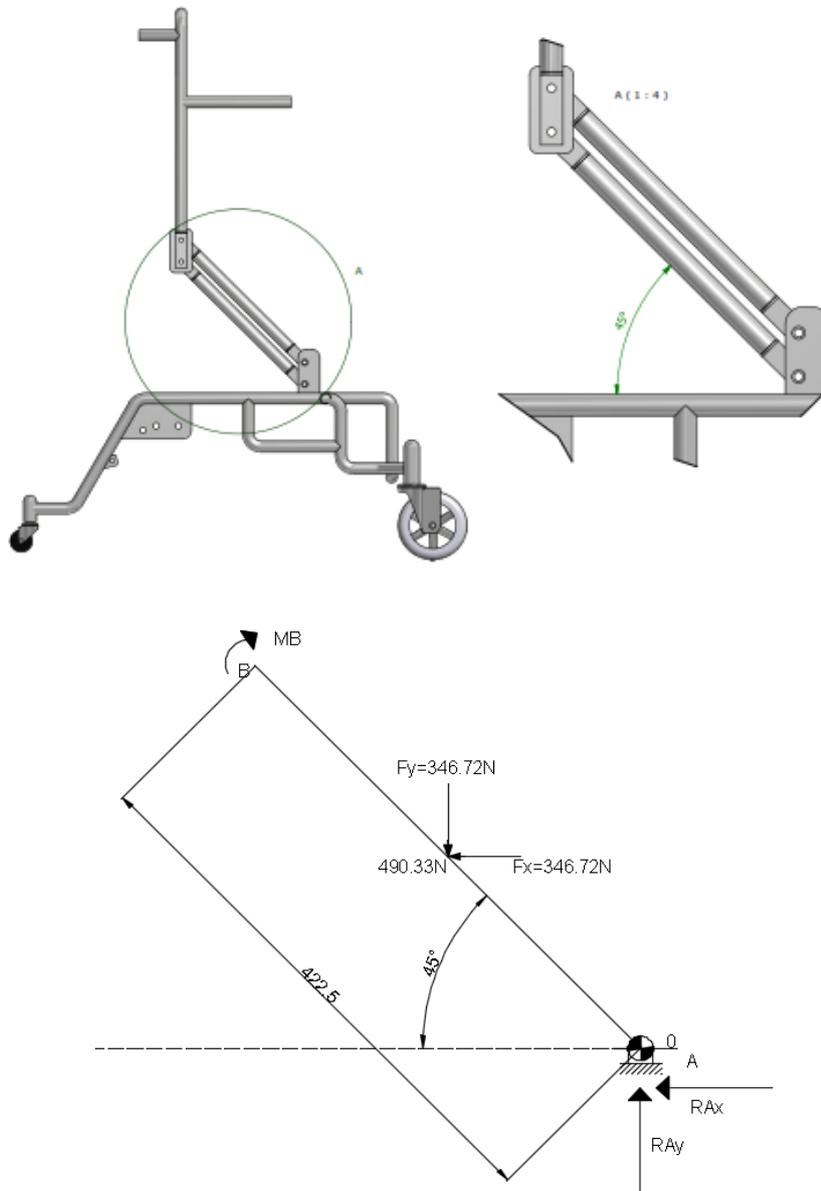


Fig. 47 Fuerzas en un ángulo de 45 grados

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Para Angulo 60 grados

Esquema y diagrama de cuerpo libre para fuerzas en una trayectoria de 60 grados

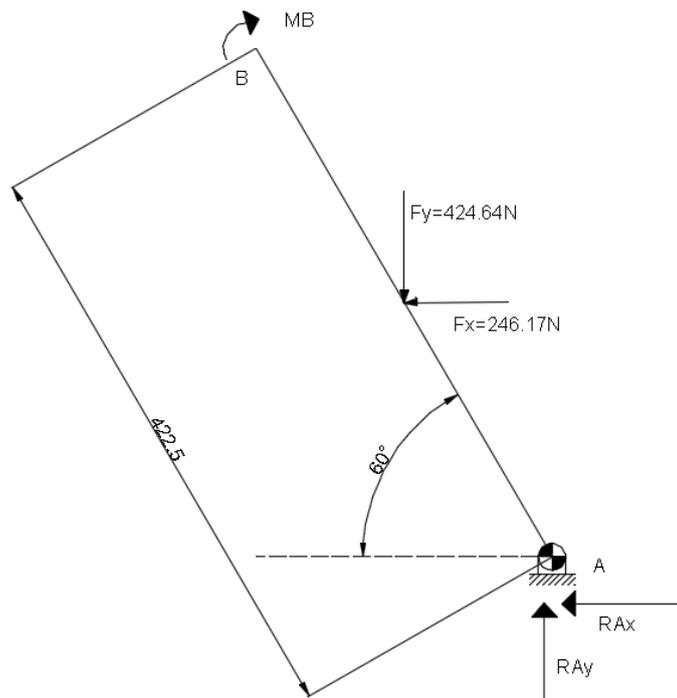
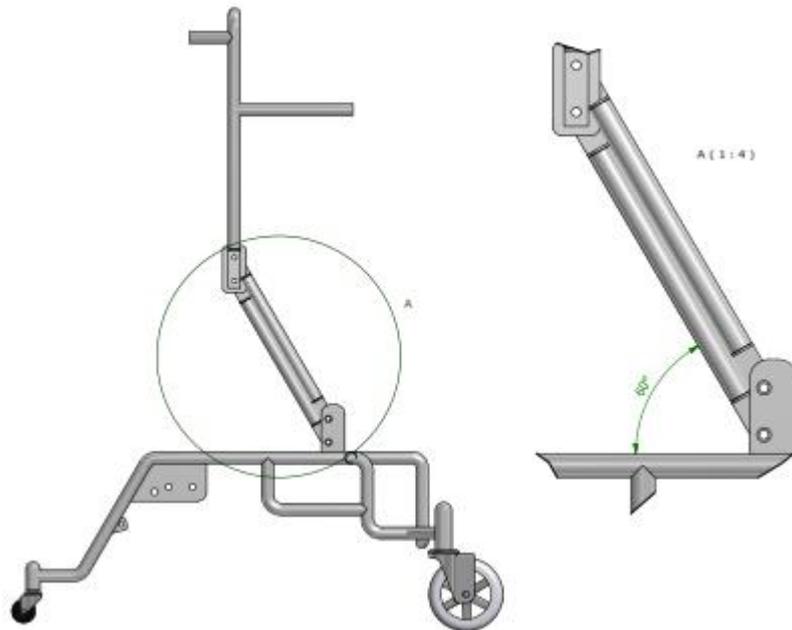


