

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA
ECOLOGICA**

JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA
ECOLOGICA**

JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

**ING ADOLFO LEON ARENAS LANDINEZ
Profesor Escuela Ingeniería Mecánica**

Co- Director

**RICARDO ALFONSO JAIMES ROLON
Msc. en Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

A mis padres; mi padre por haberme enseñado que con
esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue, y que
en esta vida nadie regala nada.

Mi madre por cada día hacerme ver la vida de una
forma diferente y confiar en mis decisiones.

Contenido

INTRODUCCION.....	19
1. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	20
2. JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	22
3.1. OBJETIVO GENERAL	22
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	23
5. MARCO REFERENCIAL.....	24
5.1 ESTADO DEL ARTE DE VEHICULOS ALTERNATIVOS DE BAJA CARGA DE TRANSPORTE	24
5.2 TIPOS DE VEHICULOS ALTERNATIVOS HIDRIDOS	25
5.2.1 Vehículos híbrido (eléctricos y solar);	26
5.2.2. Vehículos híbridos (eléctricos y pedal)	27
5.3. PROCESO DE DISEÑO	27
5.3.1. Metodología	27
5.3.2. Propuesta a desarrollar	28
6. ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE SISTEMAS.....	31
6.1. SISTEMA DE BASTIDOR (CHASIS)	31
6.1.1. Tipos de chasis	32
6.1.2. Selección de bastidor (chasis)	35

6.2. SISTEMA DE DIRECCION	36
6.2.1. Sistema de dirección de cremallera	36
6.2.2. Sistema de dirección por brazos.....	38
6.2.3. Selección y análisis de diferentes tipos de sistema de dirección	39
6.3. SISTEMAS DE POTENCIA	40
6.3.1. Motor eléctrico.....	40
6.3.2. Selección del sistema de potencia.....	43
6.3.3. Sistema de transmisión por pedal.....	44
6.3.4. Selección del sistema de transmisión.....	45
6.4. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO Y MANUAL	46
6.4.1. sub-sistemas de control de manejo	47
6.4.2. sub-sistemas de protección	47
6.4.3. sub-sistema seguridad de bienes	47
6.4.4. sub-sistema de confort.....	47
6.4.5. Instrumentación.....	47
6.5. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA.....	48
6.5.1. Baterías de plomo-ácido	48
6.5.2. Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)	50
6.5.3. Baterías de iones de litio (Li-ion)	53
6.5.4. Selección del acumulador	55
6.6. SISTEMA DE SUSPENSION	56
6.6.1 Suspensión independiente (delantera)	57
6.6.2. Selección del sistema de suspensión delantera	59
6.6.3. Sistema de suspensión trasera.....	60
6.6.4. Selección del sistema de suspensión trasera.....	62
6.7. SISTEMAS DE FRENOS.....	63
6.7.1. Freno de disco	63
6.7.2. Freno de aro.....	64
6.7.3. Selección del sistema de frenado	65
7. DISEÑO DE COMPONENTES DEL VEHICULO ELECTRICO HIBRIDO.....	67

7.1. DISEÑO AL DETALLE UTILIZANDO PARÁMETROS DIMENSIONALES BASTIDOR (CHASIS)	67
7.1.1. Consideraciones ergonómicas.....	67
7.1.2. Consideraciones antropométricas	68
7.1.3. Geometría del chasis por software CAD.....	72
7.1.4. Selección de materiales	74
7.1.5. Mecanismos de unión a usar	75
7.1.6. Análisis de esfuerzos, Deformación y Factor de Seguridad por medio de FEM	79
7.2. SISTEMA DE POTENCIA	82
7.2.1. Motor eléctrico.....	83
7.2.2. Controlador	84
7.2.3. Baterías	88
7.2.4. Torque requerido en las ruedas delanteras	89
7.2.5. Cálculos de potencia.....	96
7.2.6. Requerimiento de torque en la rueda trasera	98
7.2.7. Análisis de distancia entre eje llanta motriz y eje del plato de pedal.....	98
7.2.7. Cálculos de relaciones al pedaleo	100
7.3. SISTEMA DE DIRECCION	103
7.3.1. Radio de giro	103
7.3.2. Geometría de giro condición de ACKERMAN	104
7.3.3. Cálculos relacionados	105
7.3.4. Requerimiento de fuerza en el manubrio	106
7.3.5. Cálculos fuerzas en el manubrio:.....	108
7.4. SISTEMA DE SUSPENSIÓN	109
7.4.1. Fundamentos en la cinemática del sistema de suspensión	109
7.4.2. Consideraciones para diseño de una suspensión	113
7.4.3. Suspensión frontal en paralelogramo deformable	114
7.4.4. Suspensión mono pivotes trasera.....	115
7.4.5. Cálculos carga longitudinal y lateral	117
7.5. SISTEMA DE FRENADO (cinta-disco).....	121
7.5.1. Freno de banda (cinta).....	121
7.5.2. Freno de disco trasero	122

7.5.3. Consideraciones del frenado	123
7.5.4. Cálculos de frenado	126
7.6. SISTEMAS DE CONTROL (especificaciones de equipo usado).....	128
7.6.1. sub-sistemas de control de manejo	128
7.6.2. sub-sistemas de protección	131
7.6.3. sub-sistema seguridad de bienes	131
7.6.4. sub-sistema de confort.....	132
7.6.5. Instrumentación.....	133
7.7. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION	134
8. PROCESO DE CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO	137
8.1. CONSTRUCCION DEL CHASIS.....	139
9. PROTOCOLO DE PRUEBA.....	143
9.1. Verificación del vehículo en reposo.....	145
9.1.1. Chasis	145
9.1.2. Sistema de suspensión	145
9.1.3. Tren de potencia	145
9.1.4. Sistema de dirección.....	146
9.1.5. Estado de carga y medición de voltaje	146
9.2. Pruebas en tracción mecánica	147
9.2.1. Prueba de velocidad	147
9.2.2. Prueba de aceleración	147
9.3. Pruebas de tracción eléctrica	148
9.3.1. Prueba de velocidad	150
9.3.2. Prueba de aceleración	150
9.4. Pruebas de tracción combinada (eléctrica-pedaleo).....	150
9.4.1. Prueba de velocidad	151
9.4.2. Prueba de aceleración	151

9.5.	Autonomía de las baterías	152
9.5.1.	Prueba en ciudad con motor (superficie plana)	152
9.5.2.	Prueba en carretera con motor (superficie plana).	152
9.5.3.	Prueba en ciudad combinando tracción (superficie plana)	153
9.5.4.	Prueba en carretera combinando tracción (superficie plana).	153
9.6.	Análisis de resultados	154
9.6.1.	Análisis desempeño en velocidad	154
9.6.2.	Análisis desempeño en aceleración.....	155
9.6.3.	Análisis desempeño baterías	156
10.	RECOMENDACIONES DE USO	157
11.	PRESUPUESTO.....	158
12.	CONCLUSIONES.....	161
13.	RECOMENDACIONES.....	162
	BIBLIOGRAFIA.....	163
	ANEXOS.....	164

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vehículo eléctrico y solar.....	26
Figura 2. Vehículo eléctrico y pedal.....	27
Figura 3. Mapa de trabajo.....	28
Figura 4. Chasis tubular compuesto.....	33
Figura 5. Chasis columna vertical.....	34
Figura 6. Chasis monocasco.....	34
Figura 7. Esquema típico del mecanismo de dirección de piñón y cremallera.....	37
Figura 8. Piñón y cremallera.....	37
Figura 9. Dirección con brazos.....	38
Figura 10. Motor eléctrico de acoplamiento.....	41
Figura 11. Motor integrado al rin.....	42
Figura 12. Transmision de bicicleta.....	44
Figura 13. Desviador trasero.....	45
Figura 14. Desviador delantero.....	45
Figura 15. Esquema batería plomo.....	49
Figura 16. Esquema de batería de níquel.....	51
Figura 17. Esquema de batería de litio.....	54
Figura 18. Suspensión eje oscilante.....	58
Figura 19. Suspensión de paralelogramo deformable.....	59
Figura 20. Suspensión conexión directa.....	61
Figura 21. Suspensión con bieleta.....	62
Figura 22. Freno de disco en bicicleta.....	64
Figura 23. Freno por arco.....	65
Figura 24. Ilustración antropométrica.....	69
Figura 25. Antropométricas más empleadas.....	70
Figura 26. Algunas de las medidas antropométricas más empleadas.....	71
Figura 27. Chasis 2D con distancia entre eje pedal y punto medio silla.....	72

Figura 28. Chasis 3D	73
Figura 29. CAD estructural terminado.....	73
Figura 30. Tipo de uniones a soldar.....	76
Figura 31. Soldadura por arco eléctrico	77
Figura 32. Tension de Von Mises en condiciones carga a flexion	81
Figura 33. Deformacion bajo condiciones carga a flexion.....	81
Figura 34. Factor de seguridad bajo condiciones carga a flexion.	82
Figura 35. Motor electrico expuesto.....	83
Figura 36. Foto del rin-motor	84
Figura 37. Cerebro del sistema.....	85
Figura 38. Esquema de conexiones del sistema eléctrico	86
Figura 39. Resistencia ala pendiente.....	92
Figura 40. Curva de funcionamiento del motor 48V 500W.....	94
Figura 41. Distancia entre plato-piñón según nuestro diseño	99
Figura 42. Esquema final de transmisión por pedaleo	100
Figura 43. Diagrama de esfuerzo y velocidad.....	101
Figura 44. Geometría de giro de un vehículo.....	104
Figura 45. Esquema de direccion	106
Figura 46. Suspensión de paralelogramo deformable	109
Figura 47. Ángulos de inclinación relativos de las ruedas	110
Figura 48. Deformacion del camber del parche de contacto.....	111
Figura 49. Angulo de toe.....	112
Figura 50. Angulo de caster.....	113
Figura 51. Suspension trasera monopivote	115
Figura 52. Repuesto Amortiguador Trasero.....	116
Figura 53. Freno de cinta.....	122
Figura 54. Freno de disco	123
Figura 55. Llantas delanteras.....	124
Figura 56. Llanta trasera	125

Figura 57. Controlador de 500W 48V12A	129
Figura 58. Cargador de 500W 48V12A.....	129
Figura 59. Sistema de luces led.....	130
Figura 60. Mandos de aceleración.....	130
Figura 61. Cinturón en X.....	131
Figura 62. Arranque electronico.....	131
Figura 63. Alarma	132
Figura 64. Espejos deflectores.....	132
Figura 65. Asiento ajustable	133
Figura 66. Tablero indicador basico.....	133
Figura 67. Ensamble prototipo terminado	137
Figura 68. Construccion prototipo	139
Figura 69. Marco de la silla.....	140
Figura 70. Tipos de uniones en tubería a usar	140
Figura 71. Corte boca de pescado terminado	141
Figura 72. Propiedades de la soldadura a usar	142
Figura 73. Prueba de voltaje	146
Figura 74. Horquilla rueda derecha.....	149
Figura 75. Sistema eléctrico	149
Figura 76. Análisis comparativo de velocidades	154
Figura 77. Análisis comparativo de aceleraciones	155
Figura 78. Autonomía en kilómetros	156

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de alternativas	29
Tabla 2. Evaluación de alternativas del chasis	35
Tabla 3. Evaluación de alternativas de la dirección	39
Tabla 4. Evaluación de alternativas del sistema de potencia.....	43
Tabla 5. Evaluación de alternativas de la transmisión	46
Tabla 6. Evaluación de alternativas del acumulador.....	56
Tabla 7. Evaluación de alternativas de la suspensión delantera	59
Tabla 8. Evaluación de alternativas de la suspensión trasera	62
Tabla 9. Evaluación de alternativas del sistema de frenado trasero	66
Tabla 10. Muestra de medidas promedio de la población en Bogotá en el 2007 ...	69
Tabla 11. Propiedades A-36	75
Tabla 12. Análisis de soldaduras	77
Tabla 13. Análisis de carga del vehículo.....	80
Tabla 14. Especificaciones Motor 48V 500W para la rueda delantera.....	83
Tabla 15. Tamaño rueda.....	84
Tabla 16. Especificaciones de una batería	88
Tabla 17. Coeficiente de rodadura.....	90
Tabla 18. Diferencia de fuerzas aplicadas en las ruedas.....	90
Tabla 19. Cálculos torque requerido	93
Tabla 20. Cálculos de potencia.....	96
Tabla 21. Cálculos de torque por pedaleo	102
Tabla 22. Cálculos dirección	105
Tabla 23. Coeficiente de rozamiento neumático-suelo	107
Tabla 24. Calculo de esfuerzo dirección	108
Tabla 25. Cálculos de carga longitudinal	117
Tabla 26. Distribución de pesos.....	119
Tabla 27. Cálculos de carga lateral.....	119
Tabla 28. Cálculos de frenado delantero	126

Tabla 29. Cálculos de frenado rueda trasera	127
Tabla 30. Ficha técnica	134
Tabla 31. Procesos de construcción	137
Tabla 32. Sistemas y proceso involucrado	138
Tabla 33. Desarrollo de pruebas.....	143
Tabla 34. Resultados de velocidad	147
Tabla 35. Resultados prueba aceleración.....	148
Tabla 36. Resultados prueba velocidad.....	150
Tabla 37. Resultados prueba aceleración.....	150
Tabla 38. Resultados prueba velocidad	151
Tabla 39. Resultados prueba aceleración.....	151
Tabla 40. Autonomía en ciudad motor	152
Tabla 41. Autonomía en carretera motor	153
Tabla 42. Autonomía combinando tracción en ciudad	153
Tabla 43. Autonomía combinando tracción en carretera	154
Tabla 44. Sistema mecánico.....	158
Tabla 45. Sistema eléctrico.....	159
Tabla 46. Costos indirectos	160
Tabla 47. Costo total.....	160

LISTA DE ANEXOS.

	Pág.
ANEXO A. FICHA TECNICA.....	165
ANEXO B. DIAGRAMA DE CONECCIONES.....	168
ANEXO C. ESPECIFICACIONES DE TUBERIA.....	170
ANEXO D. EVIDENCIA FOTOGRAFICA DE CONSTRUCCION Y ARMADO.....	172
ANEXO E. CONJUNTO DE PLANOS.....	184

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA
ALTERNATIVA ECOLOGICA*

AUTOR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**

PALABRAS CLAVES:

Energía alternativa, Vehículo, Prototipo, Suspensión, Viabilidad, Ergonomía, Ecológico, Diseño y Construcción.

DESCRIPCION:

El presente trabajo de grado se centra principalmente, en el diseño y la construcción de un prototipo de vehículo ecológico y con energía alternativa, el cual pueda ser visto como un innovador medio de transporte. El objetivo es generar un medio de transporte alternativo que pueda ser visto como una herramienta viable y que permita una mejor distribución de las energías usadas para el transporte.

En las primeras fases del trabajo donde se diseñaron y seleccionaron los componentes de los principales sistemas del vehículo basándonos en un proceso de cálculo analítico y validado en el caso del chasis tubular mediante una simulación utilizando el método de elementos finitos (MEF) en el software CAD como Solid Works, en la selección se evaluaron las alternativas a usar y que permitían una mayor eficiencia y bajos costos ya que para una viabilidad a la hora de promocionarlo al público este será un factor importante.

El siguiente paso fue la fase de construcción de cada uno de los componentes y sistemas necesarios para la construcción del vehículo, en los cuales se desarrollaron diferentes tipos de mecanizado y procesos de soldaduras. Todo esto con diagramas de flujo sobre cada proceso.

La fase final fue el montaje o ensamblaje de los elementos construidos y seleccionados que terminaran por formar el vehículo, esto se llevó a cabo por medio de los planos o diseños ya realizados los cuales constan con los diferentes tipos de uniones y los ajustes necesarios.

Como culminación el vehículo fue sometido a pruebas de funcionamiento al realizarlas se contempló las capacidades que brinda y los límites. Se evaluaron parámetros como conducción, alcances de la batería (autonomía), operación, velocidad máxima y capacidad de carga.

* *Proyecto de Grado. Diseño y Construcción.*

** *Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Adolfo León Arenas.*

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF VEHICLE ENERGY ECOLOGICAL ALTERNATIVE*

AUTHOR: JORGE TRUJILLO ANDRES VIERA**

KEYWORDS:

Alternative Energy Vehicle Prototype Suspension, feasibility, ergonomics, ecological, Design and Construction.

DESCRIPTION:

This degree work focuses mainly on the design and construction of a prototype environmentally friendly vehicle and alternative energy, which can be seen as an innovative means of transport. The aim is to create an alternative means of transport that can be seen as a viable tool that allows a better distribution of the energy used for transport

In the early stages of work which are designed and selected components of the major systems of the vehicle based on a process of analytical calculation and validated in the case of tubular chassis by a simulation using the finite element method (FEM) in the CAD software as Solid Works, in selecting alternatives to use and allowing greater efficiency and lower costs were assessed as to viability when promoting it to the public this will be an important factor.

The next step was the construction phase of each of the components and systems required for vehicle construction, in which different types of machining and welding processes were developed. All this with flowcharts for each process.

The final phase was the installation or assembly constructed and selected items that will eventually form the vehicle, it was just through drawings or designs which consist already made with different types of connections and adjustments.

Culminating the vehicle was tested to perform operational capabilities and limits provided contemplated. Parameters such as driving ranges battery (autonomy), operation, maximum speed and load capacity were evaluated.

* *Proyecto de Grado. Diseño y Construcción.*

** *Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Adolfo León Arenas.*

INTRODUCCION

El sector del transporte es una de las principales industrias del mundo que siempre está creciendo e innovando, hoy en día se encuentra en la búsqueda de nuevas energías que permitan dejar a un lado la dependencia de los combustibles fósiles. El petróleo mueve al mundo, pero cada vez está más escaso, más costoso y lo más importante, se ha convertido en un gran factor contaminante todo esto sin dejar a un lado los problemas de movilidad, es por eso que se busca incursionar en las energías renovables en búsqueda de la sostenibilidad del medio ambiente.

Los motores eléctricos pueden conseguir eficiencias del 90%. La mecánica asociada, al ir directamente acoplada a las ruedas de los vehículos eléctricos, simplifica enormemente los cambios y transmisiones (reduciendo las consiguientes pérdidas). No obstante, considerando el ciclo completo energético, que incluye la producción de los combustibles y la electricidad, esta diferencia a favor del coche eléctrico es menor.

Para el desarrollo del proyecto se analizaron las expectativas y requerimientos para la construcción del vehículo según los objetivos planteados. Aplicando el conocimiento tecnológico para la desarrollo y cálculos de los sistemas que comprenden el vehículo, apoyado con la herramienta de diseño, el software CAD Solid Works. El siguiente paso fue el proceso de construcción y selección de los componentes en el cual se desarrollaron los diferentes procesos de mecanizados y soldaduras. A esto surgió el proceso de ensamblaje o montaje. En la culminación vino la fase de pruebas y evaluación del vehículo, determinar su rendimiento y verificar el cumplimiento de requerimientos y objetivos ya planteados.

1. FORMULACION DEL PROBLEMA

La creciente demanda de movilidad (transporte), en el departamento de Santander ha planteado un interesante reto a las empresas de dicho ramo en muchos aspectos, entre los cuales se pueden resaltar desplazamientos rápidos, bajo costo del transporte y la implementación de vehículos amigables con el medio ambiente entre otros.

El sector transporte consume un 83% de los combustibles derivados del petróleo en Colombia. Además, los vehículos son los causantes de casi el 90% de las emisiones de monóxido de carbono, de más de la mitad de las emisiones de CO₂, y de alrededor de un 80% de las molestias sonoras en las ciudades.¹ Por ello se busca crear nuevos elementos que favorezcan los modelos de movilidad y que menos recursos naturales consumen y menos costes medioambientales provocan, sin olvidar el equilibrio entre la viabilidad económica del modelo, su capacidad de integración social y el respeto por el medio ambiente, todo esto con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, esto ayudara a la reducción de Gases de Efecto Invernadero, con una propuesta de vehículo eléctrico como medio de desplazamiento.

El motor eléctrico presenta como ventajas la reducción de la contaminación en la ciudad, el ahorro de energía (petróleo), y la reducción de emisiones y de ruido.

¹ Contenido de internet: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf
[consultado en mayo del 2016]

2. JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

La propuesta consiste en la puesta a disposición de la sociedad, de un medio de transporte económico, amigable ambientalmente y de fácil operación, para poder desplazarnos sin contaminar y de forma muy económica. Favorece la movilidad a nivel urbano ya que el costo de transporte es inferior al de los vehículos de combustión.

Su fácil manejo y mantenimiento de bajo costo, ya que al ser mucho más simples y sencillos que los vehículos comerciales y tener menos partes móviles, presentan menos riesgo de fallas o avería, por lo que requieren un mantenimiento bajo. No hay aceite, bujías o filtros que cambiar. Son limpios, ya que no generan emisiones y por tanto no contaminan.

Las grandes urbes se han convertido en espacios donde el tráfico crece incesantemente y por eso la movilidad personal se ha convertido en una necesidad fundamental para desarrollar actividades laborales, comerciales o de ocio, por lo que es imprescindible conseguir una Movilidad Sostenible. La aparición de los vehículos eléctricos, nos proporciona la oportunidad, de convertir a las ciudades en lugares tan silenciosos y agradables como lo son muchos pueblos, sin renunciar por ello a la comodidad que proporciona el transporte a motor. Extiende la idea de la necesidad de nuevas tecnologías sostenibles, en otros campos de la industria, ayudando así a fabricar productos más ecológicos. El rendimiento y la eficiencia energética de un vehículo eléctrico es superior (entre un 80 y un 95%) al de uno de gasolina (entre un 25 y un 30%).²

² Contenido de internet: <http://www.electrokars.com/-por-que-un-vehiculo-electrico-.html>
[consultado en diciembre del 2015]

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la misión de la Universidad Industrial de Santander en la formación de profesionales con alta calidad técnica, científica y responsabilidad social, aplicando tecnologías amigables con el medio ambiente en requerimientos de primera necesidad como el transporte. En la aplicación de los conocimientos impartidos por ésta al diseño y construcción de un vehículo con asistencia eléctrica, continuando así con el trabajo e investigación en el campo del diseño ecológico y de energía alternativa.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseño y construcción de un prototipo de vehículo personal, impulsado por energía alternativa e híbrido (que combinan dos tipos de propulsión).
- Realizar el diseño del chasis tubular mediante la aplicación de paquetes computarizados para modelar su comportamiento (SOLIDWORKS).
- Analizar y seleccionar el motor y los diferentes elementos más adecuados a las condiciones de carga y velocidad del vehículo.
- Seleccionar de forma analítica el sistema de dirección y frenado.
- Realizar los planos detallados del vehículo en una herramienta CAD.
- Realizar la validación del sistema mecánico según las variables de funcionalidad, producción y costos de fabricación.
- Reducir la contaminación en la ciudad.
- Diversificar fuentes de energía.
- Reducir las emisiones de ruido.
- Investigar y testar las diferentes tecnologías.
- Construir el vehículo para una capacidad de transporte de carga de 90 kg.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La aplicación de los procesos de diseño y construcción con bases en los conocimientos adquiridos, en todos los aspectos la intervención de las diferentes áreas de la ingeniería mecánica y la implementación de esta en los diferentes elementos que constituirá el vehículo y la selección de materiales y los diversos tipos de mecanismos (baterías, motor, controles de velocidad, resortes del sistema de amortiguamiento, el diseño de la dirección, el sistema de freno etc.). En cuanto a la transmisión de potencia intervienen los análisis energéticos, la selección del motor, el análisis cinemático, los análisis de cargas de fallas. Adicionalmente se trae a colación otros aspectos importantes en este proceso como la biomecánica, antropometría, la ergonomía y su implicación en el dimensionamiento del vehículo. Todo esto se llevará a cabo teniendo en cuenta un proceso de diseño estructurado como el propuesto en diversos libros de ingeniería mecánica que se desarrolle acorde a los requerimientos y parámetros establecidos para el diseño y construcción del vehículo de energía alternativa y otros aspectos complementarios que darán al desarrollo del proyecto una verdadera connotación ingenieril. Se plantea el proyecto para ampliar, la apropiación de estas tecnologías necesarias produciendo así un desarrollo en el tema con contenido científico. Ocuparnos de ofrecer una solución real al problema de transporte y movilidad de toda Colombia, este es un problema que aqueja al mundo entero, por eso se espera contribuir incluso en lugares que están más allá de nuestras fronteras actuales.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 ESTADO DEL ARTE DE VEHICULOS ALTERNATIVOS DE BAJA CARGA DE TRANSPORTE

Lo que destaca un vehículo con energía alternativa es la capacidad de operar con diversos tipos de energías que generan o suministran energía para el desplazamiento, evitando la dependencia de los combustibles derivados del petróleo. A continuación, se presentan algunas de las características generales que debe cumplir el vehículo, y que sirven para delimitar el alcance del proyecto. Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos de la demanda y expectativas básicas de los interesados en adquirir este sistema, ofrecieron una lista de características que son a considerar para alcanzar los objetivos. A continuación, se establecen dichos requerimientos:

- Versatilidad.
- Suministro de energía.
- Fácil operación.
- Segura.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Económica.
- Confiable.
- Durable.
- Amigable con el medio ambiente.
- Diseño innovador y lo más compacto posible.

Un vehículo híbrido es aquel en el que se utilizan más de un sistema de propulsión. Normalmente cuando se habla de un vehículo híbrido se piensa en vehículos eléctricos que combinan un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos. Otros tipos de sistemas de propulsión híbridos incorporan

una celda de combustible, motor de aire comprimido o batería inercial, en combinación con un motor de combustión o eléctrico.

Según la combinación que se utilice esto definirá la eficiencia energética. Para estos sistemas generalmente se desarrollan sistemas de recuperación de energía tales como frenos regenerativos, paneles solares etc. Como consecuencia del menor consumo energético ya que se diversifica el gasto, se obtienen beneficios económicos y ambientales. Sin embargo, algunas tecnologías híbridas tienen perjuicios ambientales, por ejemplo, la producción y reciclado de baterías.

Según las necesidades de servicio para un vehículo versátil de transporte personal, se estudió la forma en que el proyecto pudiese cumplir con estas. Se organizaron las posibilidades ofrecidas por el diseñador y se estableció una lista de requerimientos tecnológicos necesaria en la matriz calidad para conocer su importancia a partir de la opinión del cliente.

5.2 TIPOS DE VEHICULOS ALTERNATIVOS HIDRIDOS

Un híbrido combina dos motorizaciones, son una realidad desde hace muchos años y poco a poco empiezan a hacerse populares por la crisis, alza de combustibles, abaratamiento de la tecnología y concienciación ambiental.

Clasificación:

Atendiendo a su principio de funcionamiento se pueden clasificar en tres tipos:

- **Híbrido en serie:** El motor térmico no tiene conexión mecánica con las ruedas, sólo se usa para generar electricidad. Dicho motor funciona a un régimen óptimo y recarga la batería hasta que se llena, momento en el cual se desconecta temporalmente. La tracción es siempre eléctrica.
- **Híbrido en paralelo:** Tanto el motor térmico como el eléctrico se utilizan para dar fuerza a la transmisión a la vez. Es una solución relativamente sencilla,

pero no es la más eficiente. Según esta configuración ambos proveen de potencia a las ruedas de modo que los dos sistemas pueden ser utilizados independientemente o simultáneamente para obtener una potencia máxima.

- **Híbrido combinado:** En este tipo de sistema los dos motores o dos formas de transmisión de potencia funcionan de forma combinada, cualquier combinación para impulsar al coche, es como un híbrido en serie pero con conexión mecánica a las ruedas. Es una solución muy eficiente pero mucho más compleja a nivel mecánico y electrónico.

5.2.1 Vehículos híbrido (eléctricos y solar);

Este tipo de vehículo se basa en la energía eléctrica como su base fundamental y tiene como apoyo la obtención de energía por medio de paneles solares situados en el vehículo lo que le permite recargarse a medida que transcurre un viaje o simplemente cuando está estacionado con la limitación de que la carga se debe al sol y si este no se encuentra presente no servirá de nada. Otro de los impedimentos es que se necesita gran cantidad de área en paneles para obtener tan siquiera una carga completa de las baterías.

Figura 1. Vehículo eléctrico y solar.



Fuente: <http://tecnoweb.com/2012/04/joven-chino-construye-su-propio-coche-electrico-solar/>

5.2.2. Vehículos híbridos (eléctricos y pedal)

La combinación de estos dos tipos de energía en un vehículo permite gran autonomía y crean un vehículo amigable con el medio ambiente ya que como principal fuente se encuentra los motores eléctricos que trabajan gracias a las baterías de litio recargables y como una fuente alternativa se tiene la fuerza motriz del conductor que le quita la dependencia de combustibles y energías. Los ciclos híbridos y su asistencia eléctrica permiten a su usuario llegar a su lugar de destino.

Figura 2. Vehículo eléctrico y pedal



Fuente: <http://tecnowebstudio.com/el-emcycle-un-vehiculo-hibrido-que-podria-revolucionar-el-transporte/>

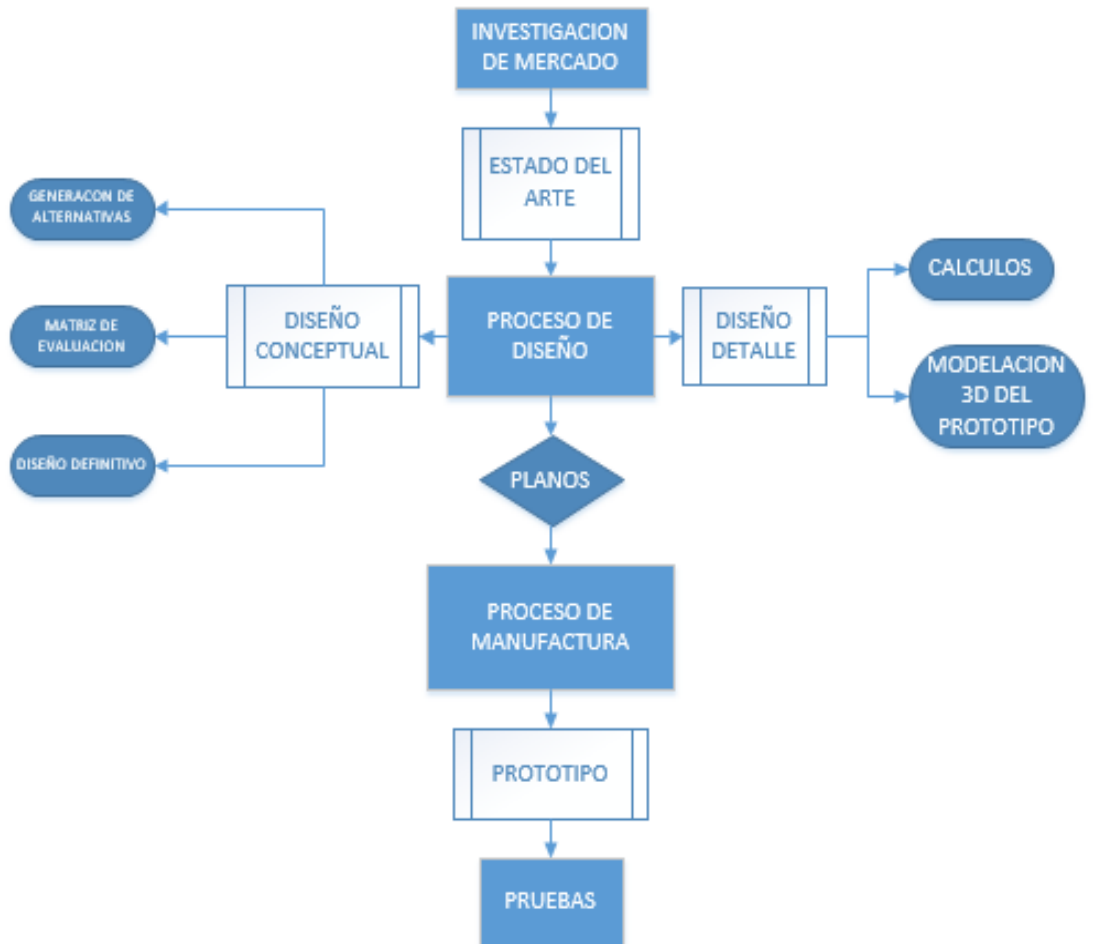
5.3. PROCESO DE DISEÑO

El proceso que se encamina en comprender una serie de métodos de diseño de un flujo lógico que lleva a soluciones innovadoras que respondan con el cumplimiento de los requerimientos por ello se buscara el análisis de factores críticos para las necesidades del usuario.

5.3.1. Metodología

A continuación, se representa el flujo de proceso del proyecto con las actividades o métodos desarrollados en cada etapa.

Figura 3. Mapa de trabajo



5.3.2. Propuesta a desarrollar

Por medio de los estudios ya realizados se selecciona el tipo de vehículo híbrido a desarrollar, todo basándose en los requerimientos del proyecto y de viabilidad del mismo al verlo desarrollado como un medio de transporte. Se evalúan algunas de las características deseadas para el producto, algunas de las especificaciones que crean parámetros fundamentales para el desarrollo.

A continuación, se presenta una tabla con algunas variables que se desean evaluar y sus valores ponderados según criterio de criticidad.

Tabla 1. Evaluación de alternativas

ALTERNATIVAS					
			ELECTRICO Y SOLAR		ELECTRICO Y A PEDAL
CRITERIO DE EVALUACION		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
SIMPLICIDAD	0,2	3,8	0,76	4	0,8
COSTO	0,2	3,4	0,68	4,2	0,84
FACIL MANTENIMIENTO	0,2	3,7	0,74	4,5	0,9
FUNCIONALIDAD	0,2	3,5	0,7	4,5	0,9
RENDIMIENTO ENERGETICO	0,2	4	0,8	4,1	0,82
TOTAL	1		3,68		4,26

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye que la propuesta a desarrollar es el vehículo híbrido que trabaja con electricidad y a pedal permitiendo cumplir con los requerimientos ya establecidos.

El prototipo del vehículo contara con unas características específicas que incluiremos en la valoración de los análisis de sistemas, algunas de estas características con las que brindaremos al vehículo será que constara de tracción delantera por medio del sistema eléctrico motriz y la tracción por medio de la transmisión por pedal se desarrollara en la rueda trasera, su configuración será de un triciclo contando que dos de sus ruedas estarán en la parte delantera y una atrás.

En el ámbito de ergonomía y comodidad para el usuario contara con todos los sistemas de seguridad pertinentes tales como luces, direccionales, cinturón de seguridad, alarma y los indicadores necesarios para tener control de los motores

eléctricos y la acumulación de energía necesaria para este, entre sus comodidades tendrá una silla para su conductor amoblada, un baúl o bodega que permita cargar con seguridad algunas pertenencias, contara con parabrisas y espejos.

Esta propuesta de diseño ira evolucionando a medida que se desarrolle y definiendo, se optimizara para que cumpla con los requisitos requeridos.

6. ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE SISTEMAS

Para el mejor desarrollo del proyecto se evalúan las alternativas de diseño del vehículo que se convertirá en un producto prestador de un servicio por ello se presentan y evalúan los principales sistemas con el fin de establecer los más viables que llevaran a una óptima selección. El análisis de las alternativas dará un enfoque al proyecto que se verá orientado a seguir dichas caracterizaciones dadas por esta selección que concluirán a la elaboración de un mejor producto.

Sistemas a evaluar:

- ✓ Sistema del bastidor (chasis).
- ✓ Sistema de dirección.
- ✓ Sistema de potencia.
- ✓ Sistemas de control.
- ✓ Sistemas de almacenamiento de energía.
- ✓ Sistema de suspensión.
- ✓ Sistemas de freno.

6.1. SISTEMA DE BASTIDOR (CHASIS)

Un chasis se podría definir como una estructura cuyo propósito es el de conectar rígidamente la suspensión delantera y la trasera y al mismo tiempo ofrecer puntos de amarre para los diferentes sistemas del vehículo, así como de proteger al conductor frente a la colisión. Los diseños rara vez se someten a tensiones del orden de la tensión última. Lo determinante es la no deformación o en otras palabras la rigidez. El chasis debe ser rígido para deformarse poco y así no alterar las características de la conducción.

La construcción de un chasis es el compromiso entre la rigidez, el peso y el espacio, todo ello teniendo en cuenta el coste final. Deben considerarse la resistencia estática y a fatiga, la estabilidad de los miembros estructurales, la capacidad de soporte de carga de las uniones, la fabricación y el montaje. En este proyecto sólo se tendrán en cuenta los esfuerzos que puedan considerarse estáticos. Para un cálculo completo de un chasis también deberían hacerse cálculos a fatiga y de colisión, algo que da para un par de proyectos más.³

6.1.1. Tipos de chasis

Como existen diferentes tipos de chasis que proporcionan diferentes ventajas según sus características propias de cada una y sus configuraciones. Se analizarán algunos que se acoplarían con mayor facilidad a nuestros criterios.

6.1.1.1. Chasis tubular

La carrocería tubular es una técnica utilizada como estructura del vehículo que comprende una red de tubos metálicos soldados que consiguen una carrocería de gran rigidez y resistencia con muy poco peso. Esta estructura puede ser tan estable como se quiera ya que solo se limita por el diseño y fabricación, es más usada para generar productos de baja producción. En este tipo de chasis existe el tubular compuesto se diferencia con el tubular normal por una parte posterior basculante que es ensamblable.

³ Contenido de internet: <http://www1.ceit.es/automocion/proyectos/chasis/inicio.htm> [consultado en abril del 2016]

Figura 4. Chasis tubular compuesto



Fuente: <http://cursodemotos.blogspot.com.co/2016/01/el-chasis-el-chasis-marco-bastidor.html>

6.1.1.2. Chasis columna vertical

Este tipo de estructura fue inventada por Collin Chapman. El utilizo una celosía en forma de columna vertebral para conectar el eje delantero al trasero. La columna vertebral proporciona la estructura para todos los componentes de trabajo del vehículo.⁴

⁴ Contenido de internet: <http://www.mecanicaymotores.com/tipos-de-chasis-para-autos.html>
[consultado mayo del 2016]

Figura 5. Chasis columna vertical



Fuente: www.mecanicaymotores.com/tipos-de-chasis-para-autos.html

6.1.1.3. Chasis monocasco

Es reconocido porque es una sola pieza y soporta todos los aditamentos del vehículo, ya que posee una flexibilidad, proporciona una absorción de energía. Este es un método usado en producción en masa y la mayor desventaja de este tipo de chasis es el peso.

Figura 6. Chasis monocasco



Fuente: <http://cursodemotos.blogspot.com.co/2016/01/el-chasis-el-chasis-marco-bastidor.html>

6.1.2. Selección de bastidor (chasis)

Para la selección del sistema de dirección se evalúan algunas de las características deseadas para el producto, algunas de las especificaciones que crean parámetros fundamentales para el desarrollo y adquisición tales como adaptabilidad, buena conducción, fácil mantenimiento, costo y disponibilidad comercial.

A continuación se presenta una tabla con algunas variables que se desean evaluar y sus valores ponderados según criterio de criticidad.

