



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

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

TEMA

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA BASE ESTABILIZADORA MOVIL
DEL BIPEDESTADOR”**

AUTOR: Roberto Aulestia Rueda

DIRECTOR: Ing. Diego Ortiz

Ibarra – Ecuador

2017



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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003268503		
APELLIDOS Y NOMBRES:	AULESTIA RUEDA ROBERTO		
DIRECCIÓN:	IBARRA: SECTOR HUERTOS FAMILIARES		
EMAIL:	roberto8aulestia@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062-645-410	TELÉFONO MOVIL:	0995881177

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA BASE ESTABILIZADORA MOVIL DEL BIPEDESTADOR
AUTOR:	ROBERTO AULESTIA RUEDA
FECHA:	

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

Firma: _____

Nombre: Roberto Aulestia Rueda
Cédula: 1003268503
Ibarra, Julio 2017

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

iii

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Roberto Aulestia Rueda, con cédula de identidad Nro. 1003268503, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

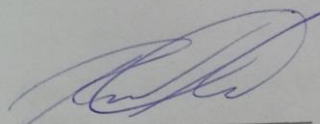
3. CONSTANCIA

iv

3. CONSTANCIAS

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

EL AUTOR:



Roberto Aulestia Rueda


1003268503

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

v

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

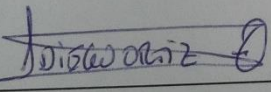


CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

CERTIFICO QUE:

Que la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica con el tema: **CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA BASE ESTABILIZADORA MOVIL DEL BIPEDESTADOR**, ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por el Sr. Roberto Aulestia Rueda, con cédula de identidad: 1003268503, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

Atentamente



Ing. Diego Ortiz

DIRECTOR DEL PROYECTO

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



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

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

Yo, Roberto Aulestia Rueda, con Cédula de identidad Nro. 1003268503, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: Construcción de una Plataforma Base Estabilizadora Móvil del Bipedestador, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'R. Aulestia Rueda', written over a horizontal line.

Nombre: Roberto Aulestia Rueda

Cédula: 1003268503

Ibarra, Julio 2017

DEDICATORIA

Dedico de manera muy especial a mis padres por ser un puntal fundamental en el desarrollo de este proyecto en mi carrera profesional, que supieron apoyarme en los momentos buenos y malos que sucedieron en el transcurso de esta etapa de mi vida, también a mis hermanos por el apoyo incondicional que me brindaron durante este camino, y a Dios por darme la fuerza, sabiduría y paciencia necesaria para conseguir una meta más en mi vida.

Roberto Aulestia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Maritza y Marco, a mis hermanos, por el apoyo, fuerza, sacrificio y constancia que supieron impartirme en este camino, por enseñarme el don de superación y humildad, dones que hoy dan frutos al culminar una etapa importante y darles una alegría al triunfo conseguido gracias a ellos.

También hago llegar un agradecimiento al personal administrativo por su apoyo, humildad, confianza que nos da; a los docentes por sus conocimientos impartidos y a mis compañeros que estuvieron al pendiente del desarrollo de este proyecto para la obtención de este título.

Roberto Aulestia

RESUMEN

En el Ecuador, el 12,41% de la población total presenta algún grado de discapacidad, siendo las físicas o motoras las de mayor predominio. Esto implica que los pacientes poseen una alta dependencia social y económica y muchas veces se convierten en una carga económica para el Estado. En el afán de mejorar la calidad de vida de las personas con paraplejía, se presenta una propuesta de un prototipo bipedestador móvil, con la finalidad de transportar individuos con discapacidad física de manera segura tanto en superficies planas como en rampas estandarizadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

El prototipo al desplazarse por una superficie inclinada, logra la estabilización de forma manual, de tal manera que el usuario obtiene el equilibrio requerido. En consecuencia los resultados obtenidos en superficies poco accidentadas fueron satisfactorias logrando inclinaciones de hasta 8%.

ABSTRACT

In Ecuador, 12.41% of the total population present a degree of disability, being the physical or motor of the main predominant. This implies that these patients have a high social and economic dependence and often become an economic burden for the State. In order to improve the quality of life of people with paraplegia, a proposal is presented for a mobile standing machine prototype, which has the purpose of transporting people safely on flat surfaces and standardized ramps by the Ecuadorian Institute of Normalization.

When the prototype on a sloping surface, it achieves the stabilization manually, the user obtains the required balance. Consequently, the results obtained on uneven surfaces were satisfactory, obtaining inclinations of up to 8%.

Contenido

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	iii
CONSTANCIA	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	v
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I	1
1. EL PROBLEMA	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación	3
1.5. Alcance y Limitaciones	4
1.6. Antecedentes	4
2. PARÁMETROS	6
2.2. Accesibilidad de las personas al entorno, edificios y rampas fijas	6
2.3. Tipos de actuadores	9
2.4. Parámetros de Control de la Dirección del Prototipo	9
CAPÍTULO III	12
3. METODOLOGÍA	12
3.1. Métodos de Investigación	12
3.2. Fuentes Bibliográficas	12
3.2. Generación de Bocetos	12
3.3. Selección de los Materiales	12
3.4. Análisis de Cargas	13
3.5. Ensamblaje del mecanismo	13
CAPÍTULO IV	14
4. RESULTADOS	14
4.1. Dimensionamiento de la plataforma base estabilizadora móvil	14

4.2. Plataforma base estabilizadora móvil del bipedestador.	15
4.2.1. Análisis de la plataforma base estabilizadora móvil y diseño en CAD.	15
4.3. Adquisición De Materiales	27
4.3.1. Selección De Materiales.	27
4.3.2. Selección del motor.	28
4.3.3. Descripción del Actuador para la Estabilización.	29
4.3.4. Selección De Baterías	31
4.4. Construcción:	31
4.4.1. Manufactura plataforma.	31
4.4.2. Implementación de los motores.	32
4.4.3. Ensamblaje.	33
CAPÍTULO V	35
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
5.1 Realización y análisis de pruebas de funcionamiento.	35
CAPITULO VI	36
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
6.1. Conclusiones.	36
6.2. Recomendaciones.	37
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	40
PLANOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rangos de pendientes longitudinales	9
Figura 2. Rampa de entrada a un edificio.....	9
Figura 3. Vista del chasis con sus bases.....	14
Figura 4. Visualización Plataforma Base	14
Figura 5. Fuerzas y Apoyos.....	15
Figura 6. DCL Soporte Gata	15
Figura 7. Simulación Viga empotrada en los extremos	16
Figura 8. Simulación Viga empotrada en los extremos	17
Figura 9 Estructura Viga	18
Figura 10. Diagrama de Cuerpo libre.....	18
Figura 11. Diagrama de momento.....	19
Figura 12. Simulación viga chasis.....	20
Figura 13. Visualización barra delantera.....	21
Figura 14. DCL barra delantera.....	21
Figura 15. Visualización Frontal del pivote	22
Figura 16. DCL Pivote	22
Figura 17. Simulación pivote factor seguridad	23
Figura 18. Visualización frontal.....	23
Figura 19. DCL Perfil C (oreja)	23
Figura 20. Simulación perfil C factor seguridad	24
Figura 21 Visualización parte trasera extremo.....	24
Figura 22. DCL Platina	25
Figura 23. Simulación Platina factor de seguridad	25
Figura 24. Simulación toda la estructura.....	26

Figura 25. DCL cálculo motor tracción	28
Figura 26. DCL cálculo motor dirección	29
Figura 27. Incorporación motor	32
Figura 28. Motor Dirección.....	33
Figura 29. Unión dirección – chasis.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dispositivos existentes en el mercado.....	8
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los actuadores.....	10
Tabla 3. Características Puntuales.....	11
Tabla 4. Descripción Ángulo Camber y Cáster.....	11
Tabla 5. Resultados viga empotrada	17
Tabla 6 Comparativa entre acero y aluminio	27
Tabla 7. Designación de rodamientos	30
Tabla 8. Cuadro Comparativo Baterías	31
Tabla 9. Falencias y Sugerencias	35

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Momento en los Extremos.....	16
Ecuación 2 Deflexión máxima	16
Ecuación 3 Esfuerzo Flector	17
Ecuación 4 Factor de Seguridad.....	17
Ecuación 5. Inercia.....	19
Ecuación 6 Sección Polar.....	19
Ecuación 7 Ciclo de vida (L10).....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Propiedades de los Aceros Estructurales	41
Anexo 2 Dimensiones de silla de ruedas.....	42
Anexo 3 Valores orientativos de vida Nominal – Catálogo SKF	43
Anexo 4 Catálogo de tuberías DIPAC	44
Anexo 5 Catálogo de tuberías DIPAC	45
Anexo 6 Ángulo Camber o de Caída	46
Anexo 7 Ángulo Caster o de Avance	46
Anexo 8 Catálogo SKF Rodamientos	47
Anexo 9 Chasis y bases.....	48
Anexo 10 Dirección Posterior.....	48
Anexo 11 Soporte llantas	49
Anexo 12 Incorporación dirección al chasis	49
Anexo 13 Visualización de Componente Trasero.....	50
Anexo 14 Visualización prototipo.....	50

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El gobierno ecuatoriano, para mejorar la calidad de vida de su población, ha establecido el Plan Nacional del Buen Vivir, para el cual se establecieron 12 Objetivos. Uno de ellos, Objetivo 3, establece que:

“Mejorar la calidad de vida de la población es un reto amplio que demanda la consolidación de los logros alcanzados en los últimos seis años y medio, mediante el fortalecimiento de políticas intersectoriales y la consolidación del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social”
(SENPLADES, 2013).

De acuerdo a la OMS - OPS, se estima que en el mundo existen entre 500 y 700 millones de personas con discapacidad, correspondientes al 12% de la población mundial. De ellas, casi 200 millones experimentan dificultades considerables en su motricidad (Organización Mundial de la Salud, 2011). En Ecuador existen 1.608.334 personas con algún tipo de discapacidad representando al 12,14%. Del total de las personas con discapacidad, los que presentan alguna disfunción física y/o motora corresponden a 36,76%, seguidas por las intelectuales con un 24,6% y las múltiples con 12,92%.