Fig 48 Fuerzas en un ángulo de 60 grados

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Ángulo de 75 grados

Esquema y digrama de cuerpo libre para fuerzas en una trayectoria de 75 grados

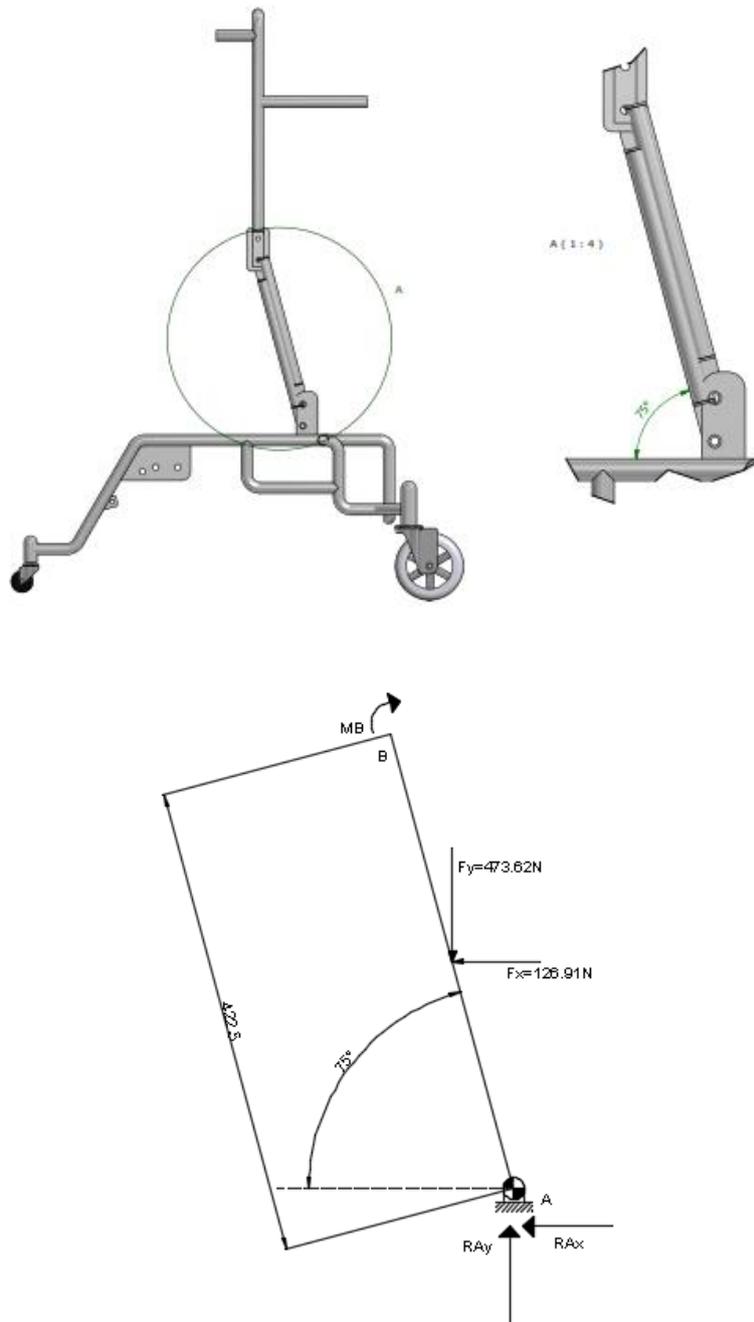


Fig 49 Fuerzas en un ángulo de 75 grados

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Cálculo de deflexión para el mecanismo tipo “H”

Esquema de las fuerzas en los tubos superior e inferior que soportan el motor

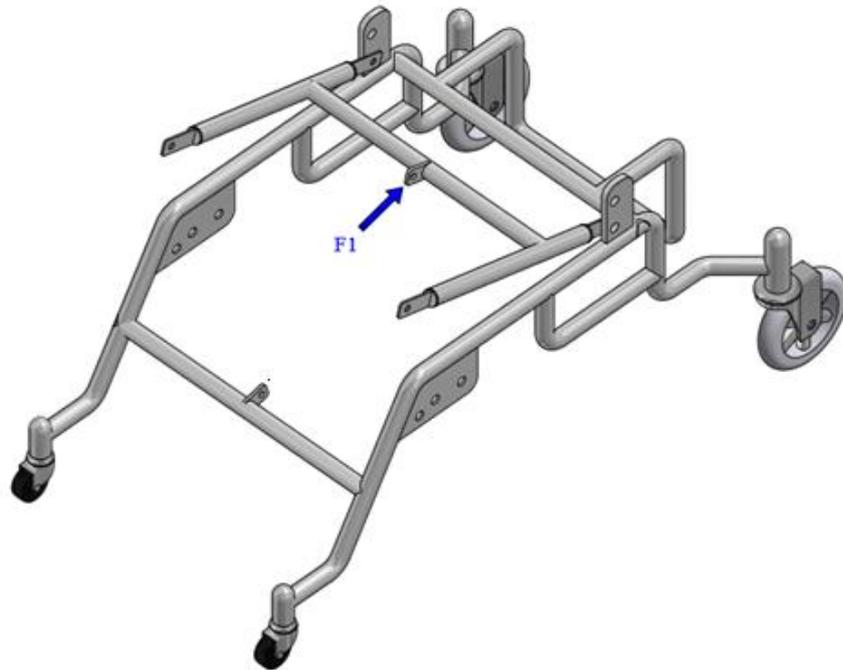


Fig. 50 Fuerza F1 en el tubo superior de la estructura

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 15

Características técnicas del Tubo ASTM A-36

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,850 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207,000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345,000 MPa
Tensión	Módulo de Young	210,000 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,300 su
Nombre(s) de pieza	ANSI 00000003.ipt ANSI 00000004.ipt ANSI 00000005.ipt	

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 16

Fuerza aplicada al tubo ASTM A36

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1000,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	90,00 gr
Ángulo en plano	45,00 gr
Fx	0,000 N
Fy	707,107 N
Fz	707,107 N
Desfase	225,000 mm

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 17

Reacciones en el elemento

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componentes (Fx, Fy, Fz)	Magnitud	Componentes (Mx, My, Mz)
Restricción fija:1	496,608 N	0,000 N	56146,751 N mm	-128,797 N mm
		-353,553 N		39628,397 N mm
		-348,740 N		-39774,756 N mm
Restricción fija:2	496,608 N	0,000 N	56146,751 N mm	-128,797 N mm
		-353,553 N		-39628,397 N mm
		-348,740 N		39774,756 N mm

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 18

Resumen de resultados estáticos

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,280 mm
Factor de seguridad		6.39	15
Fuerzas	Fx	-353,553 N	353,553 N
	Fy	-353,553 N	353,475 N
	Fz	0,000 N	0,000 N
Momentos	Mx	-39628,397 N mm	39701,577 N mm
	My	-39774,756 N mm	39774,756 N mm
	Mz	0,000 N mm	0,000 N mm
Tensiones normales	Smax	0,000 MPa	125,023 MPa
	Smin	-125,023 MPa	-0,000 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	62,454 MPa
	Smin(Mx)	-62,454 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	62,569 MPa
	Smin(My)	-62,569 MPa	0,000 MPa
	Saxial	0,000 MPa	0,000 MPa
Tensión de corte	Tx	-6,262 MPa	6,262 MPa
	Ty	-6,261 MPa	6,262 MPa
Tensiones de torsión	T	0,000 MPa	0,000 MPa

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Desplazamientos en el elemento de elevación

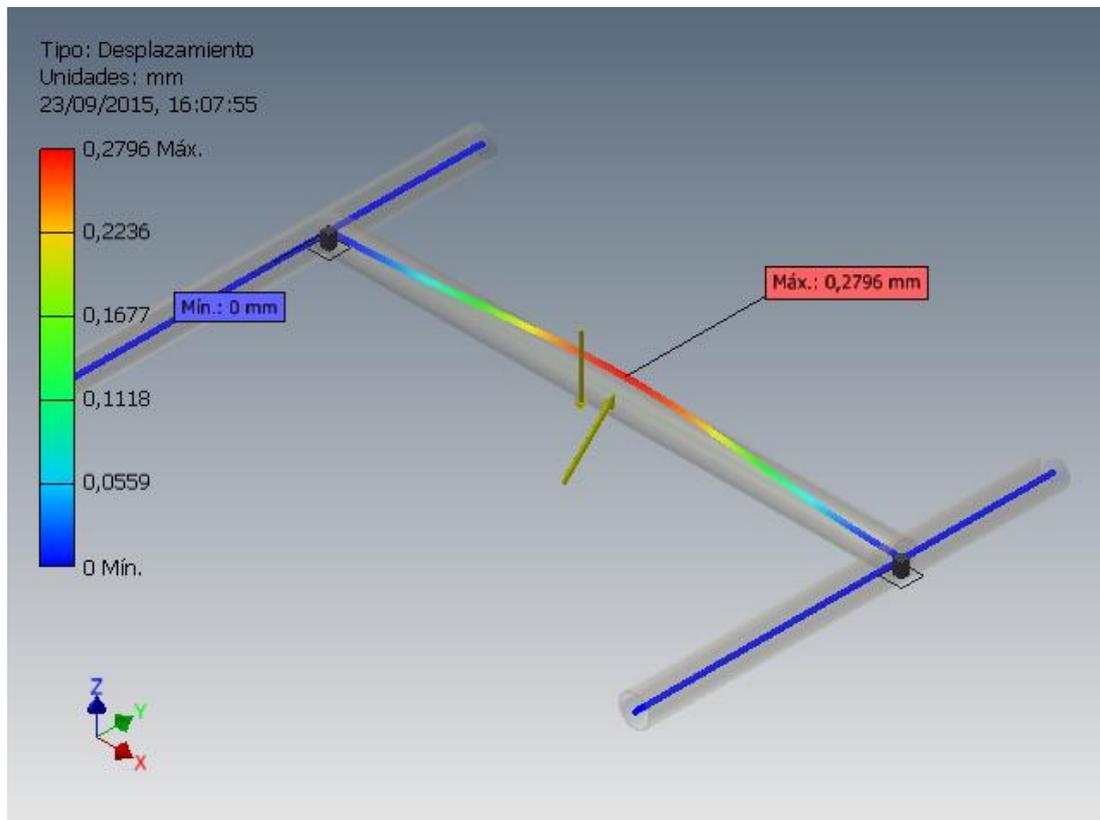


Fig 51 desplazamiento obtenido con Autodesk inventor

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Otro elemento que está sometido a una carga es el elemento tipo “H” de la estructura, la fuerza aplicada es la resultante del empuje del motor eléctrico. Los resultados obtenidos a través del diseño y posterior análisis estático en Autodesk Inventor profesional 2015 proporcionan un reporte en donde existe una deflexión máxima de 0,2796 mm con una fuerza de 1000N que corresponde a la fuerza que proporciona el actuador al someter a la silla a su máxima capacidad.