Tabla 2. Evaluación de alternativas del chasis

CRITERIO DE EVALUACION		ALTERNATIVAS					
		Chasis tubular		Chasis monocasco		Chasis columna vertical	
		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
FUNCIONALIDAD	0,15	4	0,6	3,5	0,52	3,3	0,5
COSTO	0,2	4,5	0,9	3,8	0,76	4	0,8
PESO	0,3	3,5	1	3	0,9	3	0,9
FACIL MANTENIMIENTO	0,1	4	0,4	3,5	0,35	3,8	0,38
SIMPLICIDAD	0,1	4,5	0,45	3,5	0,35	4,5	0,45
RIGIDEZ	0,15	4	0,6	3,5	0,52	3,5	0,53
TOTAL	1	3,95		3,4		3,6	

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el tipo de chasis a usar el cual es según nuestros criterios el chasis tubular.

6.2. SISTEMA DE DIRECCION

La dirección es un mecanismo que nos permiten dirigir o direccionar las ruedas del vehículo de acuerdo con la intención del conductor. Existen muchos factores que intervienen en la resistencia al giro del volante, entre otras la presión de inflado del neumático, área de contacto con el suelo, tipo de neumático, tipo de pavimento, velocidad de desplazamiento del vehículo, etc.; sin embargo, el factor más determinante es el propio peso del vehículo⁵.

A continuación se referirán algunas de las opciones más adecuadas y que se ajustan mejor a nuestros requerimientos.

6.2.1. Sistema de dirección de cremallera

Observando las figuras 4 y 5 podemos apreciar, la barra transversal del trapecio de dirección se ha convertido en un mecanismo de piñón y cremallera del tipo que se muestra en la figura 5, de forma que el girar el volante se produce el desplazamiento de la cremallera hacia un lado u otro en dependencia de la dirección de giro. Los extremos de la cremallera están acopladas a través de una barras con los extremos articulados al brazo de giro de la ruedas a ambos lados.

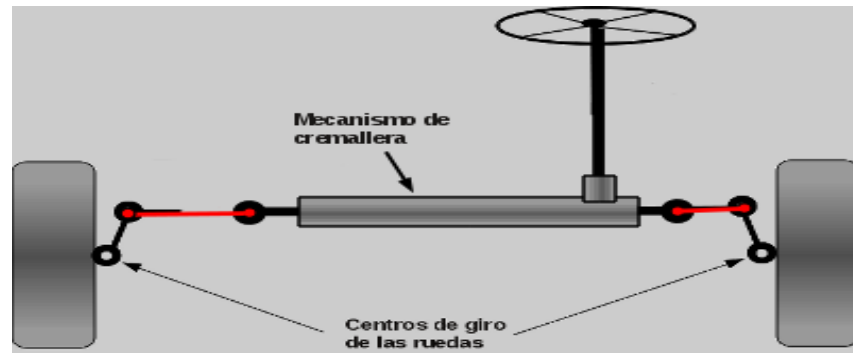
Este método se ha hecho muy común debido a que deja libre la zona frente a los centros de pivote de las ruedas, lo que permite disponer del espacio para el mecanismo de suspensión independiente de cada rueda.

Aunque en la figura 5 los dientes del conjunto se han representado como rectos, en realidad en los sistemas reales son de tipo helicoidal, y están, como en el caso del reductor de tornillo si fin, diseñados de forma que se pueda regular la holgura

⁵ Contenido disponible en internet: <https://sites.google.com/site/sistemadedireccion/tipos-de-direccion> [consultado en febrero del 2016]

entre los dientes, lo que se hace desplazando el piñón hacia adentro o hacia afuera, para que se aprieten más los dientes de este contra los de la cremallera⁶.

Figura 7. Esquema típico del mecanismo de dirección de piñón y cremallera



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisdireccion.html>

Figura 8. Piñón y cremallera.



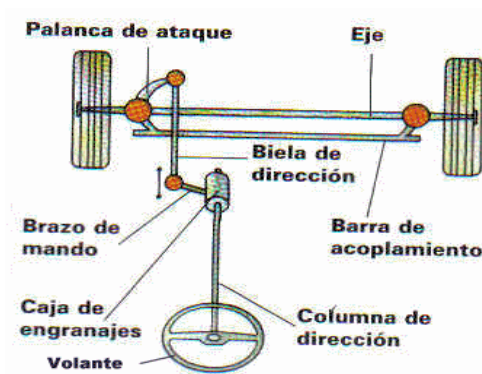
Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisdireccion.html>

⁶ Contenido disponible en internet: <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisdireccion.html> [consultado en febrero del 2016]

6.2.2. Sistema de dirección por brazos

Debido a que este sistema debe ser de alta precisión en el desplazamiento angular de las ruedas se utiliza mucho en vehículos turísticos. Sobre todo en los vehículos de turismo se necesita un sistema seguro y cómodo que proporciona gran suavidad en los giros y con gran rapidez de recuperación haciendo que la dirección sea muy estable y segura igualmente para vehículos de carga pesada el sistema debe de cumplir con estas mismas características pero sus elementos deben ser mayor proporción y más rígidos. Teniendo en cuenta la situación y exposición del motor en vehículos livianos, así también los órganos del sistema cambian respecto al montaje de la caja de dirección, los fabricantes han adoptado diferentes sistemas de enlaces entre el volante y los brazos de acoplamiento adaptados a las características del vehículo⁷.

Figura 9. Dirección con brazos



Fuente: <http://sistemdedireccion.galeon.com/aplicacion.html>

Este tipo de dirección cuenta con una caja de engranajes o caja de dirección que ayudan a la generación de del movimiento de las ruedas facilitando el giro de estas y disminuyendo la fuerza necesaria para tomar las curvas. El mecanismo de

⁷ Contenido disponible en internet: <http://sistemdedireccion.galeon.com/aplicacion.html> [consultado en febrero del 2016]

la caja reductora puede ser suspendido y dejando que conductor desarrolle este esfuerzo extra, suele retirarse en vehículos livianos.

6.2.3. Selección y análisis de diferentes tipos de sistema de dirección

Para a selección del sistema de dirección se evalúan algunas de las características deseadas para el producto, algunas de las especificaciones que crean parámetros fundamentales para el desarrollo y adquisición tales como adaptabilidad, buena conducción, fácil mantenimiento, costo y disponibilidad comercial. A continuación, la se presenta una tabla con algunas variables que se desean evaluar y sus valores ponderados según criterio de criticidad.

Tabla 3. Evaluación de alternativas de la dirección

		ALTERNATIVAS			
		Sistema de dirección por brazos		Sistema de dirección de cremallera	
CRITERIO DE EVALUACION		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
FUNCIONALIDAD	0,22	3,5	0,77	4,5	1
VELOCIDAD (angular)	0,11	3,5	0,44	3	0,33
PESO	0,10	3,5	0,35	3	0,3
FACIL MANTENIMIENTO	0,13	4	0,5	3,5	0,45
DISPONIBILIDAD	0,06	4	0,25	4	0,25
RENDIMIENTO (Energético)	0,16	4,5	0,7	3,5	0,55
PROPULSION (Sistema motriz)	0,22	3,5	0,85	4,5	0,9
TOTAL	1	3,86		3,78	

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el mecanismo a usar para la dirección según los criterios establecidos anteriormente y de mayor relevancia para desarrollar el proyecto es el sistema de dirección por brazos.

6.3. SISTEMAS DE POTENCIA

El sistema de propulsión de un vehículo eléctrico híbrido este combinado por un motor eléctrico y de un sistema de transmisión por piñones, cadena y pedales en este caso en específico. Los vehículos eléctricos tradicionales se recargan desde una fuente externa lo que genera problemas en la autonomía por ello se busca darle otra herramienta más como es el pedaleó. A continuación, se referirán algunas de las opciones más adecuadas y ya que tenemos dos sistemas de transmisión se evaluarán los dos sistemas por aparte para que se ajusten mejor a nuestros requerimientos.

6.3.1. Motor eléctrico

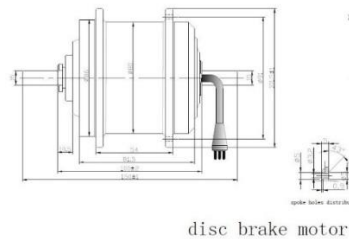
Para los sistemas de propulsión de este tipo de vehículos no es necesario buscar sistemas de transmisión o cualquier otro dispositivo convencional que se suele usar para llevar el movimiento a las ruedas ya que los motores vienen diseñados para que se acoplen en los rines o son parte de la estructura del mismo. A continuación, se evaluará los diferentes tipos de motores, ya hay en el mercado varios tipos y de excelente desempeño solo se seleccionará uno que según algunos criterios.

➤ Motor de acoplamiento en el rin

Este tipo de motor como su nombre lo dice viene para que se integre al rin por medio de los rayos de un rin convencional de bicicleta convirtiéndose así el motor en lo que conocemos como la manzana del rin y transmitiendo la potencia por

medio de los radios. Tiene un fácil montaje y una gran versatilidad porque permite colocarse o implementarse en cualquier tipo de llanta de bicicleta y también se le puede colocar freno de disco.

Figura 10. Motor eléctrico de acoplamiento



FUENTE: <http://es.aliexpress.com/item/keyde-electric-bicycle-front-hub-motor-kit-without-battery-250W-36V-24V/32247663835.html>

Artículos	Descripción	Peso
Motor integrado Electromecánica	Diámetro: 98mm Ancho: 100mm Potencia: 250 ~ 350 W Voltaje: 33 V Revolución: 160-260r/min Rendimiento \geq 80%	1.6 kg

➤ **Motor integrado en el rin**

El motor integrado al rin tiene gran practicidad ya que viene listo para su uso ya que el rin y el motor son uno solo se coloca su coraza y listo para montar en el chasis este tipo de motor cuenta con un freno interno de banda lo cual simplifica aún más el trabajo.

Figura 11. Motor integrado al rin



FUENTE: <http://biologica.com.co/>

Artículos	Descripción	Peso
Motor BRUSHLESS	Diámetro: 18'' Ancho: 100mm Potencia: 500W Voltaje: 48V – 12AH Revolución: 160-260r/min Rendimiento \geq 80%	2.4kg

6.3.2. Selección del sistema de potencia

Para la selección del sistema de potencia se evalúan algunas de las características deseadas para el producto, algunas de las especificaciones que crean parámetros fundamentales para el desarrollo y adquisición tales como adaptabilidad, buena conducción, fácil mantenimiento, costo y disponibilidad comercial.

A continuación, se presenta una tabla con algunas variables que se desean evaluar y sus valores ponderados según criterio de criticidad.

Tabla 4. Evaluación de alternativas del sistema de potencia

CRITERIO DE EVALUACION		ALTERNATIVAS			
		Motor de acoplamiento en el rin		Motor integrado en el rin	
		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
FUNCIONALIDAD	0,15	4	0,6	4	0,6
POTENCIA	0,3	3,3	0,99	4,5	1,35
PESO	0,13	3,9	0,5	3,5	0,35
FACIL MANTENIMIENTO	0,1	4	0,4	4	0,4
COSTO	0,12	3,7	0,45	4,1	0,5
RENDIMIENTO (Energético)	0,2	4,5	1,12	3,8	0,95
TOTAL	1	4		4,15	

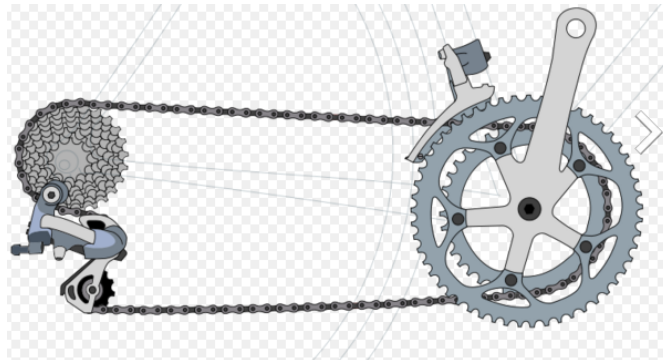
Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el motor que más satisface con los criterios de aceptación es el motor integrado en el rin ya que nos cumple con los criterios.

6.3.3. Sistema de transmisión por pedal.

La implementación de este sistema busca brindar una independencia de la energía eléctrica generando para el usuario alternativas de movilidad, ya sea que no cuente con energía eléctrica o que simplemente quiera alternar el uso para aumentar su rango de movilidad, este sistema consigue generar varias relaciones de transmisión entre el usuario y la rueda impulsora, permitiendo elegir el tamaño del piñón entre las diferentes relaciones de marcha, la cual se puede cambiar según criterio del usuario ya sea por las condiciones de la vía (colinas) o por el peso que se transporte.

Elementos que componen la transmisión: cadena, cambio trasero, desviador, platos, biela, tensor, mandos y cables.

Figura 12. Transmision de bicicleta



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Desviador#/media/File:Derailleur_Bicycle_Drivetrain.svg

En este sistema existen dos tipos de desviadores (trasero y delantero), los cuales son manejados por palancas de cambios que se encargan de posicionar la cadena en su respectiva posición.

- Desviador trasero (tensor): tiene dos funciones mover la cadena entre las coronas y mantener la tensión de la cadena
- Desviador delantero: este mueve la cadena entre los platos delanteros.

Figura 13. Desviador trasero



Fuente: <https://www.diariodeuncampista.com/2015/07/transmisiones-en-ciclismo-i-conceptos-generales/>

Figura 14. Desviador delantero



Fuente: <https://www.diariodeuncampista.com/2015/07/transmisiones-en-ciclismo-i-conceptos-generales/>

6.3.4. Selección del sistema de transmisión

A continuación se valorara y ya que para este tipo de sistema ya hay en el mercado varios tipos y de excelente desempeño solo se seleccionara uno que según algunos criterios (compatibilidad, rentabilidad, fiabilidad, tendencia y gamma).

Listado de marcas mas importantes:

- Shimano
- Sram
- Campagnolo

Tabla 5. Evaluación de alternativas de la transmisión

CRITERIOS DE EVALUACION		ALTERNATIVAS					
		SHIMANO		CAMPAGNOLO		SRAM	
		NOT A	PONDERACION	NOT A	PONDERACION	NOT A	PONDERACION
COSTO	0,25	4,5	1,1	3	0,75	3,3	0,82
DISPONIBILIDAD	0,2	5	1	3,5	0,7	3,5	0,7
FACIL MONTAJE	0,15	4	0,6	3,5	0,53	3,5	0,53
MAS CAMBIOS DE MARCHA	0,3	4	1,2	5	1,5	4	1,2
COMPATIBILIDAD	0,1	4,4	0,44	4	0,4	4,2	0,42
TOTAL	1		4,34		3,88		3,67

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el mecanismo a usar el cual sería según la evaluación de alternativas el shimano para la transmisión por pedaleo.

6.4. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO Y MANUAL

En este ítem se valorarán algunos de los sub-sistemas que complementan el vehículo y que tienen valioso significado para el usuario, ya que permiten desarrollar un mejor manejo generan criterios tales como instrumentación, seguridad tanto para el vehículo como para el usuario y confort.

6.4.1. sub-sistemas de control de manejo

- Controlador
- Cargador
- Iluminación (luz delantera, direccionales delanteras y traseras)
- Acelerador

6.4.2. sub-sistemas de protección

- Marco de seguridad contra impactos
- Cinturón de seguridad

6.4.3. sub-sistema seguridad de bienes

- Arranque electrónico
- Columna de dirección con bloqueo automático
- Alarma de movimiento por control remoto

6.4.4. sub-sistema de confort

- Deflectores laterales delanteros (espejos retrovisor)
- Parabrisas
- Asiento delantero regulable longitudinalmente
- Techo panorámico

6.4.5. Instrumentación

- Durante la recarga: nivel de carga de la batería en el indicador en la pantalla
- Autonomía restante (carga de batería)
- Indicador de velocidad (km/h)

6.5. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA

Los sistemas de almacenamiento de energía son diseñados para conservar cantidad de energía sin importar la forma, el almacenamiento de energía es un proceso complicado. Existen varios sistemas de acumulación de energía (mecánicos, eléctricos, químicos, biológicos, nucleares y térmicos).

➤ BATERÍAS DISPONIBLES EN EL MERCADO

Baterías de Plomo-ácido

Baterías de iones de litio (Li-ion)

Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)

6.5.1. Baterías de plomo-ácido

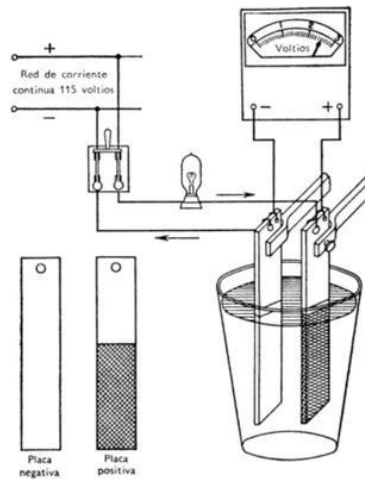
Un acumulador (también conocidos como pilas secundarias) difiere de las pilas comunes en la forma según la cual puede regenerarse. En las pilas los materiales deteriorados en el funcionamiento deben reemplazarse por otros nuevos; en el acumulador, los materiales se regeneran enviando una corriente a través de la pila, pero en sentido contrario, quedando en su interior los productos de la reacción electroquímica.

El Acumulador de plomo está constituido por dos tipos de electrodos de plomo que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo (PbSO_4) incrustado en una matriz de *plomo metálico* (Pb); el electrólito es una disolución de ácido sulfúrico. Esta dilución en agua es tal que su densidad es de 1.280 +/- 0.010 g/ml con carga plena, y bajará a 1.100 g/ml cuando la batería esté descargada.

El principio sobre el que se basa el *acumulador de plomo* puede ilustrarse con una sencilla experiencia. Dos placas de plomo se sumergen en un vaso que contiene ácido sulfúrico diluido. Las placas se conectan en serie con una lámpara

incandescente y se alimenta el conjunto con una tensión continua. Cuando la corriente circula a través del elemento, se observa desprendimiento de burbujas de cada placa, pero en una de ellas el número de burbujas es muy superior al formado en la otra. Al cabo de cierto tiempo se observa que una de las placas ha cambiado su color hacia un tono chocolate, mientras la otra permanece inalterada en apariencia. Un examen cuidadoso muestra, sin embargo, que el plomo metálico de la superficie de la última placa, empezó a transformarse en plomo esponjoso.⁸

Figura 15. Esquema batería plomo



Fuente: <http://ayudaelectronica.com/baterias-de-plomo-acido-principio-de-funcionamiento/>

Ventajas

- Bajo costo.
- Fácil fabricación.

Desventajas

- No admiten sobrecargas ni descargas profundas, viendo seriamente disminuida su vida útil.

⁸ Contenido disponible en internet: <http://ayudaelectronica.com/baterias-de-plomo-acido-principio-de-funcionamiento/> [consultado julio del 2016].

- Altamente contaminantes.
- Baja densidad de energía: 30 Wh/kg.
- Peso excesivo, al estar compuesta principalmente de plomo; por esta razón su uso en automóviles eléctricos se considera poco lógico por los técnicos electrónicos con experiencia. Su uso se restringe por esta razón.

Características

- Voltaje proporcionado: 2 V/elemento.
- Densidad de energía: 30 Wh/kg.⁹

6.5.2. Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)

Batería de Ni-Cd (níquel-cadmio). Baterías recargables de uso doméstico e industrial. Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de cadmio. El electrolito es de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 W-h/kg, lo que hace que tengan poca capacidad. Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacena. Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento.

En principio sería suficiente cargar la batería a 0,1C durante 12 horas, pero en el momento inicial de la carga, la batería no almacena la energía que se le suministra. La energía inicial se utiliza para reconstruir los electrodos y producir gas. Si se excede el tiempo de carga la batería aguanta la sobrecarga (a 0,1C). Si se intenta cargar una batería parcialmente llena llega un momento en el que la batería deja de almacenar carga y convierte toda la energía en calor.

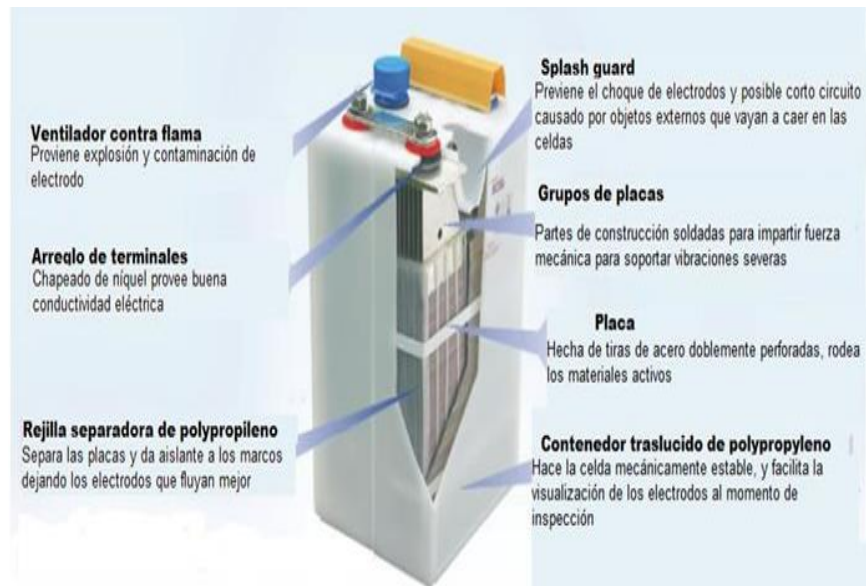
⁹ Contenido disponible en internet: <http://energyev.com/diferencias-entre-baterias-de-plomo-niquel-y-litio/> [consultado julio de 2016]

Es posible cargar la Ni-Cd a corrientes inferiores a 0,1C pero entonces desconocemos cuál será su tiempo de carga ya que la variación no es proporcional. El mayor inconveniente es que cargar una Ni-Cd a corrientes inferiores a 0,1C reduce su capacidad efectiva, esto se denomina "efecto memoria" y consiste en que «La Ni-Cd se da cuenta de que está siendo cargada a una corriente inferior y ajusta su capacidad a ese valor». Como la batería no queda totalmente llena, al intentar cargarla de nuevo reduce aún más su capacidad, después de unos ciclos de carga no completa una Ni-Cd puede quedar inservible.

Por tanto, nunca se debe cargar una Ni-Cd parcialmente o cargarla estando parcialmente cargada ya que el "efecto memoria" se desencadena. Todas las Ni-Cd admiten la carga rápida, es decir, a corrientes superiores a 0,1C pero deben seguirse las precauciones indicadas por el fabricante. En general, se pueden cargar Ni-Cd a un ritmo entre 2 y 5 veces más rápido que el normal siempre y cuando la temperatura sea mayor que 20°C e inferior a 45°C. La carga rápida debe hacerse con un temporizador y un sensor de temperatura que detengan la carga rápida de forma automática o la reduzcan a valores seguros.¹⁰

Figura 16. *Esquema de batería de níquel*

¹⁰ Contenido disponible en internet: http://www.ecured.cu/Bater%C3%ADas_de_Ni-C [consultado julio de 2016]



Fuente: <http://www.nife.mx/productos-baterias-alcaldas-niquel-cadmio.html>

Ventajas

– Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento. • Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacena.

Desventajas

– Efecto memoria muy alto.
 – Densidad de energía baja.

Características

– Voltaje proporcionado: 1,2 V
 – Densidad de energía: 50 Wh/kg
 – Capacidad usual: 0,5 a 1,0 A (en pilas tipo AA)
 – Efecto memoria: muy alto¹¹

¹¹ Contenido disponible en internet: <http://energyev.com/diferencias-entre-baterias-de-plomo-niquel-y-litio/> [consultado julio de 2016]

6.5.3. Baterías de iones de litio (Li-ion)

La batería es el elemento tecnológico clave para el desarrollo del vehículo eléctrico. Esta debe cumplir con determinadas prestaciones, como acumular suficiente energía (determina la autonomía o distancia recorrida), ser de peso y tamaño reducido, tener ciclo de vida prolongado y ciclo de carga profundo (admite muchas recargas profundas con poco deterioro), así como ser segura y de bajo costo.

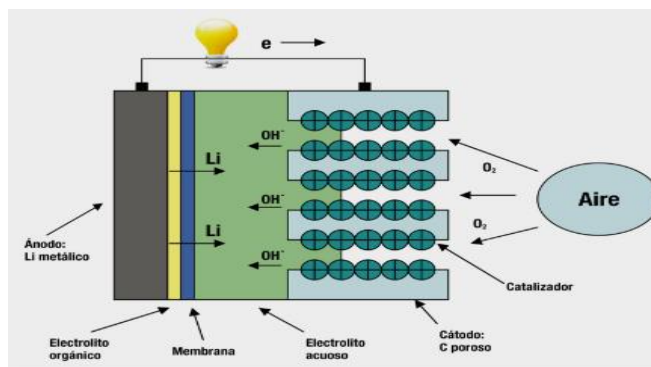
El mercado se está destacando en el uso de baterías de Ion-Litio para vehículos eléctricos, tanto por sus características técnicas (SOC o estado de carga, nº ciclos, capacidad de almacenamiento, densidad de energía, etc.), como por sus perspectivas de fabricación.¹²

Es un dispositivo diseñado para el almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito, una sal de litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo. Entre sus mayores ventajas se encuentra la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad de carga y resistencia a la descarga, la ausencia de efecto memoria o su capacidad para operar con un elevado número de ciclos de regeneración, han permitido el diseño de acumuladores livianos, de pequeño tamaño y variadas formas, con un alto rendimiento, especialmente adaptados para las aplicaciones de la industria electrónica de gran consumo.

Sin embargo, su rápida degradación y sensibilidad a las elevadas temperaturas, que pueden resultar en su destrucción por inflamación o incluso explosión, requieren en su configuración como producto de consumo, la inclusión de dispositivos adicionales de seguridad, resultando en un coste superior que ha limitado la extensión de su uso a otras aplicaciones.

¹²Contenido disponible en internet: <http://www.pamplona.es/verdocumento/verdocumento.aspx?iddoc=248006> [consultado en febrero del 2016]

Figura 17. Esquema de batería de litio



Fuente: http://www.fqcsic.es/lychnos/es_es/articulos/energia_y_automocion_baterias_de_estado_solido

Ventajas

- Apenas sufren el efecto memoria y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil.
- Altas densidades de capacidad.

Desventajas

- No admiten bien los cambios de temperatura.
- No admiten descargas completas y sufren mucho cuando éstas suceden.

Características

- Voltaje proporcionado:
 - A plena carga: entre 4,2 V y 4,3 V dependiendo del fabricante.
 - A carga nominal: entre 3,6 V y 3,7 V dependiendo del fabricante.
 - A baja carga: entre 2,65 V y 2,75 V dependiendo del fabricante (este valor no es un límite, se recomienda).
- Densidad de energía: 115 Wh/kg

- Capacidad usual: 1,5 a 2,8 A (en pilas tipo AA)
- Efecto memoria: muy bajo.¹³

Cuidado de la batería

Estas baterías no tienen efecto memoria, y por ello no hace falta descargarlas por completo. De hecho no es recomendable, dado que puede acortar mucho su vida útil. Sin embargo, y a pesar de no requerir de un mantenimiento especial, al igual que las otras baterías, necesitan ciertos cuidados:

Es recomendable que permanezcan en un sitio fresco (15°C), y evitar el calor. Cuando se vayan a almacenar mucho tiempo, se recomienda dejarlas con carga intermedia (40%). Asimismo, se debe evitar mantenerlas con carga completa durante largos períodos.

La primera carga no es decisiva en cuanto a su duración y no es preciso hacerla; el funcionamiento de una batería de ion de Litio en la primera carga es igual al de las siguientes. Es un mito probablemente heredado de las baterías de níquel. Es preciso cargarlas con un cargador específico para esta tecnología. Usar un cargador inadecuado dañará la batería y puede hacer que se incendie.¹⁴

6.5.4. Selección del acumulador

A continuación, se valorarán los sistemas de almacenamiento de energía más comunes en el mercado y que nos entrega una mayor eficiencia según los criterios que más nos afectan para cumplir objetivos del proyecto.

¹³ Contenido disponible en internet: <http://energyev.com/diferencias-entre-baterias-de-plomo-niquel-y-litio/> [consultado julio de 2016]

¹⁴ Contenido disponible en internet: <http://www.securamente.com/baterias-de-li-ion-ventajas-desventajas-y-mantenimiento/> [consultado en mayo del 2016]

Tabla 6. Evaluación de alternativas del acumulador

CRITERIOS DE EVALUACION	ALTERNATIVAS						
	LITIO		PLOMO		NIQUEL		
	NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION	
COSTO	0,3	2	0,6	4,5	1,35	3	0,9
DISPONIBILIDAD	0,2	4	0,8	4,3	0,86	2,5	0,5
EFEECTO DE MEMORIA	0,1	4	0,4	3,5	0,35	3,2	0,32
PESO	0,3	4,1	1,23	3	0,9	3,8	1,14
DENSIDAD DE CARGA	0,1	4,4	0,44	3,5	0,35	3,5	0,35
TOTAL	1		3,47		3,81		3,21

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el sistema de baterías a usar es la batería de plomo, para este se tuvieron que sacrificar algunos de los requerimientos y darles mayor importancia a criterios tales como el costo.

6.6. SISTEMA DE SUSPENSION

Se estudiarán varios sistemas de suspensión entre ellos se escogerá uno como diseño final, posteriormente se optimizará para que se ajuste a los requisitos propuestos. Los sistemas de suspensión pueden clasificarse de distintas maneras en función del tipo de resorte empleado, del tren en que se utilicen o de la disposición y número de brazos presentes en su diseño. La suspensión de un vehículo le presta al usuario un confort ya que está compuesto de un conjunto de elementos que tienen como objetivo el absorber las irregularidades del terreno, este interactúa entre el chasis y las ruedas que son las que reciben las anomalías de las superficies por donde se moviliza el vehículo.

6.6.1 Suspensión independiente (delantera)

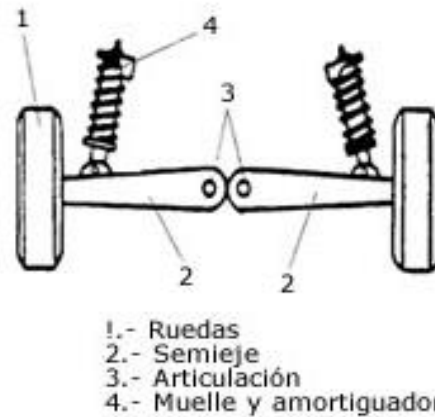
Lo que diferencia a esta suspensión es que le permite a cada rueda moverse por separado lo crea que una absorba un bache mientras la otra se mantiene en suposición sin crear ninguna reacción por ello su nombre de independiente. Por contra para cargas elevadas esta suspensión puede presentar problemas. Actualmente éste tipo de suspensión es el único que se utiliza para las ruedas directrices.

La suspensión independiente típicamente ofrece una mayor calidad de rodadura y mejor tacto de conducción debido a la capacidad de cada rueda de mantenerse aislada de la actividad de la otra y a un peso no suspendido inferior, sin embargo requiere un esfuerzo de ingeniería adicional, un gasto en desarrollo importante y en el caso de los ejes de propulsión unos costes de fabricación tradicionalmente altos frente a las transmisiones convencionales. Hay muchos tipos de suspensiones independientes y poseen algunas variantes que los diferencian.

6.6.1.1. Suspensión de eje oscilante

Este es un tipo de suspensión independiente y lo que la define es que la rueda y el brazo o semieje son solidarios (salvo el giro de la rueda) y este conjunto oscila alrededor de una articulación o pasador que le permite absorber los impactos todo gracias al conjunto de muelle-amortiguador que también se encuentra pivotado entre los brazos y al mismo tiempo al chasis.

Figura 18. Suspensión eje oscilante



Esquema de una suspensión de eje oscilante

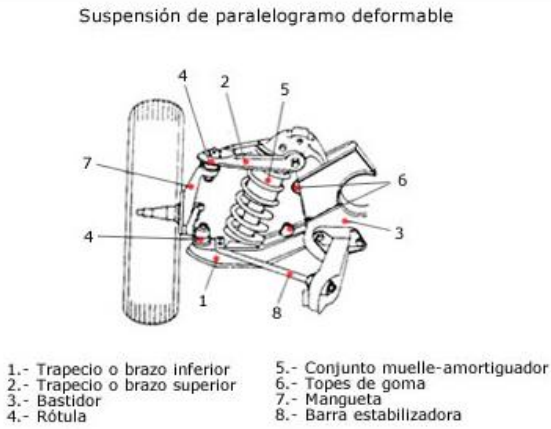
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>

6.6.1.2. Suspensión de paralelogramo deformable

El paralelogramo está formado por un brazo superior (2) y otro inferior (1) que están unidos al chasis a través de unos pivotes, cerrando el paralelogramo a un lado el propio chasis y al otro la propia mangueta (7) de la rueda. La mangueta está articulada con los brazos mediante rótulas esféricas (4) que permiten la orientación de la rueda. Los elementos elásticos y amortiguador coaxiales (5) son de tipo resorte helicoidal e hidráulico telescópico respectivamente y están unidos por su parte inferior al brazo inferior y por su parte superior al bastidor. Completan el sistema unos topes (6) que evitan que el brazo inferior suba lo suficiente como para sobrepasar el límite elástico del muelle y un estabilizador lateral (8) que va anclado al brazo inferior (1).¹⁵

¹⁵ Contenido disponible en internet: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>
[Consultado en julio del 2016]

Figura 19. Suspensión de paralelogramo deformable



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>

6.6.2. Selección del sistema de suspensión delantera

A continuación, se valorará el sistema de suspensión delantera a usar, ya que el diseño del prototipo tiene una geometría que no nos permite usar el mismo sistema para la suspensión delantera y trasera por ello se evaluarán por aparte.

Tabla 7. Evaluación de alternativas de la suspensión delantera

CRITERIOS DE EVALUACION		ALTERNATIVAS			
		EJE OSCILANTE		PARALELOGRAMO DEFORMABLE	
		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
COSTO	0,2	4	0,8	3	0,6
PESO	0,2	3,5	0,7	3,5	0,7
FACIL MONTAJE	0,1	4	0,4	4,1	0,41
FACIL MANTENIMIENTO	0,2	3,5	0,7	4	0,8
FUNCIONALIDAD	0,3	3,7	1,11	4,5	1,35
TOTAL	1		3,71		3,86

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el sistema de suspensión delantera a usar es el de paralelogramo deformable, ya que nos presta las mejores características que deseamos resaltar en el proyecto.

6.6.3. Sistema de suspensión trasera

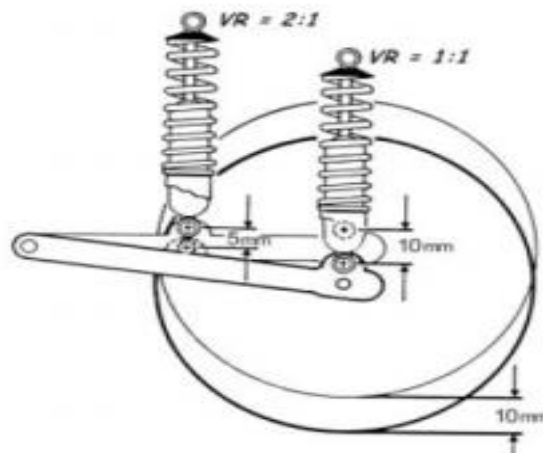
Para el sistema de suspensión trasera se valorará una solución diferente a la escogida para la suspensión delantera ya que el tipo de geometrías o configuración del vehículo no lo exige. El sistema de suspensión trasera ha estado ligado al basculante que va unido al chasis por medio de un pivote, y a los brazos incorporan amortiguador-resorte que según el caso usan uno o 2.

A continuación, se valorarán los tipos de suspensiones traseras más usados en el mercado por su versatilidad y servicio que presta.

6.6.3.1. Conexión directa

Es el método más sencillo consiste en una unión directa entre el chasis y el basculante, este sistema es muy utilizado por su sencillez. Hay muchas posibilidades dentro de esta conexión directa en la que varía la inclinación del amortiguador o la distancia de la unión y el eje de la rueda. Esta distancia afecta al recorrido útil del amortiguador, si queremos que la rueda tenga un movimiento vertical determinado cuanto más adelantado este dicho punto de unión el recorrido del amortiguador debe ser menor.

Figura 20. Suspensión conexión directa



FUENTE: <http://e->

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16809/TFG%20Miguel%20Velazquez%20Kenendy.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16809/TFG%20Miguel%20Velazquez%20Kenendy.pdf?sequence=1)

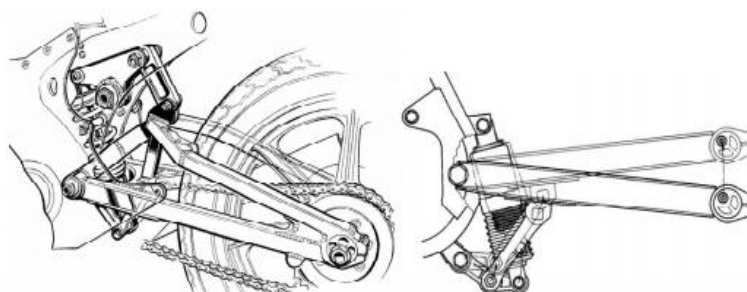
6.6.3.2. Bieletas

Este es el sistema más usado actualmente, ya que permite conseguir una gran progresión. Existen infinitos tipos de Bieletas y balancines, y con todos puedes conseguir un funcionamiento óptimo, por lo tanto, la decantación por un sistema u otro se basa en el espacio que dispones. La bieleta puede situarse en el basculante o en el chasis.

En estos sistemas tiene mucha importancia la geometría ya que de esta va a depender el correcto funcionamiento de nuestra suspensión, en general el funcionamiento es más progresivo cuando el linker (unión entre la bieleta y el basculante) es más corto, pero este no debe ser tan corto que llegue a bloquear el movimiento.¹⁶

¹⁶Contenido disponible en internet: <http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16809/TFG%20Miguel%20Velazquez%20Kenendy.pdf?sequence=1> [Consultado en julio del 2016]

Figura 21. Suspensión con bieleta



FUENTE: [http://e-](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16809/TFG%20Miguel%20Velazquez%20Kenendy.pdf?sequence=1)

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16809/TFG%20Miguel%20Velazquez%20Kenendy.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16809/TFG%20Miguel%20Velazquez%20Kenendy.pdf?sequence=1)

6.6.4. Selección del sistema de suspensión trasera

A continuación, se valorará el sistema de suspensión trasera a usar, teniendo en cuenta algunos criterios de selección tales como costo, peso, fácil fabricación y funcionalidad entre otros. Con ello se busca lograr un mejor diseño que cumpla con los requerimientos deseados.

Tabla 8. Evaluación de alternativas de la suspensión trasera

CRITERIOS DE EVALUACION		ALTERNATIVAS			
		CONEXIÓN DIRECTA		BIELETAS	
		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
COSTO	0,2	4	0,8	3,5	0,75
PESO	0,2	3,7	0,74	3,3	0,66
FACIL MONTAJE	0,1	4	0,4	3,8	0,38
FACIL MANTENIMIENTO	0,2	3,9	0,78	3,7	0,74
FUNCIONALIDAD	0,3	4,1	1,23	4	1,2
TOTAL	1		3,95		3,73

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el sistema de suspensión trasera a usar es el de conexión directa, ya que nos presta las mejores características que deseamos resaltar en el proyecto.

6.7. SISTEMAS DE FRENOS

Como en todo vehículo siempre surge la necesidad de detenerse y para ello siempre se ve involucrado el sistema de frenado que es un dispositivo utilizado para detener o disminuir la velocidad del vehículo, existen varios tipos con diferentes características y que se utilizan para satisfacer diferentes necesidades.