El Consejo Nacional para la Discapacidad (CONADIS) registra que se encuentran laborando 2.343 personas con discapacidad de las 9.758 existentes en la provincia de Imbabura. Esto es un indicio de que el grado de independencia en el desarrollo de sus actividades de la vida diaria es bajo (CONADIS, 2005).

En 2015, se realizó una reunión en la Asociación Civil Rompiendo Barreras, localizada en la ciudad de Ibarra, donde se plantearon las problemáticas existentes en las personas con paraplejía, obteniéndose como necesidad común, la falta de movilidad por las calles de la ciudad, así como la dependencia para las actividades de su vida instrumental. Adicionalmente, se evidenció que la totalidad de las personas presentan problemas fisiológicos por la permanencia en una silla de ruedas.

Es por ello que la presente investigación se inició observando las necesidades y debilidades que poseen las personas con discapacidad, con la finalidad de conocer su problemática.

Para ello, surge la necesidad de crear un nuevo medio de transporte para pacientes con paraplejía, que le permitan independencia en las actividades de la vida diaria instrumental, y a su vez mejorar su calidad de vida optimizando su capacidad funcional.

1.2. Formulación del problema

¿La creación de una plataforma base estabilizadora acoplada a una silla de bipedestación, que permita ascender y descender rampas normalizadas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización, permitirá a las personas con discapacidad mejorar su calidad de vida e independencia en su vida instrumental?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- ◆ Construir una plataforma base estabilizadora del prototipo bipedestador que servirá para las personas con paraplejía.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ◆ Determinar el grado de inclinación en rampas.
- ◆ Diseñar el sistema de la plataforma base móvil mediante software CAD.
- ◆ Construir la plataforma base estabilizadora móvil del prototipo bipedestador.
- ◆ Realizar pruebas, ajustes y optimización del prototipo en la población de estudio.

1.4. Justificación

Desde el punto de vista investigativo, la creación de una plataforma base estabilizadora sentó las bases para futuros trabajos; ya que, la creación de un aparato bipedestador que pueda movilizarse superando todo tipo de obstáculos, correspondería a un trabajo de innovación.

En el ámbito social, esta investigación proporcionó una solución para que las personas con discapacidad física (paraplejía) puedan sentirse incluidas en la sociedad; y adicionalmente, mejorar su calidad de vida e independencia en su vida instrumental.

Por otra parte, desde el punto de vista económico, la propuesta que se presentó ayuda al cambio de la matriz productiva del Ecuador, debido a que se proporciona un procedimiento para la construcción de una base estabilizadora para una silla de bipedestación, fabricado en un alto porcentaje con materiales encontrados en el país.

Adicionalmente, el costo de esta propuesta es un 50% menor a los comercializados en el extranjero, sin incluir los costos de importación.

1.5. Alcance y Limitaciones

Esta investigación tiene como finalidad la construcción de una plataforma base estabilizadora móvil que permitirá al prototipo ascender o descender rampas, bajo los siguientes parámetros de la máquina descritos a continuación:

Para el diseño y construcción de la plataforma base estabilizadora debe analizarse y establecer el grado de inclinación para la movilidad en rampas, según la normativa establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización. A partir de esta información se procedió a la observación del dimensionamiento de una silla de ruedas convencional y un escúter (*scooter*) para que la plataforma base estabilizadora no sea desproporcionada al momento del diseño. Adicionalmente, se estipula que el dispositivo debe soportar el peso máximo de una persona de 100 kg al momento de ascender o descender rampas.

Como limitaciones se pudo observar que no todas las rampas, en la ciudad de Ibarra, cumplen con la normativa establecida por el Servicio Ecuatoriano de Normalización, correspondientes a inclinación, ancho y curvatura para el acceso de sillas de ruedas. Por tal motivo, el diseño propuesto debe tener la capacidad de acceder pendientes superiores a las normalizadas, así como a las curvaturas respectivas.

1.6. Antecedentes

Para la creación de la Plataforma Base Estabilizadora Móvil se analizó los distintos tipos de bipedestadores y escúter (*scooter*), para tener en cuenta los diseños y así tener una idea clara del diseño para el prototipo, consecuentemente se procedió a investigar las diversas pendientes existentes y normalizadas por el Servicio

Ecuatoriano de Normalización, y así adicionalmente identificar el mejor sistema para el ascenso y descenso en las inclinaciones normalizadas, partiendo de ahí, se investigó los diversos actuadores existentes en el mercado, los cuales ayudarán a una estabilización y a regular la posición al momento de los movimientos de ascenso y descenso. Así logramos detallar los parámetros de diseño que se utilizaron en la creación del prototipo y obtener una idea global de lo que se realizó en toda esta investigación.

CAPÍTULO II

2. PARÁMETROS

2.1. Tipos de Bipedestadores en el mercado

Analizando los catálogos de las empresas Global Helthcare, Ortopedia Ortojosbel y Ortoweb, se encuentran un sinnúmero de sistemas de bipedestación los cuales se resumen en la tabla 1.

El modelo a seguir es el de una silla de ruedas eléctrica con bipedestación eléctrica en donde se adaptó un diseño de dirección eléctrica para el control del movimiento.



2.2. Accesibilidad de las personas al entorno, edificios y rampas fijas

En cuanto a la accesibilidad se trató de observar cómo influye tanto en el entorno, edificaciones y rampas para la movilidad o desplazamiento de las personas con paraplejía. Se entiende el desplazamiento en cualquier sitio, ya sea este en el interior o exterior pero de una forma segura.

Entonces la accesibilidad para personas con discapacidades se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria NTE INEN 2 245:2000 2000-02; en la cual se establece los rangos de las distintas pendientes y sus respectivos descansos entre dichas rampas como se lo observa en la (Figura 2.1).

El acceso a edificios es una estandarización donde se establece de una manera general la medida mínima de 90 cm de ancho y una pendiente que varía de 6% a 8%, como se observa en la figura 2. Estos datos se aplican para instituciones públicas y privadas, pues deben dar la facilidad a las personas con discapacidades para que circulen o trabajen en las mismas entidades, por ejemplo: bancarias, supermercados, restaurantes, centros comerciales, en espacios externos como parques y lugares de eventos al aire libre.

TABLA COMPARATIVA

TIPO	Ventajas	Desventajas	Precio(\$)
Silla de ruedas manual con Bipedestación Manual	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se transforma la misma silla de ruedas en un bipedestador. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Para la elevación de la bipedestación se lo hace manualmente. ◆ No posee un apoyador para mejorar la comodidad. 	 <p>7.000</p>
Silla de Ruedas manual con bipedestación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Se transforma la misma silla de ruedas en un bipedestador. ◆ La bipedestación es eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ No posee un apoyador para mejorar la comodidad. 	 <p>11.000</p>



<p>Silla de Ruedas eléctrica con bipedestación eléctrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Es totalmente eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tiempo de uso limitado. 		23.032
<p>Bipedestador eléctrico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ La elevación es eléctrica mediante un motor. ◆ Un dispositivo independiente de la silla de ruedas. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tiempo de uso limitado. ◆ Solo para superficies planas. ◆ Posibilidad de ascender o descender rampa muy limitada. 		7.000

Tabla 1. Dispositivos existentes en el mercado

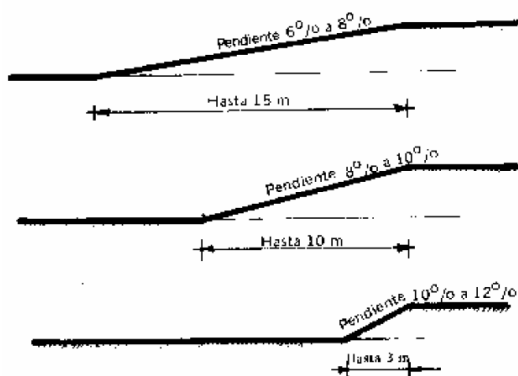


Figura 1. Rangos de pendientes longitudinales

Fuente: Instituto Ecuatoriano De Normalización

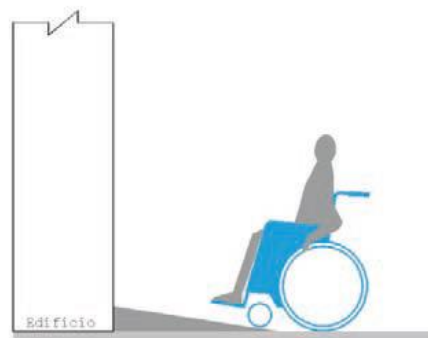


Figura 2. Rampa de entrada a un edificio

Fuente: Sonia Verswyvel. Una Ciudad Para Todos

2.3. Tipos de actuadores

Se examinó libros: SMC. (2003). *Neumática*, Sole. (2011). *Neumática e Hidráulica*, además sitios web como: (solorobotica, s.f.), (sistemasprogramablesunidad2, s.f.).

Donde se elaboró la tabla 2, que trata de las ventajas y desventajas de los actuadores que pueden ser utilizados en la incorporación de dicho trabajo.

Realizando un análisis de la tabla anterior, se consideró las siguientes características (Fuerza necesaria, Peso, Costo y dimensionamiento) dando como resultado la tabla 3.

Para este caso el actuador que se adecúa a las necesidades serán del tipo eléctrico-mecánico, el cual soportará el peso del diseño, además tendrá un espacio reducido y compacto.