Tabla 19

Características técnicas de la estructura

Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,850 g/cm ³
	Límite de elasticidad	248,225 MPa
	Resistencia máxima a tracción	399,900 MPa
Tensión	Módulo de Young	199,959 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,300 su
Nombre(s) de pieza	ANSI 00000001.ipt ANSI 00000003.ipt ANSI 00000005.ipt ANSI 00000007.ipt ANSI 00000008.ipt ANSI 00000011.ipt ANSI 00000012.ipt ANSI 00000013.ipt ANSI 00000016.ipt ANSI 00000017.ipt ANSI 00000018.ipt ANSI 00000020.ipt ANSI 00000022.ipt ANSI 00000024.ipt ANSI 00000025.ipt ANSI 00000028.ipt ANSI 00000029.ipt ANSI 00000031.ipt ANSI 00000032.ipt ANSI 00000033.ipt ANSI 00000034.ipt ANSI 00000036.ipt ANSI 00000037.ipt ANSI 00000039.ipt	

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 20

Fuerzas aplicada a la estructura

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	550,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	0,00 gr
Ángulo en plano	180,00 gr
Fx	0,000 N
Fy	0,000 N
Fz	-550,000 N

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 21

Resumen de resultados estáticos

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,133 mm
Fuerzas	Fx	-492,745 N	551,944 N
	Fy	-112,022 N	112,022 N
	Fz	-284,501 N	552,464 N
Momentos	Mx	-5228,465 N mm	5228,465 N mm
	My	-32118,217 N mm	21915,880 N mm
	Mz	-7924,750 N mm	7924,750 N mm
Tensiones normales	Smax	-1,713 MPa	56,672 MPa
	Smin	-59,912 MPa	1,906 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	8,225 MPa
	Smin(Mx)	-8,225 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	0,004 MPa	50,525 MPa
	Smin(My)	-50,525 MPa	-0,004 MPa

	Saxial	-4,905 MPa	2,526 MPa
Tensión de corte	Tx	-9,776 MPa	8,727 MPa
	Ty	-1,984 MPa	1,984 MPa
Tensiones de torsión	T	-6,233 MPa	6,233 MPa

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Desplazamiento en la estructura

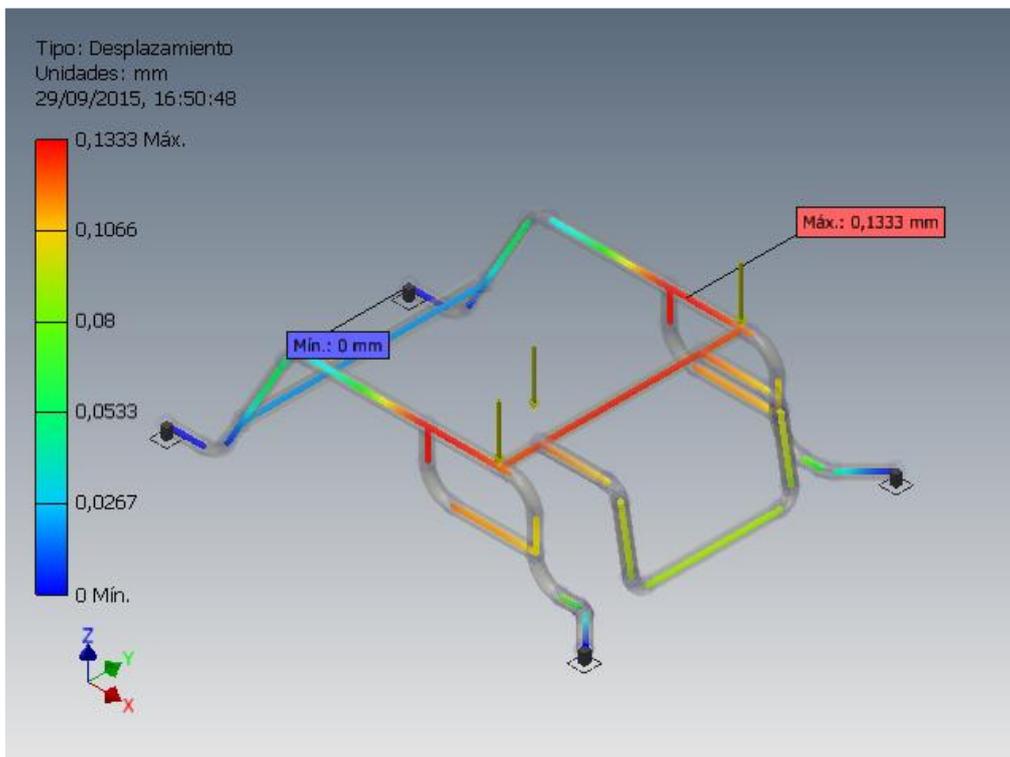


Fig 52 Desplazamiento de la estructura obtenido con Autodesk Inventor

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

En cuanto a la estructura, debido a su compleja geometría el análisis se realizó con el entorno de análisis estático en Autodesk Inventor Profesional 2015. Se aplicó la carga de 980 N la cual por efecto de simetría se divide en dos fuerzas de 490 N en los tubos externos obteniendo una deflexión máxima de 0.133mm que representa una cantidad mínima, por lo que se concluye que la estructura resiste perfectamente a condiciones críticas.

Capítulo 4

4.1. Costos.

Una vez obtenidos los cálculos correspondientes, los planos detallados de la silla bipedestadora, se procede con la construcción, para lo cual se establece que la entidad que va a construir la silla es la empresa Ferromedica, ya que con la amplia experiencia en la fabricación de productos médicos y muebles para hospitales consta de la maquinaria necesaria y del personal especializado. El proceso de la construcción se puede apreciar en las siguientes figuras.

Estructura base soldada

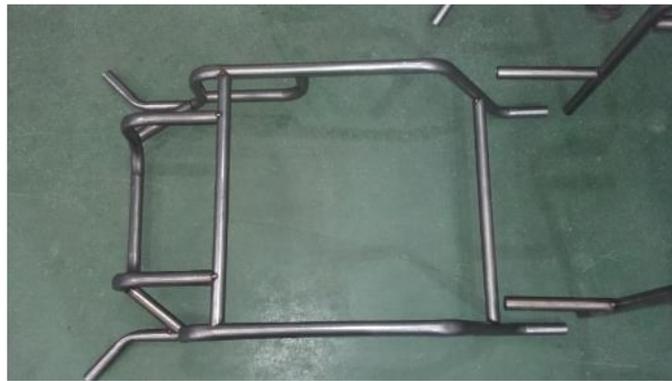


Fig 54 Foto tomada de la estructura inicial soldada

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Elemento H para el mecanismo de elevación



Fig. 55 Foto tomada con el elemento H

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Conjunto de respaldo y elevación soldados



Fig. 56 Estructura base finalizada

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Estructura completa soldada



Fig. 57 Foto probando la estructura final

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Pruebas del mecanismo de elevación



Fig. 58 Foto probando el mecanismo de elevación

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Pintura electrostática de la estructura



Fig 59 Foto de la estructura pintada

Elaborado por: J Barbero y L. Ortega, 2015

Mediante las siguientes tablas se detalla los costos producidos por la mano de obra, materia prima, costos directos y costos indirectos

- Detalle de producción
- Silla bipedestadora
- Costos materia prima:

Tabla 22

Costos de materia prima.

