



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Departamento de Ingeniería Mecánica



Departamento de Ingeniería Mecánica  
Universidad de Chile

---

## ME56A: Diseño de Elementos de Máquinas

### Informe Final: Auto Todo-terreno para Niños

#### Parte A

Sebastián Araneda.  
Manuel Cifuentes.  
Juan Ignacio Muñoz.  
Grupo 4.  
Profesor: Roberto Corvalán

Viernes 25 de Noviembre 2005.  
Semestre Primavera.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1. Presentación.....	1
1.2. Introducción.....	1
1.3. Requerimientos.....	2
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes de Niños.....	3
2.1.1. Peso.....	3
2.1.2. Dimensiones.....	3
2.1.3. Desarrollo Físico.....	4
2.2. Ergonomía del pedaleo.....	4
2.3. Soluciones del Mercado.....	5
2.4. Componentes.....	7
2.4.1. Transmisión.....	7
2.4.2. Dirección.....	8
2.4.3. Frenos.....	8
2.4.4. Suspensión.....	9
2.4.5. Materiales.....	9
2.4.6. Normativas de Seguridad.....	9
<b>3. PARÁMETROS DE DISEÑO.....</b>	<b>10</b>
3.1. Seguridad.....	10
3.2. Rango de Edad.....	10
3.3. Confiabilidad.....	10
3.4. Ergonomía y Dimensiones.....	11
3.5. Factibilidad.....	11
<b>4. SOLUCIÓN PROPUESTA.....</b>	<b>12</b>
4.1. Transmisión.....	13
4.1.1. Motor eléctrico – Eje.....	13
4.1.2. Pedales – Eje.....	13
4.1.3. Enganche/Desenganche motor eléctrico-pedales.....	14
4.2. Dirección.....	14
4.3. Suspensión.....	15
4.3.1. Delantera.....	15
4.3.2. Trasera.....	16
4.4. Sistema eléctrico.....	16
4.4.1. Motor Eléctrico con reducción.....	16
4.4.2. Controlador de velocidad.....	17
4.4.3. Manilla del acelerador.....	17
4.4.4. Baterías.....	17
4.5. Llantas y neumáticos.....	18
4.5.1. Delanteras.....	18

4.5.2. Traseras.....	18
<b>4.6. Accesorios.....</b>	<b>19</b>
4.6.1. Seleccionador de cambios trasero.....	19
4.6.2. Volante.....	19
4.6.3. Freno.....	20
4.6.4. Butaca.....	20
4.6.5. Protección de barra antivuelco.....	21
4.6.6. Cinturón de Seguridad.....	21
<b>5. MEMORIA DE CÁLCULO.....</b>	<b>22</b>
<b>5.1. Estructura.....</b>	<b>22</b>
5.1.1. Viga central.....	23
5.1.2. Soporte rueda delantera.....	24
5.1.3. Soporte eje trasero.....	25
5.1.4. Soldadura.....	26
<b>5.2. Transmisión eléctrica.....</b>	<b>26</b>
5.2.1. Selección del motor eléctrico.....	26
5.2.2. Transmisión.....	27
5.2.3. Cadena.....	27
<b>5.3. Transmisión por pedales.....</b>	<b>29</b>
5.3.1. Factibilidad.....	29
5.3.2. Largo cadena.....	30
<b>5.4. Suspensión delantera.....</b>	<b>31</b>
<b>5.5. Eje trasero.....</b>	<b>32</b>
Rodamiento.....	33
<b>6. VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO.....</b>	<b>35</b>
6.1. Verificación de Parámetros de Diseño.....	35
6.2. Cumplimiento de los Requisitos.....	36
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>38</b>

## CAPITULO 1

### 1. INTRODUCCION

#### 1.1. Presentación.

El presente documento corresponde al informe final del proyecto tres del curso de Diseño de Elementos de Máquinas (ME56A) dictado por el profesor Roberto Corvalán, el cual incluye los detalles del diseño de un auto híbrido para niños menores de 6 años. Híbrido, pues debe poseer una tracción a pedales independiente de un sistema de propulsión eléctrica.

#### 1.2. Introducción.

Todo proyecto de diseño nace de la necesidad de alguien de tener algo que le hace falta o que desea tener, por ser una mejora a lo que tiene. En este contexto se desarrolla este proyecto.

En estos momentos existen en el mercado, autos a pedales y autos eléctricos en forma independiente. El proyecto que se presenta a continuación responde a la necesidad de diseñar un producto híbrido, combinando las cualidades de un auto de tracción a pedales con un motor eléctrico. Este nuevo modelo sería cómodo tanto para el niño que lo use como para los padres. En el caso de que el niño se canse de pedalear, puede conectar fácilmente el motor eléctrico. En el caso contrario, si al auto se le acaba la batería, y no puede continuar con el motor eléctrico tiene la posibilidad de cambiar a modo manual y así seguir andando. De esta forma la persona que este acompañando al niño se ahorra el trabajo de cargar el auto. Como se observa, tiene ventajas comparativas con ambos productos por separado que lo harían muy apetecido por los consumidores y que motiva a quienes desarrollan este proyecto.

Este innovador producto entonces, hace una apuesta al futuro, esperando convertirse en el juguete preferido de los niños.

### 1.3. Requerimientos.

Los principales requisitos que debe presentar el diseño, son los siguientes:

- Vehículo diseñado para niños menores de 6 años.
- Propulsión eléctrica, la cual debe contar con motor y baterías.
- De manera independiente al anterior, un sistema de propulsión a pedales, agregando un mecanismo de cambios para facilitar el pedaleo (3 a 7 velocidades).
- Intercambio de propulsión manual y sin herramientas.
- El vehículo debe presentar un concepto de todo-terreno, enfocado principalmente al uso en terrenos irregulares. Por esta razón debe incluir una amortiguación adecuado, frenos y barras anti-vuelco.

## CAPITULO 2

### 2. ANTECEDENTES.

#### 2.1. Antecedentes de Niños.

Como el público objetivo de este proyecto son niños entre edades que bordean los 6 años, se deben estudiar las características tanto físicas como de desarrollo motor.

##### 2.1.1. Peso.

Como primer punto, se estudia el peso máximo de los niños para poder establecer cotas al diseño.

Para niños y niñas entre 2 a 6 años se encontraron los siguientes datos, obtenidos de tablas de crecimiento.

Así se resumen las características de niños y niñas:

Características	Niños	Niñas
Peso [Kg]	27	26
Estatura [cm]	125	125

Tabla 1: Peso y Estatura de niños y niñas de 6 años.

##### 2.1.2. Dimensiones.

Para la comodidad del conductor del vehículo es necesario establecer las medidas principales que posee para establecer algunas dimensiones tanto del habitáculo como las distancias necesarias para fijar los sistemas de tracción y manejo.

Así se establece que para niños de 4 a 6 años:

Tabla 2: Dimensiones de niños de 4 a 6 años en [cm].

Edad [Años]	4	5	6
Contorno de Pecho (1)	58	60	62
Contorno de Cadera (2)	62	64,5	67
Largo de Brazo (3)	37	39,5	42
Largo Pantalón (4)	62	65,5	69

Fuente: [www.patronesmoda.com](http://www.patronesmoda.com)

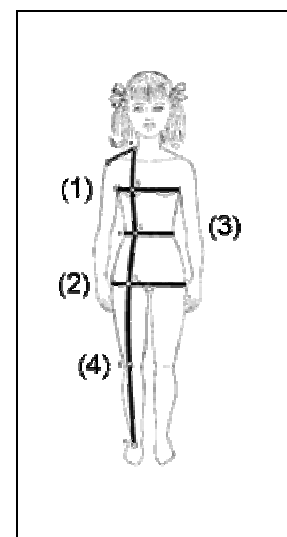


Figura 2.1: Esquema del cuerpo de un niño/a.

### 2.1.3. Desarrollo Físico.

Se ha establecido que, dentro de las características normales que debe presentar un niño entre 3 a 6 años de edad se encuentran:

- El desarrollo motor grueso debe incluir:
  - Mayor habilidad para correr, saltar, hacer los primeros lanzamientos y patear.
  - Habilidad para pedalear un triciclo a los 3 años, pero quizá no manejar bien el volante sino hasta los 4 años.

Esta información se puede obtener de la página:

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002013.htm>

## 2.2. Ergonomía del pedaleo.

Para saber la altura correcta cuando se esta montado en una bicicleta se debe colocar el pie sobre el pedal de manera que el eje del mismo quede debajo de las articulaciones donde empiezan los dedos y mover el sillín hasta que la pierna quede algo flexionada. En términos más científicos la medida adecuada es aquella en la cual la distancia entre el centro de la caja del pedalier hasta la parte alta del sillín es equivalente a la medida de la entrepierna al pie multiplicada por 0,885.

La posición correcta del pie sobre el pedal es donde empiezan las articulaciones de los dedos. Así pues pedalear con la punta de los pies, el arco del pie o el talón es incorrecto. Si con esta posición las personas con problemas en las rodillas sienten molestias, es aconsejable montar un sistema de pedaleo sin punto muerto como el fabricado por Rotor Componentes Tecnológicos el cual armoniza el movimiento de pedaleo y reduce el esfuerzo.

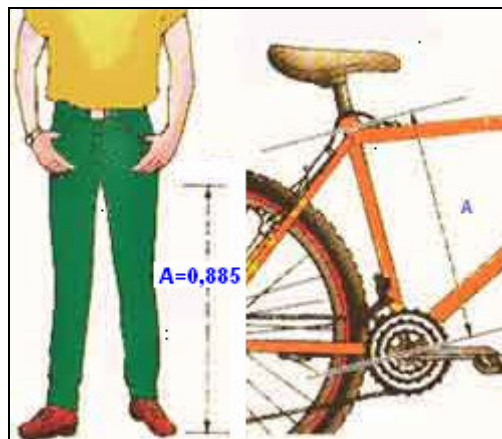


Figura 2.2: Dimensiones ideales para el pedaleo.

Fuente: <http://www.terra.org/articulos/art01250.html>

## 2.3. Soluciones del Mercado.

El modelo, con las especificaciones mencionadas, que se pide diseñar, no se encuentra disponible en el mercado. Sin embargo, se encuentran modelos que contienen uno o más de los elementos necesarios para el modelo del proyecto. Así entonces, de los vehículos que se presentan a continuación se van a extraer algunos elementos que se consideren un aporte para el modelo final.

### Modelos a Pedales



#### Especificaciones:

- Sistema de catalina que permite dejar los pedales quietos mientras el auto se mantiene en movimiento.
- Neumáticos ideales para terrenos irregulares.
- Cadena protegida para seguridad.
- Desde 5 años.

Figura 2.3: Berg Basic F md.