2.4. Parámetros de Control de la Dirección del Prototipo

Para establecer los parámetros a considerar para el sistema motriz del control de la dirección son las indicadas en la tabla 4.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los actuadores

TIPOS DE ACTUADORES			
VENTAJAS			
HIDRÁULICOS	NEUMÁTICOS	ELÉCTRICOS	MECÁNICOS
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mayor exactitud. ◆ Soporta mayores cargas. ◆ Produce mayor fuerza. ◆ Rapidez en su respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Son robustos. ◆ Rapidez en su respuesta. ◆ Trabaja a velocidades altas y regulables. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Control de posición fácil. ◆ Accesibilidad a regulación de la velocidad. ◆ Alta precisión. ◆ Silenciosos 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Alta fiabilidad ◆ Mínimo mantenimiento ◆ Seguridad y precisión de posicionamiento.
DESVENTAJAS			
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Existencia de fugas al trabajar con altas presiones. ◆ Mantenimientos complejos periódicos. ◆ Ocupan gran espacio al momento de su instalación por sus diversos componentes. ◆ Alto costo de adquisición. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Dificultad en la instalación por sus respectivos complementos. ◆ Ruidoso. ◆ Ocupan gran espacio por los componentes a utilizar. ◆ Alto costo de adquisición 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Potencia limitada. ◆ Consumo de energía dependiendo del tiempo de trabajo. ◆ Espacio reducido, dependiendo del tipo de actuador. ◆ Costo de adquisición moderado 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Necesita fuerza humana para su funcionamiento. ◆ Espacio reducido ◆ Bajo costo de adquisición

Tabla 3. Características Puntuales

ACTUADOR HIDRÁULICO	ACTUADOR NEUMÁTICO	ACTUADOR ELECTRO- MECÁNICO
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Soportan diversas cargas y producen más fuerza que un neumático. ◆ Gran espacio por sus complementos. ◆ Alto costo de adquisición. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Soportan cargas hasta de 90 kg y no cumplen las limitaciones establecidas. ◆ Gran espacio por sus complementos. ◆ Alto costo de adquisición. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Soportan pesos hasta de 1 tonelada. ◆ Espacio reducido y compacto. ◆ Costo accesible para adquisición.

Tabla 4. Descripción Ángulo Camber y Cáster

Tipo de Ángulo	Descripción
Ángulo de Camber o de Caída	Es el ángulo de inclinación de las ruedas, puede ser tanto positivo como negativo (adherencia y menor desgaste en ruedas). El ángulo estará dado entre 5 o 10 grados. Ilustración en ANEXOS
Ángulo de Cáster o de Avance	Este ángulo nos ayuda a una mejor maniobrabilidad y estabilidad en velocidades lentas. El ángulo será dado entre 0 y 5 grados para que la dirección no se endurezca. Ilustración en ANEXOS.

Conservando estos parámetros el desgaste de las llantas estará sometido a parámetros normales.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Métodos de Investigación

Se manejó una metodología inductiva y experimental, debido a la fusión de dos dispositivos tanto escúter (*scooter*), como bipedestador para la generación de una nueva plataforma estabilizadora.

3.2. Fuentes Bibliográficas

Se observó catálogos concernientes a los tipos de escúter (*scooter*) y bipedestadores donde se visualizó su estructura, así como, la distribución de sus componentes electro-mecánicos y control electrónico. Con respecto a la inclinación de las rampas se utilizó el documento del Servicio Ecuatoriano de Normalización para observar las diversas inclinaciones establecidas.

3.2. Generación de Bocetos

Permitir un prototipo que cumpla con los requerimientos de las personas con paraplejía, en el que se consideró el peso del paciente, el posicionamiento de los diferentes elementos y condiciones de funcionamiento en comparación a los bipedestadores comerciales.

3.3. Selección de los Materiales

Los materiales a referirse para la construcción de la plataforma base estabilizadora móvil y existente en el mercado son: aluminio y acero, donde se analizó las características como: resistencia, peso y costo.

3.4. Análisis de Cargas

Utilizando el diagrama de cuerpo libre nos permitió identificar las cargas y reacciones de los principales elementos, lo que nos permitió obtener, el diámetro de la estructura o chasis, así como, las deflexiones en los soportes de las gatas eléctricas para la estabilización de la plataforma móvil. Posteriormente, se visualizó un diseño en el software SolidWorks.

3.5. Ensamblaje del mecanismo

Mediante la construcción de la estructura se procede a la incorporación de los motores tanto de tracción como de dirección, donde se procedió en la colocación de componentes de sujeción, igualmente el acoplamiento de la dirección. Por último, se colocó los actuadores de estabilización en sus respectivas bases.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Dimensionamiento de la plataforma base estabilizadora móvil.

El dimensionamiento del chasis tiene una medida de 950 mm de largo por 290 mm de ancho. El diseño de la figura 3, indica un chasis compuesto por dos tubos; además se observa tres bases de las cuales, se utilizó dos como bases de los actuadores para la estabilización y una como ayuda para la plataforma.

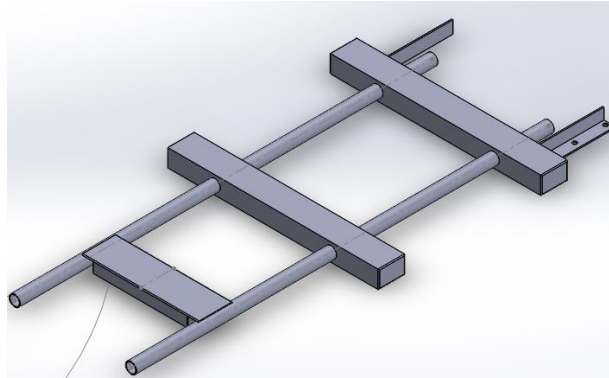


Figura 3. Vista del chasis con sus bases

De esta manera quedó delimitado el chasis de la plataforma móvil, así como la colocación de las bases para la estabilización.

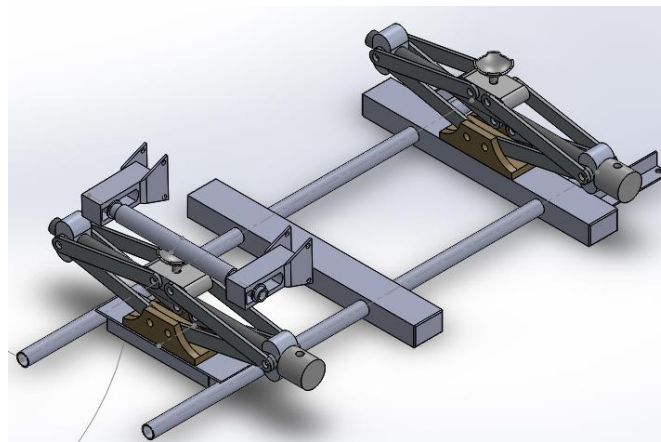


Figura 4. Visualización Plataforma Base

4.2. Plataforma base estabilizadora móvil del bipedestador.

4.2.1. Análisis de la plataforma base estabilizadora móvil y diseño en CAD.

Se realizó el respectivo análisis de la plataforma estabilizadora:

- ♦ Cálculo de la deflexión máxima en los soporte.
- ♦ Verificación del factor de seguridad del chasis.

Se procedió al cálculo de reacciones y momentos, con el peso de diseño de 80kg (784.532 N).

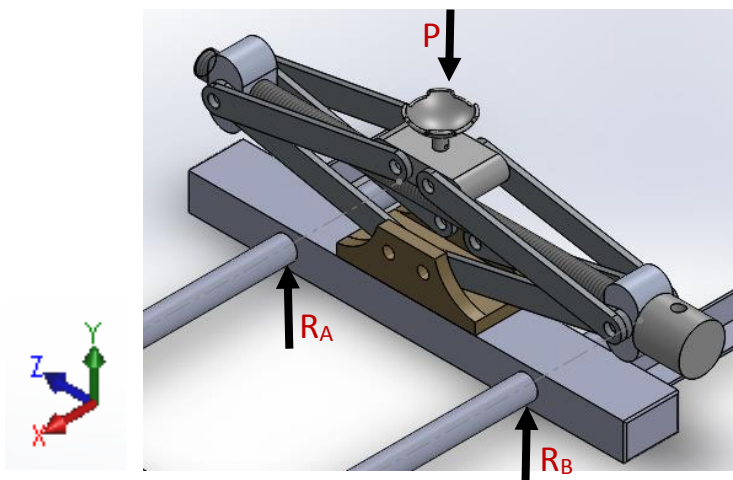


Figura 5. Fuerzas y Apoyos

En la figura 5 se observa el primer soporte de la estructura, el material considerado es un perfil de acero ASTM A500, tipo rectangular 40x60mm, espesor de 2mm y longitud 29 cm. Para el análisis de deflexión se utilizó el diagrama de cuerpo libre, expresado en la figura 6.

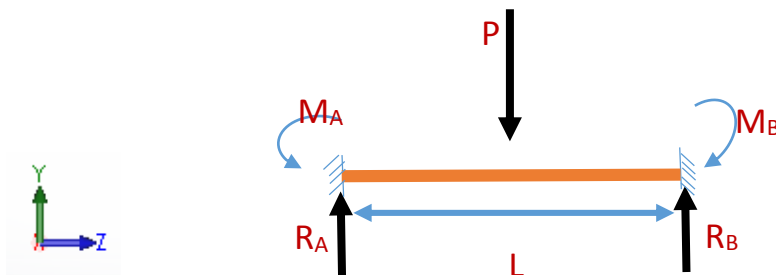


Figura 6. DCL Soporte Gata

Para el cálculo del momento en los extremos y de la deflexión máxima se utilizó las ecuaciones de la Tabla 7-2, (Pytel & Singer, 1994), vigas doblemente empotradas con diversos tipos de cargas.

$$P = 80\text{kgf} = 784.53\text{ N}$$

$$L = 29\text{cm} = 0.29\text{ m}$$

$$E = 200000\text{ MPa}$$

$$I = 9.81\text{cm}^4$$

$$R_{By} = 40\text{kgf} = 392.26\text{ N}$$

$$M_B = \frac{PL}{8} = 28.439\text{ Nm}$$

Ecuación 1 Momento en los Extremos

$$y_{max} = \frac{PL^3}{196EI} = 0.005\text{ mm}$$

Ecuación 2 Deflexión máxima

Para comprobar dichos resultados se procedió a la simulación utilizando software, con lo que se puede comprobar la deflexión máxima simulada y los valores calculados, son iguales, figura 7.