CODIGO	NOMBRE	NUMERO	FECHA	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
541365	TUBO REDONDO 1*1.2 MM.	PE05901	19/10/2015	0,2	3	0,59
541420	ACERO DE TRANSMISION 1 1/4	PE05927	21/10/2015	11,13	0,4	4,45
541280	ACERO DE TRANSMISION 7/8	PE05927	21/10/2015	5,93	0,12	0,71
541282	ACERO DE TRANSMISION 1"	PE05927	21/10/2015	9,02	0,25	2,26
541332	PLATINA 3 * 1/4	PE05929	21/10/2015	15,48	0,05	0,83
541435	PLATINA 1 1/4*1/4	PE05929	21/10/2015	9,17	0,05	0,46
541448	PLATINA 1 1/2*1/4	PE05929	21/10/2015	11,68	0,05	0,58
541452	PLATINA 2"*1/4	PE05929	21/10/2015	17,1	0,05	0,86
541461	TUBO CEDULA 3/4 # 80	PE05948	22/10/2015	15,78	0,33	5,25
541365	TUBO REDONDO 1*1.2 MM.	PE06202	26/10/2015	4,02	1	4,02
64163460855	PINTURA EN POLVO BRILLANTE BEIGE PISTACHO10015512(PE06227	09/11/2015	6,36	0,45	2,86
64163460806	PERNO CAB/HEXAG/GALV.3/8*2	PE06244	16/11/2015	0,1	2	0,21
64419	REGATON REDONDO INT 1" BEIGE	PE06244	16/11/2015	0,08	4	0,32
64163460818	PERNO CAB/HEXAG/GALV.3/8* 2 1/2	PE06244	16/11/2015	0,13	2	0,26
64163461355	RODELA PLANA A.I.3/8	PE06244	16/11/2015	0,09	12	1,05
64163461177	PERNO ESTUFA GALVA/ 3/16* 1/2	PE06244	16/11/2015	0,02	4	0,08
64163460917	TUERCA SEGURIDAD RG 3/8	PE06244	16/11/2015	0,05	10	0,49
64163461167	PERNO CAB/HEXAG/GALV.3/8*1 1/4	PE06244	16/11/2015	0,06	6	0,36
64163460913	TUERCA RG GALVANIZADA3/16	PE06244	16/11/2015	0,04	4	0,17
64257	SEGURO SEGER M8	PE06244	16/11/2015	0,06	2	0,13
64163461096	GARRUCHA 2" PLOMA C/F ESPIGO 3/8	PE06244	16/11/2015	2,42	2	4,84

641634423	GARRUCHA 6" C/F G27 BPP IGDM	PE06244	16/11/2015	13,49	2	26,98
12416279	ELECTRIC MOTOR MEGAMAT MCZ 24V 330 150 TF 6KN GREY	PE06248	16/11/2015	48,21	1	48,21
12416277	UNID BATERIA AG7 24VDC 1,2AH 750MM D49064	PE06248	16/11/2015	52,08	1	52,08
12416276	SUPORTE PLASTICO PARA BATERIA - AG7 D47204	PE06248	16/11/2015	2,53	1	2,53
12416287	CABLE DE PODER PLUG-IN (DCFUS40L3P)	PE06248	16/11/2015	11,61	1	11,61
12416282	CONTROL HANDSET C2 06 BUTTONS , SOFTLINE GREY D694	PE06248	16/11/2015	15,39	1	15,39
12416280	CONTROL UNIT MCL-II SMPS IP66 (WITHOUT MAINS CABLE	PE06248	16/11/2015	70,01	1	70,01
64163460933	TUERCA TEM 1/4x 11m.m. (HERRAJES)	PE06443	02/12/2015	0,02	8	0,19
64163460850	PERNO ESTUFA GALVA/ 1/4*3/4	PE06461	03/12/2015	0,04	8	0,33
641634601	COLEPATO 3/4 X12	PE06461	03/12/2015	0,02	4	0,06
641634597	COLEPATO 1*10	PE06465	03/12/2015	0,02	2	0,03
64163461158	NIVELADORES CAUCHO CAMILLA MEDIA LUNA	PE06465	03/12/2015	0,5	2	0,99
642185	TUERCA SEGURIDAD M8	PE06466	04/12/2015	0,02	2	0,04
64163461204	RODELA PRESION 1/2	PE06466	04/12/2015	0,05	2	0,1
641634459	MANUBRIO PARA BICICLETA (CAUCHO)	PE06466	04/12/2015	2,32	1	2,32
64952	LLANTA PARA BICICLETA COMPLETA	PE06466	04/12/2015	18	2	36
641634364	CORREA ANCHA REATA 50MM.(CINTURON DE SEGURIDAD)	PE06467	04/12/2015	0,27	2,2	0,6
541550	EXPANDIBLE NEGRO PICHINCHA	PE06467	04/12/2015	2,78	0,6	1,67
64937	HEBILLA METALICA PARA CORREA	PE06467	04/12/2015	0,03	2	0,05
	TOTAL					\$ 299,96

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 23

Costos indirectos de fabricación.

F. INICIO	F. FIN	NOMBRE	CANTIDAD	EMPLEADO	ACTIVIDAD
20/10/2015 8:33:22	20/10/2015 9:10:17	SILLA BIPEDESTADORA	0.60	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-CORTE
20/10/2015 9:10:23	20/10/2015 10:01:42	SILLA BIPEDESTADORA	0.85	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-DOBLADO
20/10/2015 10:12:34	20/10/2015 13:00:16	SILLA BIPEDESTADORA	2.78	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-DOBLADO
20/10/2015 13:32:14	20/10/2015 16:00:10	SILLA BIPEDESTADORA	2.45	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-DOBLADO

20/10/2015 13:42:59	20/10/2015 17:48:04	SILLA BIPEDESTADORA	4.08	CORDOVA COTACACHI JONATHAN FELIX	FERROMEDICA
21/10/2015 7:37:01	21/10/2015 10:07:19	SILLA BIPEDESTADORA	2.50	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
21/10/2015 10:17:23	21/10/2015 13:01:42	SILLA BIPEDESTADORA	2.73	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
21/10/2015 11:10:29	21/10/2015 11:44:30	SILLA BIPEDESTADORA	0.57	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- CORTE DE MAT
21/10/2015 12:24:02	21/10/2015 12:57:40	SILLA BIPEDESTADORA	0.55	CADENA MORILLO EDWIN JEFFERSON	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- MECANIZADO
21/10/2015 13:32:01	21/10/2015 13:48:34	SILLA BIPEDESTADORA	0.27	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
21/10/2015 13:48:42	21/10/2015 14:55:15	SILLA BIPEDESTADORA	1.10	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-CORTE
21/10/2015 14:55:25	21/10/2015 15:24:37	SILLA BIPEDESTADORA	0.48	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-PERFORADO
21/10/2015 15:24:44	21/10/2015 15:40:55	SILLA BIPEDESTADORA	0.27	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ESMERILADO
21/10/2015 15:41:01	21/10/2015 16:04:05	SILLA BIPEDESTADORA	0.38	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
21/10/2015 17:29:05	21/10/2015 17:55:27	SILLA BIPEDESTADORA	0.43	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- PERFORADO
22/10/2015 7:33:05	22/10/2015 9:50:28	SILLA BIPEDESTADORA	2.28	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
22/10/2015 7:44:27	22/10/2015 8:07:16	SILLA BIPEDESTADORA	0.37	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- PERFORADO
22/10/2015 9:36:30	22/10/2015 9:52:08	SILLA BIPEDESTADORA	0.25	CADENA MORILLO EDWIN JEFFERSON	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- MECANIZADO
22/10/2015 10:12:23	22/10/2015 13:01:08	SILLA BIPEDESTADORA	2.80	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
22/10/2015 10:14:54	22/10/2015 10:58:33	SILLA BIPEDESTADORA	0.72	CADENA MORILLO EDWIN JEFFERSON	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- PERFORADO
22/10/2015 13:34:11	22/10/2015 16:04:26	SILLA BIPEDESTADORA	2.50	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
22/10/2015 13:35:49	22/10/2015 14:09:08	SILLA BIPEDESTADORA	0.55	CADENA MORILLO EDWIN JEFFERSON	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- MECANIZADO
23/10/2015 7:38:18	23/10/2015 10:02:02	SILLA BIPEDESTADORA	2.38	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
23/10/2015 10:13:40	23/10/2015 13:12:45	SILLA BIPEDESTADORA	2.98	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
23/10/2015 10:54:56	23/10/2015 11:23:24	SILLA BIPEDESTADORA	0.47	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- PERFORADO
23/10/2015 13:45:37	23/10/2015 15:57:59	SILLA BIPEDESTADORA	2.20	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
26/10/2015 7:36:42	26/10/2015 10:01:21	SILLA BIPEDESTADORA	2.40	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
26/10/2015 10:12:47	26/10/2015 13:01:26	SILLA BIPEDESTADORA	2.80	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
26/10/2015 13:33:18	26/10/2015 15:58:50	SILLA BIPEDESTADORA	2.42	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
27/10/2015 7:32:22	27/10/2015 10:01:16	SILLA BIPEDESTADORA	2.47	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE

27/10/2015 9:58:03	27/10/2015 10:01:27	SILLA BIPEDESTADORA	0.05	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- MECANIZADO
27/10/2015 10:13:14	27/10/2015 12:01:33	SILLA BIPEDESTADORA	1.80	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
27/10/2015 10:14:52	27/10/2015 11:04:33	SILLA BIPEDESTADORA	0.82	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)- MECANIZADO
30/10/2015 9:41:48	30/10/2015 10:02:52	SILLA BIPEDESTADORA	0.35	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
30/10/2015 10:13:29	30/10/2015 13:02:31	SILLA BIPEDESTADORA	2.82	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
30/10/2015 13:32:36	30/10/2015 16:00:07	SILLA BIPEDESTADORA	2.45	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
		TOTAL HORAS	55,92		
		MANO DE OBRA	\$ 279.60		
		COSTOS INDERECTOS DE FAB.	\$ 144.18		

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Tabla 24

Costos de fabricación por sección

F. INICIO	F. FIN	NOMBRE	CANTIDAD	EMPLEADO	ACTIVIDAD
03/11/2015 7:34:25	03/11/2015 7:34:29	SILLA BIPEDESTADORA	0.00	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
03/11/2015 7:46:28	03/11/2015 9:31:36	SILLA BIPEDESTADORA	1.75	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	PERFILERIA-ENSAMBLE
03/11/2015 11:33:24	03/11/2015 12:17:58	SILLA BIPEDESTADORA	0.73	SANTACRUZ BERNARDO SEGUNDO JOSE	PREPARADO-DESENGRASE
09/11/2015 9:38:56	09/11/2015 10:01:29	SILLA BIPEDESTADORA	0.37	SANTACRUZ BERNARDO SEGUNDO JOSE	PREPARADO-PULIDO
09/11/2015 9:55:27	09/11/2015 10:01:16	SILLA BIPEDESTADORA	0.08	PEREZ QUSHPE DARIO JAVIER	PREPARADO-PULIDO
09/11/2015 10:14:12	09/11/2015 11:29:26	SILLA BIPEDESTADORA	1.25	SANTACRUZ BERNARDO SEGUNDO JOSE	PREPARADO-PULIDO
09/11/2015 10:14:48	09/11/2015 10:32:24	SILLA BIPEDESTADORA	0,28	PEREZ QUSHPE DARIO JAVIER	PREPARADO-PULIDO
09/11/2015 12:39:20	09/11/2015 13:35:11	SILLA BIPEDESTADORA	0.92	ONTANEDA CAUJA NELSON KLEBER	PINTURA-LIMPIEZA
09/11/2015 14:28:06	09/11/2015 14:38:37	SILLA BIPEDESTADORA	0,17	CAPUZ LABORDE ANGEL DARIO	PINTURA-PINTURA
10/11/2015 9:29:21	10/11/2015 10:01:05	SILLA BIPEDESTADORA	0,52	CAPUZ LABORDE ANGEL DARIO	PINTURA-SECADO

13/11/2015 13:33:27	13/11/2015 14:41:21	SILLA BIPEDESTADORA	1.12	TENE QUILACHAMIN HUGO GERMAN	MAQUINAS Y HERRAMIENTAS (TORNO)-PERFORADO
13/11/2015 13:34:28	13/11/2015 13:43:58	SILLA BIPEDESTADORA	0.15	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	ACABADO FINAL-ENSAMBLE
13/11/2015 14:13:39	13/11/2015 15:43:49	SILLA BIPEDESTADORA	1.50	CAMPOS MAISINCHO BYRON CAMPOS	ACABADO FINAL-ENSAMBLE
13/11/2015 14:22:05	13/11/2015 15:44:24	SILLA BIPEDESTADORA	1.37	TROYA MEDIAVILLA BRYAN JAVIER	ACABADO FINAL-ENSAMBLE
16/11/2015 12:23:39	16/11/2015 13:29:22	SILLA BIPEDESTADORA	1.08	CAMPOS MAISINCHO BYRON CAMPOS	ACABADO FINAL-ENSAMBLE
25/11/2015 15:36:02	25/11/2015 17:16:25	SILLA BIPEDESTADORA	1.67	FLORES GUAMAN LUIS GONZALO	CARPINTERIA-CORTE DE MATERIAL
30/11/2015 10:37:54	30/11/2015 13:32:38	SILLA BIPEDESTADORA	2.9	AIMACAÑA CAYO ALBERTO	TAPICERIA-FORRADO
		TOTAL HORAS	15,85		
		MANO DE OBRA	\$ 84.25		
		COSTOS INDERECTOS DE FAB.	\$ 25.75		

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

4.2. Costo total de producción 833.74

La diferencia entre 833.74 y los 950 facturados es 116.26 este valor es la utilidad para la empresa, que es una utilidad mínima que se está cobrando ya que la utilidad normal para los demás clientes asciende al 40%.

Detalle de la factura elaborada por Ferromédica

001001 0001692



**INDUSTRIA
FERROMEDICA**
CÍA. LIMITADA
SECCION MEDICA

Fabricantes de Muebles, Equipos Médicos
Dentales, Mesas de Operación Chase Long,
Camas de Recuperación, Mesas de Partos
MOBILIARIO MEDICO EN GENERAL



FABRICA QUITO:
Los Aceitunos E1-116 y
Av. Galo Plaza Lasso
Teléfono: (593-2) 3464 114 - 3464 113
2473-808 - 2477-218 - Fax: (593-2) 2807-904
Casilla: 17-03-476
e-mail: gerenciaferromedica@hotmail.com

ALMACEN QUITO:
Versalles 726 y Pérez Guerrero
Telefax: 2525-499 / 2544-790

www.ferromedica.com

OFICINA
Escritorios, Sillones, Archivadores, etc.
CALIDAD GARANTIZADA
R.U.C. 1792296730001
Aut. SRI.: 1116789424
FECHA AUT. 22/ABRIL/2015

FACTURA SERIE 001-001-00 **Nº 0001692**

DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

Cliente FLORES RODRIGUEZ MANUEL MESTAS R.U.C. 1707613954001 Teléfono 2418917 Dirección QUITO - BL. EDEN, DE LOS PINOS E13-77 Y DE LOS GUAY N/entrega No. Guía de Remisión No. C/ingreso No. Forma de Pago CONTADO	Fecha 04/12/2015 Vencimiento 04/12/2015
---	--

CODIGO	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
100007	SILLA BIPEDESTADORA	1	950.0000	950.00
TOTAL				950.00

Observaciones:
MIL SESENTA Y CUATRO 00/100 DOLARES

Sub-Total 950.00
 Descuento 0.00
 IVA 0% 0.00
 IVA 12% 114.00
TOTAL USD 1,064.00

INDUSTRIA FERROMEDICA
CÍA. LTDA.
RUC: 1792296730001

Elaborado por _____

Revisado por _____

Recibi Conforme _____

Sírvase pagar con cheque cruzado a nombre de **INDUSTRIA FERROMEDICA CÍA. LIMITADA**

SINGAÑA YUGCHA MELIDA GRISELDA * RUC. 0501581201001 * AUT. 5132 * DEL 0001501 AL 0001700 * 100X3 VALIDA SU EMISIÓN HASTA 22/ABRIL/2016

Original: Cliente / Tercero Copia: Emisor / 2da. Copia: Sin Valor Tributario

Fig. 60 Detalle del costo total de la silla

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Conclusiones

- Se identificó que el uso de la silla bipedestadora genera una mayor calidad de vida en el campo social, al permitir que la persona interactúe con los demás en forma bipedestación; o en el campo de la rehabilitación brindando grandes beneficios a la salud.
- El sistema de elevación con el actuador eléctrico favoreció el confort y la seguridad del usuario además de resultar óptimo en: facilidad de accionamiento, fuerza muscular, mantenimiento, instalación, accesibilidad económica y materiales en el mercado.
- Se elaboró un diseño y se verificó mediante cálculos y simulaciones que los elementos principales: chasis y mecanismo de elevación sometidos a carga soportan 1000 N y una deflexión máxima de 0.133mm que para efectos de manufactura es despreciable.