Fuente: [www.bergtoys.net](http://www.bergtoys.net)

Se puede observar de este modelo, la simpleza del sistema de pedales, el cual está constituido por un plato delantero o catalina y un piñón trasero con sentido de giro. También se puede observar que el sistema de dirección no lleva cremallera, lo que hace pensar que para este tipo de autos, el sistema de la dirección es tan simple como que la columna de dirección llegue a una bieleta, que al girar la columna de dirección, los brazos de dirección hagan mover las ruedas (el sistema se explicará con más detalles más adelante).





#### Especificaciones:

- Sistema de suspensión.
- Sistema de dirección con cremallera.
- Frenos de disco.
- Sistema de catalina para pedales (freewheel).
- Asiento ergonómico y ajustable.
- Neumáticos ideales para terrenos difíciles.
- Desde 6 años en adelante.

Figura 2.4: BERG Reflex BF-7 street.

Fuente: [www.bergtoys.net](http://www.bergtoys.net)

Este modelo, se agregó a los antecedentes básicamente por el tipo de estructura, que se compone de una viga central en la cual están montados todos los elementos, como ejes y asiento, lo que la hace muy simple y liviana. También un aspecto atractivo para este proyecto, es el tipo de neumáticos que posee, los cuales están orientados a circular sobre superficies ásperas, ideales para lo que se requiere.

#### Modelos Eléctricos



#### Especificaciones:

- Velocidad máxima 5,6 km/h.
- Límite de carga 26,9 Kg.
- Batería de 12V Recargable.
- Motor DC 12V.
- Sistema de detención de seguridad.
- Sistema de dirección con barra rígida.
- No posee suspensión.
- 2-6 años.

Figura 2.5: Firerock Jeep Wrangler

Fuente: [www.powerwheels.com](http://www.powerwheels.com)

La velocidad máxima que desarrolla este modelo y además el tipo de motor eléctrico con que está equipado, orienta de alguna forma los órdenes de magnitud de los componentes que se deben elegir en este proyecto. Es importante destacar las precauciones que se deben tener, tanto de los niños como de los adultos, para

prevenir accidentes, esta información se encuentra en el catálogo del producto (ver anexo).



Especificaciones:

- Chassis de Acero.
- Motor 24V/250W.
- Transmisión por cadena al eje trasero.
- Velocidad máxima 15 km/h.
- 2 baterías de 12V.
- 6 a 14 años

Figura 2.6: JF1 Mini Cart

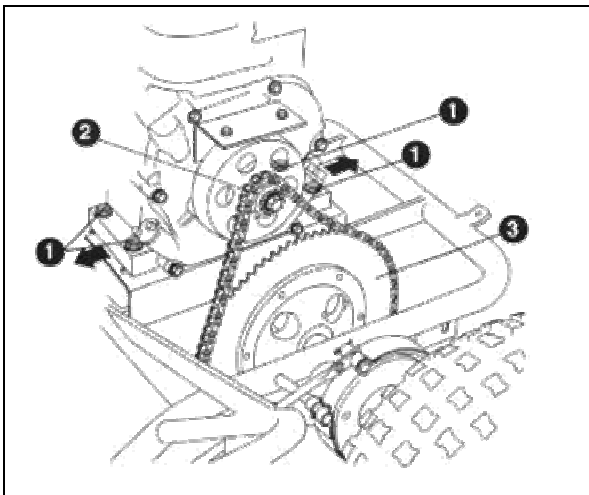
Fuente: <http://www.iwantoneofthose.com/MINCAR.htm>

Este modelo se incorporó a la recopilación de antecedente con el objeto de observar soluciones de la conexión entre el motor eléctrico y el eje trasero, que como se observa en este modelo, se realiza por un sistema de cadena, lo cual permitiría insertar un piñón con sistema de trinquete (figura 2.5) y así obtener la tracción necesaria.

## 2.4. Componentes.

### 2.4.1. Transmisión.

Como se observó antes, el sistema de transmisión entre el motor eléctrico y el eje se realiza a través de cadenas.



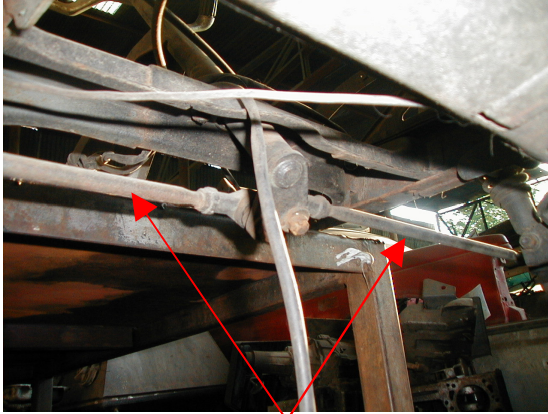
Se observa que el eje del motor eléctrico (1) termina en un piñón dentado (2) por el cual pasa una cadena que conecta el piñón que va solidario al eje de las ruedas (3).

Figura 2.7: Transmisión por cadena.

Fuente: [www.gokartsupply.com](http://www.gokartsupply.com)

#### 2.4.2. Dirección.

Dadas las velocidades a las cuales circulan los autos eléctricos (máx. 15 km/h) el sistema de dirección que se encuentran en este tipo de vehículos no son muy sofisticadas. Aquí se muestran dos de los sistemas de dirección que existen:



**Brazos de dirección**

Figura 2.8: Sistema de dirección.  
Fuente: Fotografía tomada por Manuel Cifuentes.

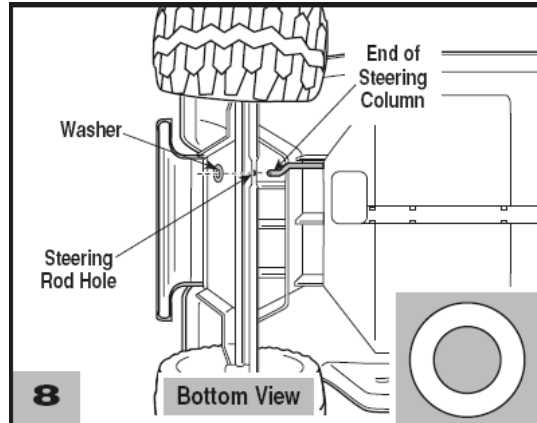


Figura 2.9: Sistema de dirección auto eléctrico.  
Fuente: [www.powerwheels.com](http://www.powerwheels.com)

#### 2.4.3. Frenos.

El sistema de frenos que se encontró en la mayoría de los autos eléctricos como los que se han visto anteriormente poseen un freno eléctrico, proporcionado por el mismo motor, por otra parte, los modelos a pedales poseen frenos mecánicos que consisten en una palanca que roza la rueda trasera y por ende disminuye su velocidad. Para autos ya más sofisticados el sistema de frenos es a través de caliper y disco de freno que va montado directamente en el eje trasero (de la tracción) y accionado por un juego de piolas, exactamente el mismo empleado en las bicicletas modernas.

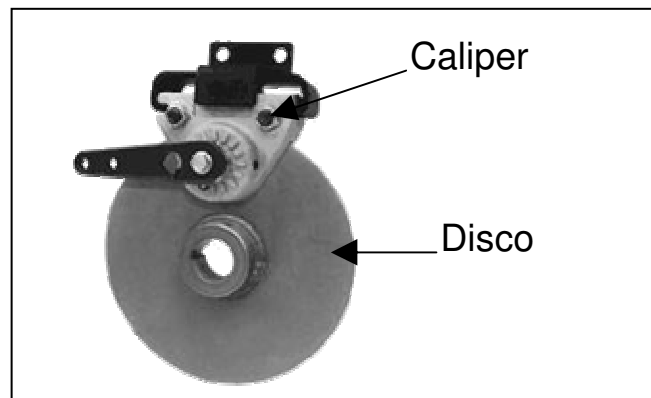


Figura 2.10: Sistema de freno de disco.  
Fuente: [www.gokartsupply.com](http://www.gokartsupply.com)

#### 2.4.4. Suspensión.

La suspensión para este tipo de autos es bastante simple. Para la suspensión delantera el sistema es el descrito en la figura 2.13 y para la trasera se utiliza uno o dos amortiguadores (shocks) dependiendo del peso que se necesite soportar.



Figura 2.11: suspensión delantera.  
Fuente: [www.gokartsupply.com](http://www.gokartsupply.com)

#### Mechanical Shocks

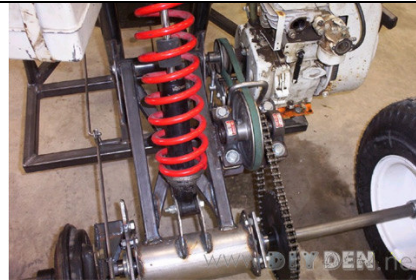


Figura 2.12: Suspensión trasera.  
Fuente: [www.diyden.net](http://www.diyden.net)

#### 2.4.5. Materiales.

Se puede observar en la mayoría de los modelos a pedales, que las estructuras son de materiales livianos, sobre todo se observa aluminio como material principal. Se utilizan plásticos de alta resistencia como ABS, poliestireno, para las terminaciones y zonas que están en contacto con el niño.

Para los autos que son eléctricos, el material principal es el plástico. Dado el poco peso que deben resistir (un niño de 6 años no pesa más de 35 kg.) y dado que no circula a altas velocidades.

#### 2.4.6. Normativas de Seguridad.

Para autos eléctricos marca Power Wheels se establecen ciertas normas para evitar accidentes, como por ejemplo:

- El uso del auto debe estar supervisado directamente por un adulto.
- Nunca transitar de noche.

## CAPITULO 3

### 3. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Una vez definido el entorno en el cual se va a trabajar (recopilación de antecedentes), la cual nos define algunas directrices que se deben seguir, se debe continuar con la definición de los parámetros de diseño que deberá cumplir la propuesta final. En orden jerárquico se enumeran los siguientes parámetros:

#### 3.1. Seguridad.

Dentro de lo que se establece en éste, el parámetro más importante, se encuentra:

- Dado los modelos eléctricos que se encontraron y su respectiva velocidad máxima, se establece que el vehículo propulsado por tracción eléctrica no debe superar los 15 [Km/h].
- Para asegurar que el niño no se dañe con los mecanismos de pedaleo (cadenas, piñones, platos, etc.) y el sistema eléctrico, éstos deben estar correctamente protegidos y señalados los peligros que ellos representan para el usuario.
- Las barras anti-vuelco que rodeen el habitáculo, deben ir acolchadas, de modo de proteger las extremidades (brazos, piernas y cabeza) del niño en el caso de un volcamiento.
- El asiento debe ser lo más confortable posible para el niño y además debe contar con un sistema de sujeción para el niño.
- Por último se desea que por motivos de seguridad el auto deba soportar su propio peso y al menos 30 [Kg.] correspondientes al peso de un niño de 6 años.