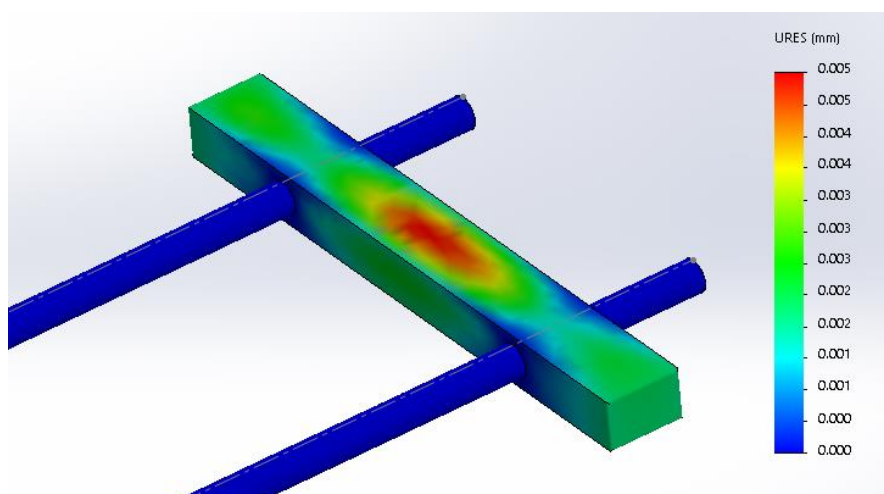


Figura 7. Simulación Viga empotrada en los extremos

El factor de seguridad para la estructura rectangular es el siguiente:

$$\sigma_f = \frac{M_B}{S_y} = 5.804 \text{ MPa}$$

Ecuación 3 Esfuerzo Flector

$$F_s = \frac{S_{ASTMA500}}{\sigma_f} = 49.9$$

Ecuación 4 Factor de Seguridad

Para el análisis de la viga delantera se utiliza el mismo procedimiento anterior, por ser doblemente empotrada y una carga de 80 kg. Para este caso se ha utilizado un perfil tipo C de acero ASTM A500, 40 x 60 mm y espesor de 2 mm, resumiendo los valores en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados viga empotrada

M_B	28.439 Nm
S_I	1.68 cm ³
S_{yA500}	290 MPa
σ_f	16.928 MPa
Y_{\max}	0.011
F_s	17.1

La simulación del análisis de deflexión se indica en la figura 8, comprobando que se obtuvo los mismos valores.

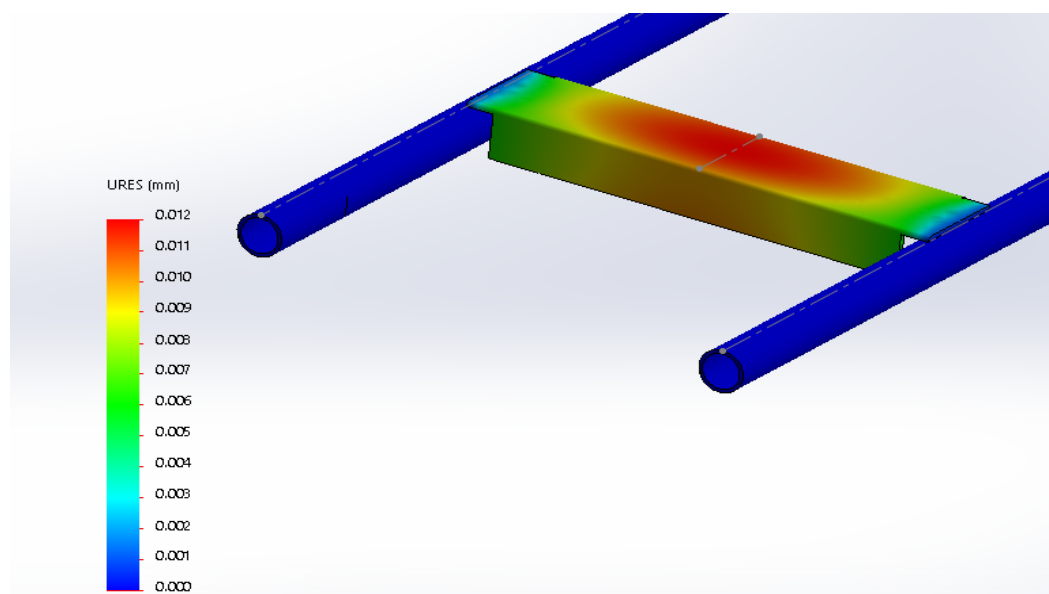


Figura 8. Simulación Viga empotrada en los extremos

Para el cálculo de la viga soporte del chasis se representa en la figura 9, lo que nos permitió obtener el diagrama de cuerpo libre en la figura 10.

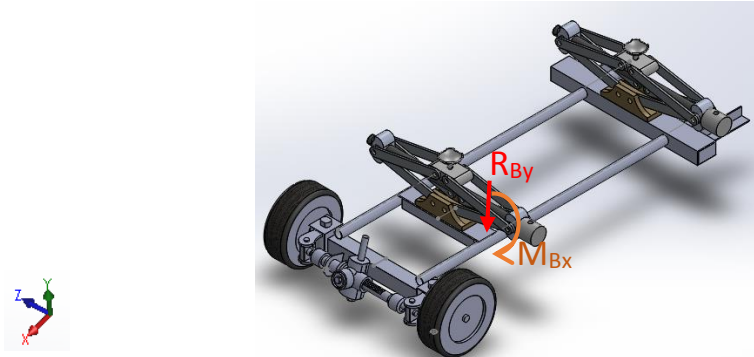


Figura 9 Estructura Viga

Para el análisis de la viga del chasis se realiza las siguientes consideraciones:

1. No se considera las fuerzas y momentos en la viga trasera por formar parte del soporte.
2. Se analizó como punto crítico con la fuerza y momento, al existir una distancia con la barra delantera.
3. Al ser una estructura simétrica se analizó un solo lado.

En la Figura 10, se representa el diagrama de cuerpo libre con las consideraciones antes mencionadas. Para su análisis se implementó un perfil redondo de acero ASTM A500, de diámetro 25,4 mm, espesor de 2 mm y una longitud de 95 cm.

$$R_{By}=40\text{kg} (392.26\text{N})$$

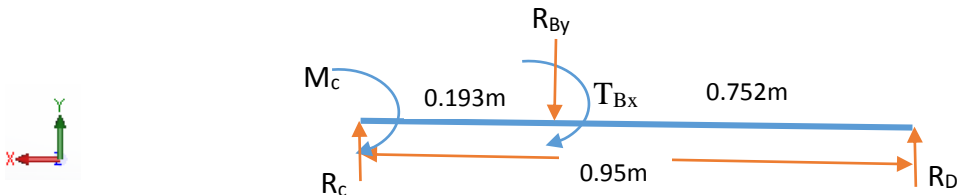


Figura 10. Diagrama de Cuerpo libre

Con el diagrama de cuerpo libre encontramos sus ecuaciones y también su diagrama de momento:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_C = 0$$

$$R_C + R_D - R_{By} = 0$$

$$R_D(0.95 \text{ m}) - R_{By}(0.193 \text{ m}) - T_{Bx} = 0$$

$$R_C + R_D = R_{By}$$

$$0.95R_D - 0.193R_{By} = T_{Bx}$$

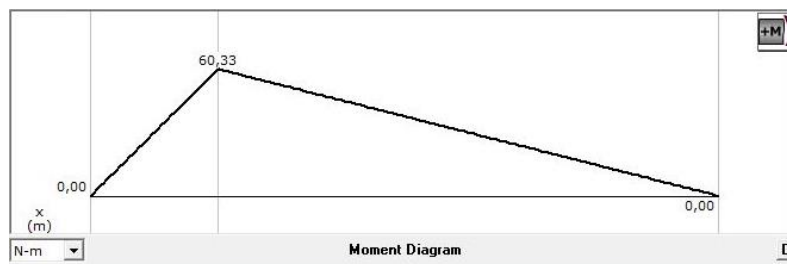


Figura 11. Diagrama de momento

Obteniendo los datos necesarios se procedió al análisis de momento torsor y de flexión para así encontrar su factor de seguridad.

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} = 1.143 \text{ cm}^4$$

Ecuación 5. Inercia

$$Z_P = \frac{J}{c} = 0.9 \text{ cm}^3$$

Ecuación 6 Sección Polar

Momento Torsor

$$T_{Bx} = 28.439 \text{ Nm}$$

$$\tau = \frac{T_{Bx}}{Z_P} = 31.603 \text{ MPa}$$

Momento De Flexión

$$M_f = 60.33 \text{ Nm}$$

$$I = 1.01 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M_f c}{I} = 75.86 \text{ MPa}$$

Esfuerzo De Von Mises

$$\sigma_{vonmises} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 93.548 \text{ MPa}$$

$$S_{yA500} = 290 \text{ MPa}$$

$$F_s = \frac{S_{yA500}}{\sigma_{vonmises}} = 3.3$$

La simulación del análisis del factor de seguridad se indica en la figura 12, comprobando que se obtuvo los mismos valores, en el punto crítico.

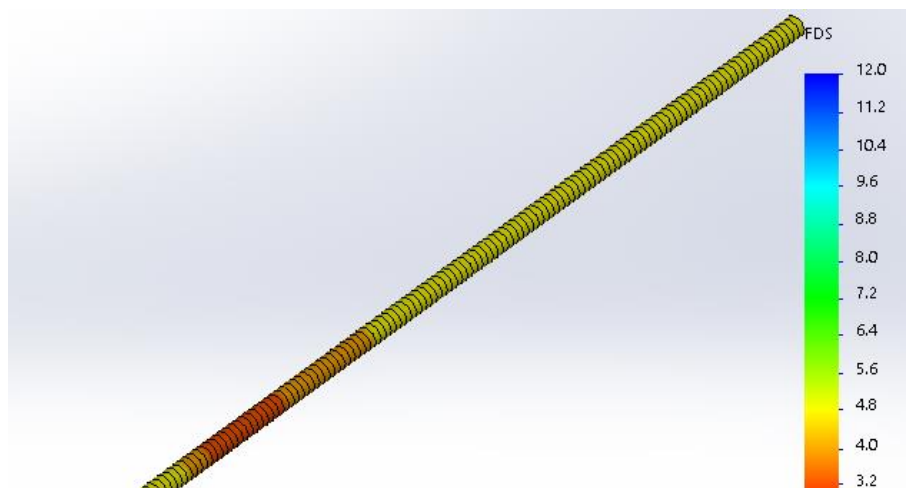


Figura 12. Simulación viga chasis

Como es un prototipo de análisis muchos elementos de la estructura presenta factores de seguridad elevados, se optimizaría el peso utilizando perfiles de menor espesor y diferente geometría, que al analizar su funcionalidad permitiría realizar mejoras.