Recomendaciones

- La silla bipedestadora está diseñada para superficies planas, si se la utiliza en superficies inclinadas muy pronunciadas provoca inestabilidad y la seguridad del paciente se ve afectada.
- Un elemento que se puede adicionar en el diseño es el respaldo para el cuello que ayuda al soporte del cuello y permita mayor comodidad.
- No exceder el peso máximo que se ha establecido en el diseño de la silla bipedestadora, ya que provocará deformaciones en la estructura o elementos que son vitales para su funcionamiento.

Referencias

- Elementos de autosuficiencia. (2011). *Elementos de autosuficiencia*. Obtenido de Elementos de autosuficiencia: <http://www.arcesw.com/eas5.htm>
- Adaptado.es. (2015). *www.adaptado.es*. Obtenido de www.adaptado.es: <http://www.adaptado.es/lcev/>
- Alenka Terapeutas Ocupacionales . (2014). *Alenka Terapeutas Ocupacionales* . Obtenido de Alenka Terapeutas Ocupacionales : <http://alenkaterapeutasocupacionales.blogspot.com/>
- Cosmo Scooter. (2015). *Cosmo Scooter*. Obtenido de Cosmo Scooter: <http://www.cosmoscooter.com/index.php/es/venta-de-scooter-electricos-y-sillas-de-ruedas>
- Dewert. (2015). *www.dewert.de*. Obtenido de www.dewert.de: <http://www.dewert.de/productos/actuadores-lineales/productos/megamat-2>
- Dipac. (2015). *www.dipacmanta.com*. Obtenido de www.dipacmanta.com.
- DriveMedical. (2015). *DriveMedical*. Obtenido de DriveMedical: <http://www.drivemedical.com/index.php/balanced-aire-adjustable-cushion-1552.html>
- Easy Way . (2012). *Easy Way* . Obtenido de Easy Way : <http://easy-way.es/movilidad-productos/silla-de-ruedas-plegable-315mm-modelo-x3-2/>
- Ecured. (8 de Mayo de 2012). *www.ecured.cu*. Obtenido de www.ecured.cu: http://www.ecured.cu/index.php/Silla_de_ruedas
- Extrudal . (2014). *www.extrudal.com*. Obtenido de www.extrudal.com: <http://www.extrudal.com/cat1.pdf>
- Frabicalo.net. (2012). *Frabicalo.net*. Obtenido de Frabicalo.net: <http://frabicalo.net/index.php/como-se-fabrican-los-tubos-de-acero/>
- Galán Vera, M. M. (2010). *Análisis cinemático de sistema mecánico con control giroscopio para ascenso y descenso de escaleras en una silla de ruedas*. México, México , México: Instituto Politécnico Nacional.
- Gonzales Polo , A., & Martinez Barranco , E. (2014). *Silla para asistencia en la higiene de personas con discapacidad* . Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña .
- Grainger. (2015). *Grainger.com*. Obtenido de Grainger.com: <http://www.grainger.com.mx/Todas-las-Categor%C3%ADas-de-productos/Taller-Automotr%C3%ADz-y-Mantenimiento-de-Flotilla/Equipos-de-Elevaci%C3%B3n-Automotriz/Gatos-de-Servicio/Gato-Mec%C3%A1nico%2CElevaci%C3%B3n-1-tonelada/p/6AGM7>

- Marketing Sunrise Medical . (2015). *Marketing Sunrise Medical* . Obtenido de Marketing Sunrise Medical :
http://marketing.sunrisemedical.com/education_es/formacion1.html
- marketing.sunrisemedical.com. (2012). *marketing.sunrisemedical.com*. Obtenido de marketing.sunrisemedical.com:
http://marketing.sunrisemedical.com/education_es/formacion4.html
- Medilandia. (2015). Obtenido de <http://www.medilandia.com.mx/-p-421.html>
- Ministerio de Salud Pública . (2015). *Ministerio de Salud Pública* . Obtenido de <https://public.tableau.com/profile/javier.gaona#!/vizhome/DICAPACIDADESECUADOR/Discapacidades>
- Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad de España. (2011). *Guía Descriptiva de Ortoprésis*. Madrid: Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad.
- Mondelo , P. (2013). *Ergonomía* . Barcelona: Ediciones UPC.
- Mondelo, P. R., Torada, E. G., Busquets, J., & Bombardó, P. (2000). *Diseño de puestos y espacios de trabajo* . Barcelona: Alfaomega.
- Motor h2. (2015). *Motor h2*. Obtenido de Motor h2:
<http://www.motordehidrogeno.net/silla-de-ruedas-hibrida>
- Oracing. (2015). *Oracing*. Obtenido de Oracing:
<http://www.oracing.es/index.php?route=product/category&path=25>
- Ortopedia Plaza . (2015). *Ortopedia Plaza* . Obtenido de Ortopedia Plaza :
<http://www.ortopediaplaza.com/esp/1172k-silla-bipedestadora-action-vertic.php?idseccion=289>
- Ortopedia Silvio . (2015). *www.ortopediasilvio.com*. Obtenido de www.ortopediasilvio.com: http://www.ortopediasilvio.com/es/sillas-de-ruedas-de-aluminio-plegables/41-silla-de-ruedas-plegable-breezy-300-ruedas-pequenas.html?content_only=1
- Ortosan . (2015). *ortosan.es*. Obtenido de ortosan.es: <http://ortosan.es/accesorios-sillasruedas/71002570-reposabrazos-para-sillas-breezy-100.html>
- Ortosoluciones . (2015). *Ortosoluciones* . Obtenido de Ortosoluciones :
<http://www.ortosoluciones.com/ninos-discapacitados/sillas-autopropulsables-para-ninos.html>
- Ortoweb. (2015). *Ortoweb*. Obtenido de Ortoweb:
<https://www.ortoweb.com/movilidad/sillas-de-ruedas-electricas>
- Power packer. (2014). *Power packer*. Obtenido de Power packer:
<http://www.powerpackerus.com/portfolio-item/mk5/>

- Quirumed . (2015). *Quirumed* . Obtenido de Quirumed :
<http://www.quirumed.com/es/silla-de-ruedas-plegable-de-acero-cromado-ruedas-traseras-macizas.html>
- Rovira, E. (2003). *Libro blanco de la accesibilidad* . Barcelona : Ediciones UPC.
- Silla de ruedas.es. (2015). *Silla de ruedas.es*. Obtenido de Silla de ruedas.es:
<http://www.sillasderuedas.es/SILLAS-ULTRALIGERAS>
- Su Ortopedia . (2010). *www.suortopedia.com*. Obtenido de www.suortopedia.com:
<http://www.suortopedia.com/silla-de-ruedas-plegable-breezy-90>
- Sunrise Medical . (2015). *www.sunrisemedical.es*. Obtenido de www.sunrisemedical.es:
<http://www.sunrisemedical.es/productos/jay/respaldos/respaldo-jay3-carbono>
- Universal Laboratory. (2012). Obtenido de
<http://universallaboratoryllc.com/MedicalEquipment.html>

Anexos

Catálogo de Aluminio



ALEACIONES Y TEMPLES

Aleaciones y sus Temple en el proceso de extrusión.