#### 3.2. Rango de Edad.

Como se mencionó en los antecedentes, la edad mínima para la cual un niño pueda utilizar este tipo de vehículos es 4 años. Por lo tanto se establece que el rango de edad para los cuales se enfocará el diseño será desde los 4 a los 6 años de edad.

#### 3.3. Confiabilidad.

Todos los elementos móviles tales como rodamientos y ejes deben estar calculados para una vida útil de al menos 3 años, suponiendo que el niño comienza a utilizar este vehículo al cumplir los 4 años y lo deja, por especificaciones técnicas, a los 6. Además el chasis, que por lo general está sometido a condiciones de oxidación,

debe ir protegido con algún tratamiento superficial que impida el desgaste y la posible falla por estos efectos.

### **3.4. Ergonomía y Dimensiones.**

El asiento debe ser cómodo y ergonómico para el usuario. Las dimensiones, tanto del habitáculo como las posiciones de pedales y volante, deben estar acorde a la talla de los niños entre 4 y 6 años. Específicamente, como se vio, la distancia entre el eje de los pedales y el asiento debe ser equivalente a la medida de la entrepierna al pie multiplicada por 0.885 para asegurar de manera cómoda el pedaleo.

### **3.5. Factibilidad.**

Todo el diseño de las piezas, chasis, sistema eléctrico y sistema de pedales debe ser factible desde el punto de vista de su fabricación (conformado, deformación en frío, inyección, etc.). La configuración del chasis debe ser compatible con los procesos de doblado de tubos y soldadura de perfiles en el caso que sea necesario. Los materiales deben encontrarse en lo posible en el mercado nacional o en su defecto en el mercado internacional, pero deben existir.



## CAPITULO 4

### 4. SOLUCIÓN PROPUESTA.

A partir de los parámetros de diseño y los antecedentes recopilados, se presenta el modelo definitivo de solución. A continuación se muestra el esquema general del auto a pedales – eléctrico, indicando las partes y las dimensiones generales, como también el mecanismo de desacople del sistema eléctrico y conexión del sistema de pedales.

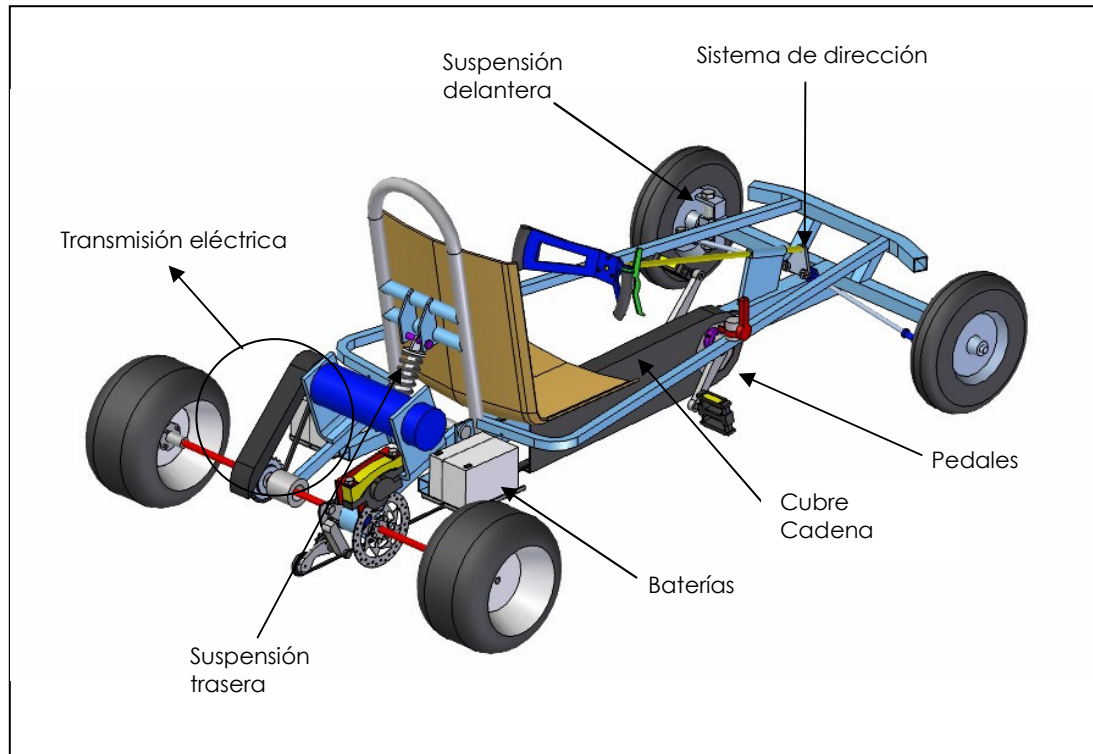


Figura 4.1: Esquema del go kart.

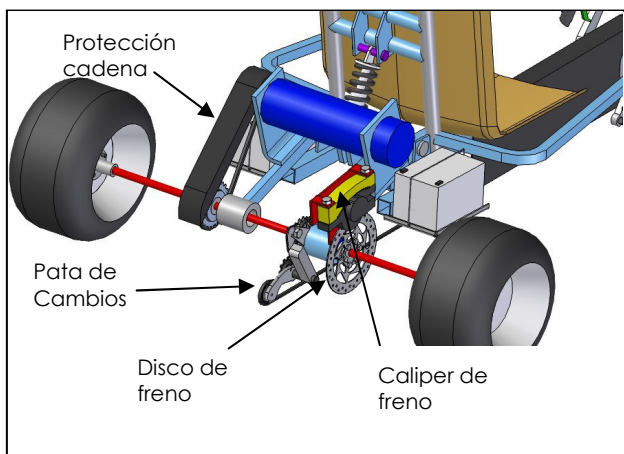


Figura 4.2: Esquema posterior.

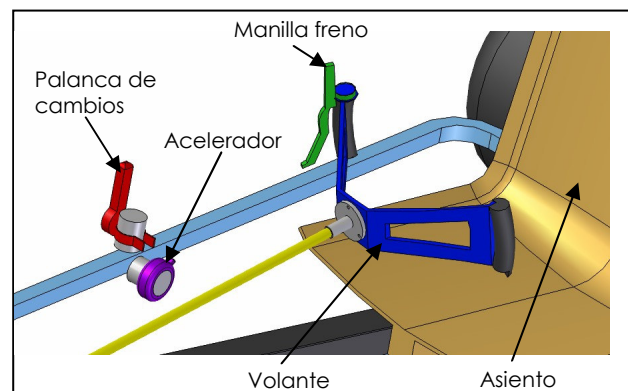


Figura 4.3: Controles.

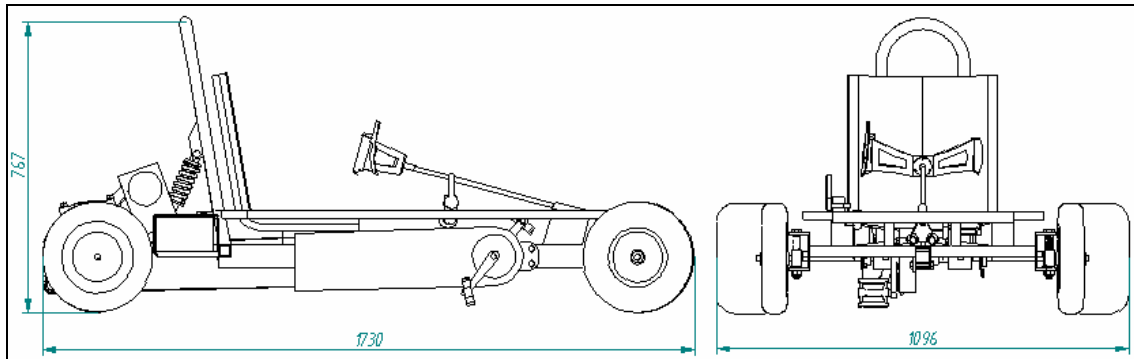


Figura 4.4: Dimensiones generales.

A continuación se describen los componentes de los conjuntos que constituyen el diseño.

## 4.1. Transmisión.

### 4.1.1. Motor eléctrico – Eje.

El sistema por el cual se conectará el motor eléctrico al eje de tracción es a través de cadena. La siguiente figura esquematiza la transmisión:

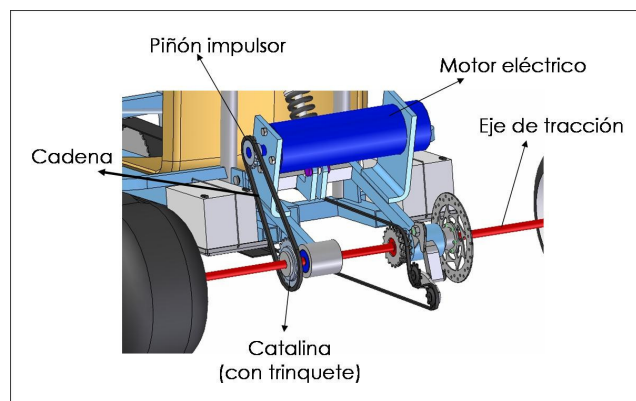


Figura 4.5: Transmisión eléctrica.

En el eje de salida del motor eléctrico se montará un piñón impulsor de 14 dientes marca Renold, que a través de una cadena, de la misma marca, número 40, conectará a un piñón de arrastre (catalina) con un sistema de trinquete de 22 dientes marca Dicta, es decir, permite el movimiento sólo en un sentido, en el sentido de avance del auto. Dado que el auto no sobrepasará los 15 [km/h] y el uso que tienen este tipo de vehículos, no es necesario agregar un diferencial.

### 4.1.2. Pedales – Eje.

El sistema de pedaleo, se llevará a cabo a través de una cadena marca Renold número 40, al igual que en el motor, pero esta vez unida a una pedalera marca Duque N° 40 de 32 dientes, montada en la parte delantera del vehículo y un



piñón trasero SunTour de cinco velocidades con trinquete además de un tensor como se describirá más adelante.



Figura 4.6: Pedales.  
Fuente: Bicicletas Silva Ltda.



Figura 4.7: Cadena #40.  
Fuente: Bicicletas Silva Ltda.



Figura 4.8: Piñón con trinquete.  
Fuente: Bicicletas Silva Ltda.