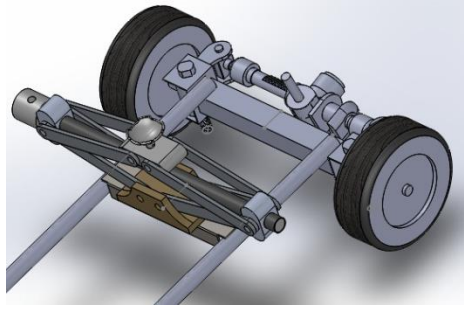


Figura 13. Visualización barra delantera

La barra delantera se indica en la figura 13, con lo que se obtuvo el diagrama de cuerpo libre, figura 13.

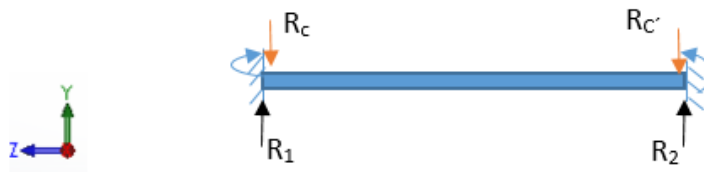


Figura 14. DCL barra delantera

Se concluyó que las cargas se encuentran en la punta de apoyo que trabajan a corte y flexión, por lo que no amerita cálculo sino se tiene que seleccionar en base a la geometría para la unión con los apoyos del pivote y manzana.

Se asumió un peso total del prototipo de 160 Kg., se distribuyó el peso a los cuatro apoyos que son las llantas, teniendo similitud en sus reacciones. Con esta aclaración se calculó el momento de flexión, para así comprobar el factor de seguridad tanto en el pivote como en la parte trasera de la estructura.

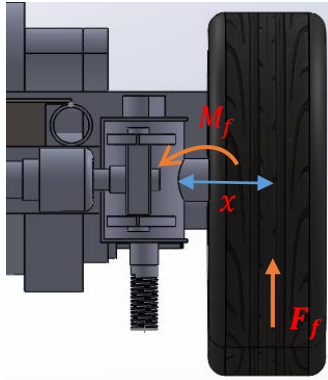


Figura 15. Visualización del pivote

En la figura 15 se observa el pivote el cual está sometido a carga, de donde se obtuvo el diagrama de cuerpo libre, figura 16, y se analizó el esfuerzo de flexión y su factor de seguridad. El pivote es un perno redondo de diámetro 15.87 mm, longitud 83 mm y de material ASTM A500.

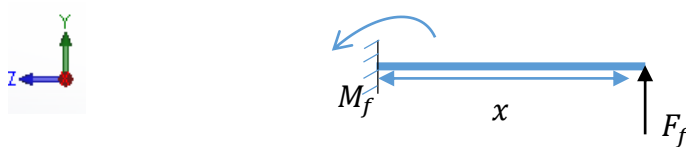


Figura 16. DCL Pivote

$$F_f = 40\text{kgf}$$

$$x = 83\text{mm}$$

$$d_{pi} = 15.87\text{mm}$$

$$M_f = F_f x = 32.56\text{ Nm}$$

$$\sigma_{fl} = \frac{32M_f}{\pi d_{pi}^3} = 82.8\text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo de Flexión}$$

$$F_{sp} = \frac{S_{yA500}}{\sigma_{fl}} = 3.6 \quad \text{Factor de Seguridad}$$

La simulación del análisis del factor de seguridad se indica en la figura 17, comprobando que se obtuvo los mismos valores, en el punto crítico.

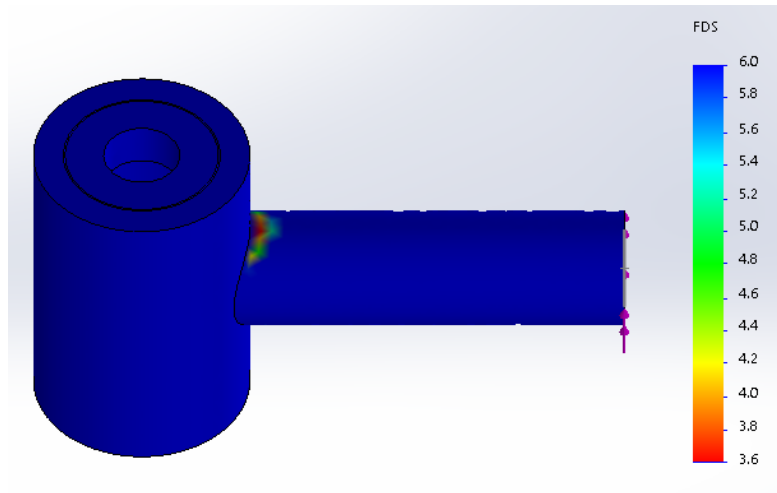


Figura 17. Simulación pivote factor seguridad

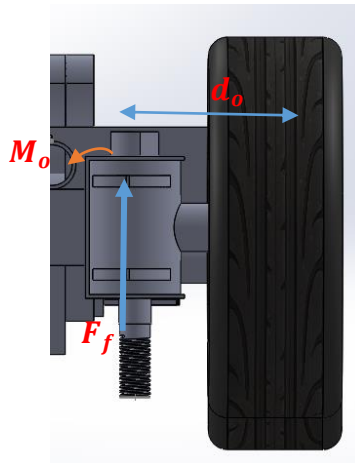


Figura 18. Visualización frontal soporte del pivote

En la figura 18, se observa el soporte del pivote y las cargas a las cuales está sometida. El diagrama de cuerpo libre equivalente se indica en la figura 19, con lo que se calculó el esfuerzo de flexión y el factor de seguridad. El material del soporte es un perfil tipo C, ASTM A500, 80 x 40 mm, espesor de 2 mm. La altura se encuentra soldada a la barra delantera y en el ancho es donde se soporta el pivote.

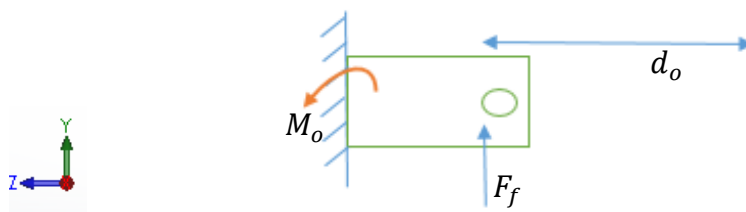


Figura 19. DCL Perfil C (oreja)

$$d_o = 96 \text{ mm}$$

$$H_o = 80 \text{ mm}$$

$$A_o = 40 \text{ mm}$$

$$e_o = 2 \text{ mm}$$

$$M_o = F_f d_o = 37.65 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{fo} = \frac{6M}{e_o A_o^2} = 70.60 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo de Flexión}$$

$$F_{so} = \frac{S_y A_{500}}{\sigma_{fo}} = 4.10 \quad \text{Factor de Seguridad}$$

La figura 20 corresponde a la simulación del perfil en C, donde se comprueba sus valores con los teóricos.

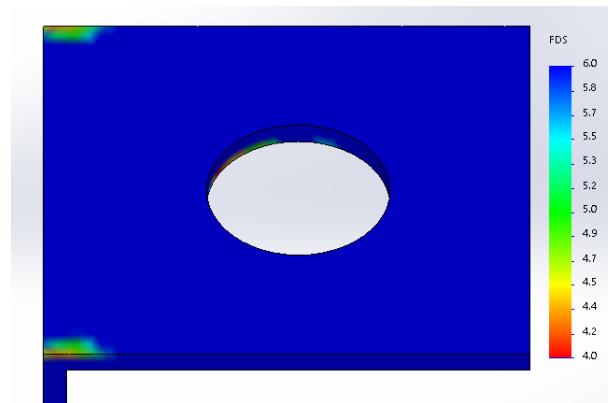


Figura 20. Simulación perfil C factor seguridad

Posteriormente se analizó la parte trasera de la estructura, en la cual se encuentra el gato eléctrico que cumple la función de elevar el asiento.

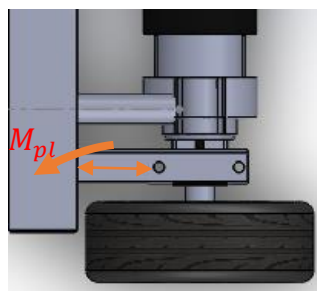


Figura 21 Visualización parte trasera extremo

En la figura 21, se observa el soporte trasero del prototipo y las cargas a las cuales está sometida. El diagrama de cuerpo libre equivalente en la figura 22, con lo que se

calculó el esfuerzo de flexión y su factor de seguridad. El material del soporte es un perfil tipo L, ASTM A500, 25 x 25 mm, espesor de 3 mm y una longitud de 63 mm

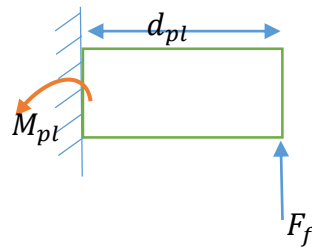


Figura 22. DCL Platina

$$d_{pl} = 63 \text{ mm} \quad A_{pl} = 25 \text{ mm} \quad e_{pl} = 3 \text{ mm} \quad A = A_{pl}e_{pl} = 75 \text{ mm}^2$$

$$M_{pl} = F_f d_{pl} = 24.71 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{pl} = \frac{6M_{pl}}{e_{pl}A_{pl}^2} = 79.08 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo de Flexión}$$

$$F_{so} = \frac{S_{yA500}}{\sigma_T} = 3.67 \quad \text{Factor de Seguridad}$$

La simulación del análisis del factor de seguridad se indica en la figura 23, comprobando que se obtuvo los mismos valores.

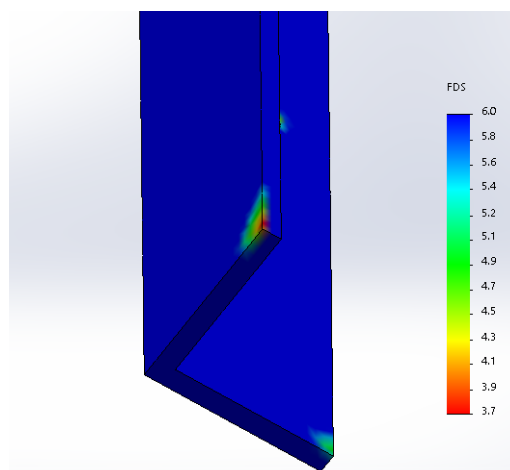


Figura 23. Simulación Platina factor de seguridad

Adicionalmente se realizó la simulación del conjunto de la estructura soporte del prototipo, figura 24, para obtener el factor de seguridad a nivel general. Se observa que el punto crítico que está en el pivote, figura 25.