Solo se evaluará el sistema de frenado trasero ya que al escoger el sistema motriz una de las ventajas que se encontraron en el ya seleccionado fue que el rin, el motor y el sistema de frenos se encuentran todos unidos. Este sistema de frenado es de tambor es un tipo de freno de fricción que actúa por medio de unas zapatas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio el cual está conectado a la rueda.

6.7.1. Freno de disco

Este es un sistema de frenado muy sofisticado y preciso por ello se encuentra en la mayoría de vehículos de alta gama que tiene dos partes, el disco está ubicado sobre la rueda solidariamente y las pastillas que son soportadas por la mordaza que van unidas al chasis y generan fricción sobre la superficie del disco.

Cualidades:

- Corto tiempo de frenado.
- Fácil mantenimiento.

- Mejor refrigeración y disipación de calor.
- Bajo costo de fabricación y montaje.

Debilidades:

- Deformación por calor.
- Expuesto a ralladuras.
- El área de frenado depende del diámetro.

Figura 22. Freno de disco en bicicleta



FUENTE: https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_disco#/media/File:Freno_a_disco_mountain_bike.JPG

6.7.2. Freno de aro

Este tipo de frenos incluye un gran grupo q tiene el mismo funcionamiento que consiste en que aplican la fuerza de frenado sobre el aro de la rueda, pero lo hacen de diferentes formas, estos frenos se fijan al cuadro o horquilla por medio de un tornillo generalmente sobre la rueda y en cada brazo se encuentra una zapata. El mecanismo funciona como una pinza.

Cualidades:

- Son mecanismos simples y relativamente económicos.

- Son ligeros ya que aprovechan el aro para frenar.
- Tienen buena disipación del calor.

Debilidades:

- A pesar de disipar el calor de manera eficiente, los aros pueden llegar a sobre calentarse y causar una pinchadura. Por ejemplo, si se usan para controlar la velocidad en una pendiente prolongada en una bicicleta con demasiado peso o en una bicicleta tándem.

Figura 23. Freno por arco



FUENTE: <http://labicikleta.com/11-tipos-de-freno-para-bicicleta/>

6.7.3. Selección del sistema de frenado

Para esta selección se analizar criterios importantes de funcionamiento y se tendrá en cuenta que el tipo de llanta a usar en la parte trasera del vehículo será de bicicleta por ello hay que mirar los que se adaptan mejor a este.

Tabla 9. Evaluación de alternativas del sistema de frenado trasero

CRITERIOS DE EVALUACION		ALTERNATIVAS			
		FRENO DE DISCO		FRENO DE ARO	
		NOTA	PONDERACION	NOTA	PONDERACION
COSTO	0,1	3,7	0,37	4	0,4
TIEMPO RESPUESTA	0,2	4,3	0,86	3,3	0,66
FACIL MONTAJE	0,1	3,8	0,38	4	0,4
FACIL MANTENIMIENTO	0,2	4	0,8	4	0,8
FUNCIONALIDAD	0,2	4,1	0,82	4	0,8
DISIPACION DE CALOR	0,2	4	0,8	3,5	0,7
TOTAL	1		4,03		3,76

Por los valores obtenidos en la tabla anterior se concluye el sistema de frenado trasera a usar es el de freno de disco, ya que nos presenta las mejores características que deseamos resaltar en el proyecto y en este sistema en especial tales como disipación de calor y tiempo de respuesta como factores críticos.

7. DISEÑO DE COMPONENTES DEL VEHICULO ELECTRICO HIBRIDO

7.1. DISEÑO AL DETALLE UTILIZANDO PARÁMETROS DIMENSIONALES BASTIDOR (CHASIS)

Diseñar un chasis tubular de manera en la que se puedan controlar todos los parámetros que conciernen al diseño para poder obtener un chasis lo más ligero, resistente y económico. Es necesario saber cuándo se puede dar por válido un chasis en cuanto a su resistencia, la teoría de los elementos finitos sería la ideal si la geometría fuera sencilla de obtener.

7.1.1. Consideraciones ergonómicas

Para la creación del diseño ergonómico de un automóvil que funciona con energía alternativa para la ciudad de Bogotá, se debe conocer las formas. Medidas antropométricas y funcionamiento de todas y cada una de las partes del cuerpo sin que éstas puedan estar afectadas o sufran algún tipo de atrofia miento durante el desempeño de distintas labores mecánicas, sus distintas variables de diseño mecánico.¹⁷

Para poder llegar a dar una idea más clara acerca del concepto de ergonomía, se comienza definiendo este término como el estudio de la actividad humana en el trabajo. La ingeniería humana ha sido generalmente considerada como un sinónimo de ergonomía y por este simple motivo, se debe tener en cuenta al momento de pensar en el desarrollo. Pensar en actividades que involucren rendimiento físico o actividad física Para el desarrollo del 'Diseño ergonómico de un vehículo', se debe primero hacer una minuciosa investigación y compilar datos como, por ejemplo. Las medidas antropométricas (medidas de los brazos, piernas, espalda, etc.) y valerse de la estadística para acercarse a un promedio general de

¹⁷ Contenido disponible en internet: http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-7/r7_art7.pdf pag.1 [Consultado en agosto del 2016]

medidas de una persona del común que vive en Colombia, y proceder al diseño. Mantenimiento, funcionamiento y selección de materiales, basados en las normas arrojadas por los datos obtenidos, los cuales regirán la construcción del interior del vehículo.¹⁸

7.1.2. Consideraciones antropométricas

El termino antropometría proviene del griego anthropos (hombre) y metrikos (medidas), Los elementos que se van a tener en cuenta son las características morfológicas de todas y cada una de las personas a las cuales se les va a realizar la medición, la eficacia con la cual cuentan los diferentes modelos estadísticos utilizados para obtener datos con un margen de error bastante mínimo.

Para poder comenzar a hacer un análisis del estudio ergonómico. Se debe pensar primero bajo qué tipo de condiciones se piensa desarrollar esta investigación, en este caso la respuesta salta a la vista: la necesidad de crear un diseño ergonómico que se ajuste a las dimensiones morfológicas de un colombiano promedio. Para comenzar con el análisis, se creó una tabla en la cual se indicaron todas las partes del cuerpo a las que se les iba a realizar la toma de medidas: estatura, peso, largo de espalda. Ancho de espalda, largo de brazo, Brazo, antebrazo, largo de mano, ancho de cintura, largo de pierna, media pierna (muslo), pantorrilla y largo del pie. Se procedió a tomar una pequeña muestra poblacional en el sitio en el que se va a realizar el estudio. En este caso Bogotá, y recopilar todos los datos necesarios para comenzar con este estudio. Se tomó por medio de métodos estadísticos la media de cada una de las partes del cuerpo y se pudo encontrar un estándar promedio de la persona que habita en la ciudad. Con base en estos resultados se comienzan a realizar propuestas y análisis sobre el tipo de diseño que se emplearía, sin dejar de lado los factores seguridad y comodidad.¹⁹

¹⁸ *Ibíd.*, p. 2

¹⁹ *Ibíd.*, p. 3

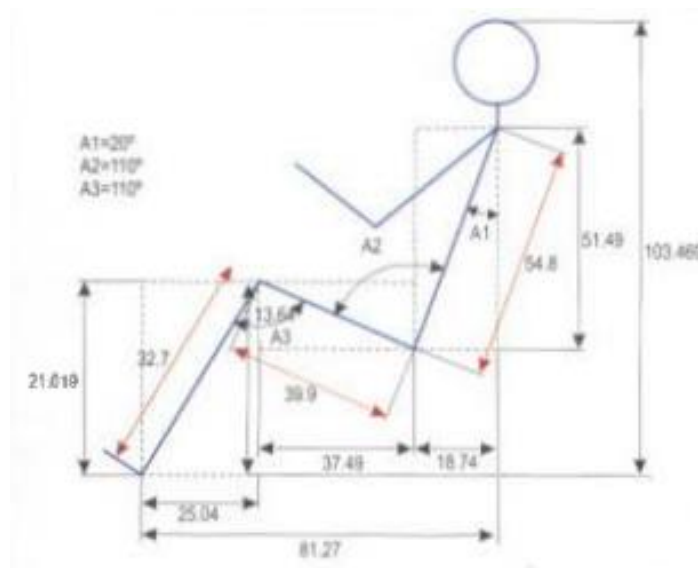
A continuación, se observarán los resultados del análisis de muestras; estos resultados son las medidas del hombre promedio.

Tabla 10. Muestra de medidas promedio de la población en Bogotá en el 2007

Medidas promedio	
estatura	172 cm
largo brazo	24,6cm
largo antebrazo	30,2 cm
profundidad pecho	26,7 cm
profundidad cadera	24,4 cm
espalda ancho	40,1 cm
ancho de cadera	33,6 cm
pierna largo	39,9 cm
pantorrilla largo	32,7 cm
peso	61,9 kg

Fuente: http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-7/r7_art7.pdf

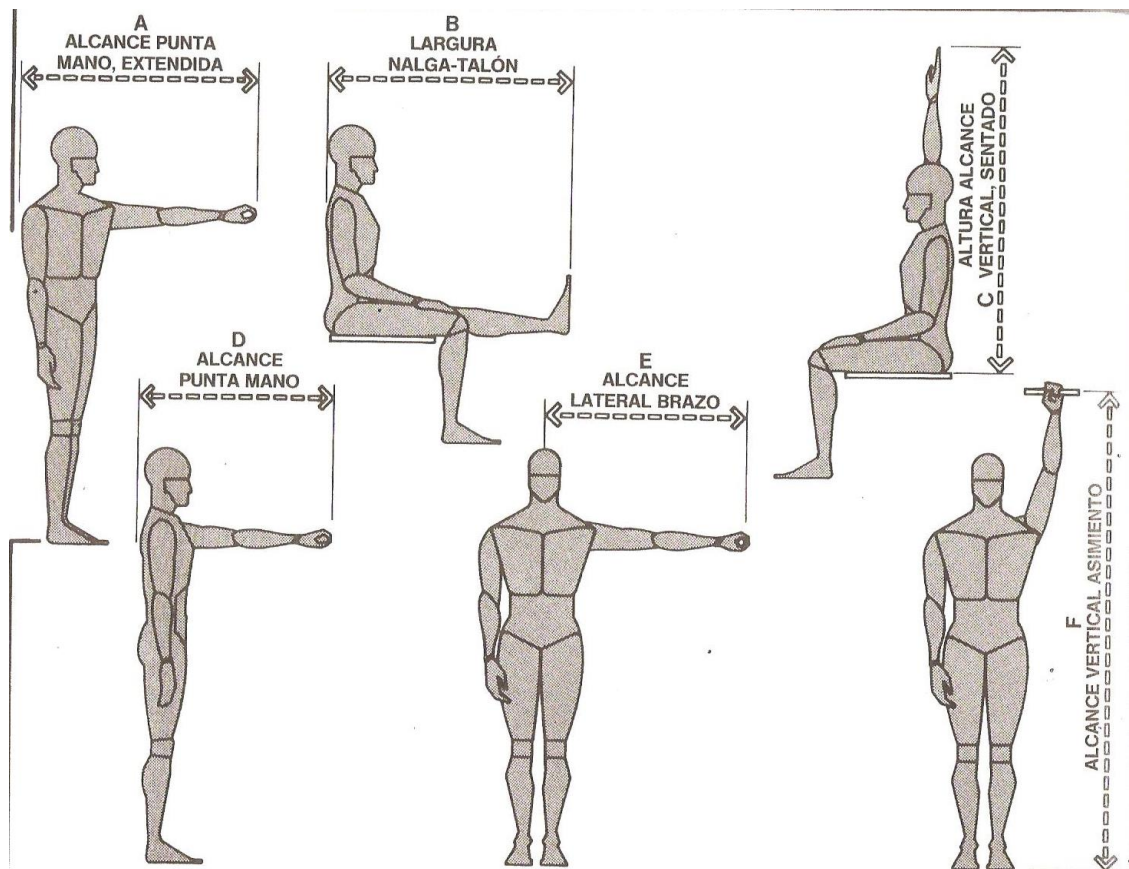
Figura 24. Ilustración antropométrica



FUENTE: http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances-7/r7_art7.pdf

Del cuerpo humano pueden tomarse gran número de datos antropométricos estáticos diferentes que pueden interesar, en función de lo que se esté diseñando.

Figura 25. Antropométricas más empleadas



FUENTE: <https://francishormigakaterine.wordpress.com/2014/02/16/antropologia-2/>

Las dimensiones dinámicas o funcionales, como hemos dicho, son las que se toman a partir de las posiciones de trabajo resultantes del movimiento asociado a ciertas actividades, es decir, tiene en cuenta el estudio de las articulaciones

suministrando el conocimiento de la función y posibles movimientos de las mismas y permitiendo valorar la capacidad de la dinámica articular.



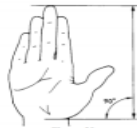
Por ejemplo, el límite de alcance del brazo no se corresponde meramente con la longitud del brazo, sino que es más complejo. En realidad, al realizar un movimiento, los distintos segmentos del cuerpo no actúan independientemente, sino se actúan de forma coordinada.

Así, al mover un brazo, hay que tener en cuenta además de la propia longitud del brazo, el movimiento del hombro, la posible rotación parcial del tronco, e incluso la función a realizar con la mano. Ello hace que la resolución de los problemas espaciales en los sistemas de trabajo sea un tema complejo.

7.1.2.1. Otras variables antropométricas específicas del producto

A continuación, exponemos unas tablas relacionando las dimensiones del cuerpo humano que se emplean para utilizar el producto.

Figura 26. Algunas de las medidas antropométricas más empleadas

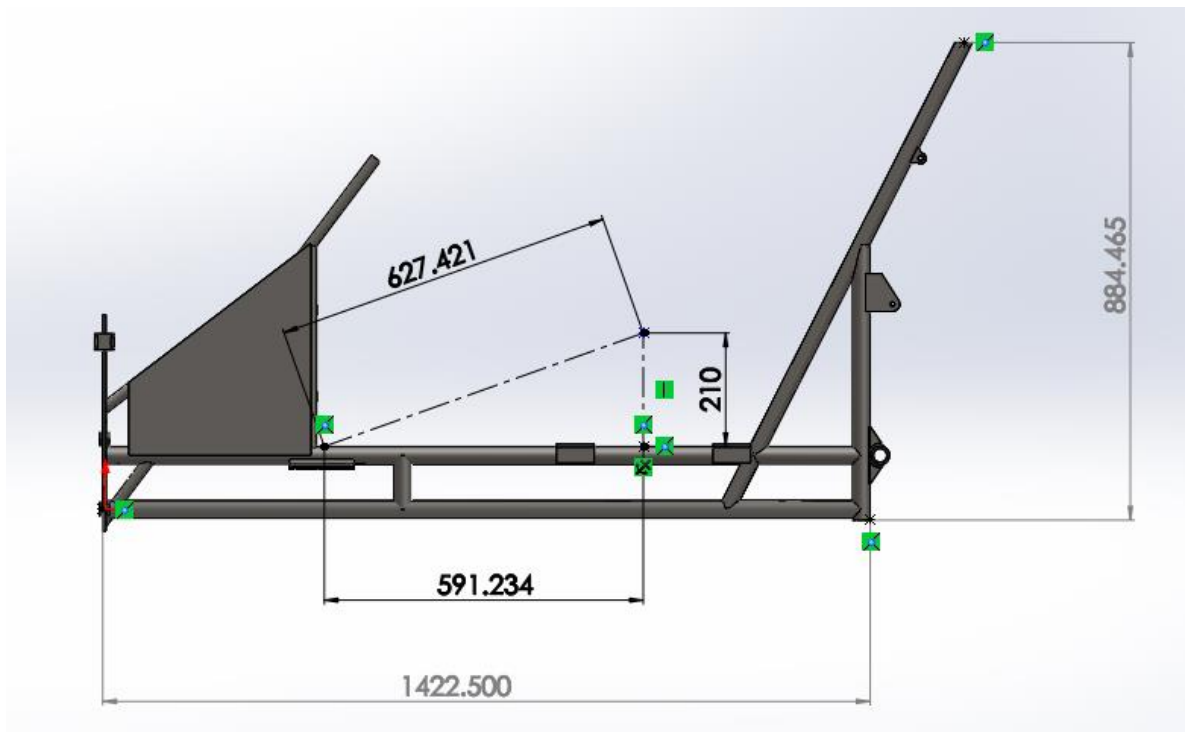
<p>Abducción hombro</p> 	<p>Distancia entre las máximas protuberancias laterales de los músculos deltoides derecho e izquierdo.</p>
<p>Anchura entre codos</p> 	<p>Distancia máxima horizontal entre las superficies laterales de la región de los codos.</p>
<p>Longitud de la mano</p>  <p><small>Figura 29</small></p>	<p>Distancia perpendicular medida desde la línea recta trazada entre las apófisis estiloides hasta la punta del dedo medio.</p>

FUENTE: https://pablotorro2015.files.wordpress.com/2015/06/pl531_gm05-p2.pdf

7.1.3. Geometría del chasis por software CAD

Basado en los datos antropométricos y en las consideraciones ergonómicas de los posibles usuarios se realizó un esquema representativo de la configuración deseada y que más se acoplaba con los parámetros deseados para ello se usó el software CAD (solidwork), esta herramienta nos permite el análisis de las posibles configuraciones y nos da una visión tanto en 2D como en 3D, con esto se esquemático de forma efectiva los planos que daban la base para arrancar en la elaboración. Ya que en nuestro proyecto el chasis está constituido de partes móviles estas serán analizadas por aparte.

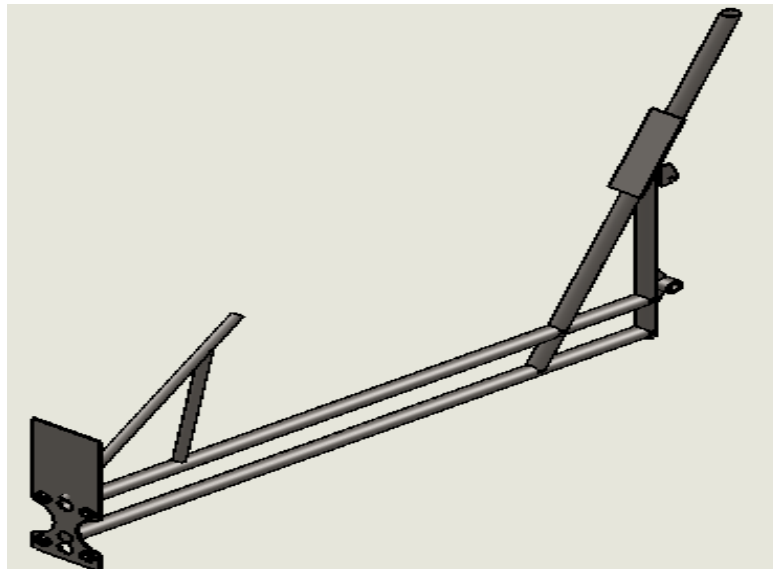
Figura 27. Chasis 2D con distancia entre eje pedal y punto medio silla



En la figura anterior se logra apreciar el chasis en 2D con sus dimensiones tanto de longitud como altura, no resta decir que la longitud terminado es mucho mayor ya que hace falta la suspensión basculante trasera y un radio de la rueda que

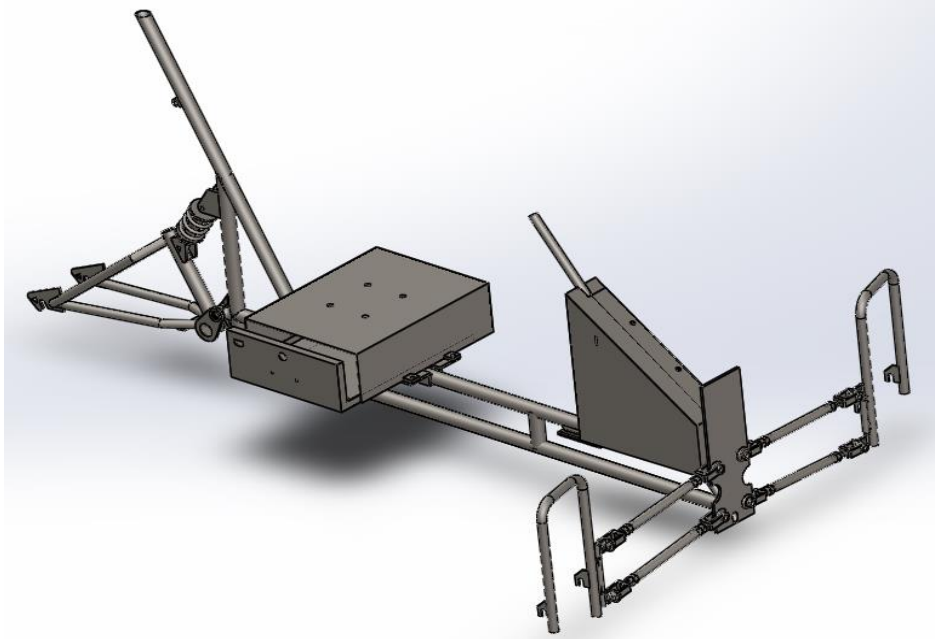
sobre sale de la parte frontal vehiculo. Como parte importante de chasis 2D se da a notar la distancia entre el eje y el centro de la silla (630mm para una persona de 172cm de estatura), que nos fue entregada de acuerdo al estudio antropometrico realizado anteriormente, para establecer un parametro mucho mayor de usuarios el diseño cuenta con una coredera en la silla que permite un desplazamiento de 15 cm en ambas direcciones y un espaldar reclimable que permitiran mayor comodidad.

Figura 28. Chasis 3D



El diseño del bastidor es el basico del cual se desplegaran el resto del conjunto que lo conforman tales como sus horquillas y tenedores que dan sujecion a llantas, suspensión (trasera y delantera) y su sistema de direccion.

Figura 29. CAD estructural terminado



En esta figura se puede apreciar el esquema general ya planteado y gracias a esta herramienta CAD permite evaluar y crear un esquema general comprensible a todos, y dando la oportunidad de realizar cambios con facilidad.

Ya terminado el diseño y una vez realizado todo el ensamble según como se requiere para el correcto proceso de simulación de elementos infinitos se procede a este análisis evaluando las cargas contempladas a las que se verán sometidas cada uno de los componentes.

7.1.4. Selección de materiales

Para la fabricación del chasis se analizarán materiales estructurales que generalmente se usan en la industria que son aceros de bajo carbono A-36 (densidad de 7860 kg/m^3), ya que estos son de fácil manejo, bajos costos y tiene una buena dureza. Se recomendaría y tendrían mayores beneficios el utilizar materiales tales como el aluminio 6061 o el carbono cromoly que tienen menos peso por metro (baja densidad 2700 kg/m^3) y por ello favorecería más al proyecto ya que el peso es un factor crítico.

En el análisis del chasis se seleccionó el material estructural tubular y entre los que nos ofrecen es el ASTM A-36 que presenta las mejores características y a bajo costo.

Tabla 11. Propiedades A-36

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)		Elongación
(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)

Fuente: http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a36.html

7.1.5. Mecanismos de unión a usar

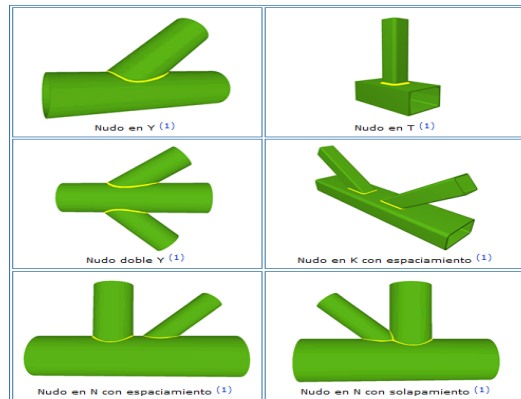
En todo tipo de construcción estructura metálica es necesario uniones que ayudan a transmitir cargas de un perfil a otro, o de una barra a otra. Entre muchos métodos de unión se encuentra la soldadura, atornillado y remachado.

Soldar es unir dos piezas de igual o distinta naturaleza mediante una perfecta unión entre ellas, casi siempre con la aportación de calor, con o sin aplicación de presión, y con o sin empleo de material de aportación, pudiendo tener este la misma o distinta composición que los metales a unir.

Actualmente la soldadura se realiza de diversas maneras; aprovechando el calor generado por la combustión de un gas, generalmente acetileno, en una atmósfera de oxígeno; por el generado por el paso de una corriente eléctrica aprovechando el efecto Joule o el producido por el calor desarrollado en un arco eléctrico. En la actualidad estos son los procedimientos empleados industrialmente, aunque incluyen diversas variantes que en nada afectan su naturaleza esencial. Mediante

el empleo de estos tres sistemas básicos se pueden soldar toda clase de metales y aleaciones, con muy pocas excepciones²⁰.

Figura 30. Tipo de uniones a soldar



Fuente: <https://www.soloarquitectura.com/foros/threads/union-soldada-no-reconocible.92210/>

Uno de los factores críticos a la hora de aplicar una soldadura es la soldabilidad que depende de la combinación de los materiales usados para el material base y el material de relleno. No todos los metales son adecuados para la soldadura, y no todos los metales de relleno trabajan bien con materiales base.

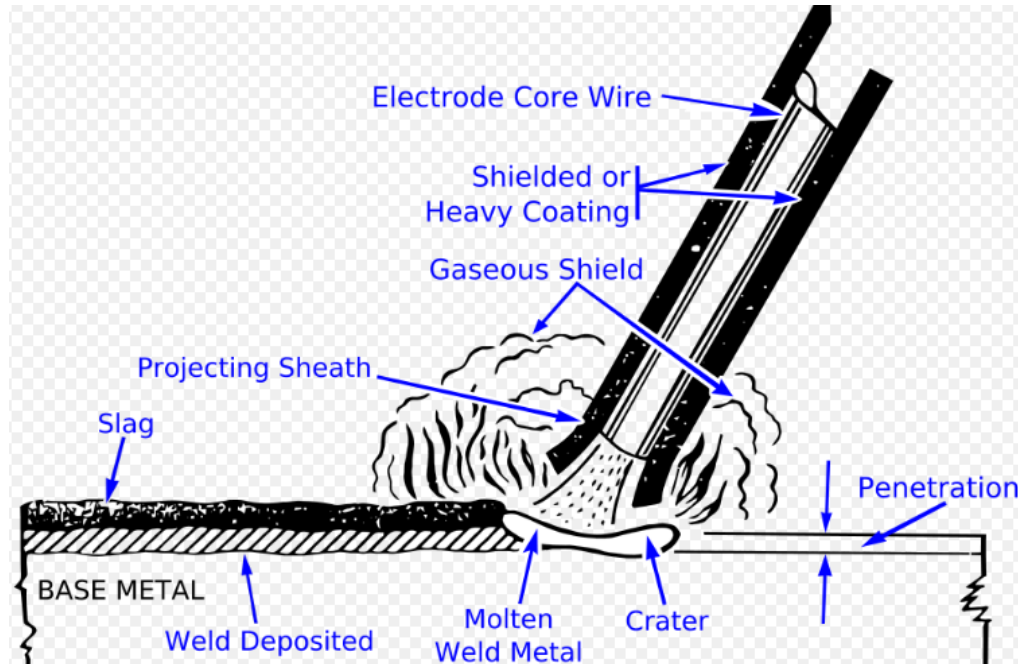
7.1.5.1 Tipos de soldaduras

Entre los procesos más utilizados están:

- la soldadura por arco eléctrico, que es aquella que utiliza electrodos recubiertos con características específicas para la creación y mantener un arco eléctrico entre la varilla llamado electrodo y la pieza a soldar.

²⁰ Contenido disponible en internet: <http://oa.upm.es/3786/1/Picazo-E15.pdf> pág. 5 [consultado en diciembre del 2016]

Figura 31. Soldadura por arco eléctrico



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco#/media/File:SMAW_weld_area.svg

- La soldadura MIG/MAG (Metal Inert Gas o Metal Active Gas, dependiendo del gas que se inyecte), este proceso consiste en un electrodo que tiene forma de hilo continuo que genera un arco al tener contacto con la pieza a unir y es protegido por un gas inerte.

Tabla 12. Análisis de soldaduras

	Ventajas	desventajas
Soldadura por arco eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Las máquinas del proceso de soldadura SMAW tiene un bajo costo respecto a las máquinas de los otros procesos con arco eléctrico. • Se puede aplicar a la gran mayoría de los metales. • Bajo costo en el valor de los insumos ya que no necesita gases o electrodos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menor calidad de las juntas soldadas respecto a los otros procesos de soldadura con arco eléctrico. 2. Baja productividad por cambio de electrodos. 3. Se necesita mayor destreza de los operarios que en los procesos MIG-MAG y TIG.

	especiales.	
Soldadura MIG	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie soldada queda limpia y sin escoria. • Permite soldar con mayor facilidad espesores delgados. • El arco es visible y se puede soldar en cualquier posición. • De todos los métodos de soldadura, el MIG es el que mantiene concentrado el material de aporte a través del arco. • Grandes cordones sin interrupción. • Eficiencia del electrodo del 98%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo del equipo. • Distancia limitada entre el equipo y el lugar de trabajo. • Dificultad para trabajar en el aire libre. • Limitación en lugares de difícil acceso. • Mano de obra más calificada que para el proceso SMAW.

Ya que la estructura no se le va a ser ningún proceso de pulido se trabajó con MIG (del tipo **E R 70 S – x**) que es más limpia y eficiente permitiendo mejores acabados superficiales y la diferencia de costos por aplicación se compensa con una más rápida aplicación ya que no hay que hacer cambios de electrodos.

7.1.5.2. Norma AWS aplicable en los procesos de soldadura

La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) es la encargada de la ciencia y la tecnología en la aplicación de soldaduras. La organización es quizás mejor conocida por su código de certificación y procedimientos, que proporcionan estándares de la industria para la soldadura y unión de metales, plásticos y otros materiales.

Por consiguiente, el uso de AWS se vuelve importante ya que proporciona códigos, directrices y normas utilizadas para evaluar las estructuras soldadas y componentes de estructuras soldadas.

Norma D1.1 Acero Estructural

Este es el código para aplicación de soldadura estructural, tiene (códigos, especificaciones, practicas recomendadas, métodos, clasificaciones y guías) de la sociedad americana de soldaduras (AWS). Este código cubre los requerimientos para cualquier tipo de estructura soldada realizada con acero al carbono y de baja aleación para construcción. Las primeras ocho secciones constituyen un conjunto de reglas para la regulación de soldaduras en la construcción con acero.

7.1.6. Análisis de esfuerzos, Deformación y Factor de Seguridad por medio de FEM

El objetivo es el de establecer un método de cálculo que permita diseñar un chasis tubular de un coche de una manera en la que se puedan controlar todos los parámetros que conciernen al diseño para poder obtener un chasis lo más ligero, resistente y económico posible.

La teoría de los elementos finitos sería la ideal si la geometría fuera sencilla de obtener. Debido a que esto no es así se toma un camino alternativo. Se ha optado por la teoría de primer orden o método de rigidez para el dimensionado de los perfiles, y otras teorías de estructuras, basadas en diversas investigaciones y en la experiencia, para comprobar si las barras pandean y si las uniones soldadas aguantan o no.

Un chasis se podría definir como una estructura cuyo propósito es el de conectar rígidamente la suspensión delantera y la trasera y al mismo tiempo ofrecer puntos de amarre para los diferentes sistemas del vehículo, así como de proteger al conductor frente a la colisión. Lo determinante es la rigidez. El chasis debe ser rígido para deformarse poco y así no alterar las características de la conducción.

La construcción de un chasis es el compromiso entre la rigidez, el peso y el espacio, todo ello teniendo en cuenta el coste final. Deben considerarse la resistencia estática y a fatiga, la estabilidad de los miembros estructurales, la

capacidad de soporte de carga de las uniones, la fabricación y el montaje. En este proyecto sólo se tendrán en cuenta los esfuerzos que puedan considerarse estáticos.²¹

7.1.6.1. Rigidez

Para evaluar este criterio se tendrán en cuenta varios aspectos fundamentales y que generan la flexión o deformación del chasis, tal como la carga suspendida, el peso del ocupante, peso del chasis y posibles aditamentos que generaran peso sobre él. Para este análisis se utilizara la herramienta de simulación de SolidWork y los análisis de tensión de Von mises, deformación y sus respectivo factor de seguridad. Para esto se desarrollara una tabla donde se mostraran los valores de los pesos (Kg) de cada componente.

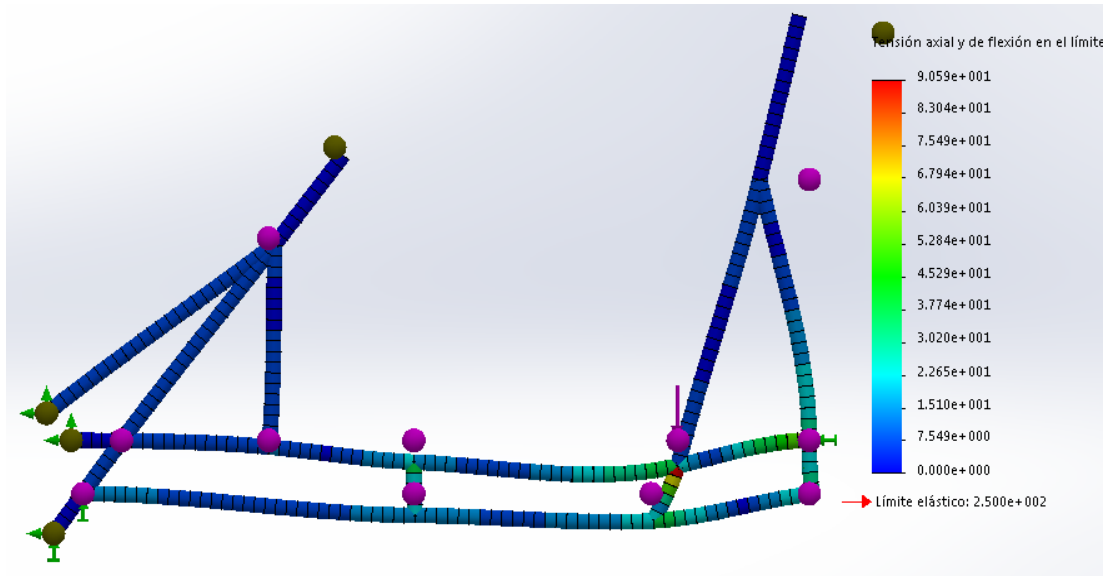
Tabla 13. Análisis de carga del vehículo

Elementos	Masa [Kg]
Chasis	57
Pasajero	100
Silla	2
Capacidad de carga extra (baúl)	50
Luces y aditamentos	4
Baterías	33
Motores	13

Basados en los datos y las características se ubicaran las cargas a las que está sometido el vehículo, en base a esto se generara la simulación.

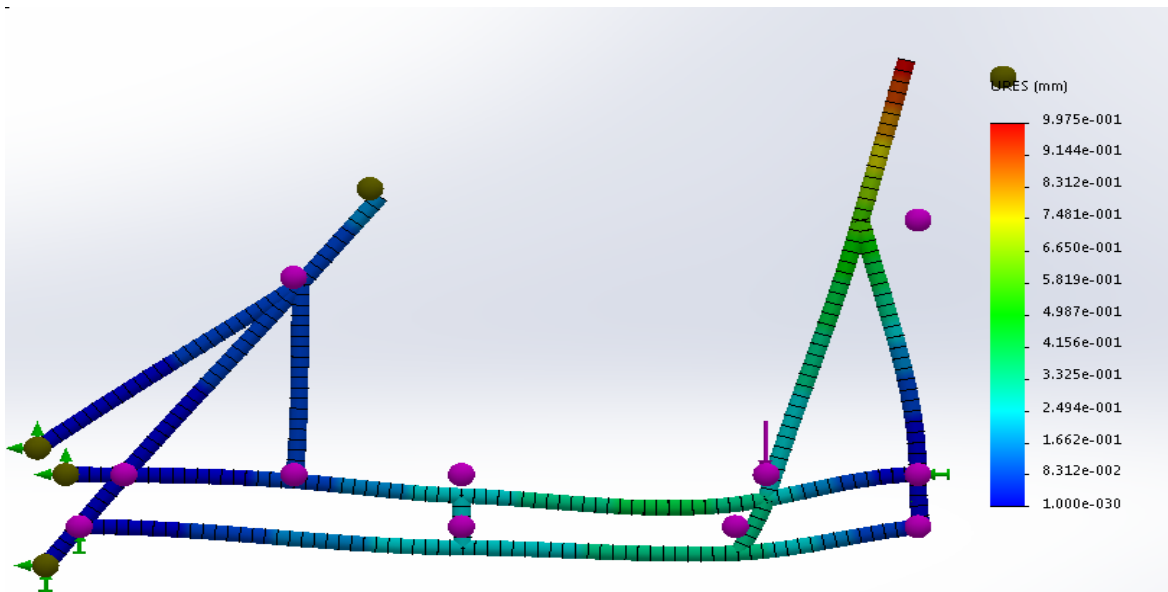
²¹ Contenido disponible en internet: <http://www1.ceit.es/automocion/proyectos/chasis/inicio.htm> [consultado en febrero del 2017]

Figura 32. Tension de Von Mises en condiciones carga a flexion



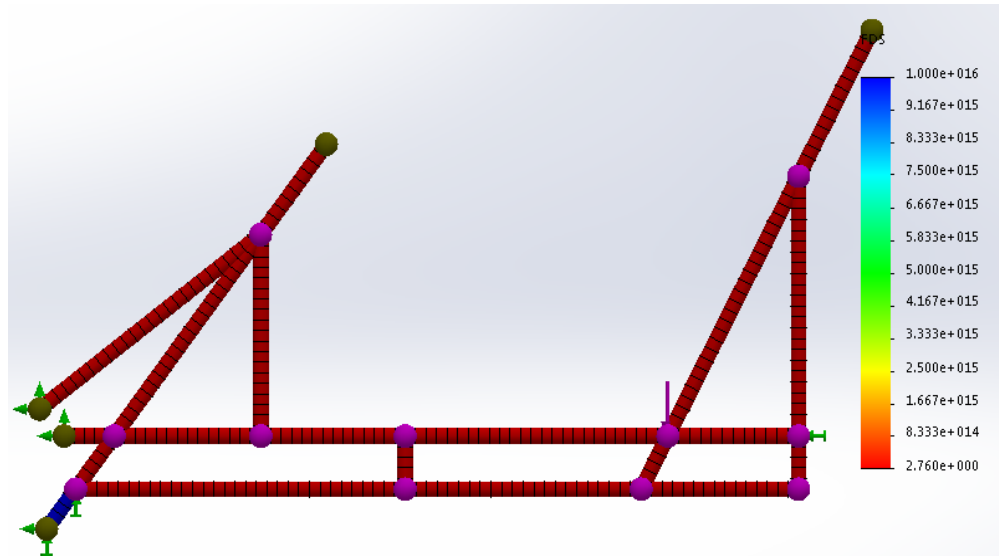
Se observa que el esfuerzo maximo en el bastidor es de $9.059e+001$ N/mm² (MPa), el cual está por debajo del límite de fluencia de 250 MPa.

Figura 33. Deformacion bajo condiciones carga a flexion



En la simulacion anterior se da una deformacion maxima de 9 decimas la cual es aceptable según, los criterios manejados y las condiciones de carga maxima que estiman un valor de 150 kilos entre pasaje y posible carga a transportar.