#### 4.1.3. Enganche/Desenganche motor eléctrico-pedales.

El sistema de enganche y desenganche del motor eléctrico con los pedales se realiza de la siguiente manera. Tanto el piñón que va unido al motor eléctrico y el que va montado al sistema de pedales tienen incorporado un mecanismo de trinquete (free-wheel), esto permite que el sistema que gire más lento no traccione. Es el mismo mecanismo que poseen las bicicletas. Entonces, si el niño no pedalea, el movimiento del eje lo hará solo el motor eléctrico y el piñón de los pedales quedará libre. Si el motor eléctrico se agota y comienza a disminuir su velocidad de giro y el niño comienza a pedalear, el piñón de los pedales girará más rápido que el que va unido al motor, por lo que éste quedará libre.

## 4.2. Dirección.

El sistema de dirección diseñado es el que se muestra a continuación:

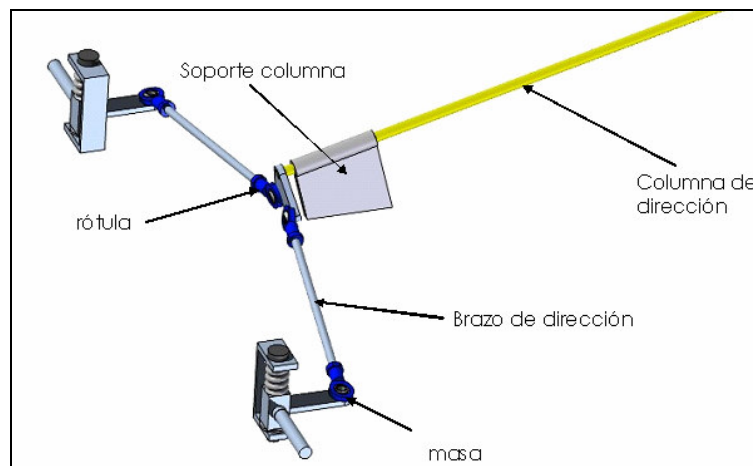


Figura 4.9: Esquema de dirección

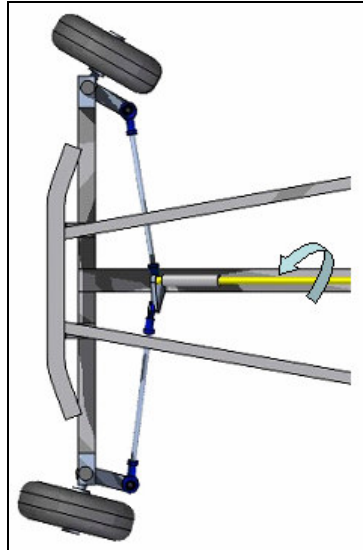


Figura 4.10: Dirección con ruedas.

Al girar la columna de dirección, la pieza en forma de triángulo que está en el extremo inferior, que es solidaria a éste, gira en torno a su eje y desplaza los brazos de dirección que están descentrados con respecto al eje de la rueda, por lo que se produce un cambio de dirección.

### 4.3. Suspensión.

#### 4.3.1. Delantera.

El sistema de suspensión delantera es simple y muy utilizado en este tipo de vehículos, por el peso que llevan y por las bajas velocidades que desarrolla este tipo de vehículos.

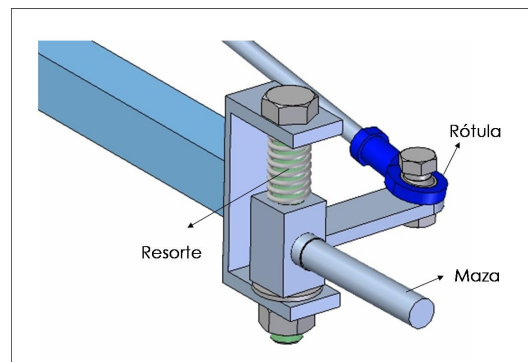


Figura 4.11: Suspensión delantera.

Como se observa en el esquema, la maza donde se monta el neumático está acoplada a una pieza en forma de C, la cual tiene un espiral que se contrae para cualquier movimiento vertical que tenga la rueda.

#### 4.3.2. Trasera.

La suspensión trasera consiste en un amortiguador (Shock) marca DNM, el cual irá sujeto a la parte posterior del asiento y a la bandeja que soporta todos los elementos eléctricos y el eje trasero.

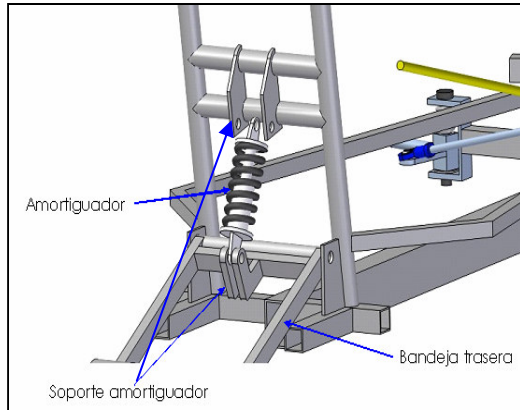


Figura 4.12: Esquema suspensión trasera.

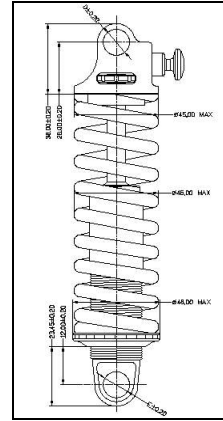


Figura 4.13: Amortiguador.

Fuente: [www.dnmsuspension.com](http://www.dnmsuspension.com)

#### 4.4. Sistema eléctrico.

##### 4.4.1. Motor Eléctrico con reducción.

El motor eléctrico que se utilizará es uno marca Engel, modelo GNM5480E, el cual tiene una potencia de salida de 250W. La reducción para este modelo es de la misma marca, modelo G 6.1, la cual tiene una reducción de 8:1.

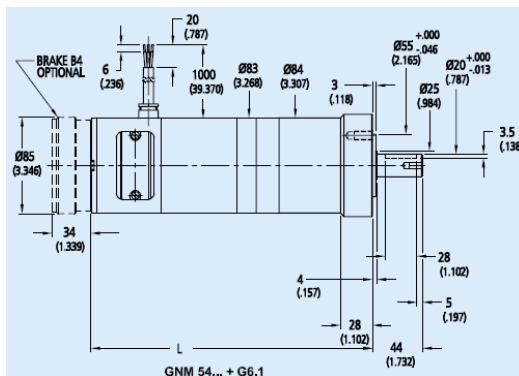


Figura 4.14: Motor eléctrico con reductor.

Fuente: [www.engel.com](http://www.engel.com)

- Voltaje nominal 24V.
- Eficiencia 85%.
- Velocidad nominal 3000 RPM.
- Torque nominal 0,8 (Nm).
- Peso 4,1 Kg.

#### 4.4.2. Controlador de velocidad.

Para el control de la velocidad se utilizará un modulo de control de velocidad marca Oatley Electronics, modelo SPC350, el cual se utiliza para motores de corriente continua de 350W y 24V.

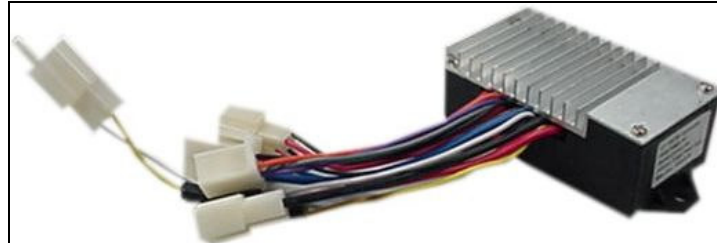


Figura 4.15: Controlador de velocidad.  
Fuente: [www.oatletelectronic.com](http://www.oatletelectronic.com)

Sus dimensiones son 95[mm]x 31 [mm]x 51 [mm].

#### 4.4.3. Manilla del acelerador.

La palanca de mando, con la cual el niño controlará la velocidad es marca Razor Ground Force Go Kart Throttle.



Figura 4.16: Acelerador.  
Fuente: [www.razorama.com](http://www.razorama.com)

#### 4.4.4. Baterías.

Se utilizarán 2 baterías de 12V cada una y 12 [Amp/hr] lo que permitiría, dado el consumo nominal del motor, tener una autonomía de 1,2 [hrs]. Las baterías son marca Ultracell, empresa especializada en producir baterías pequeñas para scooters. El modelo es el UI 12-12.



Figura 4.17: Batería Ultracell 12V.  
Fuente: [www.rechargeonline.co.uk](http://www.rechargeonline.co.uk)

## 4.5. Llantas y neumáticos.

### 4.5.1. Delanteras.

El juego de ruedas delanteras que se utilizarán, las proporcionará la empresa norteamericana Northerntool, que se especializa en diseñar tanto llantas como neumáticos para go karts. El modelo de la rueda (con llanta) es el 13433. El peso de esta rueda son aproximadamente 2 [Kg] cada una y el diámetro total es de 29,21 [cm] (11,5 in.)



Figura 4.18: Ruedas delanteras.  
Fuente: [www.northerntool.com](http://www.northerntool.com)

### 4.5.2. Traseras.

El juego de ruedas traseras, también las proporcionará la empresa norteamericana Northerntool. El modelo de la rueda (con llanta) es 2-Pc. Split Rim with 3 1/2in. Dual Flange Hub Wheel Assembly, modelo 1337, la cual incluye un flange que conecta con el eje trasero. El peso de esta rueda son aproximadamente 2,7 [Kg] cada una y el diámetro total es de 31,75 [cm] (12,5'').



Figura 4.19: Rueda trasera.  
Fuente: [www.northerntool.com](http://www.northerntool.com)

## 4.6. Accesorios.

### 4.6.1. Seleccionador de cambios trasero.

El sistema de selección de cambios para los pedales, será exactamente igual al de una bicicleta, con sus piolas de accionamiento y comandos. La marca es Shimano Deore, modelo RD-M51-L. Además este sistema ayudará a mantener la cadena siempre tensa.



Figura 4.20: Sistema de seleccionador de cambios.

Fuente: [www.shimano.com](http://www.shimano.com)

### 4.6.2. Volante.

El volante se encuentra en la empresa norteamericana go kart supply, el cual está diseñado especialmente para autos go kart.

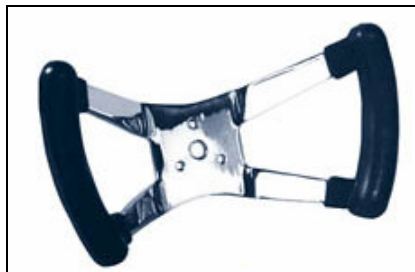


Figura 4.21: Volante Butterfly.