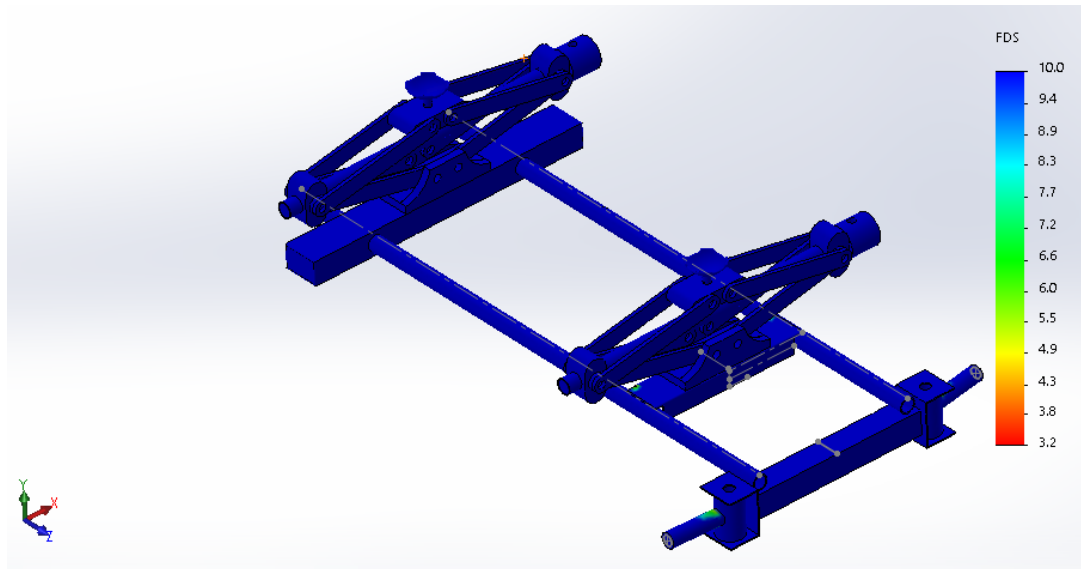


Figura 24. Simulación del conjunto

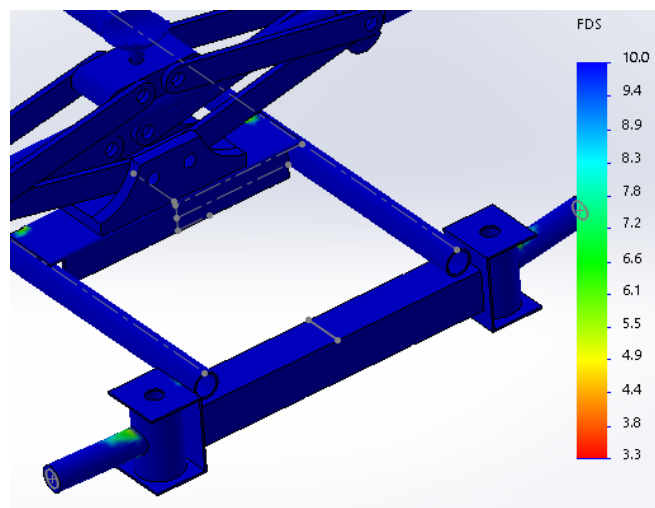


Figura 25 Ampliación del conjunto

4.3. Adquisición De Materiales

4.3.1. Selección De Materiales.

En la tabla 6 se realizó una comparación entre acero y aluminio detallando las propiedades de resistencia, peso y costo. Tomadas del profesor Juan Carlos Rubio, Martín S. Blank y Walter B. Castelló.

Tabla 6 Comparativa entre acero y aluminio

TABLA COMPARATIVA DE MATERIALES		
PROPIEDADES	ACERO	ALUMINIO PURO 20°C
Resistencia kg/mm²	35-41	12
Peso kg/m³	0.008	0.0027
Módulo elástico (E) GN/m²	72	73
Relación de Costo	1:1	3:1

Observando las propiedades del aluminio puede hacerse aleaciones para mejorar su estructura llegando a igualar las condiciones de resistencia dependiendo de las necesidades. Por el alto costo de adquisición del aluminio no se logró trabajar con ese material, pero sería una opción óptima en relación peso y resistencia.

En consecuencia el acero ASTM A500 estirado en frío, fue el material seleccionado, en la estructura de la plataforma base estabilizadora móvil.

4.3.2. Selección del motor.

Para la selección, del motor de Tracción se analizó las variables: peso e inclinación.

$$m = 150 \text{ kg}$$

$$v = 4 \text{ km/h}$$

$$\mu = 0.8$$

$$l = 0.50 \text{ m}$$

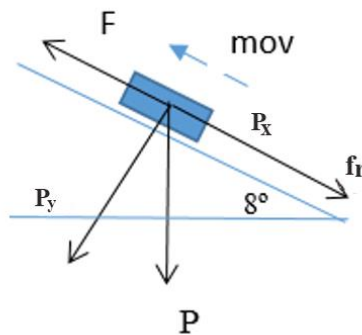


Figura 26. DCL cálculo motor tracción

$$P_x = mg \sin(8^\circ) = 204.723 \text{ N}$$

$$\sum F_x = ma$$

$$F = ma + P_x + P\mu = 1.382 \text{ kN}$$

$$T_{or} = \frac{F l}{20} = 34.54 \text{ Nm}$$

Por lo tanto el motor seleccionado es un brushed serie PPSM105L-02 de 12-24V a 800W. (peipeiscooter, s.f.)

Para la selección, del motor de Dirección se analizó las variables:

$A_{vi} = 62.36^\circ$ Ángulo de viraje interior

$d = 16 \text{ cm}$ Recorrido de la dirección

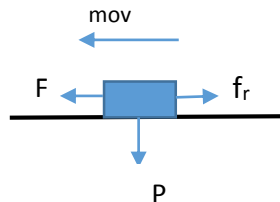


Figura 27. DCL cálculo motor dirección

$$P = mg = 294.2 \text{ N}$$

$$\sum F_x = ma$$

$$F = P\mu - ma = 234.715 \text{ N}$$

$$T_{or1} = \frac{Fd}{3} = 12.52 \text{ Nm}$$

Se seleccionó un motor que se encuentra en las electrotecnias con las siguientes características 12V / 64lb-in (16 Nm).

4.3.3. Descripción del Actuador para la Estabilización.

Se apreció las características del actuador seleccionado y se calculó el ciclo de vida aproximado de su rodamiento interno.

DATOS:

- ◆ Carga en cada gata 100 kgf (máximo 1T)
- ◆ Ancho eslabón 1.032 in y su espesor 0.15 in
- ◆ Tornillo tipo rosca ½ in 13UNC; diámetro tornillo 0.406 in
- ◆ Acero dúctil, Modulo de Young $E=30^6$ psi y $S_y= 60000$ psi.

Se concluye que el peso a soportar del gato eléctrico será suficiente para el movimiento de estabilización.

Posteriormente se calculó el ciclo de vida del rodamiento del gato eléctrico considerando los siguientes parámetros.

- ◆ Se espera que el prototipo funcione 4 horas diarias, no siempre utilizable.
- ◆ Se espera que funcione 7 días a la semana durante un lapso de 5 años.
- ◆ Se seleccionó la vida nominal de 8000 horas de funcionamiento como indica el Anexo 2, el funcionamiento es por cortos periodos y se utiliza para elevadores.

Para el funcionamiento del prototipo se asume los siguientes parámetros:

$vida = 6720 \text{ hr}$
trabajo

Se asume un aproximado de 8000 horas de

$$N = (8000 \text{ hr}) n_1 \left(60 \frac{\text{min}}{\text{hr}} \right) = 19.2 * 10^6 \text{ Número de revoluciones finales}$$

$$L_{10} = \frac{N}{10^6 \text{ rev}} = 19.2 * 10^6 \text{ revoluciones}$$

Se observó en el Catálogo de SKF las siguientes características necesarias para el cálculo del ciclo de vida del rodamiento seleccionado.

Tabla 7. Designación de rodamientos

punto	designación	d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (kN)	$d_a(\text{min})$ (mm)	$r_a(\text{max})$ (mm)
B	61901	12	24	6	2.25	14	0.3

Se procedió al cálculo de L10 con los datos adquiridos.

$$L_{10B} = \left(\frac{C_1}{P} \right)^3 = 1509.7 * 10^6 \text{ rev}$$

Ecuación 7 Ciclo de vida (L10)

Con lo que se concluyó que el ciclo de vida del rodamiento interno de la gata eléctrica soportará la carga.

4.3.4. Selección De Baterías

Analizando los catálogos Baterías Ecuador, durapower y Battery Supplies, se procedió a observar las características principales además de la existencia en el mercado local.

Tabla 8. Cuadro Comparativo Baterías

CUADRO COMPARATIVO DE BATERÍAS			
	BATERÍAS PLOMO- ÁCIDO	BATERÍAS SECAS	BATERÍAS IÓN-LITIO
PESO	20 kg	20 kg	15 kg
DURABILIDAD	3 – 4 años	3 – 4 años	-
MANTENIMIENTO	Cada año	Libre	Libre
EFICIENCIA	80%	82,5%	90%
TIEMPO DE CARGA	8 – 10 horas	4 – 6 horas	2 – 4 horas
DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO	Si	Si bajo pedido (depende marca, especificaciones)	No (solo bajo pedido)
COSTO	85 – 110 \$	260 – 330 \$	900 – 1110 \$

La batería seleccionada por motivos de disponibilidad en el mercado es de plomo – ácido, la cual se empezó a utilizar para realizar las pruebas necesarias. La mejor opción sería la batería de Ion-Litio por el peso, la eficiencia y su tiempo de carga.