Figura 34. Factor de seguridad bajo condiciones carga a flexion.



En cuanto al factor de seguridad arrojado por solidwork es de 2,8 esto nos muestra la fuerza a flexion que soporta el diseño y que es aceptable para las condiciones de trabajo que tiene vehiculo.

Los datos más minuciosamente estudiados y expuestos estarán en anexos donde se unifico todo el estudio arrojado por solidwork.

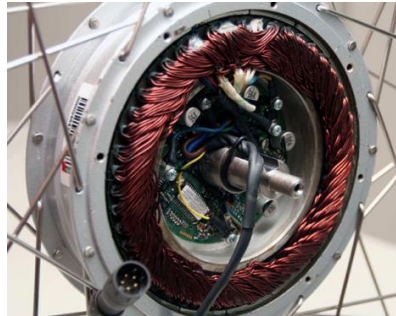
7.2. SISTEMA DE POTENCIA

Para el sistema de potencia se seleccionarán las dos opciones ya planteadas, ya que las dos son independientes, la principal el motor eléctrico y la segunda en sistema de potencia por medio de pedaleo. El pedaleo no recarga las baterías solo sirve para aumentar autonomía y en caso que quedar sin carga permite seguir andando por medio de tracción humana.

7.2.1. Motor eléctrico

Motor brushless dc según requerimientos de la aplicación ya definidos nos permiten proceder a seleccionar el motor. Se buscará obtener los mejores valores al entrar a buscar con base en la potencia y a esta se le aplicará un factor de seguridad que nos permita libertad para la puesta en marcha del vehículo, dicho esto se busca obtener un par alto, intervalos de carga bajos.

Figura 35. Motor electrico expuesto.



Fuente: <http://industria.yoreparo.com/bobinados/proyecto-bicicleta-electrica-t1094536.html>

Tabla 14. Especificaciones Motor 48V 500W para la rueda delantera

Tipo de motor	brushless (sin escobillas)
Voltaje	48V
Potencia	500W
Tipo de motor: sin escobillas sin engranaje del cubo del motor	
Motor Peso neto	6.4kg
Diámetro del motor	24.5 cm
sensor Hall Cantidad	3 pcs
Máxima Velocidad	420 rpm
Máximo Par	24 N.m
Disco de freno: Apoyo 6 hoyos de tipo de rotor	
controlador correspondiente	48V Controller 500W

Tabla 15. Tamaño rueda

Tamaño de la rueda		18"
radios	Instalación	Fundido en la rueda
	Cantidad	dieciséis
	Longitud	
	Diámetro	
	Material	
	Peso	
Ancho del neumático	Estándar	2.125
	otro compatibles	2.5
Rueda Peso Neto	Rueda delantera	6.4KGS
Longitud del cable de motor	Rueda delantera	1.8M

Fuente: <http://www.axion.com/products/st-motors/>

Figura 36. Foto del rin-motor



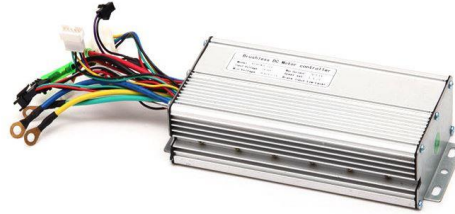
Fuente: <http://biologica.com.co/producto/motor-500w-18>

7.2.2. Controlador

El controlador es una caja electrónica que se encarga de repartir los amperios que extrae de la batería hacia todos los sistemas eléctricos del vehículo, este regula y opera las señales en función de varios parámetros, algunos de ellos

programables. El controlador será en último extremo el que determinará la potencia real, tanto en pico como en continuo.

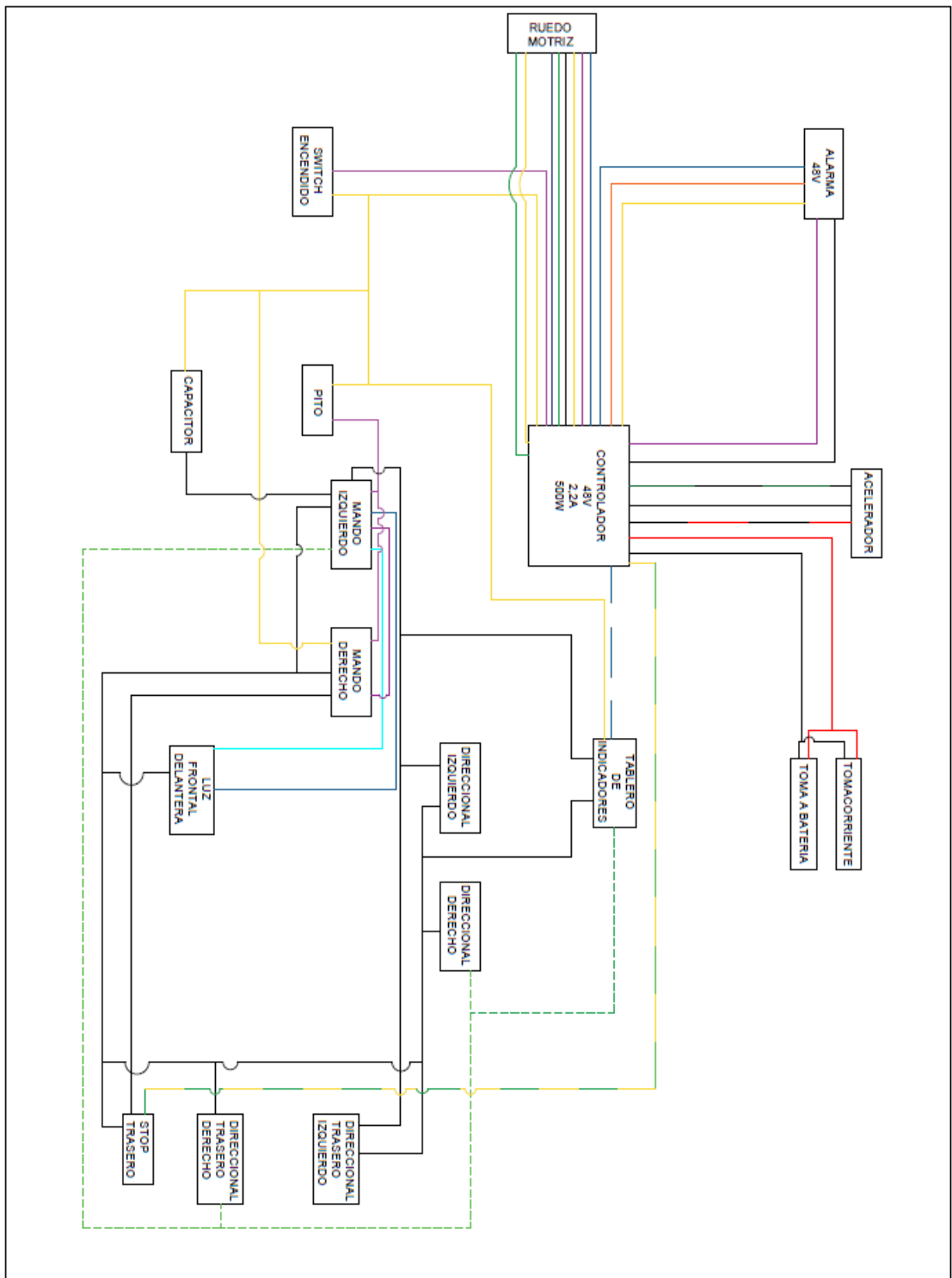
Figura 37. Cerebro del sistema



Fuente: <http://www.biobike.es/2015/04/17/el-cerebro-de-la-bestia-2/>

Un buen diseño del controlador beneficiará a la eficiencia del sistema pudiendo lanzar más corriente allí donde se necesita.

Figura 38. Esquema de conexiones del sistema eléctrico



El controlador se encarga de recibir y ejecutar las órdenes que llegan del display. Y la orden de ponerse el motor en marcha viene dada por otra señal que también llega al controlador: una señal que proviene del sistema de pedaleo asistido (P.A.S.). Este sistema está basado en un captor de velocidad, de vueltas o de un sensor de torque y es el encargado de avisarle al controlador para que el motor se ponga a andar.

La eficiencia de los controladores varía en cada fabricante. Lamentablemente, ninguno de ellos nos ha proporcionado ninguna gráfica jugosa para mostrarte, pero sospechamos que las pérdidas dentro de la circuitería rondan el 20%, a las que hay que sumar las pérdidas de eficiencia propias del motor. Un controlador típico de 36V y 12A de corriente máxima podría arrancarle a tu motor unos estupendos 432W de potencia, pero en la práctica, no va a ir más allá de los 250W. La potencia real de tu máquina sólo se consigue inyectando mucha más potencia.²²

7.2.3. Baterías

Para este tipo de usos se utilizan varias baterías conectadas en serie en este caso cuatro que nos ayudaran a conseguir el voltaje requerido por nuestro controlador (48V).

Tabla 16. Especificaciones de una batería

Tipo	Plomo; 12V 12AH .
Extraíble (S/N)	SI
Tipo de carga / tiempo 100%	1- 1,4 horas
Autonomía	15km

²² Contenido disponible en internet: <http://www.biobike.es/2015/04/17/el-cerebro-de-la-bestia-2/> [consultado en marzo del 2017]

La capacidad de las baterías viene determinada por los amperios a la hora que son capaces de proporcionar multiplicados por el voltaje con el que opera el motor. Esta unidad de energía viene expresada en **watios/hora (Wh)**. A mayor capacidad de batería, más energía se puede liberar y más kilómetros te podrás recorrer.

7.2.4. Torque requerido en las ruedas delanteras

De cara a aprovechar mejor la carga de las baterías que proporcionan energía al motor y obtener un transporte más eficiente, es necesario saber cómo se desplazan los vehículos por las vías. En este sentido, tiene importancia conocer las resistencias que intervienen en el movimiento de los vehículos.

Dichas resistencias son:

- Resistencia a la rodadura
- Resistencia aerodinámica
- Resistencia de pendiente
- Resistencia por inercia

La fuerza de empuje del motor debe ser mayor a la sumatoria de todas las resistencias, esta fuerza es consecuencia del par en el eje del motor y después pasa al punto de contacto entre la rueda y el suelo, esto permite mover el vehículo.

✓ RESISTENCIA A LA RODADURA

La resistencia a la rodadura (R_r), se produce por el desplazamiento del vehículo. Se opone a la fuerza de empuje y su valor depende de la masa del vehículo, de la geometría de dirección, del tipo, perfil y presión de inflado de los neumáticos, de la velocidad de marcha, estado de la carretera y de la superficie de la misma.

Se calcula multiplicando el peso que recae sobre cada rueda por el coeficiente de resistencia a la rodadura que es un valor que depende del material y de los factores ambientales.

Tabla 17. Coeficiente de rodadura

Tipo de suelo	Coeficiente de rodadura kg/t
Asfalto	12/17
Hormigón	15
Adoquinado	55
Tierra compacta	50
Tierra suelta	100

Fuente: ingenieria-de-vehiculos-m-cascajosa-pag12.pdf

La resistencia será mayor cuanto mayor sea el trabajo de flexión de los neumáticos, el rozamiento del aire en la rueda y la fricción en el rodamiento de rueda. La resistencia por rodadura es diferente en la rueda motriz que en la rueda de soporte.

Tabla 18. Diferencia de fuerzas aplicadas en las ruedas

MOTRIZ	SOPORTE
$(F - R_r) * r + N * d = F * r$ $N = P$ $R_r = \frac{d}{r} * P$	$N * d = (R_r) * r$ $R_r = N * \frac{d}{r} = P * \frac{d}{r}$

El coeficiente de rodadura se le indica con f , El valor no es constante ni independiente de la velocidad. Aunque para calculos rapidos se suele tomar 15 kilogramos por tonelada.

✓ RESISTENCIA AERODINÁMICA

La resistencia aerodinámica (R_a), se entiende como el aire que se opone a que el vehículo pase a través suyo en función de su forma exterior. La fuerza de la resistencia del aire depende del tamaño y forma del vehículo, de la velocidad de marcha, de la densidad del aire y de la dirección y fuerza del viento. El coeficiente de resistencia aerodinámica C_x se determina en los ensayos realizados a escala en los tunes de viento.

Los factores que modifican este coeficiente son:

- La forma exterior de la estructura tanto en la parte delantera y trasera, como en la superior e inferior.
- La pendiente del parabrisas.
- Tamaño y forma de los retrovisores exteriores.
- La existencia de alerones, deflectores, etc. Que, si existen, conforman la forma exterior del vehículo.

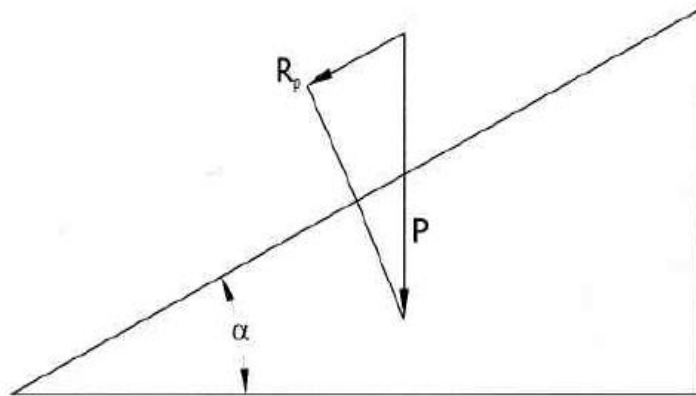
La fuerza que el aire ejerce sobre el vehículo actúa en tres direcciones:

- Resistencia al avance, en sentido longitudinal al vehículo.
- Resistencia de sustentación, en sentido vertical.
- Resistencia de deriva, en sentido transversal y puede variar la trayectoria que marca el conductor.

✓ RESISTENCIA DE PENDIENTE

La resistencia de una pendiente (R_p), depende del perfil de la pendiente y de la masa del vehículo. El vehículo necesita disponer de una mayor fuerza de propulsión para vencer la resistencia ofrecida por la pendiente. Es necesario contar por lo tanto con una mayor potencia de motor para evitar un descenso de la velocidad y compensar la potencia de pendiente.

Figura 39. Resistencia ala pendiente



Fuente: ingenieria-de-vehiculos-m-casajosa-pag21.pdf

La pendiente de una carretera es el valor de la tangente del ángulo que forma con la horizontal.

Obviamente, en casos de pendiente negativa (cuesta abajo) esta fuerza de pendiente o gravitatoria cambia de signo y deja de ser una fuerza de oposición al movimiento del vehículo para convertirse en un apoyo al esfuerzo motor del móvil.

✓ RESISTENCIA INERCIAL

La resistencia inercial (R_j), según la ley de Newton es el producto de la masa del vehículo por la aceleración pero esta también tiene una segunda faceta cuando el vehículo desacelera esta fuerza se convierte en impulsora en lugar de resistencia.

7.2.4.1. Cálculo de torque y potencia

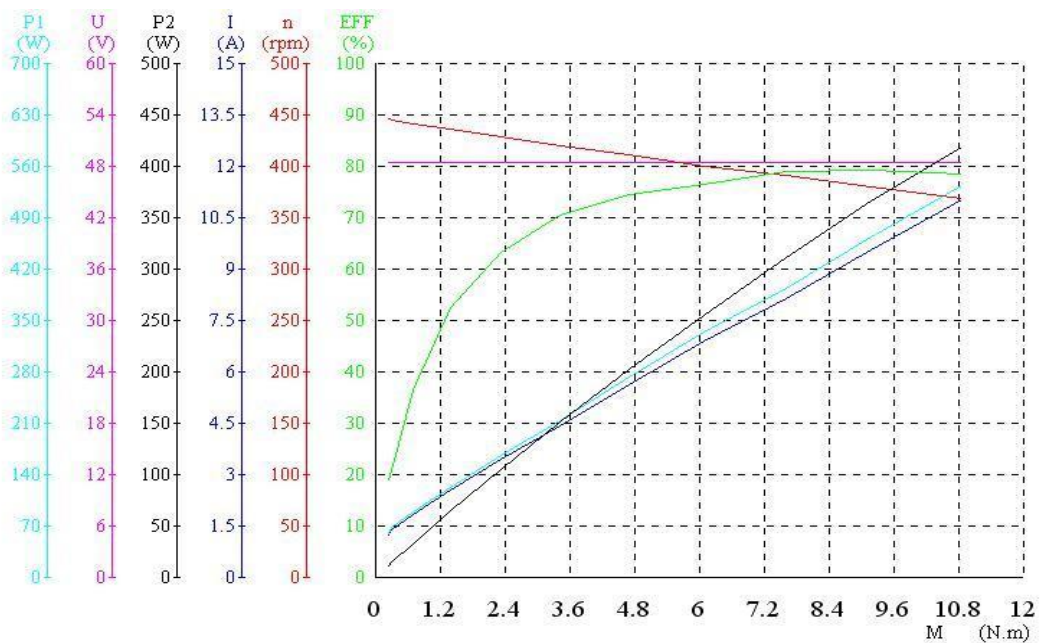
Tabla 19. Cálculos torque requerido

CÁLCULOS TORQUE REQUERIDO			
		$wgy = wg * \cos \theta^\circ$ $wgx = wg * \sin \theta^\circ$ $(wgx * 440) + (wgy * 1360) = Nt * 1900$ $Nd = wgy - Nt$ $F = wgx$ $Tr = F * r$	
		DATOS DE ENTRADA	
VARIABLES	VALOR	UNIDADES	COMENTARIOS
W	2550,6	N	Peso del vehículo con pasajeros.
R	228,6	mm	Radio rueda.
G	9,81	m / s^2	Gravedad.
H	440	mm	Altura del centro de gravedad.
L	1900	mm	Batalla.
C	540	mm	Distancia de la rueda trasera al C.G.
B	1360	mm	Distancia de la rueda delantera al C.G.
DATOS CALCULADOS			
Wgy	2549,02	N	Componente vertical del peso del vehículo (wg)
Wgx	89	N	Componente longitudinal del peso del vehículo (wg)

F	89	N	Fuerza requerida para sostener el vehículo
N_d	703,8	N	Fuerza normal al suelo en la rueda delantera
N_t	1845,1	N	Fuerza normal al suelo en la rueda trasera
T_r	20,29	N-m	Torque requerido en las ruedas delanteras para arrancar en una pendiente de 2°, basado en un arranque en superficie plana.

Como observación se puede notar que no tiene ningún problema para el arranque ya que cuenta con dos motores que tiene un par de 24 N-m cada uno lo cual dobla el torque requerido para el arranque en superficie plana.

Figura 40. Curva de funcionamiento del motor 48V 500W



Description	U	I	P1	M	n	P2	Eff
	(V)	(A)	(W)	(N.m)	(rpm)	(W)	(%)
No Load	48.44	1.221	59.18	0.24	446.0	11.20	18.9
Max Efficient	48.38	9.550	462.1	9.19	380.0	365.6	79.1
Max Output Power	48.38	11.01	533.0	10.86	368.2	418.6	78.5
Max Torque	48.38	11.01	533.0	10.86	368.2	418.6	78.5
END	48.38	11.01	533.0	10.86	368.2	418.6	78.5

NO:	U	I	P1	M	n	P2	EFF
	(V)	(A)	(W)	(N.m)	(rpm)	(W)	(%)
1	48.44	1.221	59.18	0.24	446.0	11.20	18.9
2	48.40	1.385	67.08	0.30	444.2	13.95	20.7
3	48.39	1.828	88.48	0.70	440.3	32.26	36.4
4	48.38	2.518	121.8	1.40	435.7	63.86	52.3
5	48.38	3.415	165.2	2.33	428.1	104.4	63.1
6	48.38	4.402	213.0	3.42	419.8	150.3	70.5
7	48.38	5.609	271.4	4.70	410.4	201.9	74.4
8	48.38	6.887	333.2	6.09	399.7	254.8	76.4
9	48.38	8.133	393.5	7.60	390.2	310.4	78.8
10	48.38	9.550	462.1	9.19	380.0	365.6	79.1
11	48.38	11.01	533.0	10.86	368.2	418.6	78.5

Fuente: <http://www.conhismotor.com/ProductShow.asp?id=94>

7.2.5. Cálculos de potencia

Según los parámetros ya establecidos, se generará una tabla de cálculos los cuales nos permitirán determinar la potencia requerida por el vehículo de una manera clara y concisa.

Tabla 20. Cálculos de potencia

Ecuación	# ecuación	Variable	Valor	Descripción de la variable
$m_{total} = 2m_{motor} + m_{chasis} + m_{accesorios} + m_{pasajeros} + m_{baterias} + m_{carga} \quad (1)$	(1)	m_{total}	261.3[kgf]	Peso total del vehículo.
	(1)	m_{motor}	6,4[kgf]	Peso de motor, ya que son dos se multiplica.
	(1)	m_{chasis}	47[kgf]	Peso del chasis tubular con suspensión y dirección.
	(1)	$m_{accesorios}$	4[kgf]	Peso de farolas, pito, baúl, silla, espejos etc.
	(1)	$m_{pasajeros}$	100[kgf]	Peso del conductor como de un posible pasajero.
	(1)	m_{carga}	64.5[kgf]	Pesos adicionales para posible transporte.
	(1)	$m_{baterias}$	33[kgf]	Peso de fuente de poder, conjunto de 8 baterías en serie.
$R_a = \frac{1}{2} * C_x * A * \rho * v^2 \quad (2)$	(2)	R_a	1,805[kgf]	Resistencia aerodinámica.
	(2)	C_x	0.012	Coefficiente de resistencia aerodinámica.
	(2)	A	0,85 [m ²]	Superficie frontal del vehículo, aproximada.
$R_r(kg) = 15 * m_{total}(ton) \quad (3)$	(2)	ρ	1,225[kg/m ³]	Densidad del aire, a 25c° aproximadamente.
	(2)	v^2	60[km/h]	Máxima velocidad que alcanza el vehículo.
$R_p = m_{total}(ton) * \sin \alpha \quad (4)$	(3)	R_r	9,91[kgf]	Resistencia ala rodadura

$R_j = 100 * m_{total}(ton) * a \quad (5)$ $a = \frac{(V_2 - V_1)}{t} \quad (6)$ $P_{variable} = (R_a + R_p + R_r + R_j) * V \quad (7)$ $P_{constante} = (R_a + R_p + R_r) * V \quad (8)$	(4)	g	9.81[m/s ²]	Gravedad.
	(4)	α	35°	Valor máxima pendiente, según estándar, tomado del instituto geográfico Agustín Codazzi.
	(4)	R_p	0,15[kgf]	Resistencia ala pendiente.
	(5)	R_j	31.36[kgf]	
	(6)	a	1,2[m/s ²]	Aceleración promedio de un motor brushless (250w-500w), según tablas de fabricantes.
	(7)	$P_{variable}$	334.82[watt] o 0,449[hp]	Potencia necesaria en la rueda motriz a velocidad variable, para vencer la inercia.
	(8)	$P_{constante}$	91.9[watt] o 0,123[hp]	Potencia necesaria en la rueda motriz a velocidad constante.

Según análisis ya realizados se obtuvieron los resultados de potencia necesaria que nos permitirá cumplir con los objetivos de movilidad ya establecidos ya que la potencia con la que contamos en cada motor es de 500 watt.

7.2.6. Requerimiento de torque en la rueda trasera

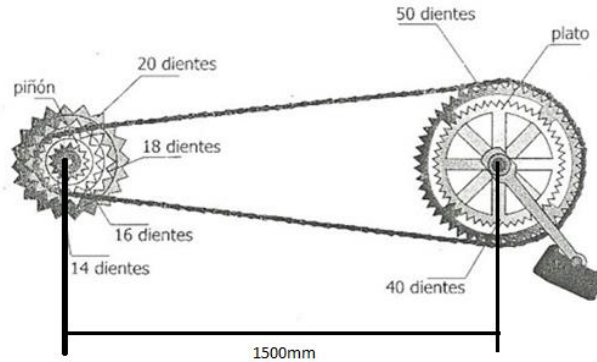
Para este sistema solo se seleccionará la relación más favorable y como se ensamblará en el vehículo para que permita unas relaciones cómodas que vayan de un pedaleo suave a uno fuerte según las necesidades. Se analizará el chasis para obtener las distancias entre el piñón que transfiere la fuerza a la rueda y el plato o estrella que es donde van ubicados los pedales que es donde el conductor aplica la fuerza.

7.2.7. Análisis de distancia entre eje llanta motriz y eje del plato de pedal

La longitud de las vainas de un cuadro es uno de los aspectos más importantes relacionados con la reactividad y manejo de una bicicleta. Dicha longitud viene marcada por la distancia de las vainas desde el centro de la caja de pedalier hasta el centro del eje de la rueda trasera.

Como podemos suponer, la longitud de vainas afecta directamente al comportamiento de la rueda trasera y, por ende, al de la delantera. Como norma general, una longitud de vainas va de (39-45cm), una vaina corta hace que la rueda trasera reciba una mayor carga de peso mejorando la tracción de la misma, además de permitir una mejor transmisión de la fuerza ejercida en el pedaleo. Unas vainas más largas favorecen una mayor comodidad, haciendo la bicicleta más estable a velocidades altas debido a una mayor distancia entre ejes de rueda.

Figura 41. Distancia entre plato-piñón según nuestro diseño



Fuente: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/psuaqui/2013/01/29/cambios-y-desarrollo-en-la-bicicleta/>

Como muestra la imagen la distancia de nuestro diseño es de 1500 milímetros lo cual excede lo recomendado, con base en las recomendaciones de máxima distancia entre centros y la geometría del vehículo se decide trabajar con dos fases.

Fase 1:

Esta estará conformada del plato 1 donde se pedaleará ubicado en la parte frontal del vehículo este contará con tres niveles los cuales se podrán cuadrar por medio de unos tornillos sobre unas correderas y un segundo plato 2 ubicado en la unión donde la horquilla trasera pivotea para permitir el funcionamiento de la suspensión.

Esta fase tendrá una distancia entre centro de los platos de 1000mm y está unida por una cadena estándar de bicicleta.

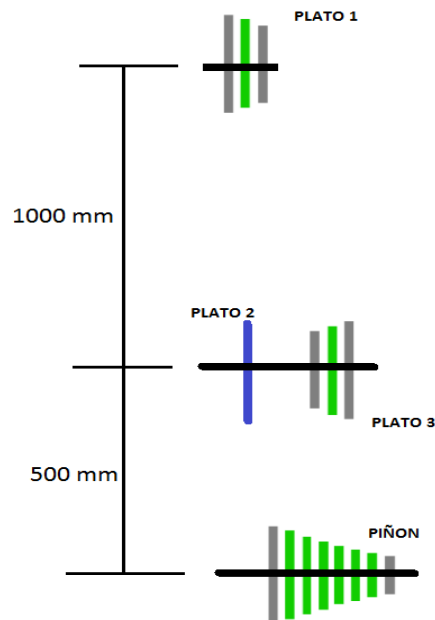
Fase 2:

Esta comparte el mismo eje motriz con el plato 2 y arranca con el plato 3 que está constituido por tres platos, cuenta con su desviador de ahí pasa al piñón trasero ubicado en la rueda motriz, este cuenta con 6 platos y su desviador trasero o

tensor que mantiene la cadena tensa para evitar que se salga y permitir realizar cambios en movimiento

Esta fase tendrá una distancia entre ejes de 500mm y está unida por medio de una cadena estándar de bicicleta.

Figura 42. Esquema final de transmisión por pedaleo



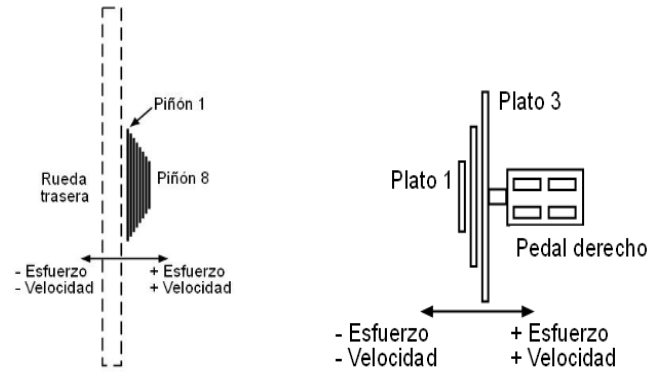
7.2.7. Cálculos de relaciones al pedaleo

Con una llanta de 26" que equivale a 66 cm aproximadamente se obtendrá el perímetro y con este el número de vueltas que debe realizar para recorrer un kilómetro.

$$P = d \cdot \pi = 207,4 \text{ cm}$$

$$\frac{1 \text{ vuelta}}{207,4 \text{ cm}} * \frac{100000 \text{ cm}}{1 \text{ km}} = 482,16 \text{ vueltas}$$

Figura 43. Diagrama de esfuerzo y velocidad



Fuente:

http://www.mat.ucm.es/catedramdeguzman/modelizaciones/proyectos/proyecto8/Solucion_1_5/Sol1_5.htm

Tabla 21. Cálculos de torque por pedaleo

CÁLCULOS TORQUE REQUERIDO			
		$F_1 = T_1 * R_p$ $T_1 = T_2$ <p>T₁ es igual al T₂ por que el diametro del piñon es igual al diametro del plato tres en la relación más suave para el arranque.</p> $F_2 = T_2 * D_{Pl2}$ $T_3 = \frac{F_2}{R_{Pl1}}$ $F_{pedaleo} = T_3 * R_{pedal}$ <p>F_{pedaleo} es la fuerza que el conductor debe aplicar en al pedal</p>	
DATOS DE ENTRADA			
VARIABLES	VALOR	UNIDADES	COMENTARIOS
T ₁	20,49	N	Torque necesario para arrancar el vehículo desde el reposo
D _p	100	Mm	Diámetro de piñón más grande que va a la llanta trasera
D _{Pl1}	100	Mm	Diámetro del plato menor que sale al pedal
D _{Pl2}	190	Mm	Diámetro del plato2.
D _{Pl3}	100	Mm	Diámetro del plato 3
DATOS CALCULADOS			
F ₁	405.8	N	fuerza que transmite la llanta trasera al iniciar el movimiento
F ₂	405.8	N	Las fuerzas F ₂ y F ₁ son iguales ya que D _p Y D _{pl3} son iguales

F_{pedaleo}	56.18	N	Fuerza que el conductor debe aplicar en el pedal al momento de iniciar marcha
T_2	20.49	Nm	Porque hay una relación 1:1
T_3	213.47	Nm	Torque que el conductor debe aplicar en el pedal al momento de iniciar marcha

7.3. SISTEMA DE DIRECCION

El sistema de dirección permite que las ruedas delanteras pivoteen sobre sus soportes hacia la derecha o a la izquierda, con lo que puede ser dirigido el vehículo.

7.3.1. Radio de giro

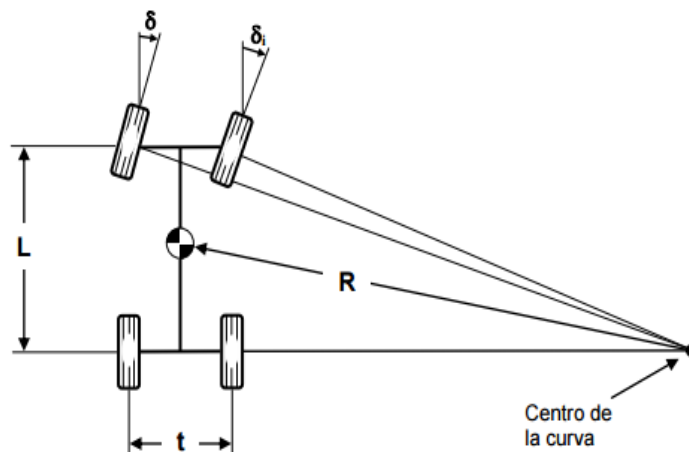
Todo vehículo de motor, o conjunto de vehículos en movimiento, debe poder inscribirse un radio de giro, El radio de giro es una medición que describe la capacidad de un determinado vehículo para girar. Cuanto más corto es el radio de giro de un vehículo se dice que este ofrece más maniobrabilidad.

Existen dos tipos de radios de giro, uno denominado radio de giro de ruedas, que describirá el radio formado por el recorrido de los neumáticos del vehículo, y el radio de giro pared, pared a pared, o entre paredes, que hará lo propio en función del ancho total del vehículo. La distinción entre estas dos mediciones se hace necesaria al diferenciar el giro de un vehículo en calle, donde posiblemente el radio de giro de ruedas sea suficiente para determinar la maniobrabilidad del vehículo con respecto a los cordones de las veredas, mientras que en interiores esta medición podría resultar ineficaz, debiéndose considerar el ancho total del vehículo antes de que alcance las paredes.

7.3.2. Geometría de giro condición de ACKERMAN

Los términos Dirección de Ackerman es frecuentemente usados para denotar la geometría exacta de las ruedas delanteras según la figura 50.

Figura 44. Geometría de giro de un vehículo



Fuente: <http://umh1796.edu.umh.es/wp-content/uploads/sites/272/2013/02/sistema-de-direccion-texto1.pdf>

La geometría de este mecanismo normalmente no es un paralelogramo (que giraría el mismo ángulo ambas ruedas), sino un trapecoide muy aproximado a la geometría de "Ackerman" que hace girar un ángulo mayor a la rueda interior que a la exterior.

El ángulo medio de las ruedas delanteras (manteniendo la consideración de ángulos pequeños) se define como ángulo de Ackerman:

$$\delta = \frac{L}{R}$$

7.3.3. Cálculos relacionados

Cálculos de geometría según Ackerman:

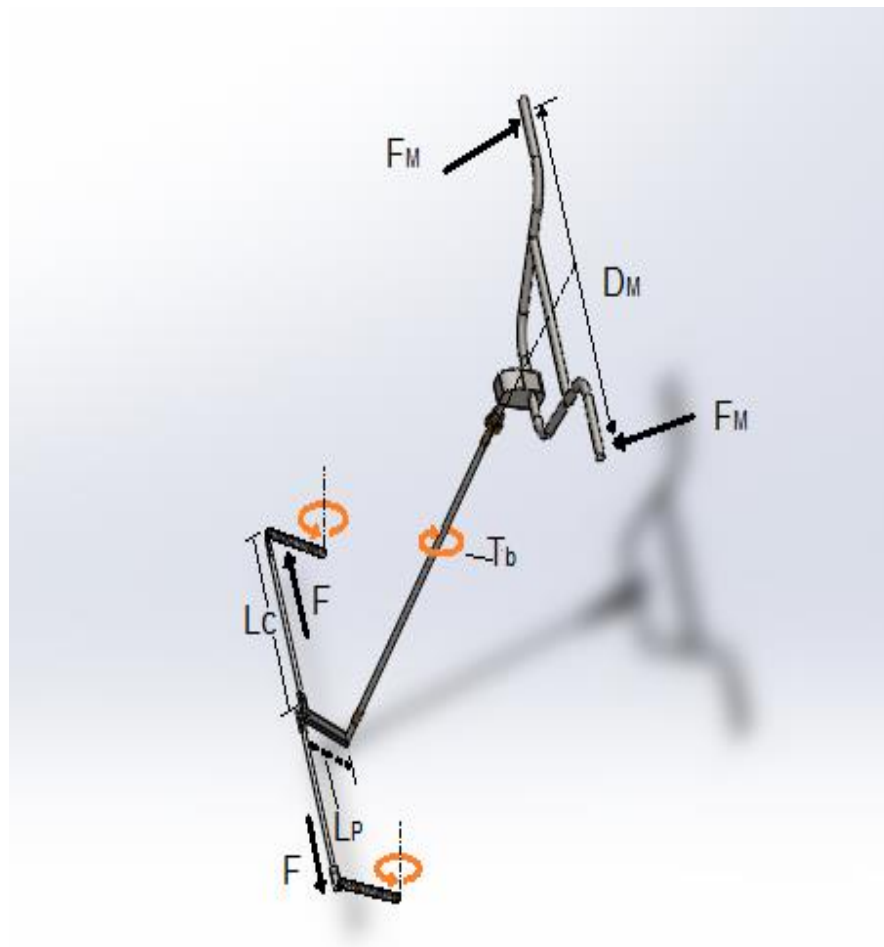
Tabla 22. Cálculos dirección

Ecuación	# ecuación	Variable	Valor	Descripción de la variable
$\delta_o \cong \frac{L}{(R+\frac{t}{2})} \quad (1)$ $\delta_i \cong \frac{L}{(R-\frac{t}{2})} \quad (2)$ $R = \sqrt{R_1^2 + B^2} \quad (3)$ $R_1 = \frac{L}{\tan \delta_i} + \frac{t}{2} \quad (4)$	(1)	δ_o	31,42[°]	Angulo de giro rueda externa.
	(1)	L	190[cm]	Distancia entre ejes de la rueda trasera y delantera.
	(1)	R	269[cm]	Radio de giro desde el centro de la curva.
	(1)	t	100[cm]	Distancia entre las llantas delanteras.
	(2)	δ_i	42[°]	Angulo de giro de la rueda interna.
	(3)	R_1	261[cm]	Distancia horizontal desde el centro de la curva al centro del chasis.
	(3)	B	65[cm]	Distancia del eje trasero al centro de gravedad.

7.3.4. Requerimiento de fuerza en el manubrio

Los requisitos legales (Directiva 70/311 no supere los 400dN) acerca de la fuerza sobre el mando de dirección. Los esfuerzos máximos se establecen según categoría de vehículo y estado del mecanismo, Para el cálculo de los esfuerzos a realizar en el volante se parte de la situación de vehículo parado.

Figura 45. Esquema de direccion



El par máximo para girar la rueda con el vehículo parado, se calcula multiplicando la fuerza que hay que vencer para deslizar los neumáticos sobre el suelo, por su distancia al punto de intersección del eje del pivote con el suelo (d).

$$M = Fr \cdot d = N \cdot \mu \cdot d$$

N = Peso sobre eje delantero

μ = Coeficiente de rozamiento

Tabla 23. Coeficiente de rozamiento neumático-suelo

COEFICIENTES DE ROZAMIENTO PARA SUPERFICIES PLANAS		
Superficies en contacto	Estático	cinético
Neumáticos de caucho sobre pavimento (seco)	0.9	0.8

7.3.5. Cálculos fuerzas en el manubrio:

Para este tipo de configuración el desplazamiento angular en las ruedas frontales es el mismo que en el manillar por eso tiene una excelente ganancia mecánica.