Fuente: [www.gokartsupply.com](http://www.gokartsupply.com)

#### 4.6.3. Freno.

Se ocupará un sistema de freno de disco montado en el eje trasero. Este sistema es igual al que incorporan las bicicletas de montaña. La marca, Shimano. Los componentes para conformar el sistema de frenos son los siguientes:



Figura 4.22: Caliper de Freno Shimano Deore  
BR-M525

Fuente: [www.shimano.com](http://www.shimano.com)

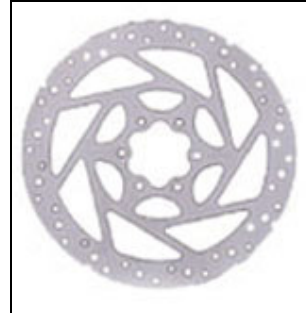


Figura 4.23: Disco de Freno Shimano Deore  
SM-RT61

Fuente: [www.shimano.com](http://www.shimano.com)



Figura 4.24: Manilla de Freno Shimano Deore  
BL-M525

Fuente: [www.shimano.com](http://www.shimano.com)



Figura 4.25: Piola Freno Shimano Deore  
SM-BH59

Fuente: [www.shimano.com](http://www.shimano.com)

Todas las piezas son compatibles pues son de un mismo modelo (Deore).

#### 4.6.4. Butaca.

La butaca debe ser lo más confortable posible para el ocupante del vehículo y debe estar diseñada para ser montada en este tipo de vehículos. La que se seleccionó es de la empresa norteamericana Go Kart Galaxy, modelo 1656, el cual está pensado para un niño pequeño. El asiento es de fibra de vidrio recubierto con una funda de vinil.



Figura 4.26: Asiento.

Fuente: [www.gokartgalaxy.com](http://www.gokartgalaxy.com)

#### 4.6.5. Protección de barra antivuelco.

Para una mayor protección del ocupante, los tubos de la barra antivuelco cercanos al habitáculo deben ir forradas con esponjas especiales, como las que se muestran en la figura.



Figura 4.27: Esponjas para barra antivuelco.  
Fuente: [www.gokartsupply.com](http://www.gokartsupply.com)

#### 4.6.6. Cinturón de Seguridad.

Como medida de seguridad, se incorporará un cinturón de seguridad adecuado para el tamaño del niño que lo mantenga en su posición en caso de que el auto sufra un volcamiento y la barra antivuelco no se transforme en un peligro. El cinturón será de 4 puntas para mayor seguridad, marca Med Mundial, especialista en elementos de emergencia.



Figura 4.28: Cinturón de seguridad modelo 417.  
Fuente: [www.med-mundial.com](http://www.med-mundial.com)



## CAPITULO 5

### 5. MEMORIA DE CÁLCULO.

A continuación se muestran los cálculos realizados a los componentes del auto. Muchas de las decisiones que se toman en éste proyecto son a través de la experiencia recopilada en los antecedentes, pero fundamentadas en este capítulo.

La ecuación que rige las decisiones que se tomarán es la ecuación de diseño:

$$\sigma \leq \frac{S}{n} \quad (5.1)$$

Donde S es la resistencia del material y n el coeficiente de seguridad.

Dado que en los parámetros de diseño se fijó un rango de edad de uso de 4 a 6 años, si se considera que el auto será utilizado unas 3 horas al día, entonces los componentes serán calculados para una vida útil de alrededor de 3500 horas.

#### 5.1. Estructura.

Las principales partes de la estructura del auto se muestran en la siguiente figura:

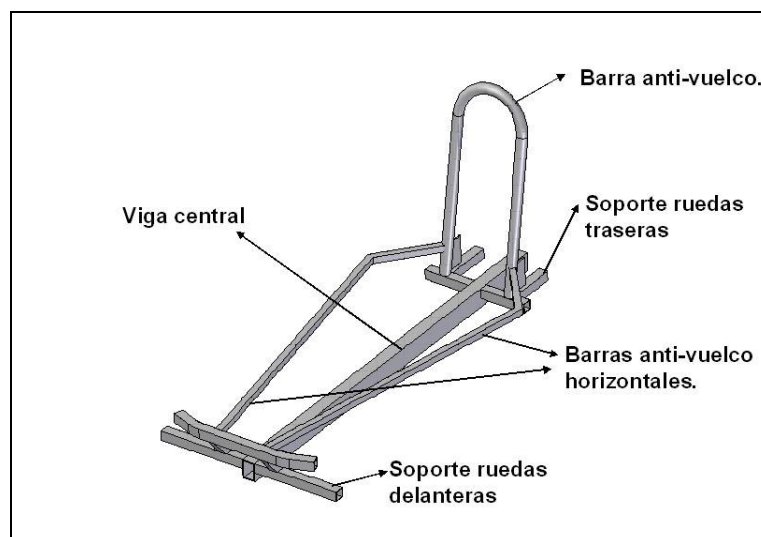


Figura 5.1: Esquema estructura.

La mayoría de las fallas ocurren por flexión. El esfuerzo máximo debido a flexión se calcula como  $\sigma = \frac{M}{W}$ , donde M es el momento máximo, W es propiedad de la sección considerada (módulo resistente) y  $\sigma$  el esfuerzo. Utilizando el criterio de Tresca se obtiene que:

$$W \geq \frac{nM_{\text{máx}}}{S_y} \quad (5.2)$$

donde  $n$  es el coeficiente de seguridad,  $M_{\text{máx}}$  el momento máximo y  $S_y$  el esfuerzo de fluencia del material.

Las vigas, tubos y barras serán de aluminio 6063 T5 ( $S_y=215[\text{MPa}]$ ) de la empresa española Alu-Stock,S.A. Además se les aplicará un tratamiento de Anodizado tipo barrera que es la mejor forma de proteger al aluminio y sus aleaciones de ambientes corrosivos, se consigue recubriendo su superficie con gruesas capas de óxido de hasta 0,2 mm. El proceso será realizado por la empresa chilena Alquiplas.

#### 5.1.1. Viga central.

Para calcular la viga central se supondrá como una viga simplemente apoyada en sus extremos con una carga central que corresponde al peso de los componentes más el peso del niño. Se supondrá un peso total de 50[kg]. El esquema se muestra a continuación:

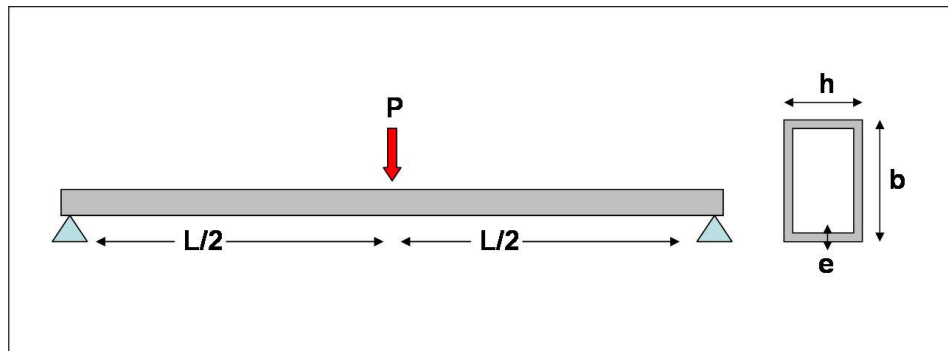


Figura 5.2: Diagrama cuerpo libre para viga central.

$$P=50[\text{kg}] \cdot 9,8[\text{m/s}^2]=490[\text{N}].$$

$$L= 1440[\text{mm}].$$

El momento máximo de la figura anterior es  $M_{\text{máx}} = \frac{PL}{4} = 176,4 [\text{Nm}]$ . Utilizando

la ecuación (5.2) con un factor de seguridad de  $n=10$  (debido a la gran seguridad que debe tener)) se obtiene que  $W \geq 8,20 [\text{cm}^3]$ . Teniendo en cuenta esto y que a la viga se le tendrán que unir los demás componentes (como pedales) se utilizará un tubo de perfil rectangular de alto  $b=60[\text{mm}]$ , ancho  $h=40[\text{mm}]$  y espesor  $e=3[\text{mm}]$  de la empresa antes mencionada. Este perfil posee un  $W=9,128[\text{cm}^3]$ .

### 5.1.2. Soporte rueda delantera.

El soporte de la rueda delantera se muestra en la siguiente figura:

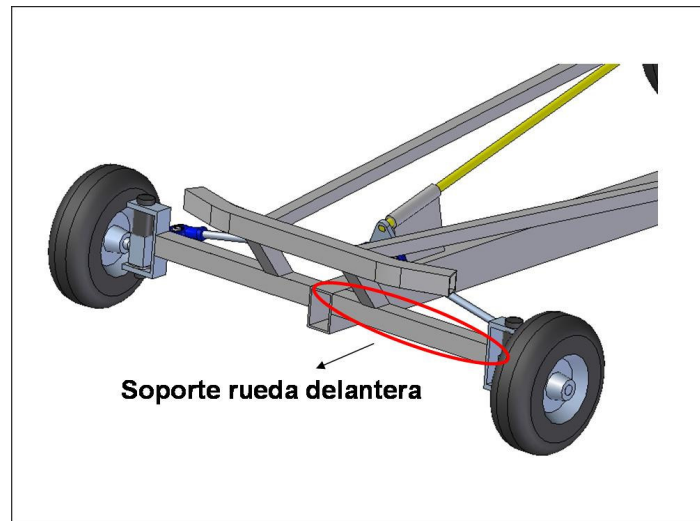


Figura 5.3: Soporte rueda delantera.

El soporte se puede modelar como una viga empotrada sometida a una fuerza en su extremo. Dicha fuerza es aquella que soporta la rueda. Si se supone, como en la parte anterior, que se debe soportar en total una carga de 50[kg], entonces si cada rueda soporta equitativamente el peso, cada una soporta  $50/4=12,5$ [kg], lo que equivale a una fuerza de  $F=10*9,8=122,5$ [N]. Lo anterior se puede resumir en la siguiente figura:

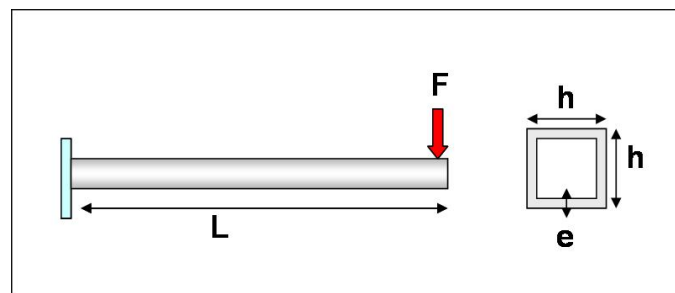


Figura 5.4: Diagrama cuerpo libre.

$$F=122,5[\text{N}]$$

$$L=0,28[\text{m}]$$

El momento máximo es  $M_{\text{máx}}=F*L=122,5*0,28=34,3$ [Nm]. Utilizando la ecuación (5.2) con un factor de seguridad  $n=10$  y recordando que el aluminio utilizado es 6063 T5 ( $S_y=215$ [MPa]) se obtiene que  $W \geq 1,59$  [cm<sup>3</sup>]. Se utilizará entonces un tubo de perfil cuadrado de  $h=30$ [mm] de lado y  $e=2$ [mm] de espesor (de la empresa Alu-Stock, S.A.). Este perfil posee un  $W=1,961$  [cm<sup>3</sup>].