Propiedades Mecánicas (Valores Típicos)

Aleación Temple	Densidad gr/cm ³	Carga de Rotura Kg/mm ²	Límite Elástico Kg/mm ²	Alargamiento % en muestra de 50 mm.	Conductividad % IACS	Módulo de Elasticidad Kg/mm ² x 10 ⁴
1100 - F	2,71	8,0	4,0	40	59	7,0
1350 - H111	2,71	6,5	3,0	25	62	7,0
6061 - T4	2,71	23,0	13,5	22	40	7,0
T6		29,5	26,0	12	43	
6063 - T4	2,71	17,5	9,0	22	55	7,0
T5		19,0	15,0	12		
T6		24,5	22,0	12		
6005 - T5	2,71	29,0	26,0	10	49	7,0
6101 - T6	2,71	22,5	19,5	14	56	7,0
6463 - T5	2,71	19,0	15,0	12	55	7,0
T6		24,5	22,0	12	53	

Los Temple en extrusión se denominan con la letra "T" seguida de un dígito. Los Temple más usados en extrusión son:

T - Se aplican a los productos cuyas propiedades mecánicas se obtiene mediante tratamiento térmico. Esta letra se coloca después de la nomenclatura de la aleación de aluminio. El número indica el tratamiento térmico específico y siempre se coloca después de la "T".

T4 - Enfriamiento por aire después de extruir y envejecimiento natural. Las propiedades mecánicas en este temple son inestables.

T5 - Enfriamiento por aire después de extruir y envejecimiento artificial.

T6 - Enfriamiento por agua después de extruir y envejecimiento artificial.

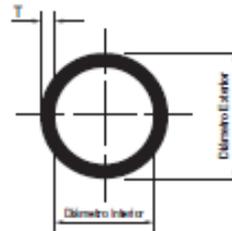
NOTA: Los Temple "F" para la aleación 1100 y H111 para la aleación 1350 representan: como extruido y estirado 1 - 3%.

WWW.EXTRUDAL.COM

Anexo 1 Propiedades mecánicas del aluminio

Fuente: (Extrudal , 2014)

TUBOS REDONDOS



Aleación: 6063
Temple: T5
Largo Normal: 6.10 Mts.

MATRIZ	Dimensiones en Milímetros			Dimensiones en Pulgadas			PESO Kg./m.	PESO Kg./Pza.	FACTOR	D. C. C. mm.
	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor Pared "T"	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor Pared "T"				
N 2918	9,52	7,32	1,10	3/8	0,288	0,043	0,079	0,482	39	10
N 1131	9,52	6,52	1,50	3/8	0,257	0,059	0,103	0,628	28	10
N 1801	9,52	5,20	2,16	3/8	0,205	0,085	0,135	0,824	20	10
N 1906	12,00	9,00	1,50	0,472	0,354	0,059	0,134	0,817	29	12
N 1132	12,70	10,50	1,10	1/2	0,414	0,043	0,108	0,659	40	13
N 1133	12,70	10,10	1,30	1/2	0,398	0,051	0,126	0,769	33	13
N 1800	12,70	8,12	2,29	1/2	0,320	0,090	0,203	1,238	19	13
N 1134	15,88	13,27	1,30	5/8	0,522	0,051	0,161	0,982	33	16
N 1799	15,88	10,40	2,74	5/8	0,409	0,108	0,306	1,866	16	16
N 2956	16,50	12,50	2,00	0,650	0,492	0,079	0,247	1,507	22	17
N 2957	19,00	15,00	2,00	0,748	0,591	0,079	0,289	1,763	22	19
N 1135	19,05	16,45	1,30	3/4	0,648	0,051	0,196	1,196	33	19
N 1136	22,22	19,62	1,30	7/8	0,772	0,051	0,232	1,415	33	22
N 3443	22,22	18,22	2,00	7/8	0,717	0,079	0,344	2,098	22	22
N 1862	22,80	21,00	0,90	0,898	0,827	0,035	0,168	1,025	48	23
N 2958	23,00	19,00	2,00	0,905	0,748	0,079	0,358	2,184	22	23
N 3024	25,40	23,11	1,14	1	0,910	0,045	0,236	1,440	38	25
N 1137	25,40	23,20	1,10	1	0,914	0,043	0,228	1,391	40	25
N 2125	25,40	23,38	1,02	1	0,920	0,040	0,210	1,281	43	25
N 1786	25,40	22,60	1,40	1	0,890	0,055	0,286	1,745	31	25
N 1709	25,40	22,40	1,50	1	0,882	0,059	0,305	1,861	29	25
N 1138	25,40	22,26	1,57	1	0,876	0,062	0,319	1,946	28	25
N 3448	25,40	21,40	2,00	1	0,843	0,079	0,398	2,428	22	25
N 1891	25,40	18,50	3,45	1	0,728	0,136	0,645	3,935	12	25
N 2126	31,75	29,15	1,30	1 1/4	1,148	0,051	0,337	2,056	33	32
N 2717	31,75	28,75	1,50	1 1/4	1,132	0,059	0,386	2,355	29	32

Anexo 2 Propiedades mecánicas del aluminio

Fuente: (Extrudal , 2014)

Acero Inoxidable

TUBO REDONDO EN ACERO INOXIDABLE

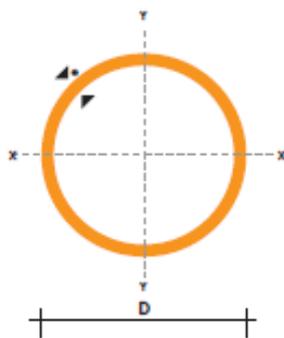
Especificaciones Generales

Norma	AISI 304
Largo Normal	6 mts.
Otros largos	previas consulta
dimensiones	Desde 5/8" a 2 7/8"
Espesor	Desde 0,8 mm a 2,0 mm



NOMENCLATURA

A=	Area de la sección transversal del tubo, cm ²
I=	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W=	Módulo resistente de la sección, cm ³
i=	Radio de giro de la sección cm



DIÁMETRO EXTERIOR (D)	ESPESOR		PESO		PROPIEDADES		
	e	P	A	I	W	i	
Pulg	mm	mm	kg/6m	cm	cm ⁴	cm ³	cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	1.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

Anexo 3 Características del Acero inoxidable

Fuente: (Dipac, 2015)

Acero ASTM A36

TUBO MECANICO REDONDO

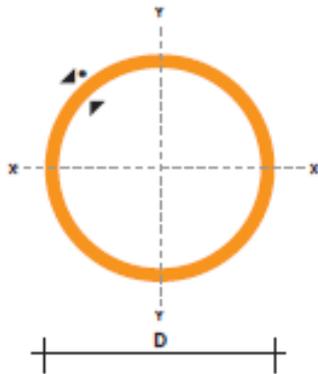
Especificaciones Generales

Norma	ASTM A 513
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo Normal	6 mts
Otros largos dimensiones	Previa consulta
Esesor	Desde 0,6 mm a 1,5 mm



NOMENCLATURA

- A**= Area de la selección transversal del tubo, cm²
- I**= Momento de inercia de la sección, cm⁴
- W**= Módulo resistente de la sección, cm³
- I**= Radio de giro de la sección cm



DIAMETRO EXTERIOR (D)	ESPESOR		PESO		PROPIEDADES		
	Pulg	mm	e	P	A	I	W
			mm	kg/6m	cm	cm ⁴	cm ³
1/2	12.70	0.60	1.14	0.23	0.04	0.07	0.43
		0.75	1.44	0.28	0.05	0.08	0.42
		0.95	1.86	0.35	0.06	0.09	0.41
		1.10	2.10	0.40	0.07	0.11	0.41
		1.50	2.82	0.53	0.08	0.13	0.39
5/8	15.88	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

Anexo 4 Características y propiedades del acero ASTM A36

Fuente (Dipac, 2015)