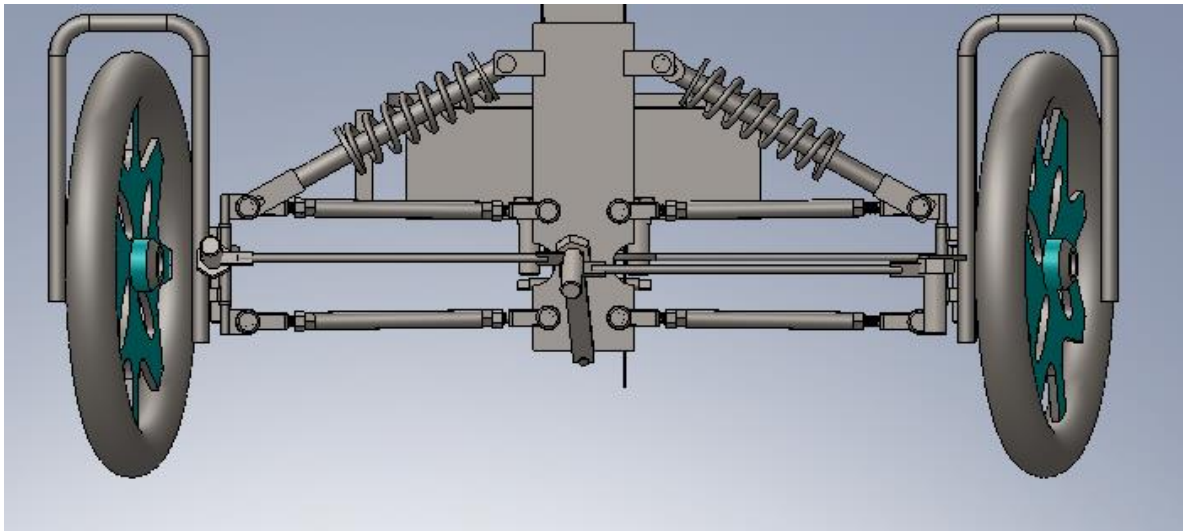
Tabla 24. Calculo de esfuerzo dirección

Ecuación	# ecuación	Variable	Valor	Descripción de la variable
$M = N * \mu * d \quad (1)$ $T_b = 2F_M * \frac{D_M}{2} \quad (2)$ $F = \frac{M}{L_p} \quad (3)$	(1)	M	180,4[N.m]	El par máximo para girar la rueda con el vehículo parado.
	(2)	T_b	180,48[N]	Torque en la barra de dirección.
	(2)	D_M	90[cm]	Distancia entre puntos de aplicación de fuerza en el manubrio. de Fr al punto de intersección pivote-suelo
	(1)	N	1215 [N]	Peso sobre eje delantero.
	(1)	μ	0.9	Coeficiente de rozamiento llanta-suelo.
	(2)	F_M	200[N]	Fuerza en el manubrio para cada mano.
	(1)	d	33[cm]	Distancia del suelo alas barra de dirección.
	(3)	F	1202,6[N]	Relación total multiplicadora de la caja de dirección. Ya que no hay se toma 1.
	(3)	L_p	15[cm]	Longitud barra palanca de la barra de dirección.

7.4. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno por el que se circula para aumentar la comodidad y el control del vehículo. El sistema de suspensión actúa entre el chasis y las ruedas, las cuales reciben de forma directa las irregularidades de la superficie transitada. El análisis de la suspensión se llevará por aparte ya que son diferentes la delantera y la trasera en configuración y en elementos para diseñarla.

Figura 46. Suspensión de paralelogramo deformable

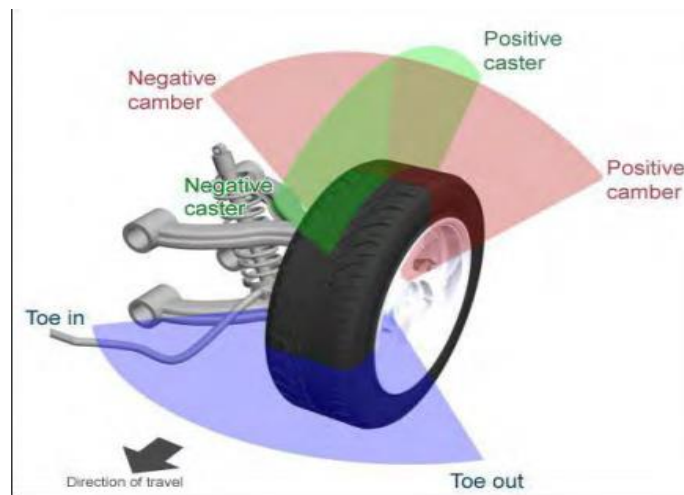


7.4.1. Fundamentos en la cinemática del sistema de suspensión

La cinemática estudia los aspectos asociados a la orientación de las ruedas del vehículo a lo largo del denominado recorrido de la suspensión, que se refiere al

rango de movimiento de la suspensión cuando es sometida a compresiones o extensiones, producidas por fuerzas verticales en las ruedas.²³

Figura 47. Ángulos de inclinación relativos de las ruedas



Fuente: <http://159.90.80.55/tesis/000155400.pdf>

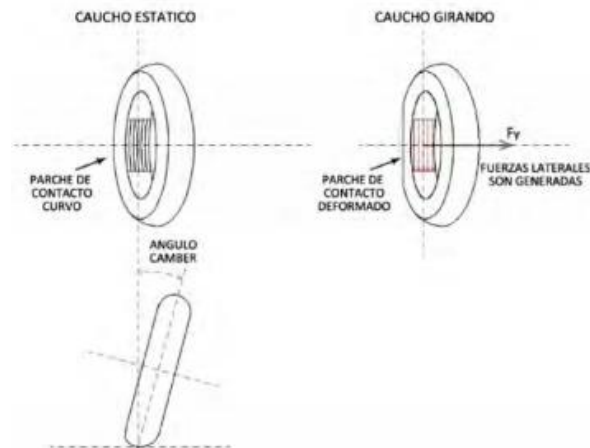
- Angulo camber

Es la inclinación de las ruedas con respecto a una línea normal al suelo observada desde el frente del vehículo, la SAE define como convención camber negativo si la parte superior de los cauchos se inclina hacia adentro del vehículo, y positivo cuando se inclina hacia afuera del mismo. Debido a esta inclinación, cuando la rueda se encuentra en rotación y en contacto con el terreno, el mismo ejerce una fuerza lateral que deforma el parche de contacto del neumático debido a que este

²³ Contenido disponible en internet: <http://159.90.80.55/tesis/000155400.pdf> [consultado en marzo del 2017]

es forzado a moverse en línea recta, esto es lo que se conoce empuje del camber.²⁴

Figura 48. Deformación del camber del parche de contacto



Fuente: <http://manualdeprocedimientosparadiseñoyevaluaciondelsistema de suspensiónydireccion.pdf>

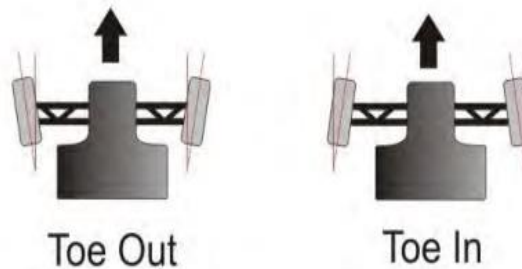
- Angulo de toe

Es la convergencia o divergencia de las ruedas hacia la parte frontal del vehículo, cuando son observadas desde un plano de vista superior del mismo. Es medido con respecto al eje longitudinal del vehículo y se denomina toe in cuando las ruedas convergen hacia la parte frontal y toe out cuando divergen.²⁵

²⁴ Contenido disponible en internet: <http://manualdeprocedimientosparadiseñoyevaluaciondelsistemadesuspensiónydireccion.pdf,Op.cit., p.21> [consultado en marzo del 2017]

²⁵ Ibid.,p.21

Figura 49. Angulo de toe.



Fuente: manual de procedimientos para diseño y evaluación del sistema de suspensión y dirección.pdf

Si al negociar una curva, el neumático externo trasero del vehículo trasero del vehículo (para un vehículo con dirección delantera) tiene toe in, la diferencia entre el ángulo de dirección del vehículo y el ángulo de inclinación del neumático será mayor que con toe out, por lo tanto, generaría mayores fuerzas laterales (a este ángulo se le conoce como ángulo de deslizamiento). Es decir, si se aumenta el toe in en las ruedas traseras a un vehículo dado, este tendera a ser más sub-virante, mientras que si se le aumenta el toe out, tendera a ser menos sub-virante.²⁶

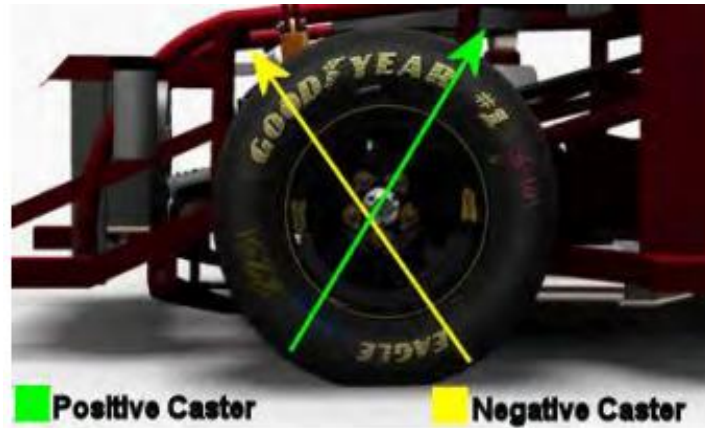
- Angulo caster

Se refiere a la inclinación del eje de rotación del caucho con respecto al cual se mueve cuando se acciona la dirección del vehículo, medido con respecto a un perpendicular al suelo y observando el vehículo lateralmente. Es definido positivo cuando el eje se inclina hacia la parte trasera del prototipo y negativo en el caso contrario. Su proyección en el suelo se denomina huella mecánica.²⁷

²⁶ Ibid.,p.22

²⁷ Ibid.,p.22

Figura 50. Angulo de caster



Fuente: *manual de procedimientos para diseño y evaluación del sistema de suspensión y direccion.pdf*

El efecto de la configuración de caster y la huella mecánica se observa en el denominado momento de auto-alineación del sistema de dirección, que produce un momento de restitución al intentar hacer virar el vehículo, lo cual hace estable el desempeño en rectas, pero genera cansancio en el piloto a la necesidad de vencer ese momento que actúa en su contra.²⁸

7.4.2. Consideraciones para diseño de una suspensión

Como los elementos de suspensión han de soportar todo el peso del vehículo, deben ser lo suficientemente fuertes para que las cargas que actúan sobre ellos no produzcan deformaciones permanentes.

A su vez, deben ser muy elásticos, para permitir que las ruedas se adapten continuamente al terreno sin separarse de él. Esta elasticidad en los elementos de unión produce una serie de oscilaciones de intensidad decreciente que no cesan hasta que se ha devuelto la energía absorbida, lo que coincide con la posición de

²⁸ Ibid.,p.23

equilibrio de los elementos en cuestión; dichas oscilaciones deben ser amortiguadas hasta un nivel razonable que no ocasione molestias a los usuarios del vehículo.²⁹

➤ **Masa suspendida**

La masa suspendida es la que está "por encima" de la suspensión (apoyada en la suspensión, es la porción de la masa total que es soportada por la suspensión), Normalmente incluye el cuerpo del vehículo, los componentes internos, pasajeros y carga; pero no la masa de los componentes de la suspensión, incluyendo ruedas u orugas, que son parte de la masa no suspendida del vehículo.

➤ **Masa no suspendida**

la no suspendida es la que está por debajo (apoyada en el suelo=no suspendida), Hay piezas claramente no suspendidas, como los neumáticos, masa de la amortiguación, ruedas u orugas y otros componentes directamente conectados a ellos, como rodamientos, amortiguadores y los frenos del vehículo si están incluidos fuera del chasis.

7.4.3. Suspensión frontal en paralelogramo deformable

El paralelogramo está formado por un brazo superior) y otro inferior que están unidos al chasis a través de unos pivotes, cerrando el paralelogramo a un lado el propio chasis y al otro la propia mangueta de la rueda. La mangueta está articulada con los brazos mediante rótulas que permiten la orientación de la rueda. Los elementos elásticos y amortiguadores coaxiales son de tipo resorte helicoidal e hidráulico telescópico respectivamente y están unidos por su parte inferior al brazo inferior y por su parte superior al bastidor. Completan el sistema unos topes

²⁹ Contenido disponible en internet: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension1.htm>
[Consultado en abril del 2017]

amortiguación es directa. Absorben la mínima irregularidad del terreno y el amortiguador trabaja en palanca directa, por tanto, el recorrido dependerá de esta palanca, estos sistemas de suspensión obligan siempre a llevar la amortiguación más dura.

Normalmente el eje del pedaleo se sitúa en el triángulo trasero, lo que hace que no haya contaminación del pedaleo por la suspensión, pero también hace que al llevar nuestro peso suspendido ésta pierda eficacia. Así mismo, varían la tensión de la cadena con el movimiento de la suspensión, provocando un ligero retroceso de los pedales. La gran ventaja de este sistema es que tiene menos mantenimiento al haber un solo eje de giro y también que es más sencilla y aporta menos peso al conjunto de la bicicleta.³⁰

Figura 52. Repuesto Amortiguador Trasero



³⁰ Contenido disponible en internet: http://www.mardelbike.com.ar/detalle-mecanica.php?mec_id=45[Consultado en noviembre del 2017]

7.4.5. Cálculos carga longitudinal y lateral

Tabla 25. Cálculos de carga longitudinal

TRANSFERENCIA DE CARGA LONGUITUDINAL			
		$W_f = \frac{(W * C * \cos \theta) - \left(\frac{W}{G} * A_x * H\right) - (D_A * H_A) - (W * H * \sin \theta)}{L}$ $W_R = \frac{(W * B * \cos \theta) + \left(\frac{W}{G} * A_x * H\right) + (D_A * H_A) + (W * H * \sin \theta)}{L}$ $F_{XR} - [F_{RODADURA} + (W * \sin \theta)] = \frac{W}{G} * A_x$ $F_{XR} = \frac{MIU * W * \frac{B - COEF_{ROD} * H}{L}}{1 - MIU * \frac{H}{L}}$	
DATOS DE ENTRADA			
VARIABLES	VALOR	UNIDADES	COMENTARIOS
W	2563.3	N	Peso del vehículo con pasajeros.(carga suspendida)
Θ	2°	Grados	Angulo de inclinación.
G	9,81	m / s^2	Gravedad.
H	0,44	M	Altura del centro de gravedad.

D_A	0		Arrastre del viento.
L	1,9	M	Batalla.
C	1,08	M	Distancia de la rueda trasera al C.G.
B	0.98	M	Distancia de la rueda delantera al C.G.
$F_{rodadura}$	44.53	N	Fuerza de gravedad.
MIU	0,8		Coefficiente de adherencia neumático-pavimento.
$COEF_{ROD}$	0,012		Coefficiente de rodadura.
F_{XR}	1581,3	N	Fuerza de tracción máxima.
DATOS CALCULADOS			
W_F	1215	N	Fuerza normal en la llanta delantera.
W_R	1561.7	N	Fuerza normal en la llanta trasera.
A_X	3.63	m / s^2	Aceleración longitudinal

Con base en la tabla anterior se puede ver la distribución de la carga correspondiente al tren trasero y delantero:

$$\%delantera = \frac{W_F}{W} = 40,8 \%$$

$$\% trasera = \frac{W_R}{W} = 59,1 \%$$

La aceleración longitudinal A_X que se calcula para diferentes distribuciones de peso con ciertas condiciones:

Velocidad constante. $A_X = 0$

Aceleración a 1g. $A_X = 9,81m / s^2$

Desaceleración a -1g. $A_x = -9,81 m / s^2$

Tabla 26. Distribución de pesos

$A_x [m / s^2]$	DISTRIBUCION DE PESOS [%]	
	TREN DELANTERO	TREN TRASERO
-9,81	79	21
0	55,9	44,1
6,4	40,8	59,1
9,81	32,8	67,2

Tabla 27. Cálculos de carga lateral

TRANSFERENCIA DE CARGA LATERAL

$$F_{Y2} = \frac{W}{G} * A_{LAT}$$

$$S_{DER} = MIU * FZ2_{DER}$$

$$S_{IZQ} + S_{DER} = F_{Y2}$$

$$S_{IZQ} = MIU * FZ2_{IZQ}$$

$$FZ2_{IZQ} + FZ2_{DER} = W$$

$$(FZ2_{DER} * T_{W2}) - \left(W * \frac{T_{W2}}{2} \right) + (F_{Y2} * H) = 0$$

DATOS DE ENTRADA			
VARIABLES	VALOR	UNIDADES	COMENTARIOS
W	2563.3	N	Peso del vehículo con pasajeros.(carga suspendida)
t	1	m	Distancia entre las llantas delanteras.
G	9,81	m / s^2	Gravedad.
H	0,44	m	Altura del centro de gravedad.
DATOS CALCULADOS			
$FZ2_{IZQ}$	2183.93	N	Fuerza normal izquierda.
$FZ2_{DER}$	379.37	N	Fuerza normal derecha.
S_{IZQ}	1747.14	N	Fuerza lateral izquierda.
S_{DER}	303.5	N	Fuerza lateral derecha.
F_{y2}	2050,64	N	Fuerza lateral.
A_{LAT}	7,85	m / s^2	Aceleración lateral.

Al realizar los cálculos no se tienen en cuenta los desplazamientos y deformaciones que sufren la mangueta, tijeras, barras, tornillos, ruedas, etc. De esta manera se consideran los elementos como solidos rígidos.

7.5. SISTEMA DE FRENADO (cinta-disco)

El sistema de frenos está diseñado para que a través del funcionamiento de sus componentes se pueda detener el vehículo a voluntad del conductor.

7.5.1. Freno de banda (cinta)

Es un freno primario o secundario, constando de una banda de material de fricción que aprieta concéntricamente alrededor de una pieza cilíndrica del equipamiento a cualquiera impide él la rotación (un estático o "aguantando" freno), o para retrasarlo (un freno dinámico).

El elemento de trabajo es una banda metálica elástica, generalmente de acero, que rodea el tambor. Esta banda está recubierta con un material especial con alto coeficiente de fricción para aumentar la fuerza de frenado.

Cuando se aplica la fuerza P a la palanca, esta tenderá a girar en el pivote, y apretará la banda fuertemente contra el tambor para frenarlo.

Los frenos de cinta están constituidos por los siguientes elementos:

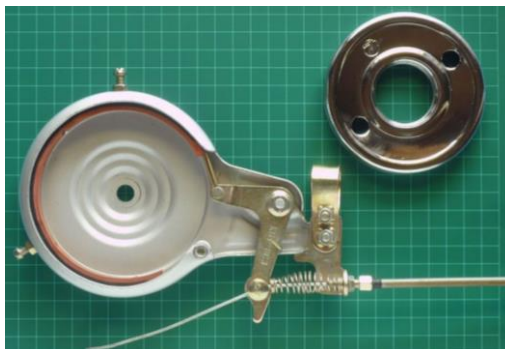
Tambor unido eje movimiento.

Banda (cinta).

Palanca de accionamiento.

Carcaza.

Figura 53. Freno de cinta



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_cinta

7.5.2. Freno de disco trasero

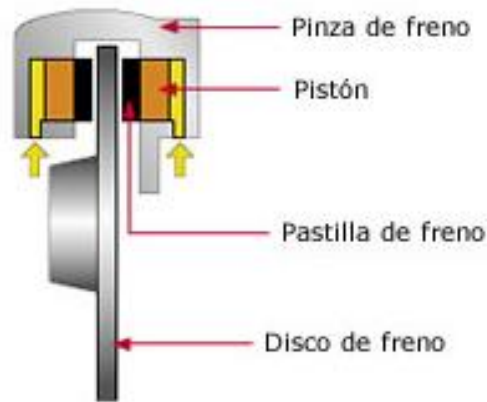
El freno de disco está formado por un disco que se une al buje de la rueda o forma parte de él, girando con la rueda y constituyendo el elemento móvil de frenado. Sobre este disco, abarcando aproximadamente la quinta parte de la superficie del mismo, va montada una mordaza sujeta al puente o mangueta en cuyo interior se forman los cilindros por los que se desplazan los pistones. A estos pistones se unen las pastillas de freno de un material similar a los ferodos de las zapatas utilizadas en los frenos de tambor.³¹

El freno esta Constitución por los siguientes elementos:

- Disco de freno
- Pastillas
- Pinza de freno
- guayas

³¹ Contenido disponible en internet: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>
[Consultado en abril del 2017]

Figura 54. Freno de disco



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>

7.5.3. Consideraciones del frenado

- ESFUERZO DE FRENADO

De forma idéntica a como se transmite el esfuerzo tractor del motor al suelo, en el caso de la detención del vehículo, el esfuerzo de frenado ha de ser transmitido al suelo.

- DISTANCIA MÍNIMA DE FRENADO

Partiendo de la consideración energética de que al trabajo de la fuerza de frenado ha de ser igual a la energía cinética del móvil:

De aquí resulta que $d = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu}$

- REPARTO DE CARGAS ENTRE EJES

En una situación de movimiento uniforme, el reparto de pesos entre los ejes del vehículo depende únicamente de la posición del centro de gravedad del vehículo.

Sin embargo, en una frenada, se puede demostrar planteando las ecuaciones de equilibrio de momentos del sólido rígido respecto al centro de gravedad que el eje delantero resulta sobrecargado durante el frenado y descargado el trasero. Es por ello que los frenos del eje delantero siempre son de mayores dimensiones, en un turismo, que los traseros, pues aquellos están en disposición de ejercer en mayor esfuerzo de frenada sobre el pavimento.

- TIPO DE NEUMATICOS

El análisis de los neumáticos es crítico a la hora de seleccionarlas ya que están son las que transmiten la fuerza de frenado al suelo y su resistencia a la rodadura causada por la histéresis de los materiales por la deformación. La razón entre la resistencia ala rodadura y la carga normal de la llanta es definida como el coeficiente de resistencia ala rodadura.

Figura 55. Llantas delanteras



Fuente: <http://biologica.com.co/producto/llanta-18>

Especificación:

modelo h5102

tamaño: 18" * 2,5

Peso: 800g

Rango de presión de la bomba: 40-65psi

Figura 56. Llanta trasera



Fuente: <http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-614507092-juego-de-llantas-doble-pared-completas-rodado-26- JM>

Especificación:

modelo h5129

tamaño: 26" * 1.95

Peso: 630g

Rango de presión de la bomba: 36-42psi

- COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Coeficiente de rozamiento es la relación de la fuerza de rozamiento entre dos superficies en contacto y la fuerza normal que actúa entre superficies.

- COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE DESLIZAMIENTO

Coeficiente de rozamiento de deslizamiento es la relación entre la fuerza periférica de una rueda (fuerza de frenado) y la carga sobre esta rueda, para una velocidad periférica de la rueda igual a cero, y una velocidad del vehículo diferente de cero.

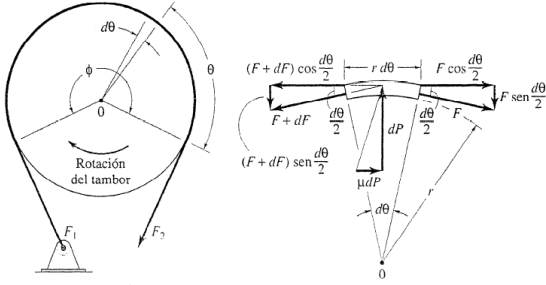
- COEFICIENTE DE ADHERENCIA

Coeficiente de adherencia es la relación de la fuerza de rozamiento utilizada entre las dos superficies en contacto y la fuerza que actúa entre estas superficies.

7.5.4. Cálculos de frenado

Estos cálculos son independientes y solo abarcan el sistema de frenado delantero de cinta y se busca la fuerza de frenado y los tiempos en que ocurren.

Tabla 28. Cálculos de frenado delantero

SISTEMA DE FRENADO DELANTERO (CINTA)			
		$\sum F_{\text{circunferenciales}} = (F + dF) * \cos\left[\frac{d\theta}{2}\right] - F * \cos\left[\frac{d\theta}{2}\right] - \mu * dN = 0$ $\sum F_{\text{radiales}} = -(F + dF) * \text{sen}\left[\frac{d\theta}{2}\right] - F * \text{sen}\left[\frac{d\theta}{2}\right] + dN = 0$ <p>Reordenando y desarrollando se obtienen las siguientes ecuaciones:</p> $dF = \mu * dN \quad (1)$ $-F * d\theta + dN = 0 \quad (2)$ <p>Igualando e integrando las ecuaciones 1 y 2 entre F_1, F_2 y $0, \phi$ tiene:</p> $\ln\left[\frac{F_1}{F_2}\right] = \mu * \phi$ <p>El par de frenado aplicado al tambor es:</p> $T = r * (F_1 - F_2)$ <p>La presión máxima es:</p> $P_{\text{max}} = \frac{F_1}{b * r}$ <p>Donde b es el ancho de la banda</p>	
		DATOS DE ENTRADA	
VARIABLES	VALOR	UNIDADES	COMENTARIOS
ϕ	320°	Grados	Angulo de abrace de la cinta
b	12	milímetros	Ancho de la banda

r	52.5	Milímetros	Radio de la manzana (donde la cinta realiza el frenado)
P_{max}	140	Kpa	Presión máxima de la cinta según estudios.
μ	0.2	-----	Coefficiente de fricción de la cinta con la zapata
DATOS CALCULADOS			
F_1	88.2	N	Esta fuerza está aplicada en la parte de la cinta que va al apoyo.
F_2	28.86	N	Fuerza que está aplicada en la parte de la cinta que va a la palanca de accionamiento del freno

Estos cálculos solo muestran la fuerza de frenado y los tiempos de reacción con el sistema de frenado trasero el cual es de disco.

Tabla 29. Cálculos de frenado rueda trasera

SISTEMA DE FRENADO RUEDA TRASERA (DISCO)	
$T_F = \frac{2 * \pi * P_0 * (r_0^3 - r_i^3)}{3}$	
$F_a = (\theta_2 - \theta_1) * \frac{\pi}{180} * P_0 * r_i * (r_0 - r_i)$	
$D_x = F_a * \frac{g}{W}$	
$E_F = \frac{D_x}{g}$	
$e = \frac{V^2}{2 * D_x}$	
$t_p = \frac{e}{U_a * V} \quad ; \quad t_{TOTAL} = t_p + t_r$	

DATOS DE ENTRADA			
VARIABLES	VALOR	UNIDADES	COMENTARIOS
θ_1	45°	grados	Peso del vehículo con pasajeros.(carga suspendida)
θ_2	90°	grados	Angulo de inclinación.
G	9,81	m / s^2	Gravedad.
P_0	32400	pascales	Presión de las pastillas según estudios.
r_i	0,035	M	Radio interno de las pastillas.
r_0	0,075	M	Radio externo de las pastillas.
t_r	2,4	Sg	Tiempo reacción de un conductor según estudios.
U_a	0,8		Factor de adherencia.
V	11,11	m / s	Velocidad promedio.(40 KM/H)
F_{XR}	1581,3	N	Fuerza de tracción máxima.
DATOS CALCULADOS			
T_F	14,68	N	Torque de frenado.
F_a	35,62	N	Fuerza de aplicación en un disco.
D_x	0,111	m / s^2	Desaceleración.
E_F	0,0113		Eficiencia en el frenado.
t_p	62,56	Sg	Tiempo de parada
t_{TOTAL}	64,96	Sg	Tiempo total de frenado.

7.6. SISTEMAS DE CONTROL (especificaciones de equipo usado)

En este ítem se valorarán algunos de los sub-sistemas que complementan el vehículo y que tienen valioso significado para el usuario, ya que permiten desarrollar un mejor manejo generan criterios tales como instrumentación, seguridad tanto para el vehículo como para el usuario y confort.

7.6.1. sub-sistemas de control de manejo

- Controlador 500W

Este es el dispositivo que controla todas las funciones electricas del vehiculo.

Figura 57. Controlador de 500W 48V12A



Fuente: www.biologica.com.co

- Cargador

Figura 58. Cargador de 500W 48V12A



Fuente: <http://biologica.com.co/producto/cargador-48v-12ah>

- Iluminación (luz delantera, direccionales delanteras y traseras)

Figura 59. Sistema de luces led



Fuente: <http://www.suntekstore.com/goods-13005797-bicycle-7-led-turn-signal-brake-light-lamp-8-tunes-horn-bike-lamp.html>

- Acelerador

Figura 60. Mandos de aceleración



Fuente: <http://biologica.com.co/producto/acelerador-manillar-01>

7.6.2. sub-sistemas de protección

- Cinturón de seguridad

Figura 61. Cinturón en X



Fuente: <http://www.ebay.es/itm/2-X-Tanaka-Universal-Azul-4-punto-Hebilla-Racing-del-cinturon-de-seguridad-arnes/111848895952>

7.6.3. sub-sistema seguridad de bienes

- Arranque electrónico

Figura 62. Arranque electrónico



Fuente: <http://biologica.com.co>

- Alarma de movimiento por control remoto

Figura 63. Alarma



Fuente: <http://biologica.com.co/producto/alarma>

7.6.4. sub-sistema de confort

- Deflectores laterales delanteros (espejos retrovisor)

Figura 64. Espejos deflectores



Fuente: http://www.cvmotos.cl/index.php?cPath=29_57

- Asiento delantero ajustable longitudinalmente y angularmente

Figura 65. Asiento ajustable



7.6.5. Instrumentación

- Durante la recarga: nivel de carga del batería indicador en la pantalla
- Autonomía restante (carga de batería)
- Indicador de velocidad (km/h)

Figura 66. Tablero indicador basico



Fuente: <https://www.aliexpress.com/item-img/lcd-display-with-horn-and-frontlight-install-mount-universal-voltage-12-84v-electric-bike-scooter-parts/32797244702.html#>

7.7. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

Tabla 30. Ficha técnica

MOTOR, PRESTACIONES Y CONSUMO	
Motor eléctrico	High output sealed brushless permanent magnet AC (cantidad 2)
Tipo de corriente	AC
Potencia máxima W	500W
Potencia variable,	334.82[watt] para vencer la inercia
Par máximo	24Nm por cada motor
Par arrancar en plano	20,29Nm
Tensión nominal	48 V
Velocidad máxima	70 km/h
Autonomía Ciudad	120 km
TRANSMISIÓN	
Tracción	Trasera pedaleo- delantera motor
Par mínimo eje de pedalier	213.47Nm para vencer inercia en mínima relación.
Fuerza pedaleo	56.18 N fuerza mínima para vencer la inercia aplicada en un solo pedal
BATERÍA	
Tipo	Plomo; 48V 12AH .
Extraíble (S/N)	SI

BATERÍA

Tipo de carga / tiempo 100%	7-9 horas
Vida/Ciclos de carga hasta 80%	700 ciclos de carga

DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES

Largo	1900 mm
Ancho	1000 mm
Alto	1200 mm
Peso total	110 kg
Carga min/max autorizada	165 kg
Número de plazas	1

CHASIS

Suspensión delantera	Sistema muelle con ajuste de amortiguación de compresión (aire). Recorrido de suspensión de 4".
Suspensión trasera	Sistema muelle con ajuste de amortiguación de compresión (aire). Recorrido de suspensión de 1,5".
Frenos delanteros	Banda (cinta) accionado por guaya.
Frenos traseros	Disco accionado por guaya.
Rueda delantera	18" x 2.5" 45.75 cm x 6,5 cm aluminio fundido

CHASIS

Rueda trasera 26" x 1.9" aluminio

8. PROCESO DE CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

Figura 67. Ensamble prototipo terminado



Para la fabricación de las partes que componen el vehículo se realizaron diferentes procesos de manufactura para la construcción de partes desde planos o para la adecuación de elementos que fueron conseguidos en el mercado.

Los procesos utilizados son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 31. Procesos de construcción

PROCESOS DE FABRICACIÓN	
A	Taladrado
B	Doblado
C	Torneado
D	Soldadura MIG
E	Corte con disco
F	Corte con sierra
G	Pintado
H	cableado
I	otros

En la siguiente tabla se divide el vehículo en los sistemas que lo componen y a su vez se subdividen en componentes individuales, para mostrar cuales se compraron, cuales se modificaron o cuales se construyeron.

Tabla 32. Sistemas y proceso involucrado

SISTEMA	PIEZA	COMPRADO	MODIFICADO	FABRICADO	MANUFACTURA									
					a	b	c	d	e	f	g	h	i	
Estructura	Chasis			X				x	x	x	x			
Transmisión	Mecánica	Cadena	x											
		Piñones	x											
		Pedales	x											
		Buje de pedaleo			x			x	x	x				
	Eléctrica	Motores	x											
		Llantas	x											
Suspensión	Amortiguadores	x	x						x	x				
	Barras			x					x	x				
	Horquillas	x												
	Ejes	x	x						x					
	Pasadores	x		x					x					
	Arandelas	x												
	Bisagra	x												
Dirección	Manubrio	x												
	Bujes de guía en Bronce			x		x		x						
	barras de dirección			x					x					
	rodamientos de bolas	x												
Sistema de seguridad y confort	silla conductor	x	x											x
	Frenos	x												
	espejos retrovisores	x												
	cinturón de seguridad	x												
	guía para ajustar la inclinación de la silla					x			x		x	x	x	

8.1. CONSTRUCCION DEL CHASIS

Figura 68. Construcción prototipo



Para realizar la construcción del chasis tubular se siguieron los siguientes pasos de fabricación:

- a) Selección y marcado del tubo
- b) Corte del material (con disco y con sierra)
- c) Preparación del material antes de soldar (boca de pescado, biselado)
- d) Soldadura
- e) Armado de chasis
- f) Ensayos no destructivos

Para el marcado del tubo con las medidas requeridas, se requirió de los planos generados mediante el programa de diseño CAD, teniendo en cuenta la porción de material que se pierde cuando se hace el corte.

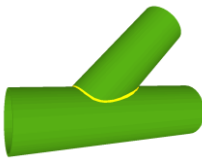

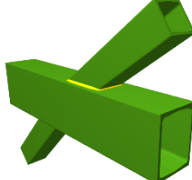
Para marcar el sitio en el que se hizo el corte del material se utilizaron diferentes materiales de medición como el flexómetro, calibrador y escuadras.


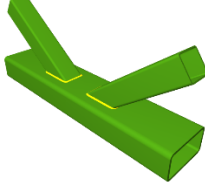
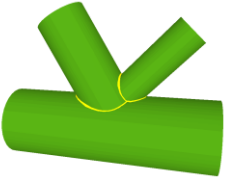


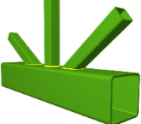
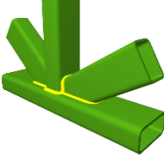


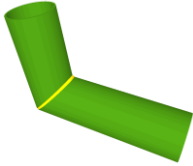
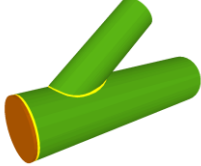
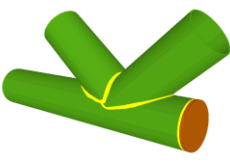
Figura 69. Marco de la silla



Una vez marcados los tubos con las medidas, se procede a realizar el corte del material mediante un perfilado que permita que los tubos se acoplen de una forma adecuada, teniendo en cuenta las intersecciones de los tubos y las geometrías para evitar desperdicio de material de aporte en el momento de realizar la soldadura. Para aplicar la soldadura de una forma eficiente se estudiaron las diferentes configuraciones y posiciones para soldar tubos, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 70. Tipos de uniones en tubería a usar

Nodo en Y	Nodo en T	Nodo en X
		
Nodo doble Y	Nodo en K con espaciamento	Nodo en K con solapamiento

		
Nodo en N con espaciamento	Nodo en N con solapamiento	Nodo KT con espaciamento
		
Nodo KT con solapamiento	Nodo doble K con espaciamento	Nodo doble K con solapamiento
		
Codo diagonal	Codo diagonal	Nodo en L
		

Fuente: <http://www.cypelatam.com/uniones-v-celosias-planas-con-perfiles-tubulares.html>

Luego de cortado el material se procedió a hacer preparación del material para la soldadura mediante biselado y boca de pescado.

Figura 71. Corte boca de pescado terminado



En la parte de la aplicación de la soldadura es necesario considerar que el material de aporte tenga por lo menos características iguales que las del material base en este caso acero A36. Para este caso el método de soldadura seleccionado fue el GMAW (soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible).

Figura 72. Propiedades de la soldadura a usar

Composición química típica del alambre					
	INDURA	Especific. AWS			
Carbón	0,09%	0,08/0,15			
Manganeso	1,45%	1,40/1,85			
Silicio	0,95%	0,80/1,15			
Fósforo	< 0,02%	0,025 máx.			
Azufre	< 0,02%	0,035 máx.			

Propiedades mecánicas típicas (AWS: A5, 18-01)					
	Medida	Alambre INDURA gas aplicado 100% CO ₂	Alambre INDURA gas aplicado 75% Ar - 25% CO ₂	Alambre INDURA gas aplicado 80% Ar - 20%CO ₂	Especific. AWS gas aplicado 100% CO ₂
Resist. tracción	MPa	520	535	530	480
Resist. fluencia	MPa	440	450	450	400
Alargamiento	% en 50 mm	28%	31%	32,8%	22% min.
Charpy-V -20°C	Joules	50,2	54,0	56,4	27 min.

Tabla de regulación Sistema MIG					
Diámetro (mm)	Entrega de material (mm)	Corriente (Amps)	Voltaje (volts)	Velocidad alambre (m/min)	Flujo gas (l/min)
0,8	0,6	30 - 50	16 - 17	1,3 - 1,8	8 - 10
	0,8	35 - 60	16 - 17,5	1,3 - 2,0	8 - 11
	0,9	40 - 70	17 - 18	1,5 - 3,0	9 - 11
0,9	1,3	70 - 90	18 - 19	3,0 - 3,6	10 - 12
	1,6	80 - 110	19 - 20	3,3 - 3,8	11 - 13
	2,0	120 - 130	20 - 21	3,6 - 4,1	11 - 14
1,2	3,2	120 - 180	20 - 22	4,6 - 6,1	11 - 16
	4,7	160 - 180	21 - 22	5,1 - 6,1	14 - 17
	6,4	190 - 200	22 - 23	6,4 - 7,1	14 - 17
	7,9	200 - 210	23 - 24	7,0 - 7,4	14 - 17
	9,4	220 - 250	24 - 25	7,5 - 8,9	14 - 17
	12,7	240 - 260	28 - 29	8,4 - 9,5	14 - 17
1,6	19,0	280 - 300	30 - 32	4,6 - 5,1	17 - 19

Fuente: <http://www.indura.net>

9. PROTOCOLO DE PRUEBA

En este capítulo se muestra el análisis de las pruebas realizadas al vehículo teniendo en cuenta variables como estabilidad de la suspensión, velocidad, aceleración, fuerza entregada en las subidas y autonomía de la batería. Para esto se dividieron las pruebas. Al finalizar las pruebas se realizará un análisis comparativo por medio de graficas que nos permitirán una mayor asimilación de los datos.

Tabla 33. Desarrollo de pruebas

PRUEBAS	PARAMETROS	valoración
Verificación del vehículo en reposo	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión visual. • Inspección (accionamiento). • Encendido y verificación de batería. 	No aplica
Pruebas con tracción mecánica (pedaleo)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba de velocidad con 5 toma de datos <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar máxima velocidad en recta (sin límite de distancia). 2. Prueba de aceleración con 5 tomas de datos <ul style="list-style-type: none"> • Se evaluara con una distancia de 20 metros, arrancando de reposo. 	Tablas
Pruebas con tracción eléctrica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba de velocidad con 5 toma de datos <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar máxima velocidad en recta (sin límite de distancia). 2. Prueba de aceleración con 5 toma de datos 	Tablas

	Se evaluara con una distancia de 20 metros, arrancando de reposo.	
Pruebas en funcionamiento combinado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba de velocidad con 5 toma de datos <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar máxima velocidad en recta (sin límite de distancia). 2. Prueba de aceleración con 5 toma de datos <ul style="list-style-type: none"> • Se evaluara con una distancia de 20 metros, arrancando de reposo. 	Tablas
Autonomía de la batería	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba en ciudad (superficie plana). <ul style="list-style-type: none"> • Se llevará a cabo solo con los motores sin pedaleo. • Se partirá de una carga total hasta que el vehículo se detenga. 2. Prueba en carretera (superficie plana). <ul style="list-style-type: none"> • Se llevará a cabo solo con los motores sin pedaleo. • Se partirá de una carga total hasta que el vehículo se detenga. 3. Prueba en ciudad (superficie plana). <ul style="list-style-type: none"> • Se llevará a cabo combinando motores y pedaleo. • Se partirá de una carga total hasta que el vehículo se detenga. 4. Prueba en carretera (superficie plana). <ul style="list-style-type: none"> • Se llevará a cabo combinando motores y pedaleo. 	Tablas

	<ul style="list-style-type: none"> • Se partirá de una carga total hasta que el vehículo se detenga. 	
--	---	--

A continuación, se realiza la descripción detallada de las pruebas técnicas realizadas y los resultados obtenidos.