### 5.1.3. Soporte eje trasero.

El soporte del eje trasero se muestra en la siguiente figura:

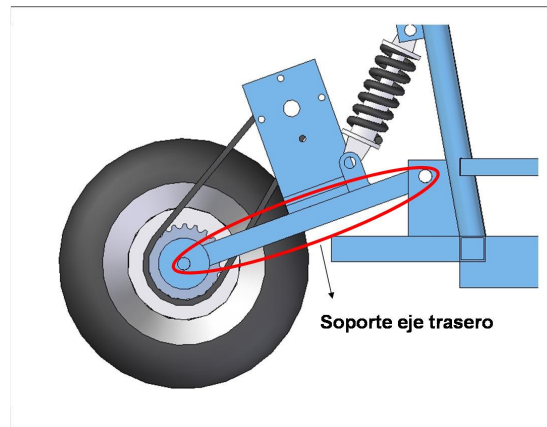


Figura 5.5: Soporte eje trasero.

Como la fuerza que soportan las ruedas es una fuerza vertical, el soporte mostrado está sometido tanto a flexión como a compresión, sin embargo los esfuerzos de compresión son despreciables en comparación con los esfuerzos inducidos por la flexión. Por otro lado se utilizará, por motivos de restricciones geométricas, un perfil pre-establecido con un  $W=0,711[\text{cm}^3]$  y se obtendrá el factor de seguridad correspondiente. Lo anterior se resume en el siguiente esquema:

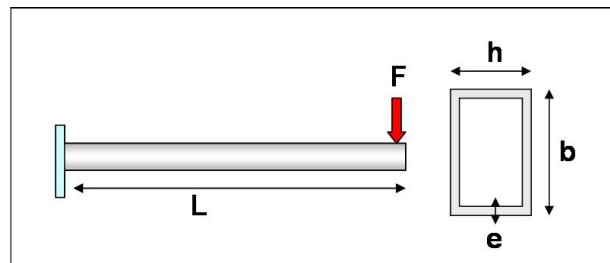


Figura 5.6: Diagrama cuerpo libre.

$$F=122,5[\text{N}]$$

$$L=0,3[\text{mm}], h=15[\text{mm}], b=25[\text{mm}], e=1,5[\text{mm}], W=0,711[\text{cm}^3].$$

Al igual que para el cálculo del soporte de la rueda delantera,  $F=122,5[\text{N}]$ . El momento máximo está dado por  $M_{\text{máx}}=FL=36,75[\text{Nm}]$ . El material es aluminio 6063 T5 ( $S_y=215[\text{MPa}]$ ) y el perfil se obtiene de la empresa Alu-Stock, S.A. Reemplazando los datos anteriores en la ecuación (5.2) y despejando  $n$  se obtiene que  $n=4,16$ , lo cual es aceptable.

#### 5.1.4. Soldadura.

Para espesores comprendidos entre 1 y 6[mm] Alu-Stock, S.A recomienda soldadura TIG (Tungsténe Inert Gas) para aleaciones de aluminio. El electrodo recomendado por la empresa chilena Indura para la serie 6000 es AWS ER-4043, por lo que éste se ocupará para soldar la estructura del auto.

Tabla 3: Soldadura para aluminio.

Aleaciones INDURA	AWS	Composición Química (típica)	Aplicaciones Generales
ALUMINIO			
25	ER-1100	Cu : 0,05-0,20% Mn : 0,05% Si-Fe : 0,8% Zn : 0,1% Al : 99,0% min.	Usos generales en industria de alimentos, lácteos, refrigeración, unión, relleno y reparación de planchas y piezas de Al. fundido. Al calidad: 1060-1350-3003-1100
26	ER-4043	Cu : 0,05% Mn : 0,05% Fe : 0,8% Ti : 0,20% Mg : 0,05% Si : 4,5-6% Zn : 0,10% Otros : 0,15% Al : Resto	Culatas y carter de aluminio, envases y coladores químicos. Especialmente indicado para trabajos en los cuales se desconoce la composición química del metal base. Al calidad: 2014-3003-6061-4042-4043

## 5.2. Transmisión eléctrica.

El siguiente esquema muestra los elementos que constituyen el sistema de transmisión eléctrica:

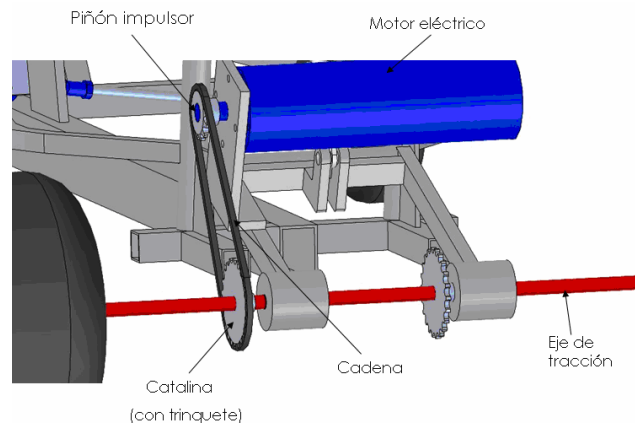


Figura 5.7: Diagrama de transmisión eléctrica.

#### 5.2.1. Selección del motor eléctrico.

Para estimar la potencia que deberá tener el motor eléctrico se ocupará la teoría de la "resistencia total a la marcha".

La resistencia total a la marcha se calcula como:

$$F_w = fmg + 0,5C_w \rho A(v + v_0)^2 + mg \sin(\alpha) \quad (5.3)$$

Donde  $f$  es el coeficiente de resistencia a la rodadura,  $m$  la masa total del auto,  $g$  la aceleración de gravedad,  $C_w$  el coeficiente de resistencia al aire,  $\rho$  la densidad del aire,  $A$  el área frontal del auto,  $v$  la velocidad del auto,  $v_0$  la velocidad del viento en contra y  $\alpha$  la pendiente.

Considerando  $f=0,05$  (ruedas en camino de tierra),  $m=40$ [kg] (masa del niño más componentes),  $C_w=0,5$  (auto familiar),  $\rho=1,202$ [kg/m<sup>3</sup>],  $A=0,62$ [m<sup>2</sup>],  $v=15$ [km/h],  $v_0=3$ [km/h] y  $\alpha=5^\circ$  se obtiene que  $F_w= 58,46$ [N]. Así la potencia que se necesita es  **$P=F_w v=233,86$ [W]**. Se escogerá entonces un motor eléctrico DC 24V de 250[W] de la empresa Engel que posee una velocidad nominal de 3000[rpm]. A este motor se le instalará un reductor de la misma empresa con relación 8:1, por lo que las rpm de salida del eje del motor serán de 375.

### 5.2.2. Transmisión.

Dado que se puso como tope una velocidad máxima del auto de 15[km/h] y teniendo en cuenta que se ocuparán ruedas de 11,5[in] de diámetro, se puede calcular la velocidad angular del eje trasero con la ecuación  $\omega = 2v / D$ , donde  $\omega$  es la velocidad angular,  $v$  la velocidad del auto y  $D$  el diámetro de la rueda. Se obtiene entonces que el eje trasero debe girar a 267[rpm].

Como el eje del motor gira a 375[rpm] entonces se necesita una relación de  $375/267=1,4$ . Se ocupará una transmisión por cadena donde la catalina unida al motor posee (piñón impulsor)  $N_1=14$  dientes y la catalina unida al eje (que se colocará con sistema de trinquete para el mecanismo de desenganche del motor eléctrico) posee  $N_2=22$  dientes. Así se obtiene una relación real de  $N_2/N_1=1,57$ . Con estos componentes la velocidad máxima real del auto será de **13,5[km/h]**.

### 5.2.3. Cadena.

La catalina que posee trinquete, que posee  $N_2=22$  dientes, se utiliza en bicicletas (se puede obtener en cualquier tienda de este rubro), por lo que se necesita una cadena con el paso estándar en bicicletas, esto es  $p=12,7$ [mm]. Se ocupará entonces una cadena número 40. La catalina de  $N_1=14$  dientes se obtendrá de la empresa Renold y se une al eje de salida del motor con una chaveta. La distancia entre centros de las catalinas viene dada por la geometría del auto y es de  $C=220,7$ [mm].

El largo  $L$  necesario de la cadena, en pasos, se obtiene de la siguiente relación:

$$L = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C/p} \quad (5.4)$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior, se obtiene que la cadena debe tener un largo L de aproximadamente 54 pasos.

La potencia nominal de trabajo de la cadena es de  $H_{nom}=250[w]=0,335[hp]$ .

Se puede obtener el factor de seguridad de la transmisión por cadena para 15000 horas de trabajo (mayor a las 3500 horas preestablecidas), para esto se ocupa la siguiente relación en la catalina de menor número dientes:

$$n = \frac{K_1 K_2 H_{tab}}{K_s H_{nom}} \quad (5.5)$$

Donde  $K_1$  es el factor de corrección de dientes ( $K_1=0,81$  para catalina de 14 dientes),  $K_2$  es el factor de hilos múltiples ( $K_2=1$  debido a que la cadena es de 1 hilo),  $K_s=1,3$  típicamente, y  $H_{tab}$  es la capacidad nominal de potencia de cadenas de paso único e hilo sencillo para una catalina de 17 dientes.

$H_{tab}$  (en [hp]) se obtiene de la relación  $H_{tab} = 0,004 N_1^{1,08} n_1^{0,9} p^{(3-0,07 p)}$ , donde p está en pulgadas y  $n_1$  son la rpm con que gira la catalina menor (375 en este caso). Reemplazando se obtiene que  $H_{tab}=1,83[hp]$ .

Reemplazando todo la anterior en la ecuación (5.5) se obtiene un factor de seguridad de  **$n=3,4$** , lo cual es aceptable.

Así el conjunto de especificaciones de la transmisión por cadena se resume en:

- Cadena número 40 (paso=12,7[mm]) de hilo simple y 54 pasos de largo. (marca Renold.)
- Piñón Impulsor de 14 dientes con chaveta. (marca Renold)
- Catalina de 22 dientes (con sistema de trinquete) (marca Dicta)
- Programa de lubricación tipo B.
- Distancia entre centro de las catalinas de 221 [mm] aproximadamente.