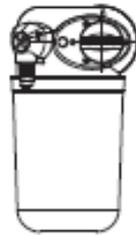
Motor Eléctrico

MEGAMAT 2

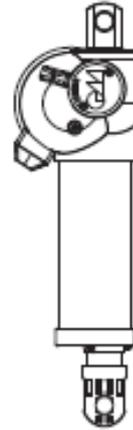
Page 6/7 - stand of 09/2015



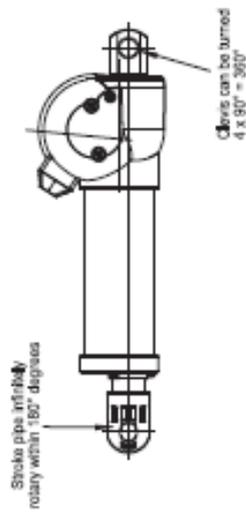
Side view



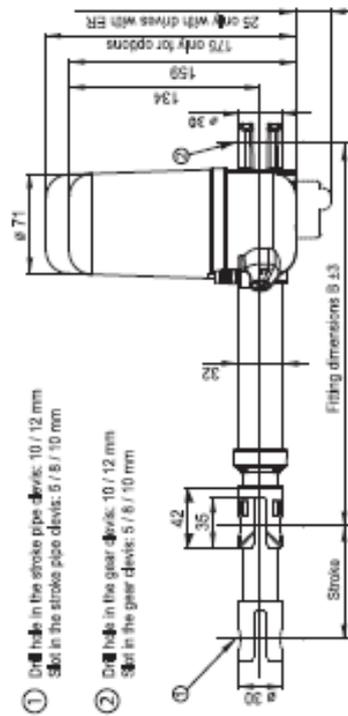
Mechanical retracting function



Front view



Top view



Datos de rendimiento	
Carga de ajuste	máx. 6000 N empuje máx. 3000 N tracción
Velocidad de ajuste ¹	máx. 28 mm/s
Longitud de carrera	máx. 425 mm
Longitud de montaje (B)	mín. 163 mm + carrera
Ciclo de operación	2/18 min. o bien 10%, máx. 5 ciclos de conexión por minuto
Voltaje del motor	motores de corriente continua de 24 V exentos de mantenimiento
Componentes	
Desconexión por final de carrera	mediante microinterruptor
Anclaje en el vástago	taladro: 10/12 mm ranura: 5/8/10 mm
Anclaje en el motor	giratorio (4 x 90°) taladro: 10/12 mm ranura: 5/8/10 mm
Vástago	aluminio puede girarse de forma progresiva
Perfil guía	aluminio sin tratamiento
Color de carcasa	negro RAL 9005, gris claro RAL 7035
Cable de conexión del motor	gris, espiral, 455 mm, enchufe LSP, PVC gris, espiral, 160 mm, enchufe LSP, PVC negro, espiral, 455 mm, enchufe LSP, PVC gris, liso, 1660 mm, enchufe LSP, PVC, UL negro, liso, 550 mm, enchufe DIN 8 polos, PVC
Más datos	
Controles anclados al actuador	MCL II
Tipo de protección	máx. IPX6
Clase de protección	III
Humedad relativa	30% - 75%
Temperatura ambiente	+10°C - +40°C
Tipo de control	control directo
Componentes	
Detección de posición	transmisor Hall
Anclaje	anclaje en el vástago de fundición inyectada de zinc adaptador en el anclaje de fundición inyectada de zinc anclaje en el motor de fundición inyectada de zinc
Vástago	aluminio anodizado, acero con revestimiento de pintura en polvo

Anexo 5 Características técnicas del motor eléctrico

Fuente: (Dewert, 2015)

Anexo 6

Cojín de Aire

CODIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
 <p data-bbox="196 1317 304 1350">8047-18</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El cojín ajustable Equilibrado Aire es nuestro colchón gestión de la presión de primer nivel. • Ofrecer posicionamiento dinámico, la estabilidad sin igual y un nivel básico de prevención de úlceras por presión. •, células de aire independientes interconectados flexibles permiten una profunda inmersión en el cojín. • redistribución de la presión óptima ayuda a aumentar el flujo sanguíneo necesario para el mantenimiento del tejido sano. •, cubierta de estiramiento bajo cizallamiento resistente al agua con correas de fijación ajustables y fondo antideslizante para asegurar el cojín para la silla de ruedas. • Bomba manual para ajustar los amortiguadores a la comodidad del paciente individual. <p data-bbox="550 1205 1214 1272">Medidas 16” de ancho por 16” de largo y por 2” de grosor.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantía de un año por daños de fabricación limitada. ▪ Capacidad 300 libras. ▪ Procedencia EEUU ▪ Marca DRIVE MEDICAL ▪ Fabricado en Taiwan/China 	<p data-bbox="1273 931 1366 965">258,70</p>

Fuente: (DriveMedical, 2015)

Solicitud para tomar mediciones en el centro de rehabilitación CRIE1 Conocoto

Quito, D.M., 16 de junio de 2015

Estimado
Dr. Marcelo Álvarez
Director Centro de Rehabilitación

Presente

Reciba un cordial saludo de quienes conformamos la Universidad Politécnica Salesiana, deseándole éxitos en sus funciones.

Como es de su conocimiento dentro de la formación de pregrado de los futuros Ingenieros Mecánicos, se considera muy importante la realización de actividades de investigación.

Los estudiantes bajo mi dirección, están desarrollando las temáticas de "Diseño y construcción de una silla bipedestadora para una persona de movilidad restringida en sus extremidades inferiores" y "Análisis biomecánico de una persona de movilidad restringida en sus extremidades inferiores en el uso de una silla bipedestadora"

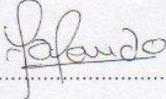
Es de nuestro interés que esta investigación se pueda desarrollar con los adultos que asisten al Centro de Rehabilitación que usted dirige, para que los estudiantes realicen la recolección de datos antropométricos de una determinada muestra de personas.
Es importante señalar que esta actividad no conlleva ningún gasto para su institución y que se tomarán los resguardos necesarios para no interferir con el normal funcionamiento de las actividades propias del centro.

De igual manera, debemos enfatizar en que se tendrá la presencia de un profesional en el área de las mediciones antropométricas, que estará en todo tiempo con los estudiantes.

Los alumnos que llevarían a cabo esta actividad son:

Barbero Palacios Jhonny Israel: C.I 172424810-7
Flores Mugmal Tatiana Gabriela: C.I 172183405-7
Ortega Bustamante Luis Alexis: C.I 040173463-7

Sin otro particular y esperando una buena acogida, se despide atentamente.


Ing. Fabio Obando
C.I 170798216-9
Tutor de Proyecto Técnico e Investigación de Titulación
Móvil: 0992941152/ Correo electrónico: fobando@ups.edu.ec





CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
Campus: Kennedy, Rafael Bustamante N450 y G. Zaldumbide • IPT: 396 2800 / 396 2900
Ext. 2406 • Teléfono Directo 396 2914 • Fax: 396 2920 • E-mail: wdiaz@ups.edu.ec

Anexo 7 Solicitud de autorización para relizar informe técnico de medidas antropométricas

Elaborado por: J. Barbero y L. Ortega, 2015

Consentimiento informado firmado por pacientes

Celular: 0983923614

✓ Ortega Bustamante Luis Alexis

Correo electrónico: luigiortega52@gmail.com

Celular: 0984114423

✓ Ing. Fabio Obando

Correo electrónico: fobando@ups.edu.ec

Celular: 0992941152

Esta propuesta ha sido evaluada y aprobada primeramente por el Dr. Marcelo Álvarez, Director del Centro de Rehabilitación INFA, con el apoyo del área de Recurso Humanos y el Departamento de Rehabilitación, y cuya tarea es asegurarse de que a los participantes se les protegerá de daños.

PARTE II:

❖ **Formulario de Consentimiento**

He sido invitado para ser participe en una investigación sobre una silla bipedestadora.

Entiendo que ello significa que un especialista tome medidas del cuerpo humano con un tiempo estimado de 1 hora.

He sido informado de que no existen riesgos, ya que no se administrara ningún tipo de medicina. Soy consciente de que puede que no haya beneficio personal para mí.

Se me ha proporcionado el nombre de cuatro investigadores que puede ser contactados fácilmente usando el número que se me dio.

He leído la información proporcionada, he tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente.

Consiento voluntariamente a participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme del estudio en cualquier momento sin que afecte de ninguna forma mi atención médica.

Fecha: Quito, D.M., 18 de junio de 2015

Nombre del Participante:.....*Guillermo Alloca*.....

Firma del Participante:.....*[Firma]*.....

67
Amporacio Derodro

Anexo 7 Consentimiento informado firmado por todos los pacientes

Elaborado por: J. Barbero L Ortega, 2015