9.1. Verificación del vehículo en reposo

9.1.1. Chasis

Una vez terminada la construcción se verificó el comportamiento del chasis con carga muerta y con la carga máxima que se tomó como parámetro de diseño, mostrando una buena solidez ya que ninguna de sus piezas sufrió una deformación indeseable.

9.1.2. Sistema de suspensión

Para el sistema de suspensión se verifica que los amortiguadores cumplan con el objetivo de hacer que el piloto adapte su cuerpo al momento de afrontar una curva para modificar el centro de masa del vehículo y ganar estabilidad además de hacer más cómodo el viaje en terreno irregular. Se observó que el piloto puede hacer una corrección en su posicionamiento de hasta 10° con respecto a la vertical.

9.1.3. Tren de potencia

El tren de potencia que cumple con el objetivo de transmitir el movimiento y la potencia según como se quiera usar el vehículo. Si se usa la tracción mecánica se usa el sistema de cadena y piñones, la cual lleva la transición a la llanta trasera

permitiendo realizar cambios de velocidad. Si se usa la tracción eléctrica se usan dos motores eléctricos que están situados en las dos llantas delanteras. Además, los dos sistemas se pueden usar combinados si se requiere ahorrar la carga de las baterías.

9.1.4. Sistema de dirección

Este sistema cumple con el objetivo de direccionar las llantas en curvas tanto a bajas como altas velocidades.

9.1.5. Estado de carga y medición de voltaje

Para estas pruebas se tendrán dos pautas, se iniciará mirando carga en la pantalla de indicadores y posteriormente se medirá el voltaje en la caja de baterías.

Figura 73. Prueba de voltaje



9.2. Pruebas en tracción mecánica

9.2.1. Prueba de velocidad

En esta prueba se midió la velocidad promedio desarrollada por el vehículo en una superficie plana, este dato de velocidad es tomado del tablero indicador que viene integrado en el vehículo.

Los resultados de las mediciones se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 34. Resultados de velocidad

TRACCIÓN MECÁNICA	
PRUEBA N°	VELOCIDAD DESARROLLADA EN Km/h
1	22
2	26
3	28
4	24
5	26
Velocidad promedio desarrollada	25,2

*esta prueba fue realizada después de haber vencido la inercia de la arrancada.

9.2.2. Prueba de aceleración

Para la prueba de aceleración se tomó como supuesto del vehículo tendría una aceleración constante, lo que nos da una aproximación de la aceleración real. En este caso se usan conceptos de cinemática, con la fórmula del cambio de la velocidad con aceleración constante para una distancia dada.

Teniendo en cuenta que el vehículo parte del reposo y despejando la aceleración de la anterior ecuación se tiene:

$$a = \frac{V_f^2}{2 * \Delta x}$$

Para conocer la velocidad se toma una distancia de prueba que se tomó teniendo en cuenta el espacio con el que se contaba. En este caso la distancia que se tomó para hacer la prueba fue de 20 metros ya que con menores distancias no se puede obtener unos resultados confiables.

Tabla 35. Resultados prueba aceleración

TRACCIÓN MECÁNICA		
Prueba N°	Velocidad final (m/s)	Aceleración (m/s)
1	5	0,41
2	5,55	0,51
3	4,44	0,32
4	5,27	0,46
5	4,16	0,29
Aceleración promedio desarrollada		0,4

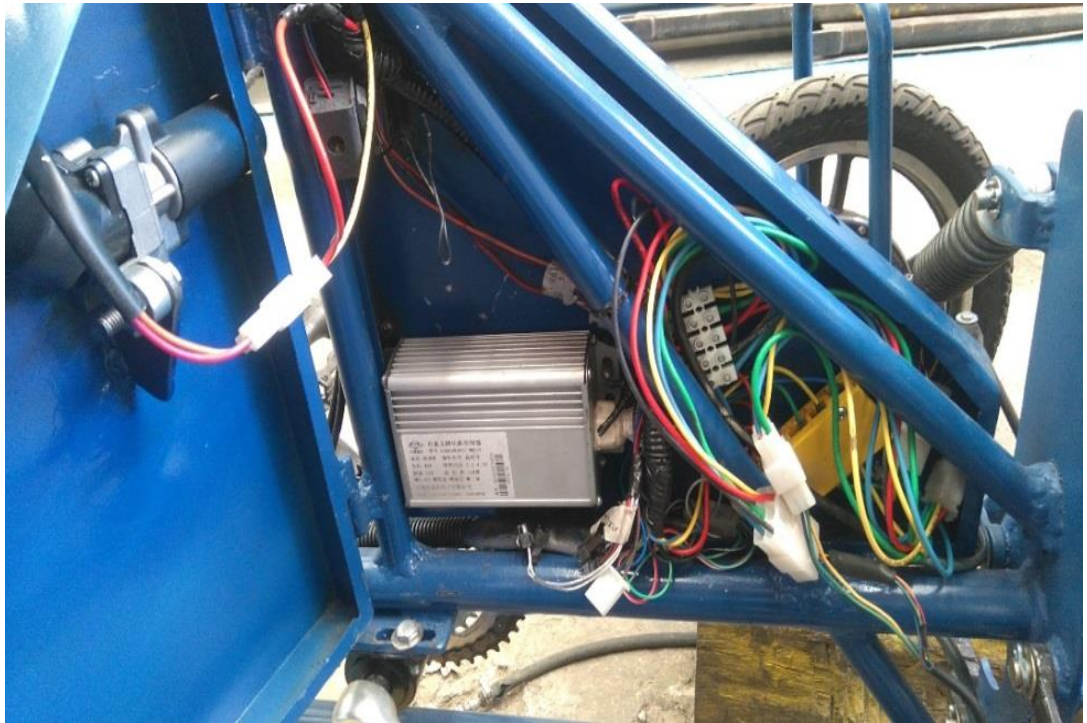
9.3. Pruebas de tracción eléctrica

Esta prueba se realizó bajo las mismas condiciones que se realizaron para las de tracción mecánica y los resultados son los siguientes:

Figura 74. Horquilla rueda derecha



Figura 75. Sistema eléctrico



9.3.1. Prueba de velocidad

Tabla 36. Resultados prueba velocidad

TRACCIÓN ELECTRICA	
PRUEBA N°	VELOCIDAD DESARROLLADA EN Km/h
1	65
2	68
3	73
4	70
5	75
Velocidad promedio desarrollada	70,2

9.3.2. Prueba de aceleración

Tabla 37. Resultados prueba aceleración

TRACCIÓN ELECTRICA		
Prueba N°	Velocidad final (m/s)	Aceleración ($\frac{m}{s^2}$)
1	10,72	2,87
2	10,55	2,78
3	11,11	3,08
4	9,85	2,42
5	11,66	3,39
Aceleración promedio desarrollada		2,9

9.4. Pruebas de tracción combinada (eléctrica-pedaleo)

Esta prueba se realizó bajo las mismas condiciones que se realizaron para las de tracción mecánica y los resultados son los siguientes:

9.4.1. Prueba de velocidad

Tabla 38. Resultados prueba velocidad

TRACCIÓN COMBINADA (ELÉCTRICA-PEDALEO)	
PRUEBA N°	VELOCIDAD DESARROLLADA EN Km/h
1	82
2	84
3	80
4	78
5	79
Velocidad promedio desarrollada	80,6

9.4.2. Prueba de aceleración

Tabla 39. Resultados prueba aceleración

TRACCIÓN COMBINADA (ELÉCTRICA-PEDALEO)		
Prueba N°	Velocidad final (m/s)	Aceleración ($\frac{m}{s^2}$)
1	12,2	3,72
2	11,5	3,30
3	12,8	4,09
4	13,2	4,35
5	12,6	3,97
Aceleración promedio desarrollada		3,88

9.5. Autonomía de las baterías

Estas pruebas se desarrollarán según parámetros ya establecidos que son los mismo para las 4 pruebas de ciudad y carretera con solo motores y combinando motor-pedaleo, se establecieron estas dos ya que el consumo de las baterías no será igual por las condiciones o ambiente en que se desarrollan.

9.5.1. Prueba en ciudad con motor (superficie plana)

Prueba desarrollada en la ciudad de Duitama por su geografía (planicie) y por ser una ciudad mediana que cuenta con todas las dificultades de una ciudad (semáforo, trancones y peatones), también por cercanía a la empresa que fabrico el prototipo.

Tabla 40. Autonomía en ciudad motor

Autonomía ciudad superficie plana			
Prueba N°	Velocidad promedio (km/h)	Kilómetros alcanzados (km)	Tiempo (Horas)
1	27	75	3

9.5.2. Prueba en carretera con motor (superficie plana).

Prueba desarrollada en la vía Duitama-Sogamoso por su geografía (planicie) y por cercanía a la empresa que fabrico el prototipo.

Tabla 41. Autonomía en carretera motor

Autonomía carretera superficie plana			
Prueba N°	Velocidad promedio (km/h)	Kilómetros alcanzados (km)	Tiempo (Horas)
1	45	90	2

9.5.3. Prueba en ciudad combinando tracción (superficie plana)

Prueba se desarrollada bajo las mismas condiciones de la prueba en ciudad con motor.

Tabla 42. Autonomía combinando tracción en ciudad

Autonomía ciudad superficie plana			
Prueba N°	Velocidad promedio (km/h)	Kilómetros alcanzados (km)	Tiempo (Horas)
1	30	108	3.6

9.5.4. Prueba en carretera combinando tracción (superficie plana).

Prueba se desarrollada bajo las mismas condiciones de la prueba en carretera con motor.

Tabla 43. Autonomía combinando tracción en carretera

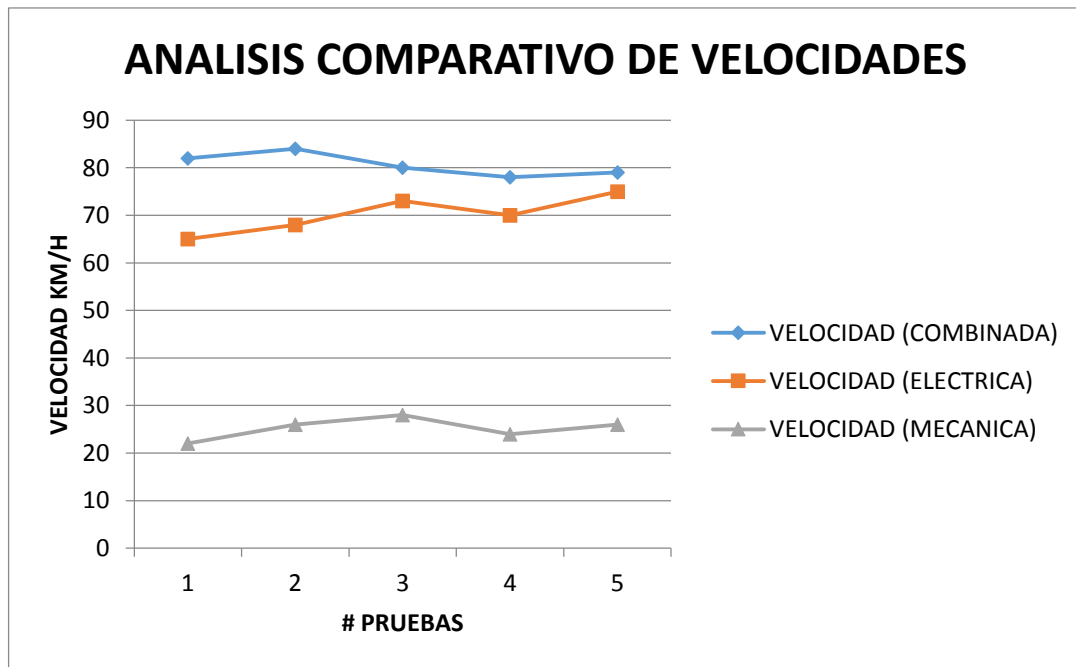
Autonomía carretera superficie			
Prueba N°	Velocidad promedio (km/h)	Kilómetros alcanzados (km)	Tiempo (Horas)
1	50	150	3

9.6. Análisis de resultados

A continuación, se presentarán unas graficas que nos permitirán entender mejor y analizar en conjunto las tres pruebas.

9.6.1. Análisis desempeño en velocidad

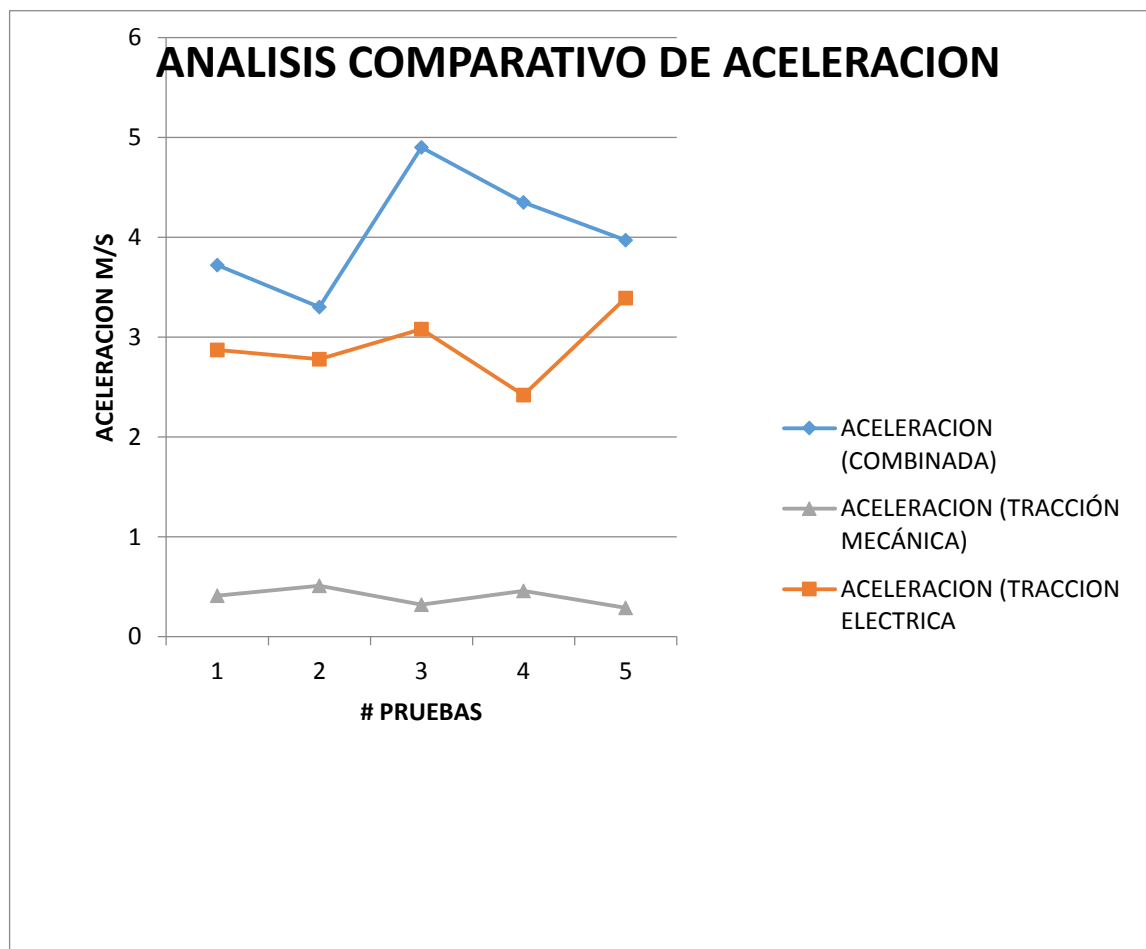
Figura 76. Análisis comparativo de velocidades



Este análisis nos permite observar el desarrollo de velocidades en cada prueba y se da a notar que las pruebas con funcionamiento (eléctrico-combinada) son muy similares a la hora de alcanzar velocidades máximas. Y la prueba con pedaleo queda muy por debajo dando a resaltar lo ya previsto que este servirá como un sistema de apoyo.

9.6.2. Análisis desempeño en aceleración

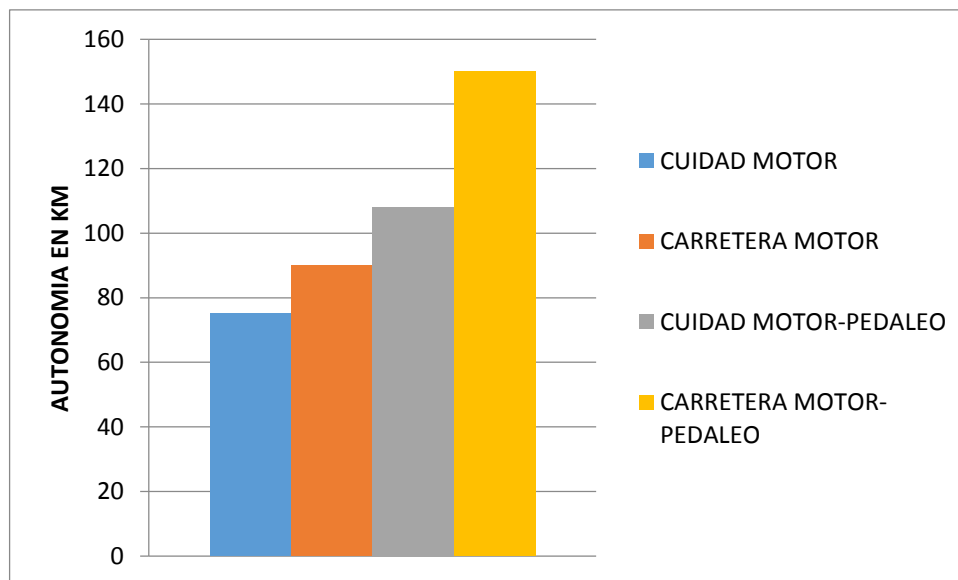
Figura 77. Análisis comparativo de aceleraciones



En la aceleración combinada muestra un gran pico que destaca los procesos, pero hay unos altibajos que muestran o destacan la capacidad del conductor ya sea a la hora de operar el vehículo o de generar el esfuerzo de pedaleo.

9.6.3. Análisis desempeño baterías

Figura 78. Autonomía en kilómetros



Se da a notar que la autonomía aumenta drásticamente cuando se combinan los sistemas de tracción en ciudad un aumento de 33km y en carretera un aumento de 60 km esto muestra que no es una pérdida de recurso invertir en un sistema híbrido.

10. RECOMENDACIONES DE USO

Para un uso correcto del vehículo se debe hacer una inspección visual antes de empezar a manejarlo, siguiendo las recomendaciones que se dan en el presente manual.

- Como primer paso se debe constatar que las tres llantas del vehículo no estén pinchadas y que tengan buena presión de aire. Además se debe observar en qué estado de desgaste se encuentran, lo que se debe mirar es que no se encuentren muy lisas o tengan algún tipo de rajaduras.
- Observar que las partes del vehículo que más van a estar expuestas a rozamiento cuente con una buena lubricación. Revisar periódicamente el estado de la cadena de transmisión, los tornillos, comprobando que el ajuste sea el adecuado para que no se vayan a presentar desajustes que pueden llegar a ser peligrosas para el piloto y su pasajero.
- Luego se puede encender el vehículo para revisar el estado de las luces y los indicadores de velocidad y carga de las baterías. En este paso se mira si las luces direccionales y de parqueo no se encuentran rotas o están funcionando adecuadamente.
- En ningún momento se puede hacer uso del vehículo más de dos personas, y siempre usar el cinturón de seguridad.
- Se recomienda usar el vehículo cuando las baterías estén completamente cargadas, para que la vida útil se extienda.

11. PRESUPUESTO

Para la realización de presupuesto se tienen en cuenta tres factores:

1. Sistema eléctrico
2. Sistema mecánico
3. Costos indirectos

Tabla 44. Sistema mecánico

COSTOS			
SISTEMA MECÁNICO			
ITEM	PRESIO UNITARIO	CANTIDAD	PRESIO TOTAL
Neumatico 18 in	\$24,000.00	2.00	\$48,000.00
Llanta 18 in	\$71,000.00	2.00	\$142,000.00
Par de pedales para bicicleta	\$16,500.00	1.00	\$16,500.00
Cadena	\$6,500.00	2.00	\$13,000.00
Orquilla basculante	\$180,000.00	1.00	\$180,000.00
Llanta tracera	\$80,000.00	1.00	\$80,000.00
Amortiguadores delanteros	\$40,000.00	2.00	\$80,000.00
Perfil tubular	\$55,000.00	1.00	\$55,000.00
Lamina y doblado	\$45,000.00	1.00	\$45,000.00
asiento pasajeros	\$135,000.00	1.00	\$135,000.00
otros (tornilleria, pintura, chazos, etc)	\$90,000.00	1.00	\$90,000.00
COSTO SISTEMA MECANICO			\$884,500.00

Tabla 45. Sistema eléctrico

COSTOS			
SISTEMA ELECTRICO			
ITEM	CANTIDAD	PRESIO UNITARIO	PRESIO TOTAL
Rin con motor integrado de neodimios 500w-18 in	\$599,900.00	2.00	\$1,199,800.00
Controlador 500W	\$160,000.00	1.00	\$160,000.00
Cargador 48V-12A	\$115,000.00	1.00	\$115,000.00
Alarma estilo moto	\$88,700.00	1.00	\$88,700.00
acelerador de mando por giro sensible	\$45,000.00	1.00	\$45,000.00
sistema de luces (direccionales, luz frontal, luces de parqueo, etc)	\$120,000.00	1.00	\$120,000.00
cables electricos	\$90,000.00	1.00	\$90,000.00
conectores	\$40,000.00	1.00	\$40,000.00
baterias	\$125,000.00	7.00	\$875,000.00
COSTO SISTEMA ELECTRICO			\$2,733,500.00

Tabla 46. Costos indirectos

costos indirectos		
papelera	memorias, fotocopias, carpetas, empastes,etc	\$100,000.00
Transporte	costos de transporte requeridos para el proyecto	\$200,000.00
COSTOS INTELECTUALES	DESARROLLO INTELECTUAL DEL PROYECTO POR PARTE DEI ESTUDIANTE	\$2,000,000.00
total costos indirectos		\$2,300,000.00

Tabla 47. Costo total

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
Sistema mecánico	\$884,500.00
Sistema eléctrico	\$2,733,500.00
Costos indirectos	\$2,300,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	\$5,918,000.00

12. CONCLUSIONES

Se diseñó y se construyó un vehículo de energía alternativa ecológica (hibrido), cumpliendo con los objetivos de funcionar ya sea mediante un sistema de impulsión mecánica o un sistema de impulsión eléctrico, además de tener una capacidad de transporte de hasta 2 pasajeros o 150 Kg.

Las pruebas realizadas al vehículo mostraron que este está en condiciones de ser manejado con seguridad en las calles ya que cuenta con los sistemas de seguridad requeridos para esta actividad.

Se realizó el diseño del chasis tubular mediante la aplicación de paquetes computarizados para modelar su comportamiento.

Se realizaron los planos detallados del vehículo mediante un programa de diseño asistido por computadora CAD.

De las pruebas realizadas se concluye que el vehículo cuenta con la capacidad de satisfacer los requerimientos de movilidad actuales como la velocidad, fuerza y sistemas de seguridad.

El uso del programa CAD fue de gran utilidad ya que permitió observar errores en el diseño antes de iniciar la construcción lo que disminuyó los costos y el tiempo en la construcción.

Se logró el trabajo del vehículo por medio de dos sistemas de transmisión, uno eléctrico y el otro mecánico, con una suspensión rígida, sistemas de frenos confiables y un sistema de transmisión que responde con el trabajo que se le pone al vehículo de acuerdo a las especificaciones iniciales.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el uso del vehículo de acuerdo a los parámetros establecidos en el manual de usuario, el cual se encuentra en el capítulo 9.

Al momento de hacer una producción en masa, recomienda tener en cuenta el tiempo y costo que se toma en la adquisición del sistema de control eléctrico, ya que son elementos que no se consiguen en el mercado nacional.

Se recomienda hacer uso del vehículo en un entorno donde el contacto con el agua sea evitado con el objetivo de aumentar una vida útil de los elementos eléctricos.

Se recomienda que la escuela de Ingeniería Mecánica facilite o adapte tanto los espacios como las herramientas, para poder realizar la mayoría de los trabajos de construcción de este tipo de proyectos en la universidad.

Se recomienda continuar desarrollando el proyecto, para desarrollar métodos de locomoción más amigables con el medio ambiente y que contribuyan a mejorar la movilidad en la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

CASCAJOSA, Manuel. 2005. *Ingeniería de vehículos sistemas y cálculos*. España: Alfaomega.

CALVO RODRÍGUEZ, Arturo. 2006. *Diseño, análisis, ensayo y construcción de un chasis tubular para un prototipo de la formula SAE*. Madrid. Universidad Pontificia.

DANIELS, Jeff. 2005. *Tecnología del coche moderno*. España: Grupo planeta.

ESCAMILLA J. ENERO DE 2016. Curso Básico de Motos. Recuperado de <http://cursodemotos.blogspot.com.co/2016/01/el-chasis-el-chasis-marco-bastidor.html>

HAMROCK, Bernard; JACOBSON, Bo J; SCHMID, Steven. 2000. *Elementos de máquinas*, México. Mc Graw Hill.

J. Wardenier, D. Dutta, N. Yeomans, J.A. Packer, Ö. Bucak. Diciembre 31 de 1998 *Guía de diseño para perfiles tubulares estructurales en aplicaciones mecánicas*. Editorial: TÜV Verlag (print), TÜV Verlag (pdf).

JOSEPH EDWARD, Shigley, LARRY D. Mitchell. *Diseño en ingeniería mecánica*, Editorial Mcgraw-Hill.

SÁNCHEZ REAL, Jose. 1988. *La Física de la bicicleta*. Madrid. Ediciones de la Torre

UNZULETA IRURTIA, Arturo. *Diseño, construcción y calculo estatico de chasis tubulares para coches de competición*. Tesis Master Ingeniero Mecanico. España: Tecnun, Campus tecnológico de la universidad de navarra, 2002.

ANEXOS

ANEXO A. FICHA TECNICA

MOTOR, PRESTACIONES Y CONSUMO

Motor eléctrico	High output sealed brushless permanent magnet AC (cantidad 2)
Tipo de corriente	AC
Potencia máxima W	500W
Potencia variable,	334.82[watt] para vencer la inercia
Par máximo	24Nm por cada motor
Par arrancar en plano	20,29Nm
Tensión nominal	48 V
Velocidad máxima	70 km/h
Autonomía Ciudad	120 km

TRANSMISIÓN

Tracción	Trasera pedaleo- delantera motor
Par mínimo eje de pedalier	213.47Nm para vencer inercia en mínima relación.
Fuerza pedaleo	56.18 N fuerza mínima para vencer la inercia aplicada en un solo pedal

BATERÍA

Tipo	Plomo; 48V 12AH .
Extraíble (S/N)	SI
Tipo de carga / tiempo 100%	7-9 horas
Vida/Ciclos de carga hasta 80%	700 ciclos de carga

DIMENSIONES, PESO, CAPACIDADES

Largo	1900 mm
-------	---------

Ancho	1000 mm
-------	---------

Alto	1200 mm
------	---------

Peso total	110 kg
------------	--------

Carga min/max autorizada	165 kg
--------------------------	--------

Número de plazas	1
------------------	---

CHASIS

Suspensión delantera	Sistema muelle con ajuste de amortiguación de compresión (aire). Recorrido de suspensión de 4".
----------------------	--

Suspensión trasera	Sistema muelle con ajuste de amortiguación de compresión (aire). Recorrido de suspensión de 1,5".
--------------------	--

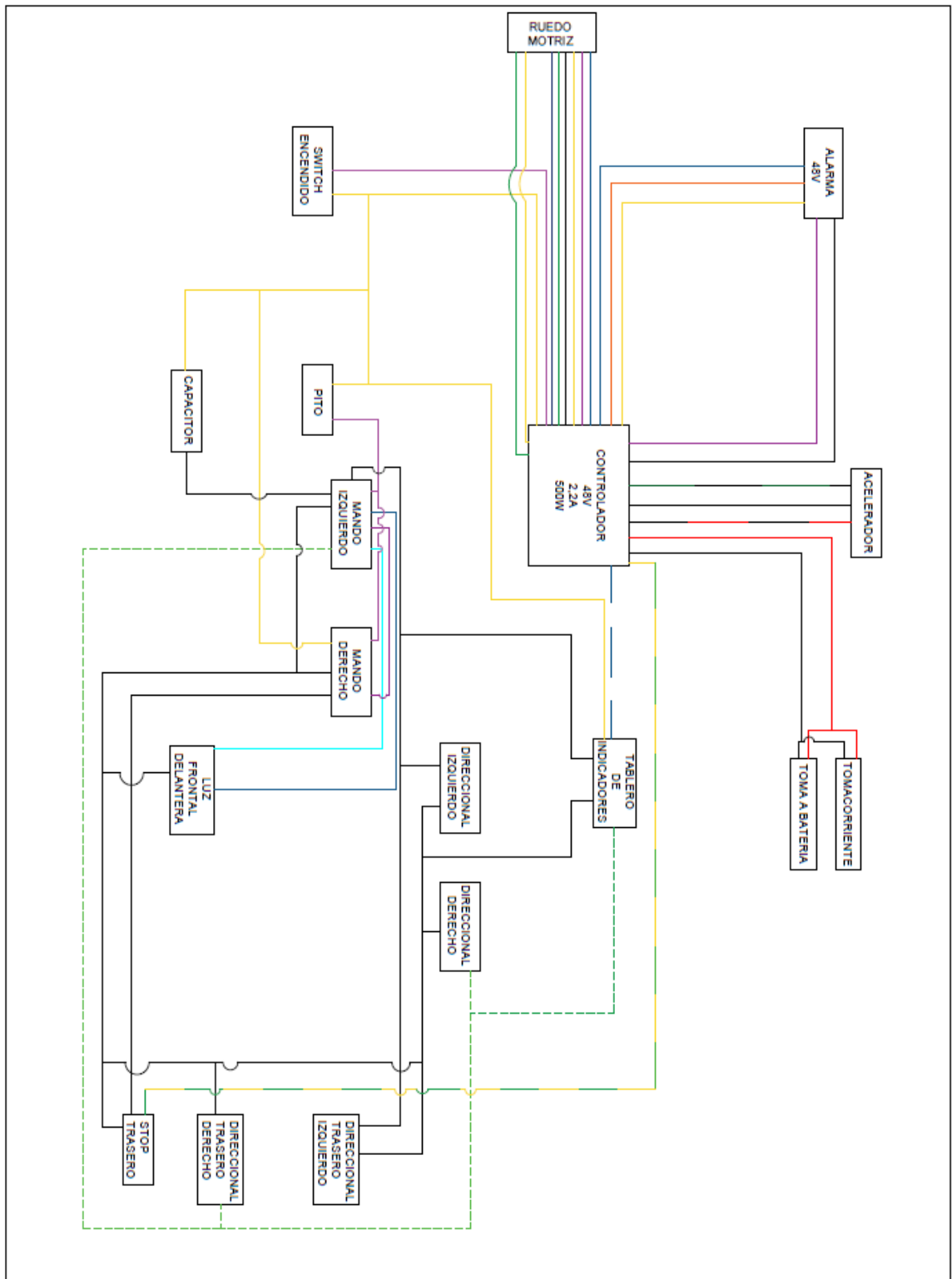
Frenos delanteros	Banda (cinta) accionado por guaya.
-------------------	------------------------------------

Frenos traseros	Disco accionado por guaya.
-----------------	----------------------------

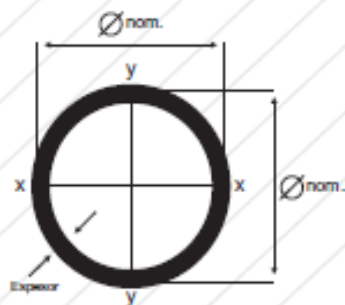
Rueda delantera	18" x 2.5" 45.75 cm x 6,5 cm aluminio fundido
-----------------	---

Rueda trasera	26" x 1.9" aluminio
---------------	---------------------

ANEXO B. DIAGRAMA DE CONECCIONES



ANEXO C. ESPECIFICACIONES DE TUBERIA



TUBERÍA DE ACERO CARBON

CALIDADES	Composición Química					Características Mecánicas			
	C	Mn	Si	P	S	Límite	Elásticas	Resistencia a la tracción	
API 5Lx42	0.29	1.35	-	0.04	0.05	42.000 PSI	289 MPA	60.000 PSI	413 MPA
ASTM-A53GRA	0.25	0.9	-	0.05	0.06	30.000 PSI	207 MPA	48.000 PSI	331 MPA
ASTM - A 53 GR B	0.3	1.2	-	0.05	0.06	35.000 PSI	241 MPA	60.000 PSI	413 MPA
ASTM - A 106 GR B	0.3	0.29/106	0.1	0.048	0.058	35.000 PSI	241 MPA	60.000 PSI	413 MPA

DIÁMETRO			Espesor Pared		Peso Nominal		Weigh Class	Schedule
Nominal	Exterior		Pulg.	MM	L/P	Kg/m		
Pulg.	Pulg.	MM						
1/4"	0.54	13.7	0.088	2.24	0.42	0.63	STD	40
1/4"	0.54	13.7	0.019	3.02	0.54	0.8	XS	80
3/8"	0.675	17.2	0.091	2.31	0.57	0.84	STD	40
3/8"	0.675	17.2	0.126	3.2	0.74	1.1	XS	80
1/2"	0.84	21.3	0.109	2.77	0.85	1.27	STD	40
1/2"	0.84	21.3	0.147	3.73	1.09	1.62	XS	80
3/4"	1.05	26.7	0.113	2.87	1.13	1.69	STD	40
3/4"	1.05	26.7	0.154	3.91	1.47	2.2	XS	80
1"	1.315	33.4	0.133	3.38	1.68	2.5	STD	40
1"	1.315	33.4	0.179	4.55	2.17	3.24	XS	80
1 1/4"	1.66	42.2	0.14	3.56	2.27	3.39	STD	40
1 1/4"	1.66	42.2	0.191	4.85	3.00	4.47	XS	80
1 1/2"	1.9	48.3	0.145	3.68	2.72	4.05	STD	40
1 1/2"	1.9	48.3	0.2	5.08	3.63	5.41	XS	80
2"	2.375	60.3	0.154	3.91	3.65	5.44	STD	40
2"	2.375	60.3	0.128	5.54	5.02	7.48	XS	80
2"	2.375	60.3	0.344	8.74	7.46	11.11		160
2 1/2"	2.875	73	0.203	5.16	5.79	8.63	STD	40

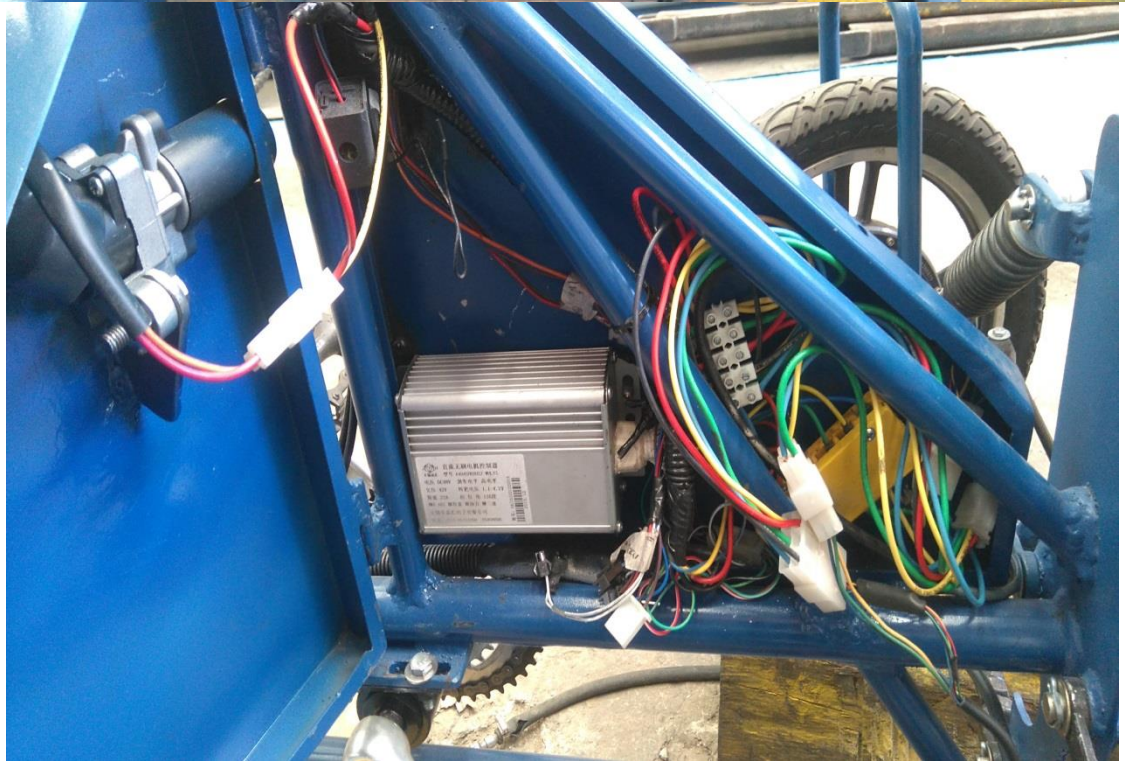
ANEXO D. EVIDENCIA FOTOGRAFICA DE CONSTRUCCION Y ARMADO
















 **TIAN NENG**

SEALED LEAD-ACID BATTERY
6-DZM-12 (12V12AH)

3-STEP CHARGE METHOD:
STEP 1: CONSTANT CURRENT CHARGE: 1.5-2.0A
STEP 2: CONSTANT VOLTAGE CHARGE: 14.7-14.9V
STEP 3: FLOATING
CONSTANT FLOATING VOLTAGE: 13.7-13.9V
CONVERTING CURRENT: 350-400mA

WARNING:
NO BURNING, DRAWING IN THE WATER AND BEING IN THE SUN.
NO DISASSEMBLING.
NO PUTTING IN THE SEALED CONTAINER.
NO SHORTCIRCUITING AND PUTTING UPSIDE DOWN.
TO BE RECYCLED OR DISPOSED PROPERLY.