### 5.3. Transmisión por pedales.

#### 5.3.1. Factibilidad.

Básicamente se calculará si es que el niño es capaz de mover el auto pedaleando en el cambio más desfavorable. La transmisión por pedales se muestra en la siguiente figura:

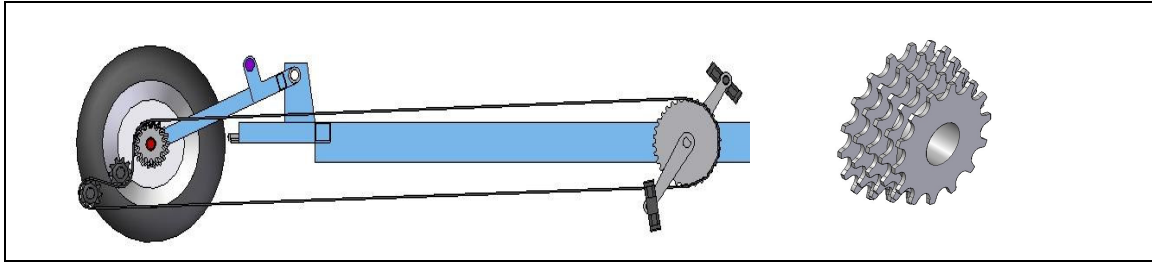


Figura 5.8: Esquema sistema de pedaleo y piñón trasero con cambios.

Se supondrá que el niño puede levantar su propio peso con una sola pierna. Siendo así, puede hacer una fuerza de  $P=30[\text{kgf}]$  sobre cada pedal aproximadamente. Para obtener una estimación del torque que el niño puede hacer sobre cada rueda trasera conviene mirar el siguiente esquema:

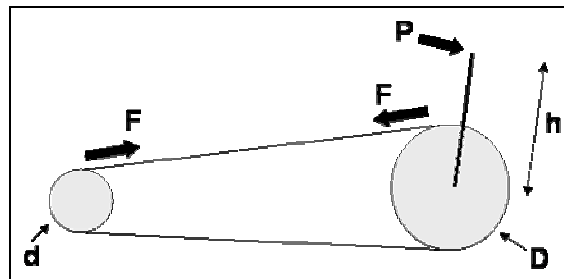


Figura 5.9: Esquema de fuerzas sobre el sistema de pedales.

$$D=130[\text{mm}], d=57[\text{mm}], h=120[\text{mm}]$$

$$P=30[\text{kgf}]=294,2[\text{N}]$$

Donde  $D$  es el diámetro de la catalina donde están los pedales,  $d$  el diámetro de la catalina con menor número de dientes que tiene piñón con cambios trasero,  $h$  el brazo del pedal,  $P$  la fuerza que hace el niño sobre el pedal y  $F$  la fuerza que se transmite por la cadena.

El torque sobre la catalina grande es  $T=Ph=35,3[\text{Nm}]$  así  $F=T/(D/2)=543,077[\text{N}]$ , por lo que el torque en el eje trasero es  $T_{\text{eje}}=Fd/2=31[\text{Nm}]$ . Si se supone que este torque se reparte equitativamente en las dos ruedas traseras entonces cada una recibe un torque de  $T_{\text{rueda}}=31/2=15,5[\text{Nm}]$  en el caso más desfavorable (catalina trasera con menor número de dientes).



Para mover cada rueda hay que vencer su resistencia a la rodadura, lo que se obtiene aplicando un torque  $T_{mov}=mga$  sobre ella, donde "m" es la masa que está soportando la rueda, "g" la aceleración de gravedad y "a" un coeficiente de resistencia a la rodadura en unidades de distancia.

Como referencia, para un auto con ruedas de 84[cm] de diámetro  $a=0,0127[m]$ .

Como se supuso anteriormente, cada rueda soporte una carga aproximada de  $m=50[kg]/4=12,5[kg]$ .

Se puede calcular entonces  $T_{mov}=12,5*9,8*0,0127=1,55[Nm]$ . Como  $T_{rueda}>T_{mov}$  entonces el niño no debería tener problemas para mover el auto en ningún caso.

### 5.3.2. Largo cadena

Se ocupará, al igual que en el caso del motor eléctrico, una cadena número 40 ( $p=12,7[mm]$ ). La catalina unida a los pedales posee 32 dientes y la catalina más grande del piñón con cambios posee 18 dientes. La distancia entre centros entre el piñón de los pedales y el eje trasero es de  $C=1052[mm]$ . Dado estos datos y aplicando la ecuación (5.4) se obtiene un largo de cadena  $L_1= 192$  pasos. Dado que la cadena debe pasar además por el tensor, lo que aumenta el número de pasos en aproximadamente 10, entonces el largo total de la cadena debe ser de  $L=202$  pasos.

Así el conjunto de especificaciones de la transmisión por pedales se resume en:

- Cadena número 40 (paso=12,7[mm]) de hilo simple y 202 pasos de largo. (marca Renold.)
- Catalina 1 delantera de 32 dientes con pedales. (marca Duque)
- Piñón trasero con catalinas de 14, 15, 16, 17 y 18 dientes. (marca SunTour)
- Tensor para cadena. (marca Shimano Deore)
- Distancia entre centro de las catalinas de 1052[mm] aproximadamente.
- Número de velocidades resultantes: 5

## 5.4. Suspensión delantera

La suspensión delantera consta principalmente por un resorte en cada rueda como se muestra en la siguiente figura:

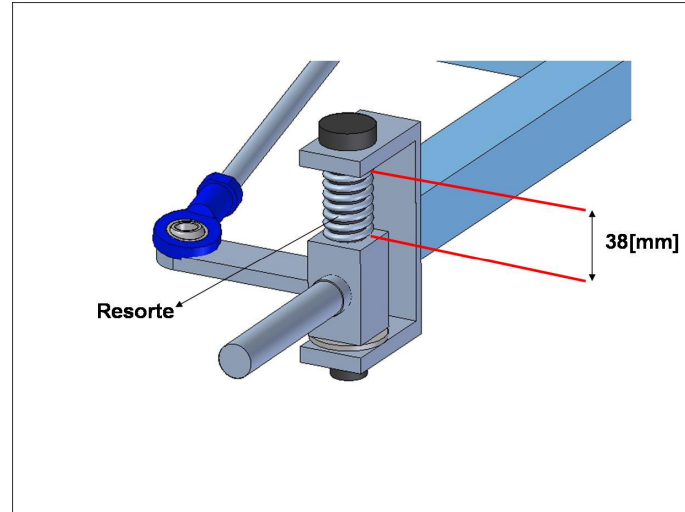


Figura 5.10: Suspensión delantera.

El material utilizado para el resorte es *Alambre de piano A228*. Este material es recomendado para este tipo de usos debido a que es el mejor, el más tenaz y el más empleado de todos los materiales para resortes. Soporta grandes esfuerzos ante cargas repetidas y sirve para cargas de choque e impacto (como ocurre en esta aplicación).

Cada rueda soporta  $F=50/4 \cdot 9,8=122,5[\text{N}]$  con el niño sobre el auto. Si se establece que con esta carga el resorte se comprima una distancia de  $x=5[\text{mm}]$  entonces la constante del resorte  $k$  requerida vale  $k=F/x=19600[\text{N/m}]$ . Se pueden obtener el número de espiras (vueltas)  $N$  requeridas para el resorte a través de la siguiente ecuación:

$$N = \frac{d^4 G}{8 D^3 k} \quad (5.6)$$

Donde  $d$  es el diámetro del alambre del resorte,  $D$  el diámetro de la hélice del resorte y  $G$  es el módulo de rigidez del material ( $G=80[\text{GPa}]$  para este material). Si se impone que  $d=3[\text{mm}]$  y  $D=19[\text{mm}]$ , reemplazando los datos en la ecuación anterior se obtiene que  $N_a=5$  espiras activas. Los extremos del resorte irán a escuadra y esmerilados, por lo que se necesitan en el resorte un total de  $N_t=2+N_a=7$  espiras. La longitud sólida es entonces  $L_s=N_t d=21[\text{mm}]$  que es menor que los  $38[\text{mm}]$  de largo del resorte, esto le permite un rango de compresión de  $38-24=17[\text{mm}]$ .

## 5.5. Eje trasero

El eje trasero del auto se muestra en la siguiente figura:

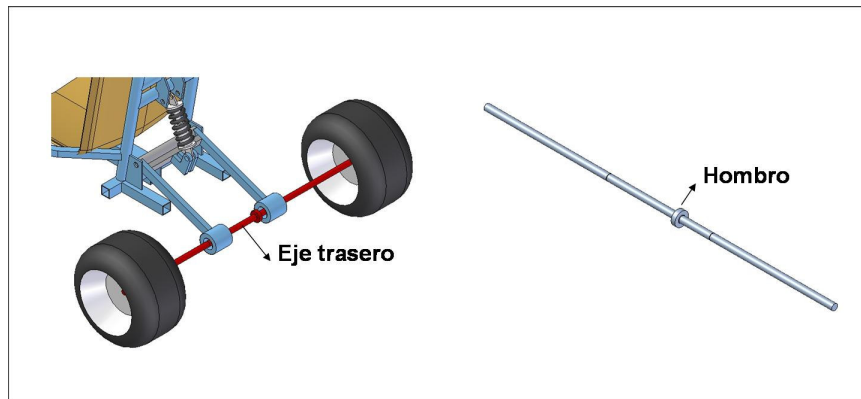


Figura 5.11: Diseño del eje trasero.

Si bien en el eje se montan varios accesorios, el único cambio de sección que éste posee es aquel mostrado en la figura anterior, por lo que se utilizará para calcular el eje a la fatiga.

En cada rueda se soporta una carga de  $P=50/4[\text{kgf}]=12,5[\text{kgf}]$ . Si suponemos que no hay pérdida de potencia del motor al eje, es decir se transmiten los 250[W] nominales del motor, y que el eje gira a velocidad nominal (239[rpm]), entonces el torque sobre el eje se calcula como  $T = P / \omega$  donde P es la potencia y  $\omega$  la velocidad angular del eje. Se obtiene entonces que  $T_{\text{máx}}=10[\text{Nm}]$ . Lo anterior se puede resumir en el siguiente esquema:

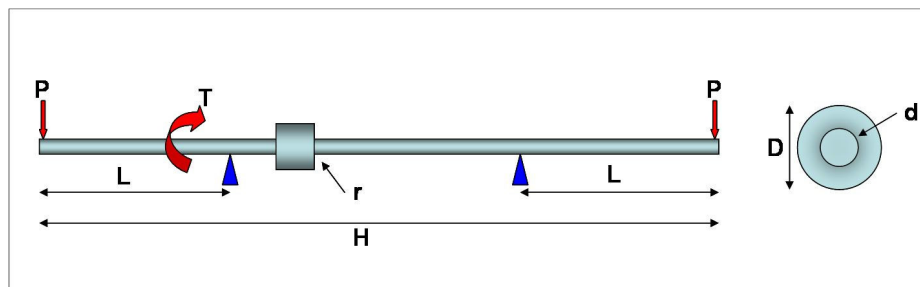


Figura 5.12: Diagrama Cuerpo libre eje trasero.

$$P=122,5[\text{N}], T_{\text{máx}}=10[\text{Nm}]$$

$$L=340[\text{mm}], H=880[\text{mm}]$$

$$r=1[\text{mm}] \text{ (radio de curvatura del fillet)}$$

$$D=34[\text{mm}] \text{ (diámetro del hombro)}$$

$$d=?? \text{ (por determinar)}$$

El momento máximo en el eje es  $M_{\text{máx}} = PL = 41,65 [\text{Nm}]$ . Se ocupará para el eje acero SAE 1045 templado y revenido a 600°F cuyas propiedades son:  $S_y=1520[\text{MPa}]$ ,  $S_{ut}=1580[\text{MPa}]$ .