4.4. Construcción:

4.4.1. Manufactura plataforma.

Para la manufactura del prototipo se adquirió los siguientes materiales:

- ✓ Tubo redondo de 25x25x2mm
- ✓ Tubo rectangular de 60x40x2mm
- ✓ Motor de 12v – 24V
- ✓ Motor de 12v
- ✓ Gatas Eléctricas
- ✓ Dirección con cremallera.
- ✓ Llantas
- ✓ Materiales indirectos.

Los materiales son primordiales para la construcción de la Plataforma Base Estabilizadora Móvil, donde se generó un modelo del diseño en SolidWorks.

4.4.2. Implementación de los motores.

En la implementación de los motores, se observó los movimientos respectivos y se procedió a la adquisición mediante su funcionalidad.

Para el movimiento del prototipo se implementó un motor serie PPSM105L-02 con las siguientes características:

- ✓ Torque límite 35 – 50 Nm
- ✓ Voltaje inicial de funcionamiento 12v-24v
- ✓ Velocidad sin carga de 250 - 300rpm
- ✓ Potencia máxima de 800 watts.

El motor trabajó a una velocidad constante de 4 km/h, que será dirigido por el Sistema de Control de Mando.



Figura 28. Incorporación motor

Para el sistema de dirección se utilizó un motor con las siguientes características:

- ✓ Torque límite 64lb-in (16 Nm)
- ✓ Voltaje inicial de funcionamiento 12 V.
- ✓ Velocidad sin carga de 60 rpm.
- ✓ Potencia máxima de 1/12 hp.



Figura 29. Motor Dirección

Al motor se acopló la dirección, la cual permitió el control del movimiento mediante el Sistema de Mando (joystick).

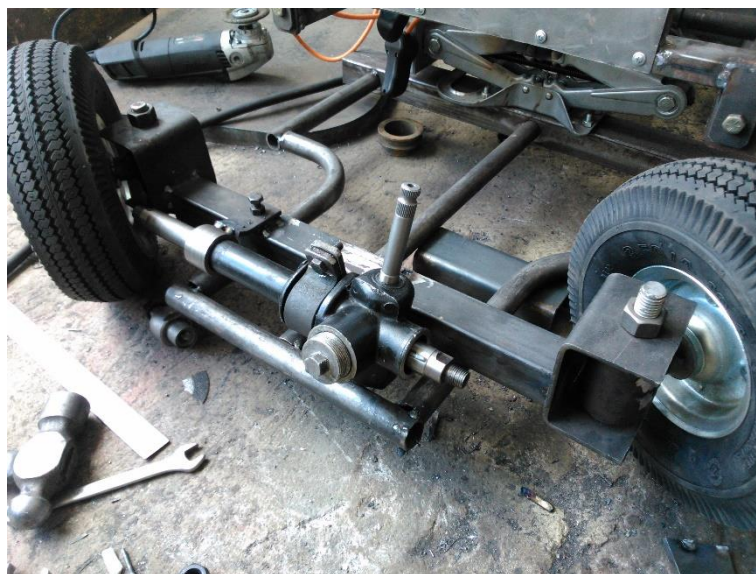


Figura 30. Unión dirección – chasis

4.4.3. Ensamblaje.

Para el ensamblaje se procedió al acoplamiento de varios componentes en la parte del chasis, que son:

- a) Acoplamiento motor de tracción.
- b) Acoplamiento gatas eléctricas.
- c) Acoplamiento de baterías.

Se hacen desmontables todos estos componentes para una mejor manipulación de los mismos, los cuales en un tiempo prolongado se deberá

hacer mantenimiento o cambiar componentes que por uso y tiempo de vida son necesarios reemplazarlos; así de esta manera se puede facilitar en gran parte el recambio de piezas.

A continuación se detalla brevemente los componentes:

- a) El Acoplamiento del motor de tracción.- Será mediante la sujeción de las bases de sus rodamientos al chasis.
- b) El Acoplamiento de las gatas eléctricas.- Fue mediante la colocación de pernos en la parte inferior de los actuadores y estos se ajustarán en los soportes colocados para mayor firmeza.
- c) El Acoplamiento de la batería.- Se realizó un espacio adecuado para dos baterías dependiendo de la necesidad del dispositivo; si este funciona a 12 o 24 v más específicamente.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Realización y análisis de pruebas de funcionamiento.

La realización de las pruebas de la Plataforma Base Estabilizadora Móvil, se la hizo mediante el sistema de control, el cual envió señales específicas, las cuales fueron detectadas por los motores para su perfecto funcionamiento.

En la parte de estabilización de la plataforma se lo realizó mediante pulsadores ubicados en el mando principal, facilitando la manipulación de la estabilización,

Tabla 9. Falencias y Sugerencias

SUGERENCIAS	
Batería	
El tipo de batería colocada que se analizó a partir del consumo de energía de los motores colocados en la plataforma base estabilizadora fue las de plomo-ácido; dichas baterías fueron las que existen en el mercado.	Conseguir el tipo de baterías idóneas que serían las baterías de ión-litio para este tipo de prototipo; para casos posteriores importar con debidas anticipaciones del caso.
Motores	
El motor de la tracción fue calculado para un peso determinado, el cual al momento de las pruebas superó satisfactoriamente por rampas normalizadas.	La estructura presenta factores elevados por lo que se puede observar que existe un sobrepeso, lo cual hace que el motor trabaje al límite; donde se sugiere analizar el peso total del prototipo para el cálculo respectivo del motor.
El motor delantero de la dirección cumplió con lo establecido.	Se puede omitir este motor, en ese caso utilizar ruedas locas centralizadas para optimizar motor y reducir peso. (Uso de dos motores en la parte trasera)

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

- ◆ Las pendientes en las cuales el prototipo se utilizó son de 8% teniendo en cuenta que están bajo las normas ecuatorianas.
- ◆ En los cálculos teóricos y simulados existe una concordancia en los valores, por lo tanto, el análisis realizado tiene un margen de error aceptable.
- ◆ Como es un prototipo de análisis muchos elementos de la estructura presenta factores de seguridad elevados.
- ◆ Durante el diseño de la estructura al momento del cambio geométrico del perfil se optimizaría el peso utilizando perfiles de menor espesor y diferente geometría, que al analizar su funcionalidad permitiría realizar mejoras.
- ◆ Utilizando aluminio como material de construcción se lograría reducir el peso del prototipo 3:1, pero teniendo en cuenta que aumentaría el costo de producción.
- ◆ El prototipo acoplado de todos los componentes, se obtuvo un dimensionamiento en el cual permite movilizarse en su entorno.
- ◆ Mediante las pruebas realizadas se logró concluir que el uso del prototipo solo será para rampas que sean de inclinación leve como las de aceras normalizadas por el tamaño del prototipo.
- ◆ El peso total asumido fue de 160 kg, que en comparación al peso real que se obtuvo es de 130 kg, por lo que se deberá realizar las correcciones para su nuevo diseño.

6.2. Recomendaciones.

- ◆ Realizar pruebas para determinar la carga máxima de sobrepeso, en comparación al peso de diseño establecido, con lo que se puede obtener información de los parámetros eléctricos del motor y movilidad.
- ◆ Las pendientes a desplazarse el prototipo deben ser estandarizadas y no exceder las inclinaciones para no sobrecargar el funcionamiento del motor.
- ◆ Se recomienda que después del uso adecuado recargar la batería con el módulo de carga incorporado en el prototipo y dejarlo mínimo 6 horas para una buena carga.
- ◆ Es recomendable que el prototipo a utilizarse se movilice por espacios planos, y no en caminos desiguales o con irregularidades.
- ◆ Para una futura tesis, hacer la programación para la inclinación automática.
- ◆ Realizar un análisis considerando todas las cargas que se desarrollan en el prototipo para observar su comportamiento y lograr optimizar partes.
- ◆ Analizar las pendientes críticas de funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- batterysupplies. (n.d.). *catálogo batterysupplies*. Retrieved from [http://www.batterysupplies.be/sites/default/files/files/110531CatalogoESP72dpi\(1\).pdf](http://www.batterysupplies.be/sites/default/files/files/110531CatalogoESP72dpi(1).pdf)
- Beer, F., & Russell, J. (2007). *Mecanica Vectorial para Ingenieros Estatica*. Mexico: McGraw-Hill.
- CONADIS. (2005).
- DeWolf, J. T., Beer, F. P., & Johnston, J. K. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. McGraw-Hill.
- Dipac. (2015). *Dipac Manta*. Retrieved from Dipac Manta: <http://www.dipacmanta.com/adescargas.php>
- DURAPOWER. (2017). *Catalogo durapower*. Retrieved from <http://www.durapower.com.ec/portfolio-item/baterias-secas-blesspower/>
- Ecuador, B. (2017). *catálogo Baterias Ecuador*. Retrieved from [http://www.bateriasecuador.com/catalogo/#sf-{"1":"2","search-id":"5"}](http://www.bateriasecuador.com/catalogo/#sf-{)
- Faires Moring, V. (n.d.). *Diseño de elementos de Máquinas*. Barcelona: MONTANER Y SIMON .
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Mexico: Prentice Hall.
- Nisbett, J., & Budynas, R. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw-Hill.
- Norton, R. I. (2a. Ed.). *Diseño de Maquinaria*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Organización Mundial de la Salud. (2011).
- peipeiscooter. (n.d.). *www.peipeiscooter.com*. Retrieved from <http://www.peipeiscooter.com/>
- Popa. (2005). *Steering System and Suspension Design*. University of Southern Queensland.
- Pytel, A., & Singer, F. (1994). *Resistencia de Materiales*. Mexico: Alfaomega.
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito.
- sistemasprogramablesunidad2*. (n.d.). Retrieved from <http://www.sistemasprogramablesunidad2.blogspot.com>
- SMC. (2003). *Neumatica*. España: Thomson Paraninfo.
- Sole. (2011). *Neumatica e Hidraulica*. Mexico: AlfaOmega.

solorobotica. (n.d.). *solorobotica*. Retrieved from
<http://www.solorobotica.blogspot.com>

Verswyvel, S. (2008). *Una Ciudad para Todos*. Bogota: Catalina Martínez - Felipe Chávez.

Vigas y Perfiles, D. (2015). <http://deacero.com/Default.aspx>. Retrieved from
<http://deacero.com/Default.aspx>.