 **Pb**  **Pb**

TIANNENG BATTERY GROUP CO.,LTD











ANEXO E. CONJUNTO DE PLANOS



DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**

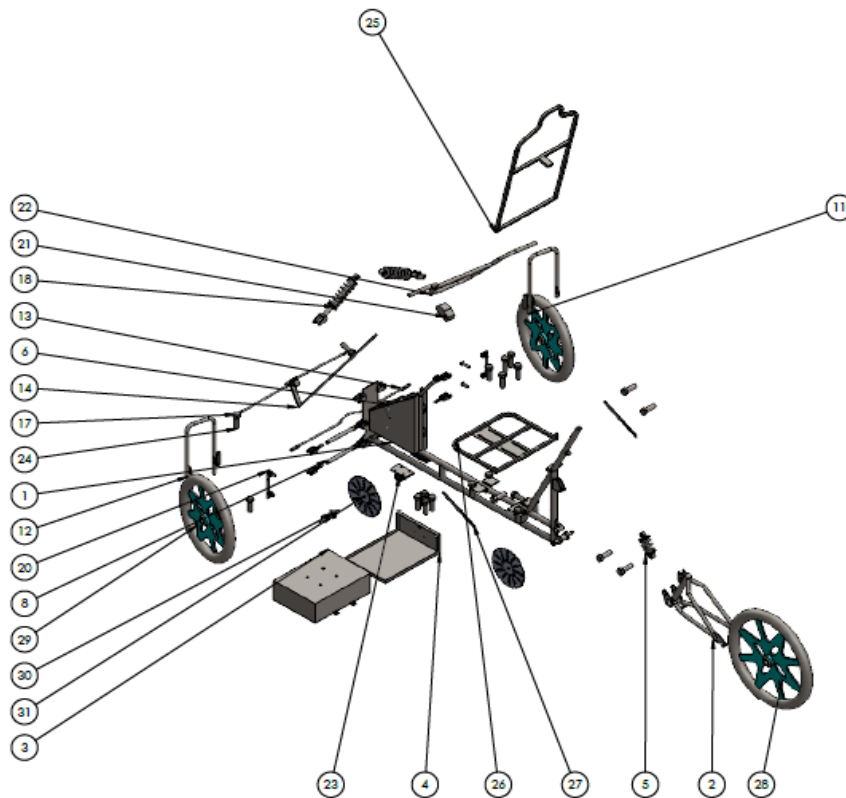
REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Nombre del Dibujo: **VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Materia: **110 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: 23/04/2017
 Escala: 1:5 A2
 Hoja 1 de 30



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASTIDOR		1
2	SUSPENSION MONOPIVOTE TRASERO	Estructura tubular de 1" y de 1/2"	1
3	CAJA BATERIAS	Lamina de acero A36 de 2mm de espesor	1
4	BANDEJA EXTRAIBLE BATERIAS	Lamina de acero A36 de 2mm de espesor	1
5	AMORTIGUADOR TRASERO	Capacidad de carga de 90 Kg	1
6	TAPA SISTEMA ELECTRICO	Lamina de acero A36 de 2mm de espesor	1
7	HORQUILLA AJUSTABLE		8
8	BARRA SUSPENSION AJUSTABLE		4
9	TUERCA		6
10	BISAGRA HORQUILLA		2
11	TENEDOR DERECHO		1
12	TENEDOR (IZQUIERDO)	Fabricado con estructura tubular de 1/2"	1
13	BARRA DE ACOPLAMIENTO UNICA		1
14	ARBOL DE DIRECCION		1
15	BUJE ARBOL DIRECCION SUPERIOR		1
16	TRABA ANTIDESLIZAMIENTO ARBOL		1
17	BIELA DE MANDO DIRECCION		2
18	AMORTIGUADOR.2		2
19	PASADOR CORTO		8
20	PASADOR LARGO		2
21	JUNTA MANUBRIO		1
22	MANUBRIO.1		1
23	BUJE PEDALEO		1
24	Torrilleria	Tomillos de $\phi 1/4 \times 1"$ y $\phi 1/4 \times 1"$ y media	26
25	ESPALDAR SILLA		1
26	ASIENTO		1
27	PLATINA AJUSTE ESPALDAR		2
28	llanta 26	De 26 pulgadas comprada	1
29	llanta	De 18 pulgadas comprada	2
30	PEDALIER	Comprado	2
31	PIÑON	Comprado	2

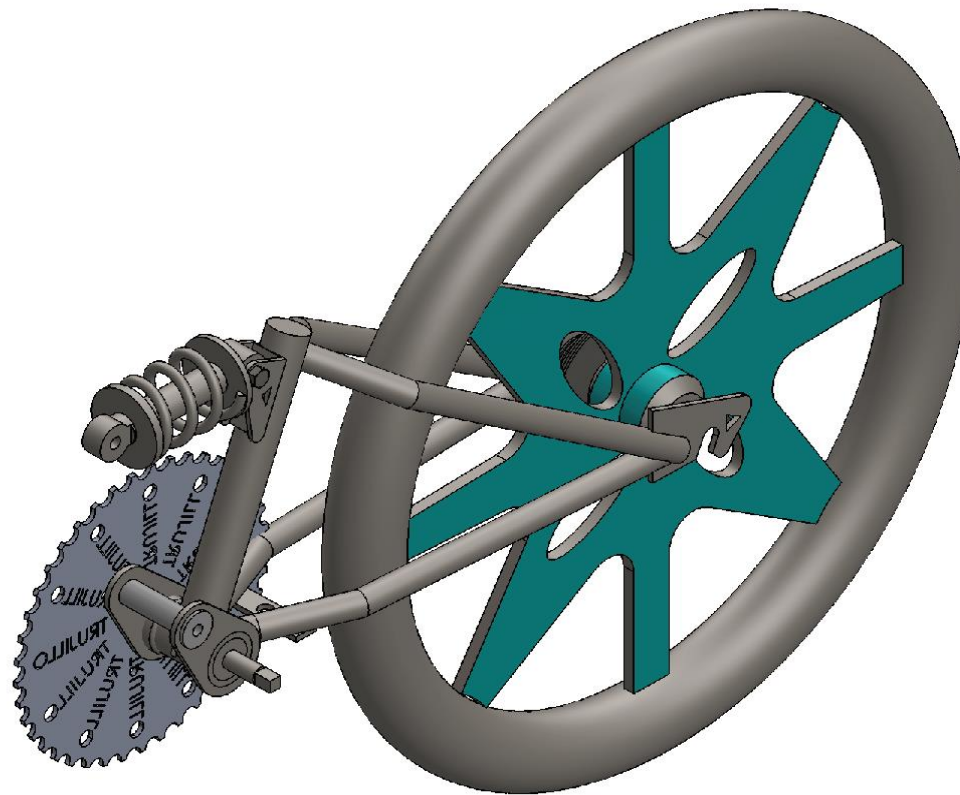


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **VISTA EXPLOSIONADA**
 Material: _____

Peso: **110 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: **23/04/2017**
 Escala: **1:15 A2**
 Hoja **2 de 30**



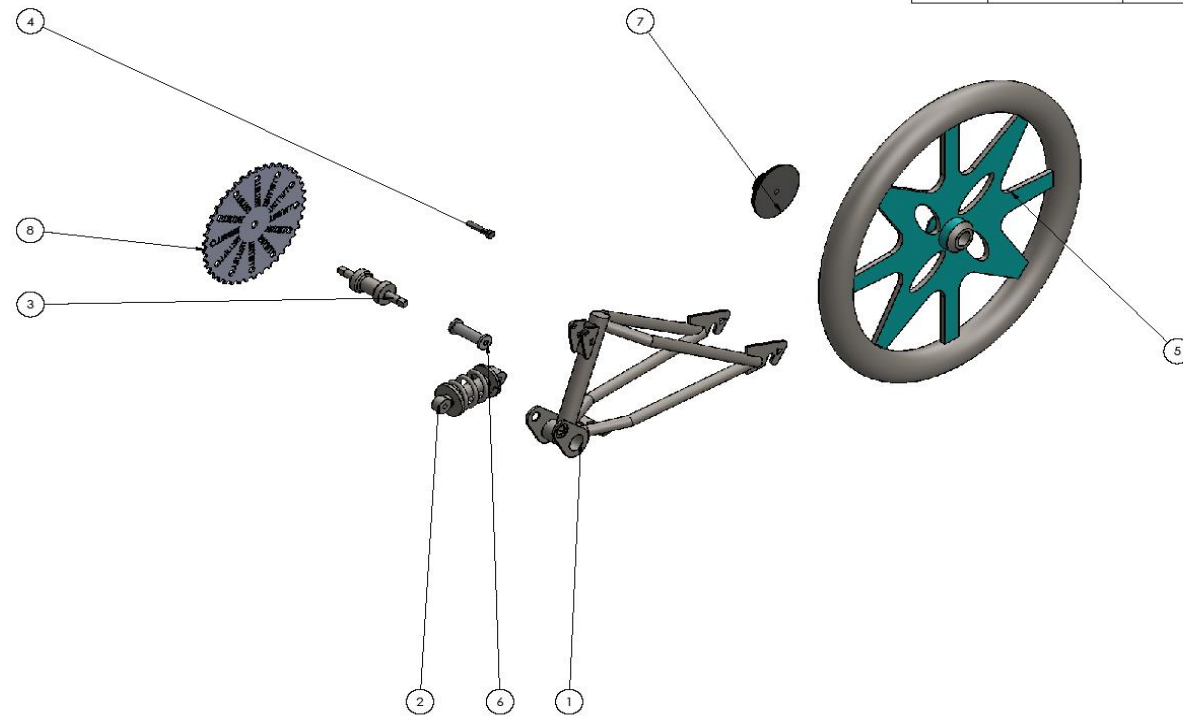
DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA
 REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS

Título Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA
 Nombre del Dibujo: SUBENSAMBLE SUSPENSIÓN TRASERA
 Material: _____

Peso: _____

Medidas en mm	
Fecha:	23/04/2017
Escala:	1:2 A2
Hoja 3 de 30	

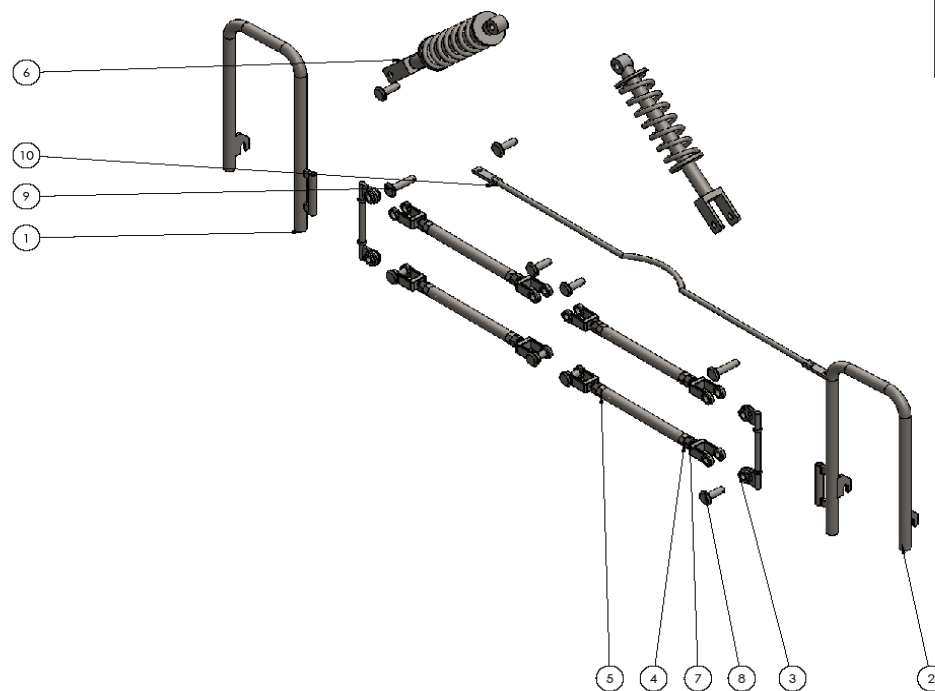
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	SUSPENSIÓN MONOPIVOTE TRASERO	Estructura tubular de 1" y de 1/2"	1
2	AMORTIGUADOR TRASERO	Capacidad de carga de 90 Kg	1
3	PEDALIER	Comprado	1
4	HBOLT 0.3750-16x2x1-N		1
5	llanta 26	De 26 pulgadas comprada	1
6	BIJJE UNION MONOPIVOTE		1
7	PINON TRASERO DE 7 PLATOS 14-42		1
8	PINON	Comprado	1





DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

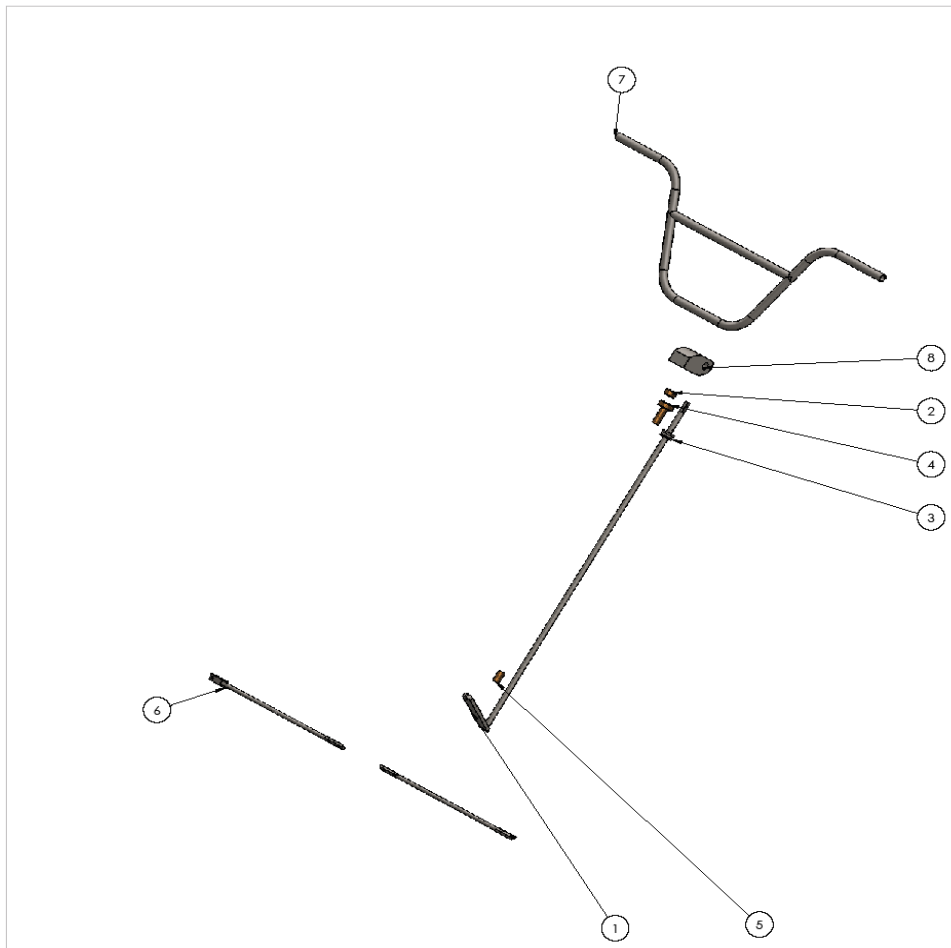
Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **VISTA EXPLOSIONADA DE LA SUSPENSIÓN MONOPIVOTE TRACERA**
 Material: _____
 Peso: _____

Medidas en mm
 Fecha: 23/04/2017
 Escala: 1:5 A2
 Hoja 4 de 30





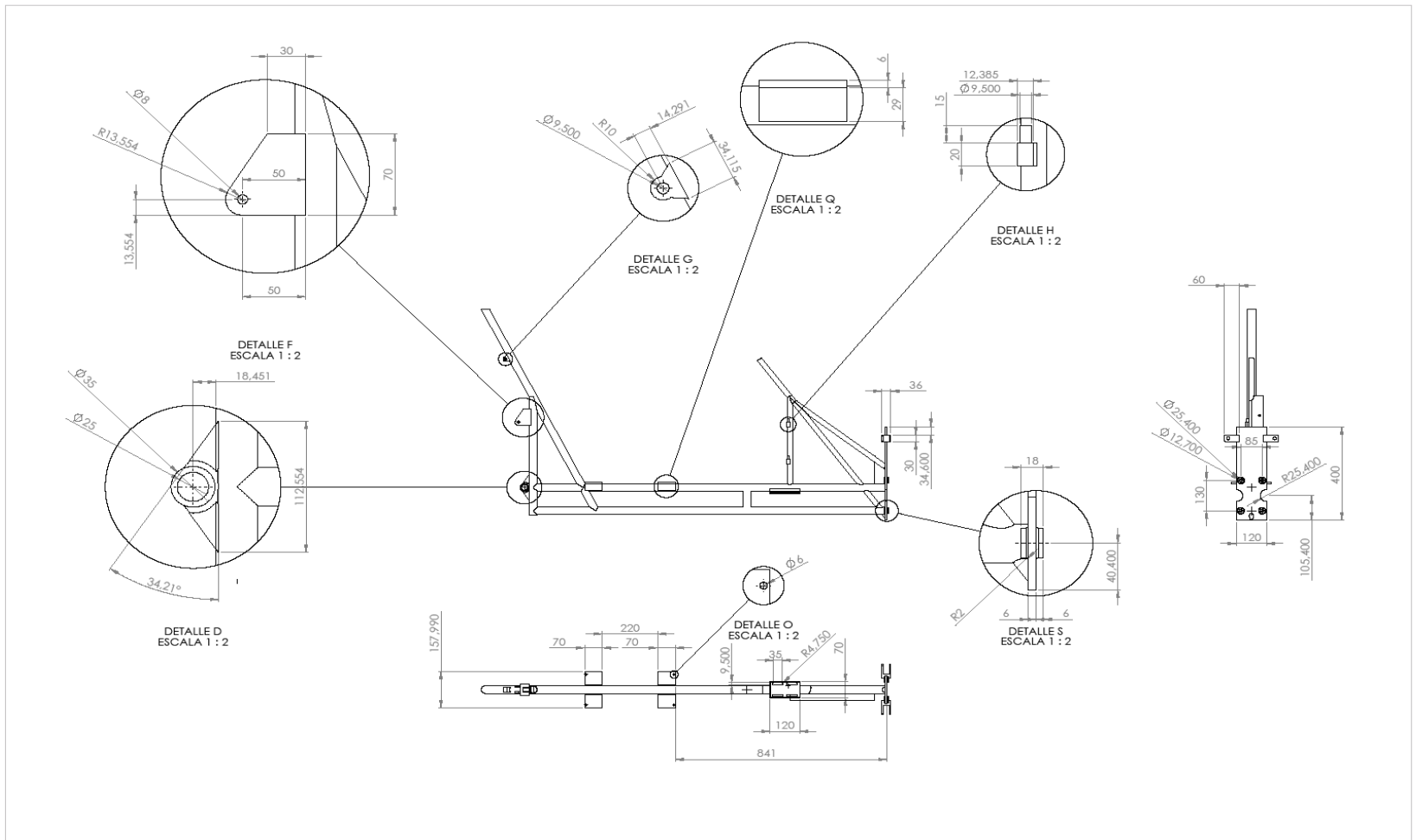
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TENEDOR DERECHO		1
2	TENEDOR IZQUIERDO	Fabricado con estructura tubular de 1/2"	1
3	BISAGRA HORQUILLA		2
4	HORQUILLA AJUSTABLE		8
5	BARRA SUSPENSIÓN AJUSTABLE		4
6	AMORTIGUADOR.2		2
7	TUERCA		8
8	PASADOR CORTO		8
9	PASADOR LARGO		2
10	BARRA DE ACOPLAMIENTO ÚNICA		1



		DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Medidas en mm
		REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo: EXPLOSIÓN SUSPENSIÓN DELANTERA	Fecha: 23/04/2017
			Material:	Escala: 1:5 A2
			Peso:	Hoja 5 de 30

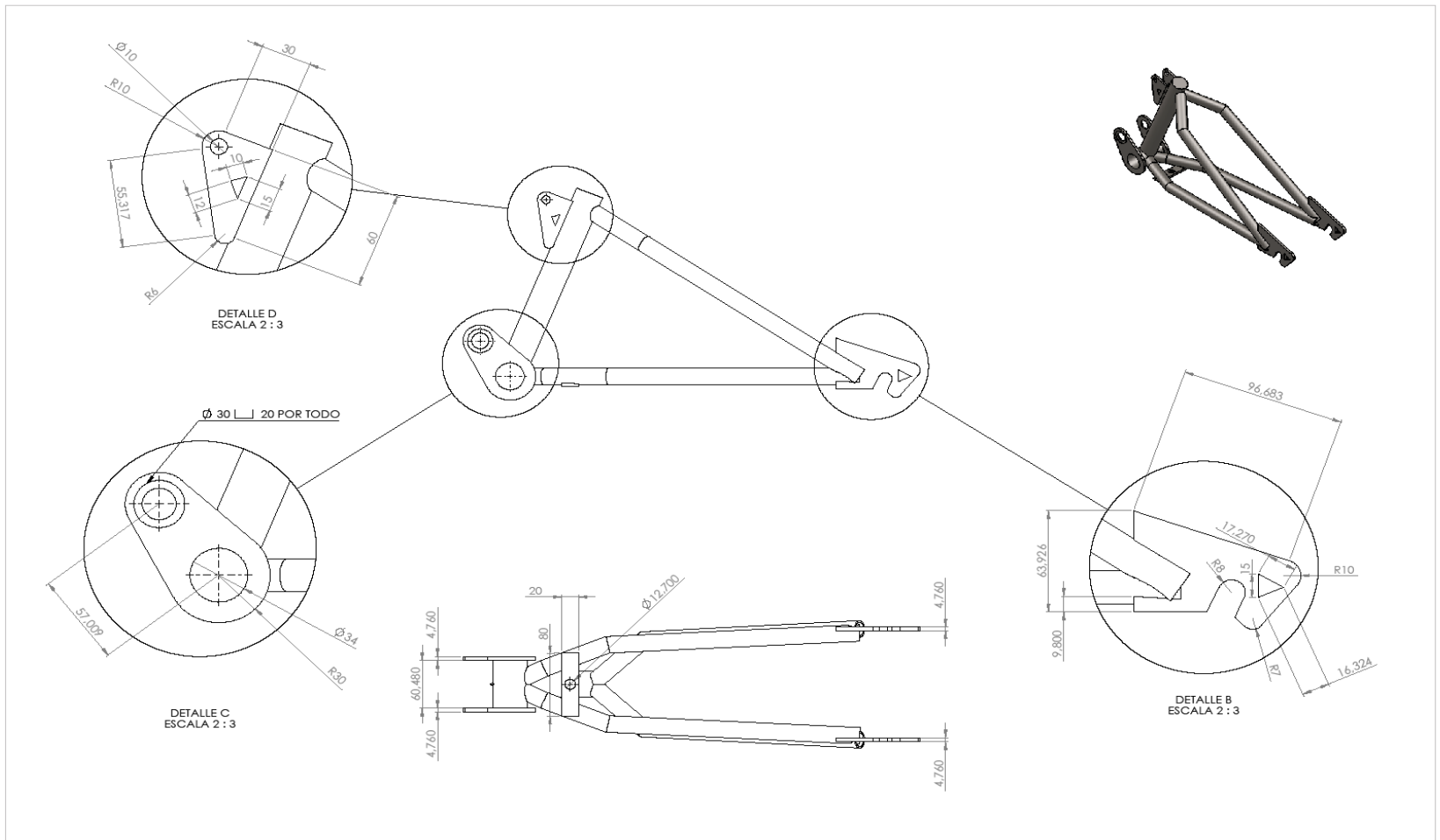




N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ARBOL DE DIRECCION		1
2	TRABA ANTIDESLIZAMIENTO ARBOL		1
3	AFBMA 24.2.6 - 8TB031 + 6.SI.I.NC.6		1
4	BUJIE ARBOL DIRECCION SUPERIOR		1
5	BUJIE ARBOL DIRECCION INFERIOR		1
6	BIELA DE MANDO DIRECCION		2
7	MANUBRIO.1		1
8	JUNTA MANUBRIO		1

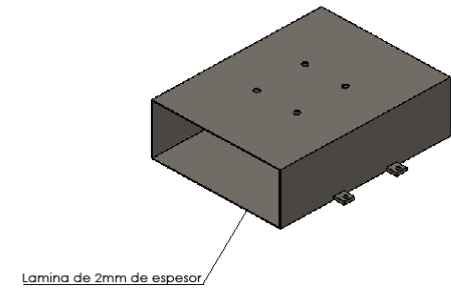
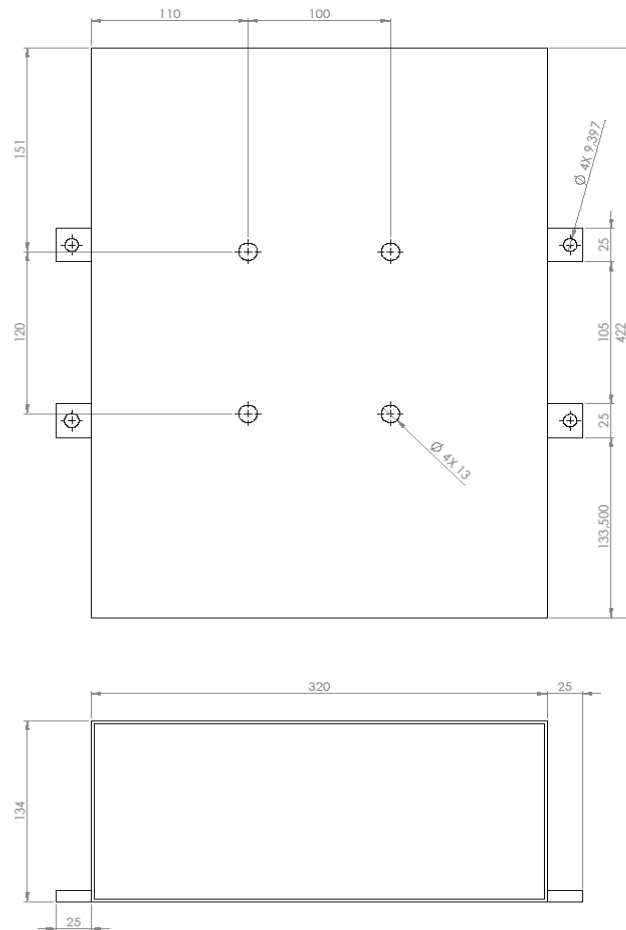
 	DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Medidas en mm
	REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo: EXPLOSIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN	Fecha: 23/04/2017
		Material: _____	Escala: 1:7 A2
		Peso: _____	Hoja 6 de 30



 	DIBUJADO POR:	JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA		Medidas en mm
	REVISADO POR:	Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo:	BASTIDOR		Fecha: 23/04/2017
			Material:	ACERO A36	Peso: 0.5 Kg	Escala: 2:1 A2
						Hoja 7 de 30



 	DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Medidas en mm	
	REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo: SUSPENSIÓN MONOPIVOTE	Material: ACERO A36	Peso: 2.74 Kg
			Fecha: 23/04/2017	
			Escala: 1:3	A2
			Hoja 8 de 30	

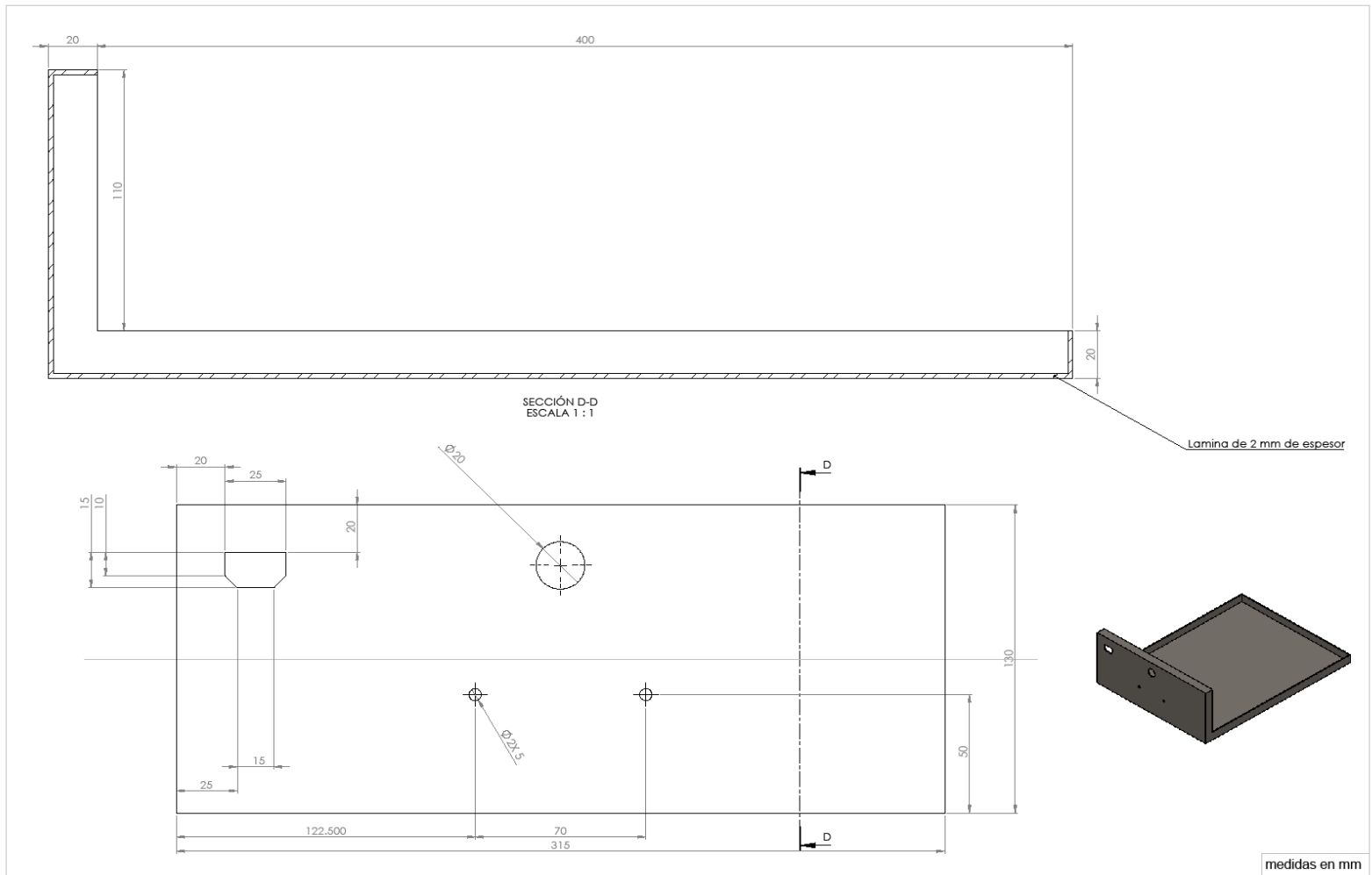


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**


Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **CAJA DE BATERIAS**
 Material: **ACERO A36**

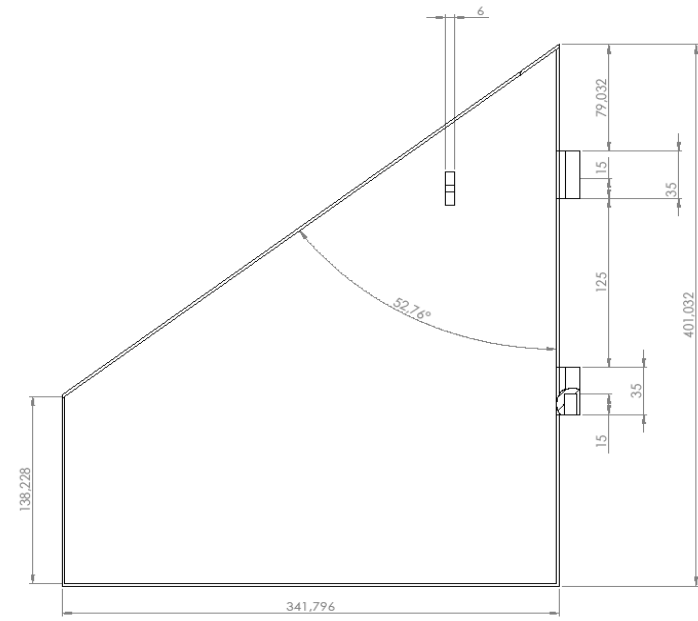
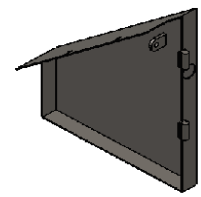
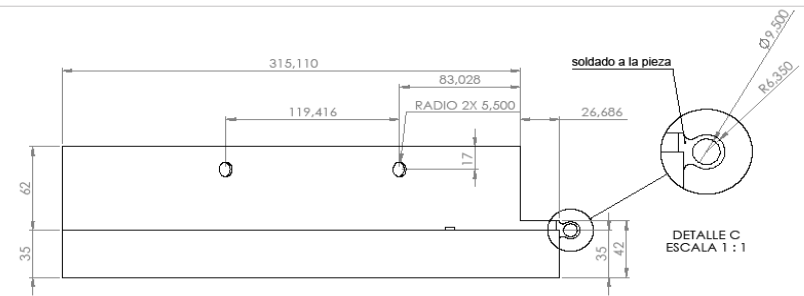
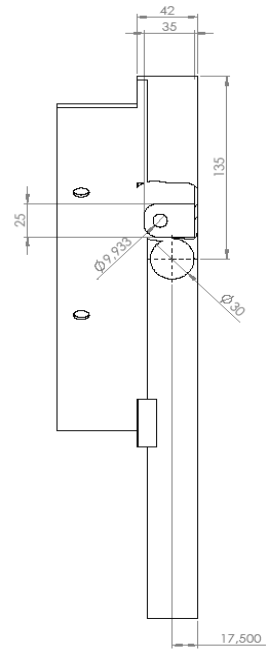
Peso: **6.74 Kg**



Medidas en mm	
Fecha:	23/04/2017
Escala:	1:2 A2
Hoja 9 de 30	

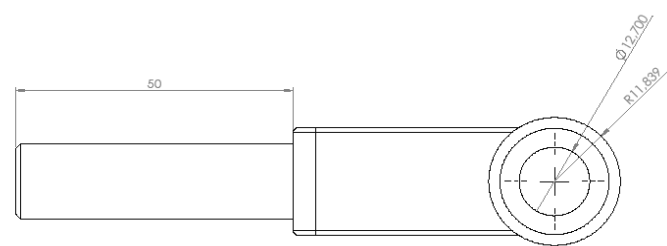
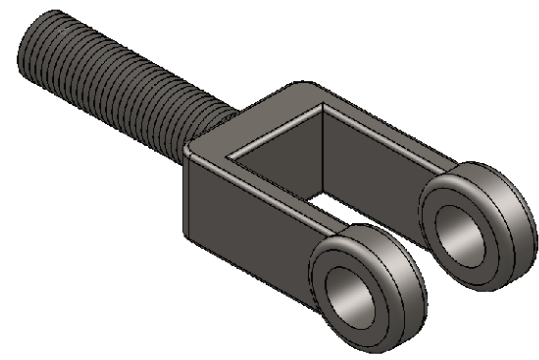
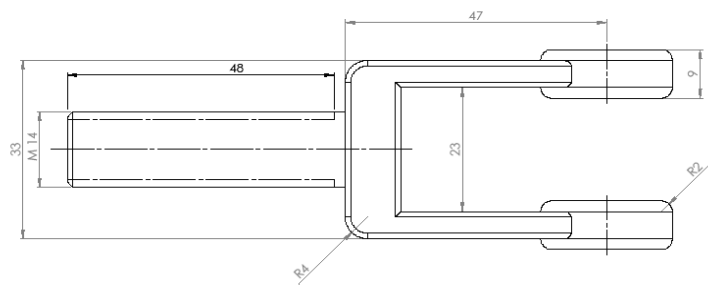




medidas en mm	
Fecha:	23/04/2017
Escala:	1:1 A2
Hoja	10 de 30

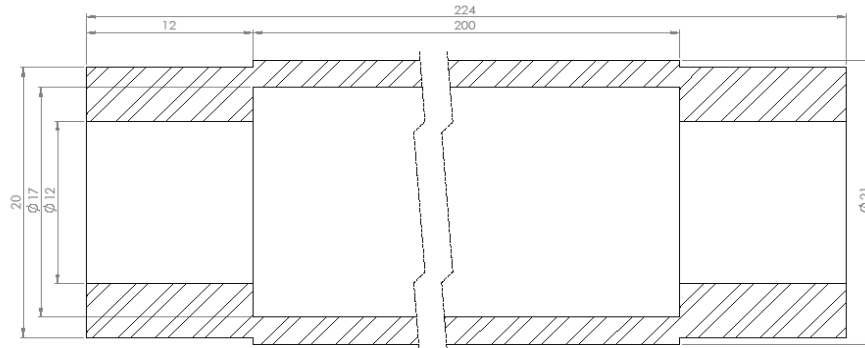
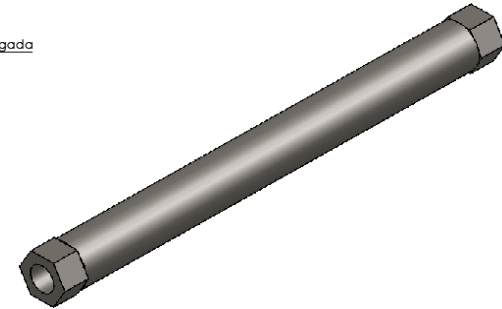
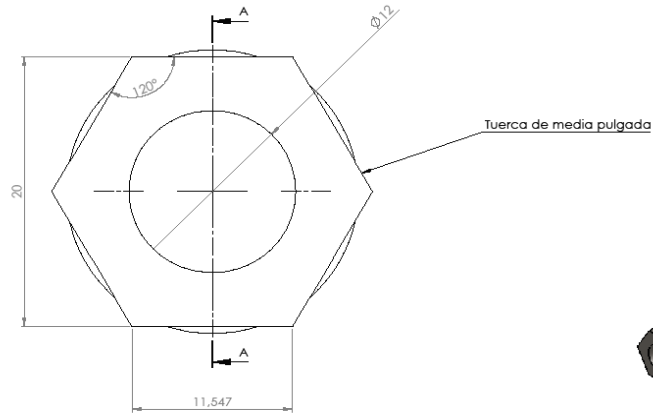
	DIBUJADO POR:	JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Peso:	3.2 Kg
	REVISADO POR:	Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo:	BANDEJA EXTRAIBLE BATERIAS		
			Material:	ACERO A36		



 	DIBUJADO POR:	JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto:	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA		Medidas en mm
	REVISADO POR:	Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo:	TAPA SISTEMA ELECTRICICO		Fecha: 23/04/2017
			Materia:	ACERO ASTM A36	Peso: 2,6 Kg	Escala: 1:2 A2
						Hoja 11 de 30



		DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Medidas en mm
		REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo: HORQUILLA AJUSTABLE	Fecha: 23/04/2017
			Material: ACERO A36	Escala: 2:1 A2
			Peso: 0.2 Kg	Hoja 12 de 30



SECCIÓN A-A
ESCALA 5 : 1



DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**

REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Nombre del Dibujo: **BARRA DE SUSPENCIÓN AJUSTABLE**