Si se considera sólo carga estática entonces el diámetro mínimo del eje d se puede calcular utilizando el criterio de Tresca como:

$$d_{\min} = \left[ \frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M_{\max}^2 + T_{\max}^2} \right]^{1/3} \quad (5.7)$$

Utilizando un coeficiente de seguridad  $n=3$  y reemplazando los datos en la ecuación anterior se obtiene que  $d_{\min}=9,5[\text{mm}]$ .

Para calcular el eje a la fatiga se utilizará el criterio de Soderberf Máximo Esfuerzo de Corte, la ecuación de diseño es:

$$d_{\min} = \left[ \frac{32n}{\pi} \sqrt{\left( \frac{M_{\max}}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{T_{\max}}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (5.8)$$

Donde  $S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f 0,5 S_{UT}$  es la resistencia a la fatiga modificada por diversos factores:

Factor de superficie:  $k_a = 4,45(S_{UT})^{-0,265} = 0,632$  (maquinado o laminado en frío)

Factor de tamaño:  $k_b = 1,24(d)^{-0,107} = 0,98$

Factor de carga:  $k_c = 0,328(S_{UT} [\text{kpsi}])^{0,125} = 0,647$  (torsión)

Factor de Temperatura:  $k_d = 1$  (se ocupará el auto a una temperatura media de 20°C)

Factor de concentración de esfuerzo:  $k_e = 1,92$  ( $r/d=0,11$  y  $D/d=3,77$ )

Factor de confiabilidad:  $k_f = 0,814$  (99% de confiabilidad)

Reemplazando todo se obtiene  $\Rightarrow S_e = 494,766[\text{MPa}]$ .

Luego, utilizando la ecuación (5.8) con un factor de seguridad  $n=3$ , se obtiene finalmente que  $d_{\min} = 13,7[\text{mm}]$ .

Se ocupará en el diseño un eje de  $d=15[\text{mm}]$ .

### Rodamiento

El cálculo de los rodamientos que van en el eje trasero del auto (ver figura), se harán con la ayuda del catálogo interactivo de SKF que está en su página web, [www.skf.com](http://www.skf.com).

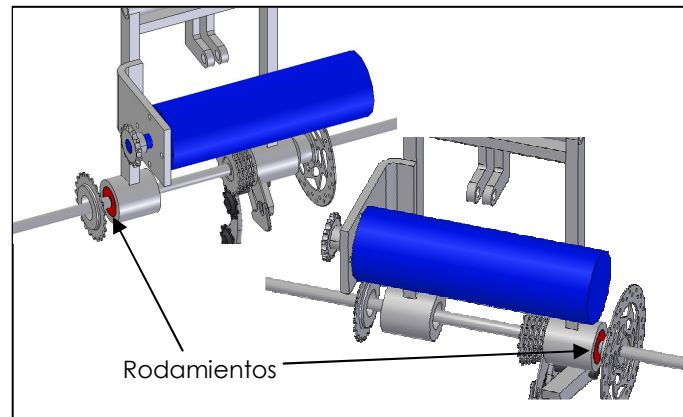


Figura 5.13: Esquema de los rodamientos.

Se considera que el rodamiento estará sometido a fuerzas tanto axiales como radiales. Se estimaron que las fuerzas son:

$$F_r = 98 \text{ [N]}$$

$$F_a = 41,25 \text{ [N]}$$

Además se tienen restricciones geométricas, las cuales restringen tanto el diámetro interno (15 [mm]) y el diámetro externo debe estar comprendido entre los 40 y 45 [mm].

Para estos rodamientos se estimó una vida útil de 4000 [hrs] y que giran a 239 RPM. Con estos parámetros se calculan los factores X e Y de la ecuación:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (5.9)$$

Los cuales dan  $X=0,56$  e  $Y=1,6$ . El valor de P es igual a 120,88 [N]. y de la ecuación:

$$L_H = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left( \frac{C}{P} \right)^p \quad (5.10)$$

Despejando C, que es la carga dinámica, se obtiene un valor de 466,184. Del catálogo de SKF se escoge un rodamiento de bolas SKF 6302 que posee un  $C=900$ . Además este rodamiento cumple con las restricciones geométricas que se necesitan.

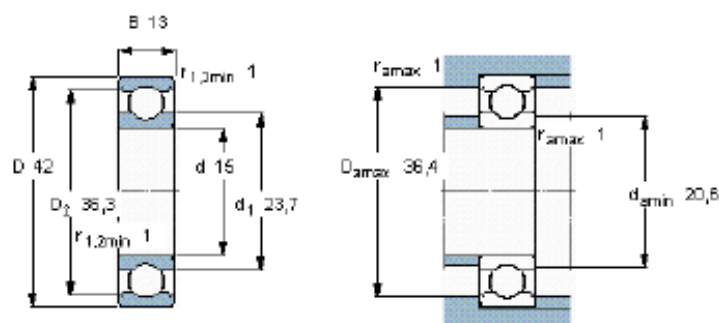


Figura 5.14: Rodamiento SKF 6302.  
Fuente: Catálogo rodamientos SKF.

## CAPITULO 6

### 6. VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO.

#### 6.1. Verificación de Parámetros de Diseño.

##### **Seguridad.**

Al evaluar la seguridad en el proyecto final, se puede observar la incorporación de una barra antivuelco por sobre el asiento del piloto y complementario con esto un cinturón de cuatro puntas que mantendrá al ocupante en su posición todo el tiempo para que la eficiencia de la barra antivuelco sea la óptima. Además se agregaron dos barras laterales de protección en caso de alguna colisión lateral o en el mismo caso anterior, de un posible vuelco del auto, para que el ocupante nunca se vea expuesto a algún objeto exterior.

Desde el punto de vista de las características que tienen el automóvil, se puede observar que es un auto estable dada la altura sobre el piso que tiene (sólo 25 [cm]) lo cual lo hace un auto sumamente estable al tener el centro de masa muy cerca del suelo. Además el gran ancho del vehículo lo hace más confiable, no en el caso de girar en una curva, pues el auto no alcanzará grandes velocidades, pero si en el caso de pasar algún obstáculo en su condición de todo-terreno.

Desde el punto de vista eléctrico, el sistema se diseñó de forma tal, que el auto no podrá superar los 15 [km/h] que se habían estipulado en los parámetros de diseño. Esto se hará posible a través de la calibración del controlador de velocidad incorporado.

Se incorporarán las medidas de seguridad mencionadas en los antecedentes sobre el cuidado que deben tener personas adultas sobre este tipo de productos (página 10).

Todos los elementos se diseñaron con este objetivo. Las cadenas bien protegidas, los elementos bien sellados y la ubicación de todos los componentes en la parte trasera del vehículo para mayor seguridad del ocupante.

##### **Rango de Edad.**

Todos los componentes, partiendo desde el asiento, hasta las medidas que se utilizaron para ubicar los pedales, fueron tomadas en cuenta a partir de lo que se estipuló: que el rango de edades fuera desde los 4 años hasta los 6.

### **Confiabilidad.**

La confiabilidad de los componentes que se utilizaron para diseñar los sistemas mecánicos como engranajes, piñones, pasadores, tuercas, rodamientos, etc. es técnicamente aceptable. Para lo ello los elementos fueron calculados con una vida útil y un factor de seguridad elevado para asegurar el cumplimiento del diseño de un auto totalmente seguro para los niños y para asegurar también, la vida útil del auto.

La estructura del auto además incluye un tratamiento superficial de anodinado para evitar la oxidación de los perfiles de aluminio y asegurar la duración del auto.

### **Ergonomía y Dimensiones.**

Como se habló en el parámetro rango de edad, todos los elementos diseñados cumplen con éste objetivo, producir un auto cómodo y que sea compatible con la ergonomía de los niños dentro de los rangos de edad descritos.

### **Factibilidad.**

El principal objetivo alcanzado con éste parámetro, fue que las piezas diseñadas se pueden construir. El proceso de fabricación existe y es compatible con formas, perfiles, conformados y tratamientos superficiales que se le dieron a las distintas piezas utilizadas para conseguir diseñar un auto práctico e innovador.

## **6.2. Cumplimiento de los Requisitos.**

Además del set de restricciones que representan los parámetros de diseño, el go kart debe cumplir con requisitos de diseño impuestos por el demandante entre los que se encuentran:

Parámetro	Requisito	Solución Propuesta
Funcionalidad	Eléctrico-Pedales	Sistema de piñones con trinquete para enganche y desenganche.
	Menores de 6 años.	Parámetro de diseño especial para éste ítem.
Concepto	Todo Terreno	Incluidos para éste efecto, suspensión delantera y trasera, barra antivuelco, cinturón de seguridad y neumáticos especiales.

## BIBLIOGRAFÍA

Textos y Catálogos.

- [1.] Diseño de Ingeniería Mecánica, Joseph Shigley, Sexta Edición 2002.
- [2.] Manual de la Técnica del Automóvil, Robert Bosch, Tercera Edición 1996.
- [3.] Catálogo de Soldadura INDURA.
- [4.] Catálogo de rodamientos SKF, su versión web.
- [5.] Engineering Materials 2, Michale Sabih, Segunda Edición 1998.

Recursos Web:

- [6.] [www.gokartsupply.com](http://www.gokartsupply.com)
- [7.] [www.bergtoys.net](http://www.bergtoys.net)
- [8.] [www.diyden.net](http://www.diyden.net)



## ANEXOS.

Los extractos de catálogos que se muestran a continuación son los siguientes:

- Catálogo Motor Eléctrico Engel GNM5480E.
- Catálogo de reducción Engel serie G6.1.
- Catálogo de cadenas ANSI.
- Catálogo controlador de velocidad SPC350.