ANEXOS

Anexo I Propiedades de los Aceros Estructurales

Fuente: (Mott, 2006) Diseño Elementos de Máquinas















Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
<u>A500</u>	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21

Anexo 2 Dimensiones de silla de ruedas

▶ Sillas de Ruedas

GH-502

(medidas en cms.)

Item															PN / EB.
G-809	60 (65)	24	41 (46)	59	20	50	87	106	40	45	100	93x24x88	19/21		
G-972	60 (65)	23	41 (46)	59	20	50	87	105	40	45	100	80x23x88	18/20		
G-983	60 (65)	28	41 (46)	61	15	51	89	106	40	45	120	94x28x89	19/21		
G-902C	60 (65)	28	41(46)	61	20	50	90	111	40	45	100	80x28x91	20/22		
G-874A	60 (65)	28	41 (46)	59	20	47	91	106	40	45	110	94x28x76	19/21		
FS-909B	57 (68)	--	41 (46)	60	20	50	93	--	--	--	110	83x29x95	20/22		
G-870AJ	60 (65)	27	41(46)	40	15	45	89	102	40	45	100	82x28x76	11/13		
G-874LXBP	61 (66)	28	41(46)	57	15 (20)	45 (47)	85 (88)	100	40	45	100	80x29x85	12/14		
G-974LBP	56 (61)	29	41(46)	57	15	45	87	106	40	45	100	76x29x90	13/15		
G-903LBP	60 (65)	28	41(46)	59	20	50	90	106	40	45	100	80x28x91	19/21		
G-950LB	61 (69)	36	41(46)	61	15	52	91	105	40	45	120	80x33x92	17/19		
FS-957LQ	60 (65)	--	41(46)	61	15	50	90	--	--	--	120	84x31x91	18/20		
G-907LABH	51	32	35	57	15	48	89	97	36	40	100	87x33x70	13/15		
FS-800LBJ	50	--	38	15	12.5	15	90	--	--	--	100	48x34x66	6/8		
G-902GC	60 (65)	34	41(46)	60	20	50	120	122	40	74	100	95x34x93	26/28		
G-954LGCB	63 (68)	28	41(46)	61	20	50	127	128	40	84	100	92x26x91	17/19		
FS-958LBHP	52	32	40	60	20	50	93	--	--	--	100	79x40x97	24/26		

Anexo 3 Valores orientativos de vida Nominal – Catálogo SKF

Tabla 8

Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas	
Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria de ingeniería, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos para imprentas, separadores y centrífugas	20 000 ... 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tomos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 ... 50 000
Máquinas para la industria de energía eólica, esto incluye el eje principal, la orientación, los engranajes, los rodamientos del generador	30 000 ... 100 000
Maquinaria para el abastecimiento de agua, homos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos	60 000 ... 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	> 100 000

Anexo 4 Catálogo de tuberías DIPAC

TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12.00mm x 25.00mm a 40.00mm x 80.00mm
Espesor	Desde 2.00mm a 3.00mm



DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,81	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	6,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,09	3,81	25,65	10,26	2,11

Anexo 5 Catálogo de tuberías DIPAC



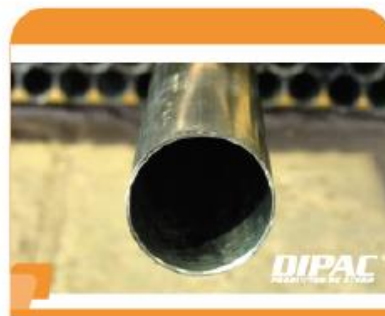
DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

REDONDO

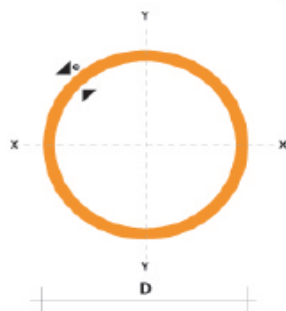
TUBO ESTRUCTURAL REDONDO

Especificaciones Generales

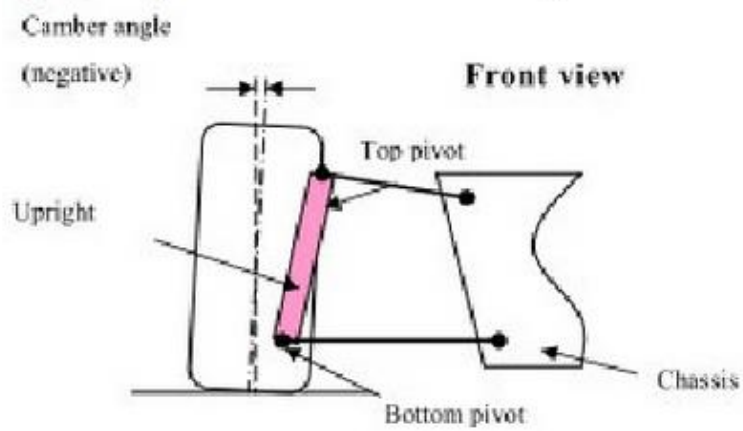
Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 7/8" hasta 3"
Espesor	Desde 1.50mm a 3.00mm



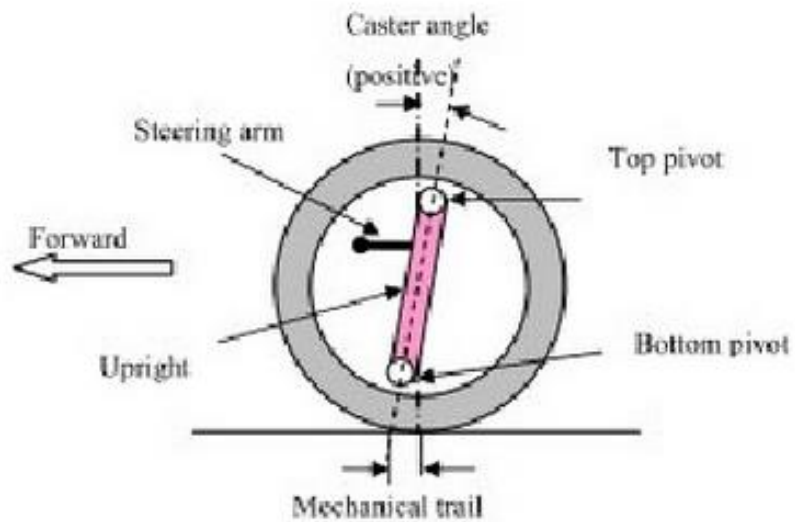
DIAMETRO	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I
pulgadas	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
7/8"	1.50	0.77	0.90	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.86	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.53	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.06	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59



Anexo 6 Ángulo Camber o de Caída



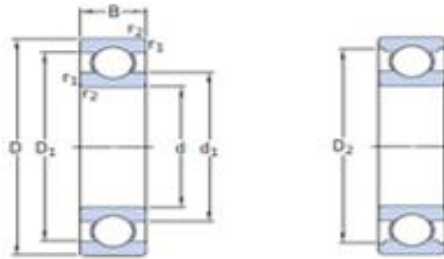
Anexo 7 Ángulo Caster o de Avance



Fuente: The essential Guide to Racing Car Materials Technology, Smith, MBI Publishing Company

Anexo 8 Catálogo SKF Rodamientos

└ d 25 – 35 mm



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades		Masa	Designación
d	D	B	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite		
mm			kN		kN	rpm	kg	–	
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,027	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,051	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,085	*16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	*6006
	62	10	15,9	10,2	0,44	22 000	14 000	0,12	98206
	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	*6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,19	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	*6306
	72	19	32,5	17,3	0,74	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1,00	18 000	11 000	0,74	6406

Dimensiones					Dimensiones de acuerdos y resaltes			Factores de cálculo	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} min	d _a min	D _a máx	r _a máx	k _r	f ₀
mm					mm			–	
30	33,7	38,5	–	0,3	32	40	0,3	0,015	14
	35,2	41,8	42,8	0,3	32	45	0,3	0,02	14
	37,7	47,3	–	0,3	32	53	0,3	0,02	15
	38,2	46,8	49	1	34,6	50,4	1	0,025	15
	42,9	54,4	–	0,6	33,2	58,8	0,6	0,025	14
	40,4	51,6	54,1	1	35,6	56,4	1	0,025	14
	39,5	52,9	–	1	35,6	56,4	1	0,025	13
	44,6	59,1	61,9	1,1	37	65	1	0,03	13
	42,5	59,7	–	1,1	37	65	1	0,03	12
	50,3	69,7	–	1,5	41	79	1,5	0,035	12

Anexo 9 Chasis y bases



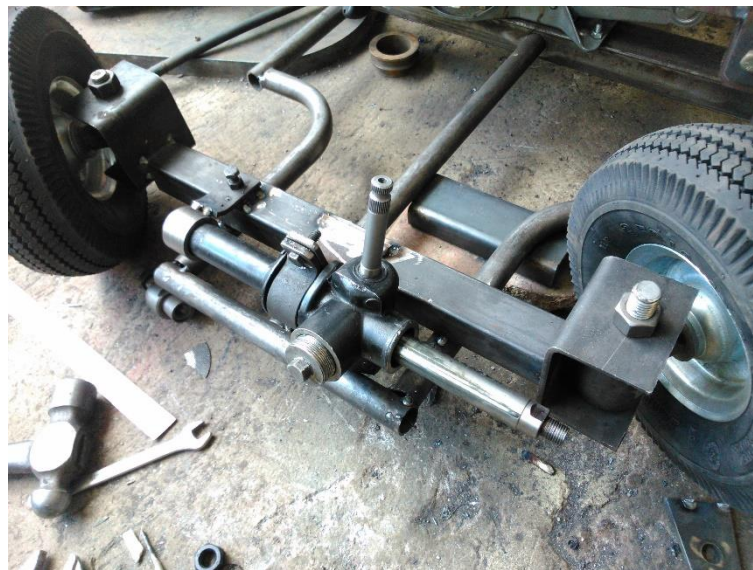
Anexo 10 Dirección Posterior



Anexo 11 Soporte llantas



Anexo 12 Incorporación dirección al chasis



Anexo 13 Visualización de Componente Trasero



Anexo 14 Visualización prototipo



PLANOS