Material: **ACERO A36**

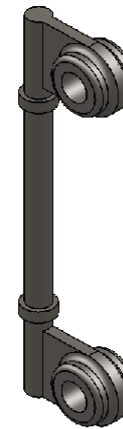
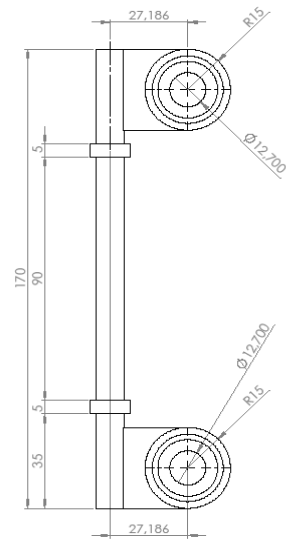
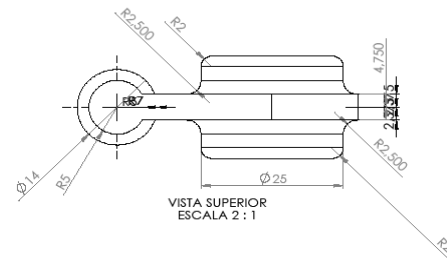
Peso: **0.23 Kg**

Medidas en mm

Fecha: **23/04/2017**

Escala: 5:1 A2

Hoja 13 de 30

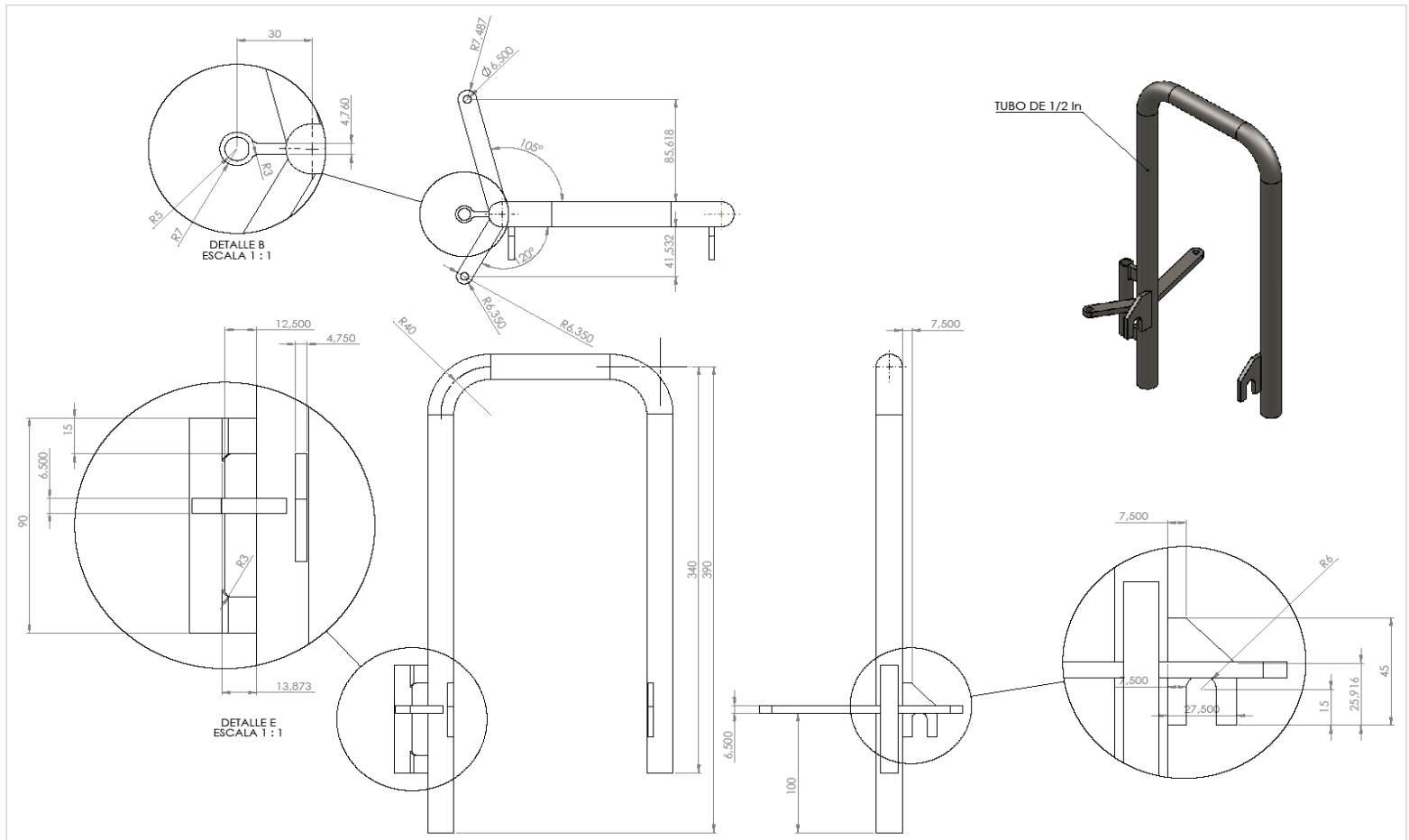


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**



Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **BISAGRA HORQUILLA**
 Material: **ACERO AISI 1045**

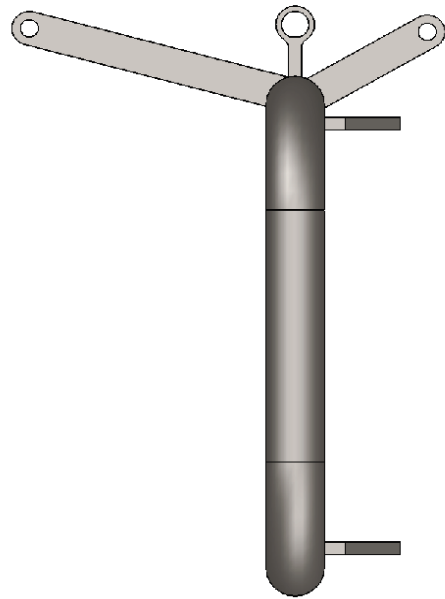
Peso: **0.26 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: 23/04/2017
 Escala: 1:1 A2
 Hoja 14 de 30

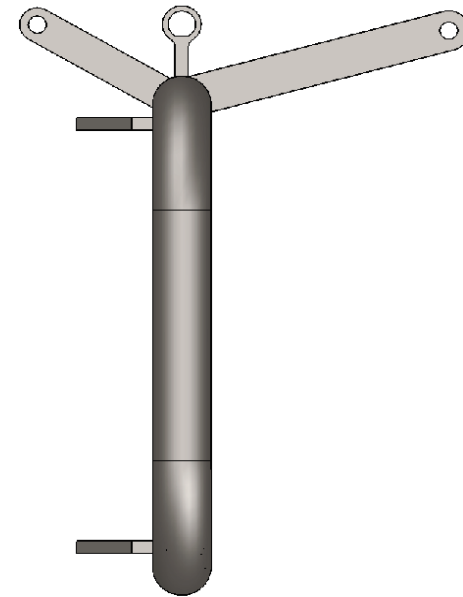


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

 	DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Titulo Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Medidas en mm	
	REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo: TENEDOR DERECHO	Peso: 0.96 Kg	Fecha: 23/04/2017
			Escala: 1:2	A2
			Hoja 15 de 30	



TENEDOR IZQUIERDO



TENEDOR DERECHO



DIBUJADO POR: **JORGE ANDRÉS TRUJILLO VIERA**

REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Nombre del Dibujo: **COMPARACIÓN TENEDOR DERECHO E IZQUIERSO**

Material: **ACERO A36**

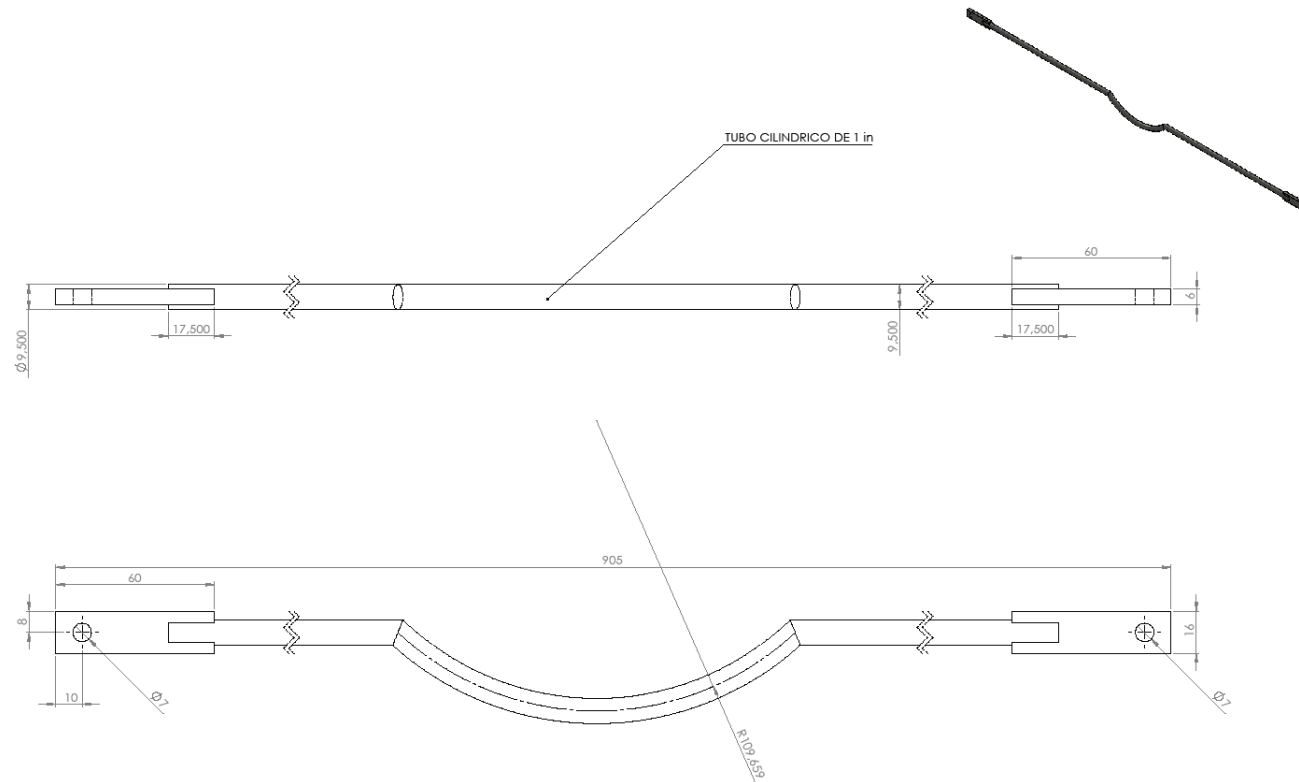
Peso:

Medidas en mm

Fecha: **23/04/2017**

Escala: **1:1 A2**

Hoja **16** de **30**

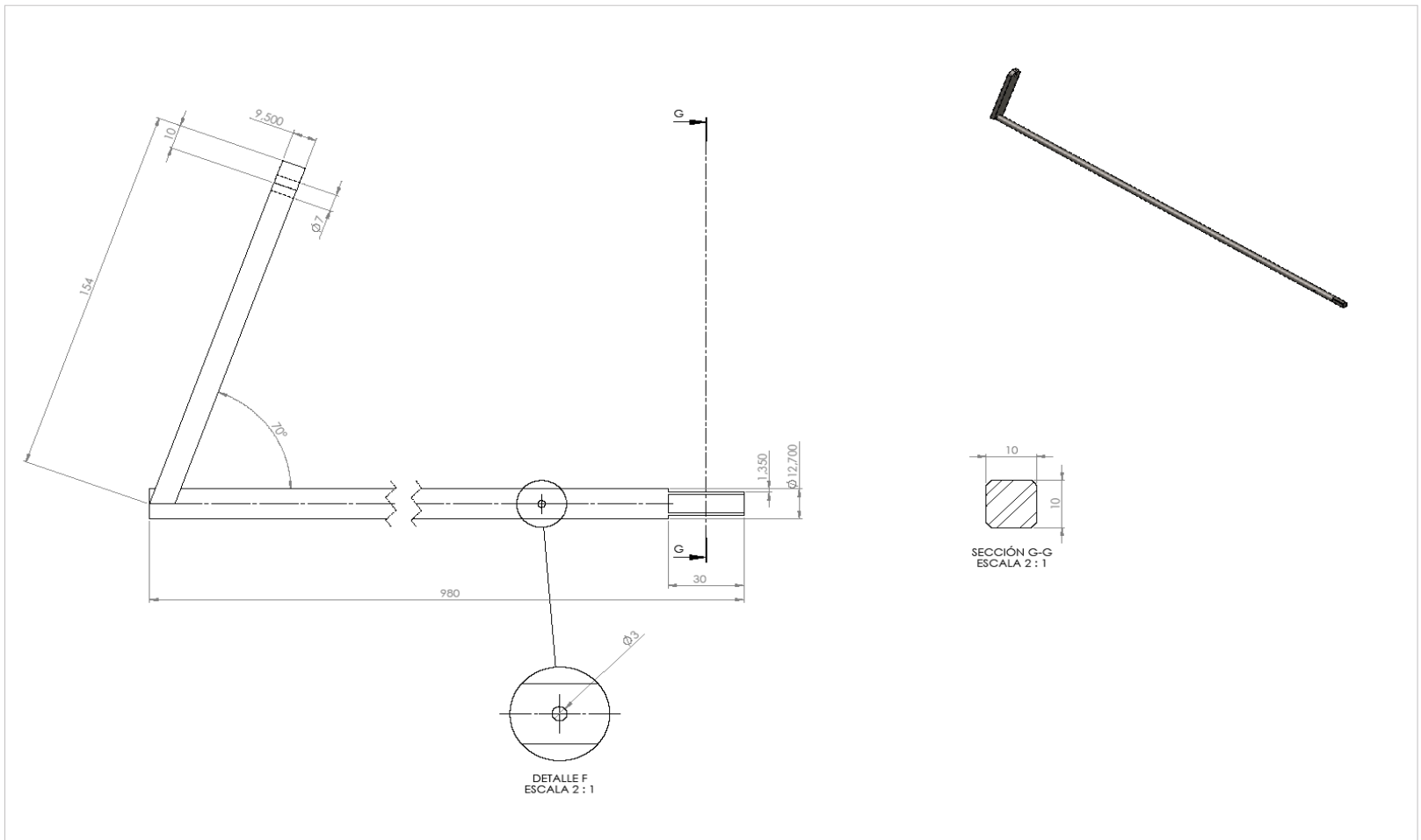




DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

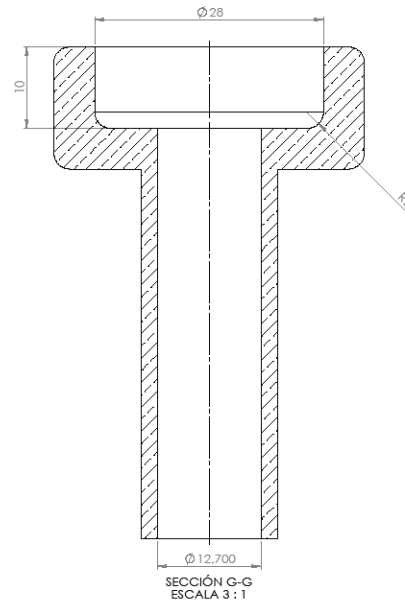
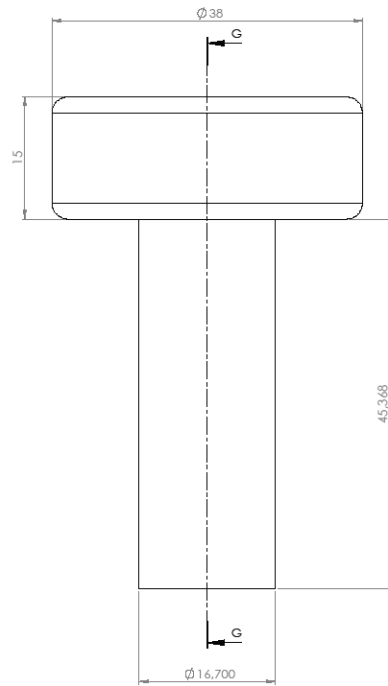
Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **BARRA DE ACOPLAMIENTO**
 Material: **ACERO A36**

Peso: **0.54 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: **23/04/2017**
 Escala: **1:1 A2**
 Hoja **17** de **30**



		DIBUJADO POR: JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA	Título Del Proyecto: DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA	Medidas en mm
		REVISADO POR: Ing. ALDOFO LEON ARENAS	Nombre del Dibujo: ARBOL DE DIRECCIÓN	Fecha: 23/04/2017
			Material: ACERO A36	Escala: 1:1 A2
			Peso: 1.24 Kg	Hoja 18 de 30

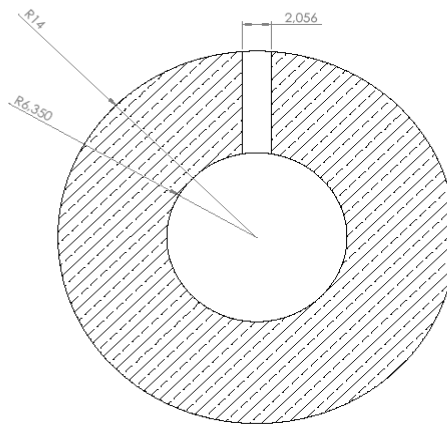


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

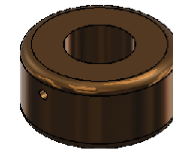
Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **BUJE DE ARBOL DE DIRECCIÓN SUPERIOR**
 Material: **BRONCE**

Peso: **0.12 Kg**

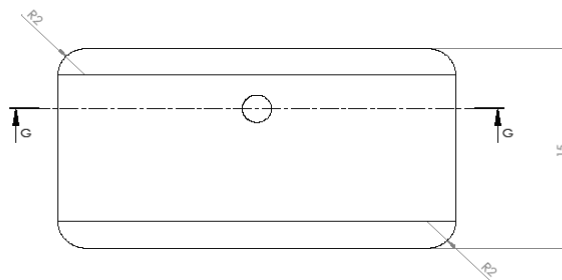
Redondeos de 2mm	Medidas en mm
Fecha: 23/04/2017	
Escala: 3:1	A2
Hoja 19 de 30	



SECCIÓN G-G



ESCALA 2 : 1

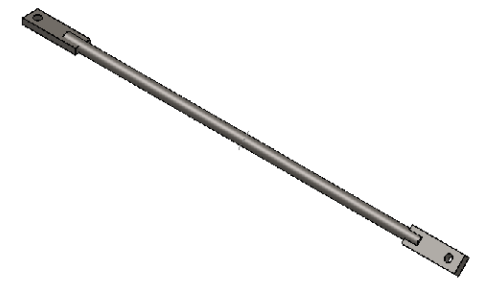
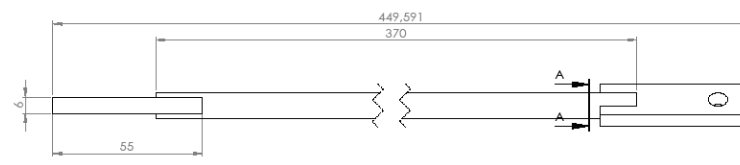
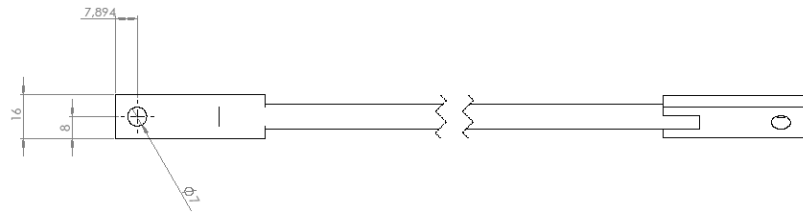


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **TRABA DE DESLIZAMINETO DEL ARBOL**
 Material: **BRONCE**

Peso: ----

Medidas en mm	
Fecha:	23/04/2017
Escala:	5:1 A2
Hoja 20 de 30	

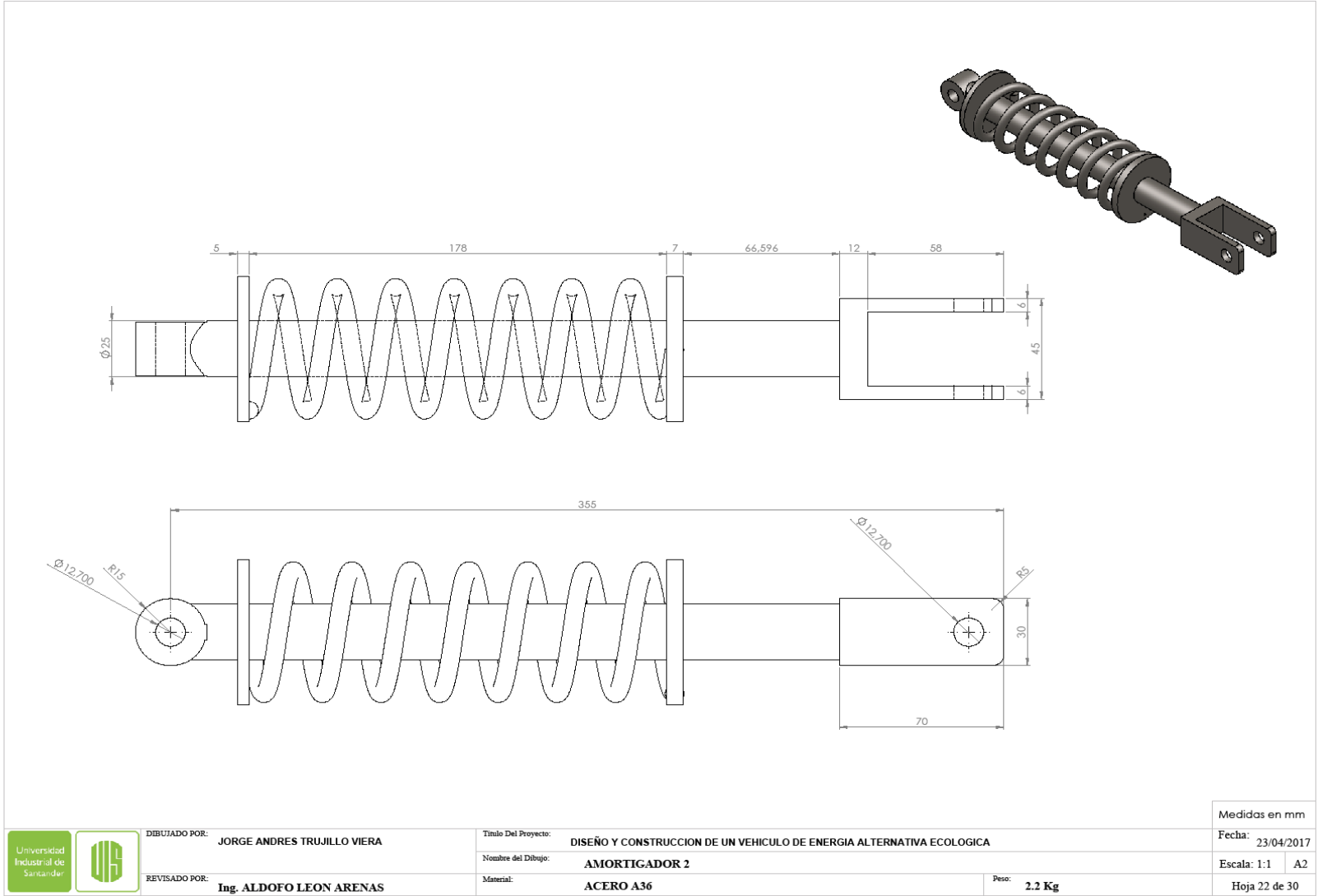


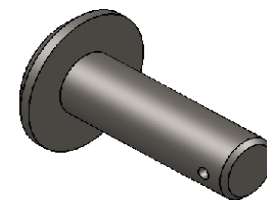
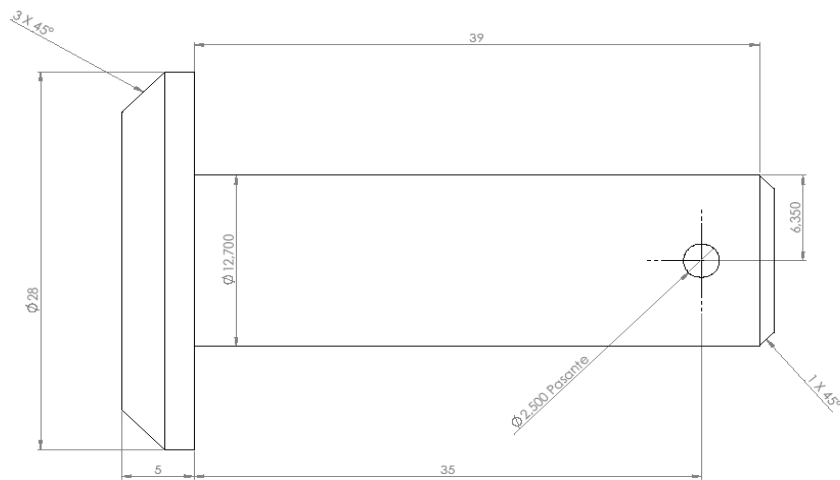
DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **BIELA MANDO DE DIRECCIÓN**
 Material: **ACERO A36**

Peso: **0.23 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: **23/04/2017**
 Escala: 1:1 A2
 Hoja 21 de 30





DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**

REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Nombre del Dibujo: **PASADOR CORTO**

Material: **ACERO AISI 1045**

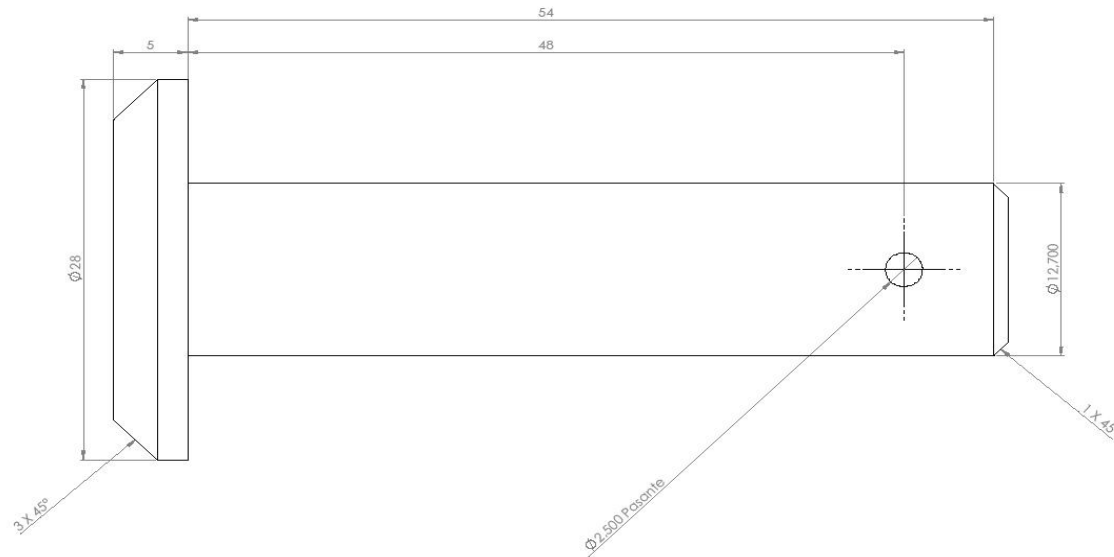
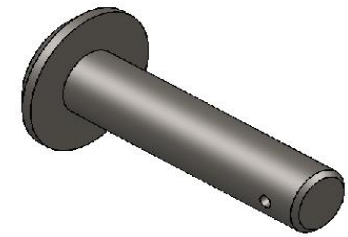
Peso: -----

Medidas en mm

Fecha: 23/04/2017

Escala: 5:1 A2

Hoja 23 de 30

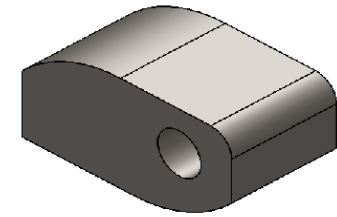
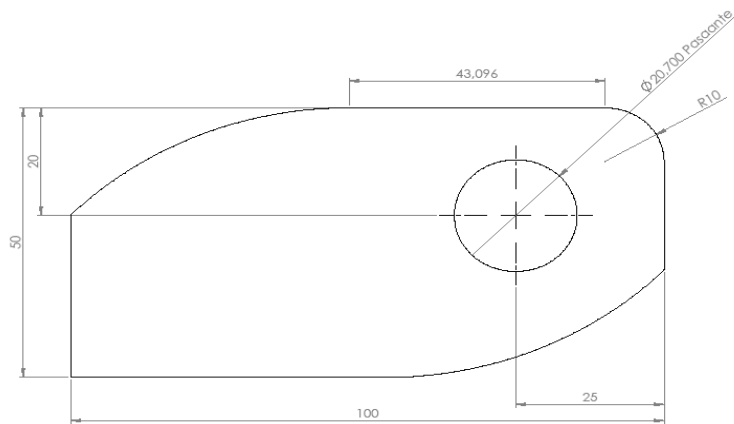


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

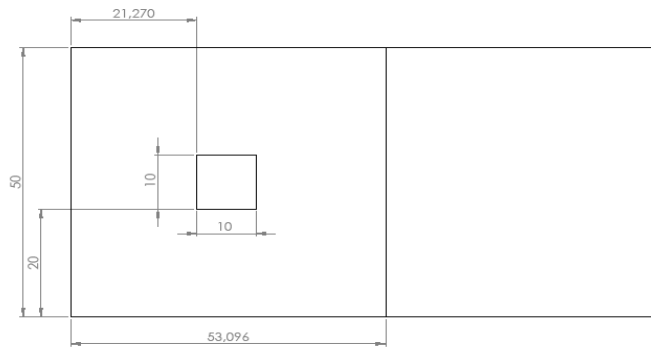
Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **PASADOR LARGO**
 Material: **ACERO AISI 1045**

Peso: ---

Medidas en mm
 Fecha: 23/04/2017
 Escala: 5:1 A2
 Hoja 24 de 30



ESCALA 1:1



DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**

REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Nombre del Dibujo: **JUNTA DE MANUBRIO**

Material: **ACERO A36**

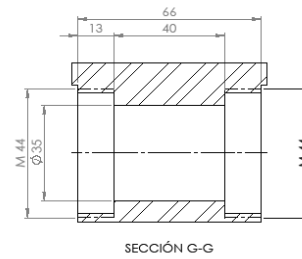
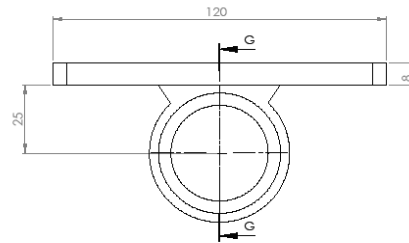
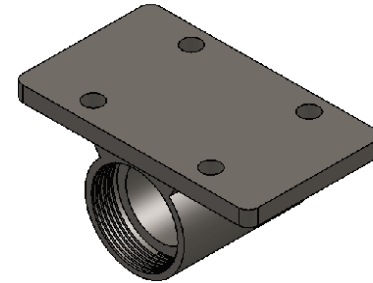
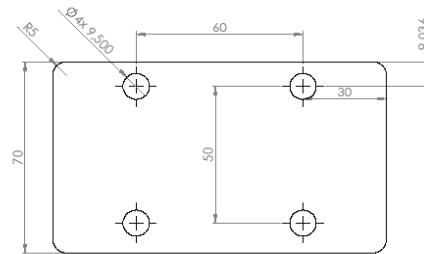
Peso: **1.6 Kg**

Medidas en mm

Fecha: **23/04/2017**

Escala: 2:1 A2

Hoja 25 de 30



DIBUJADO POR: **JORGE ANDRÉS TRUJILLO VIERA**

REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**

Nombre del Dibujo: **BUJE DE PEDALEO**

Material: **ACERO A36**

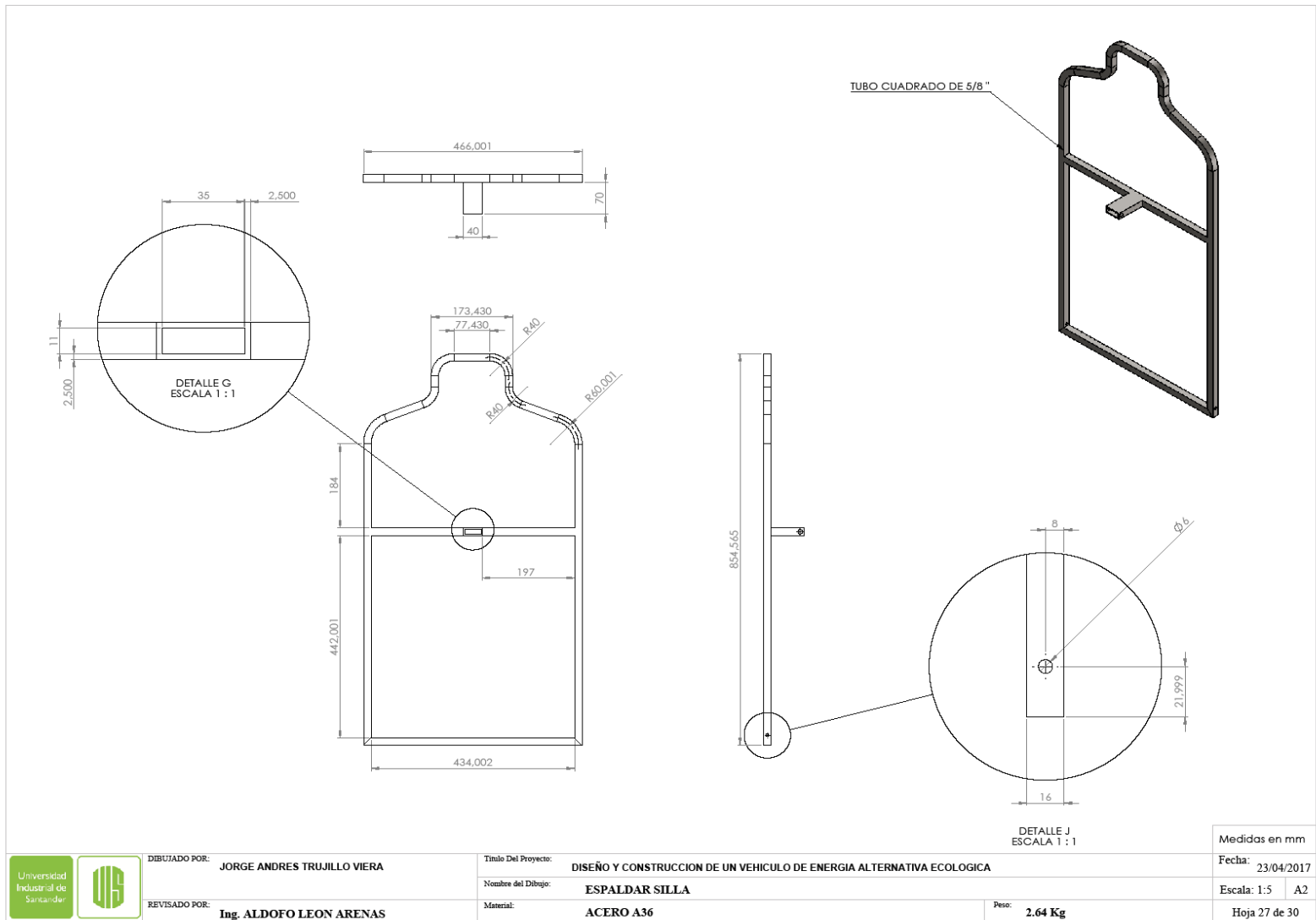
Peso: **0.98 Kg**

Medidas en mm

Fecha: **23/04/2017**

Escala: **1:1 A2**

Hoja **26** de **30**

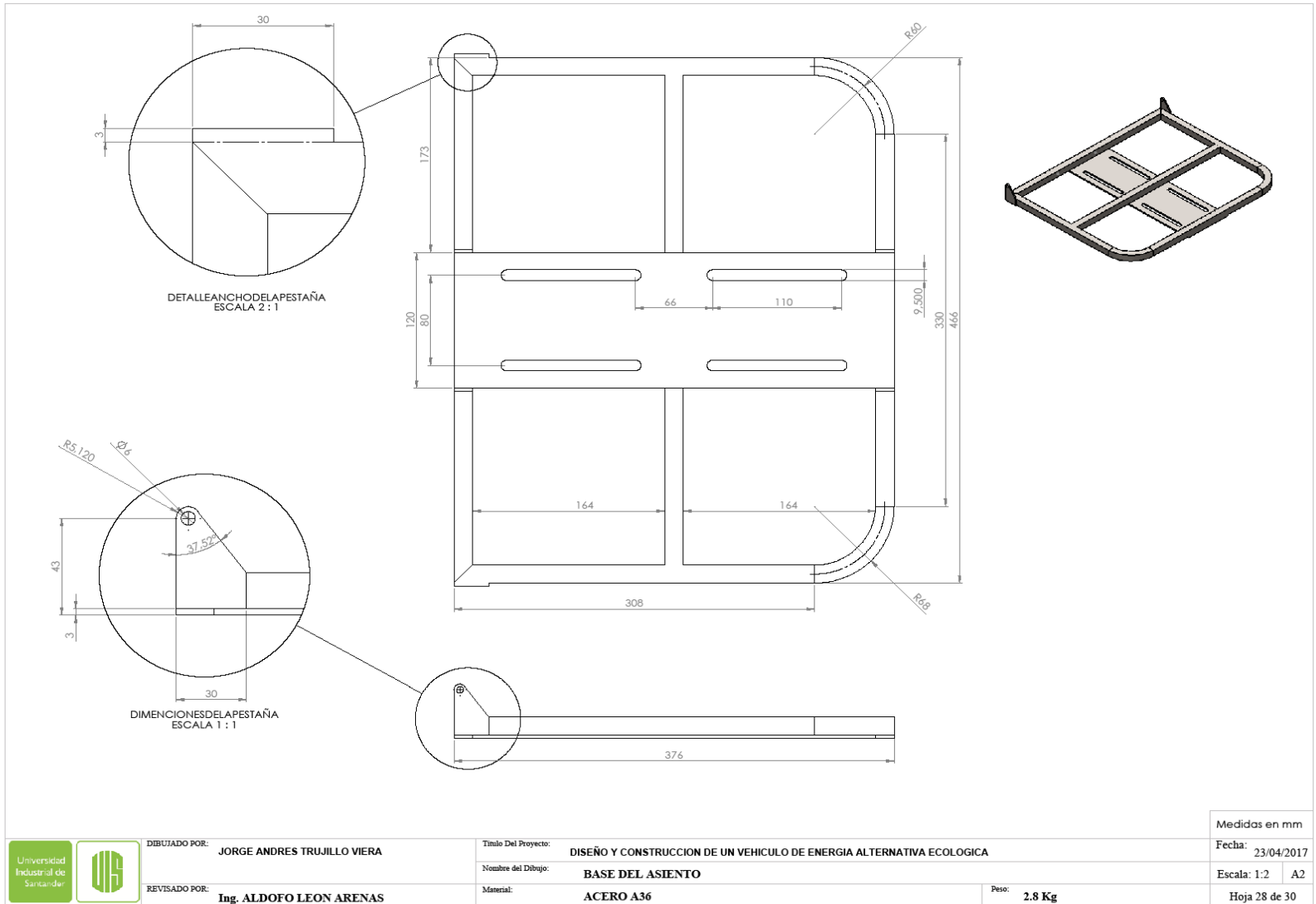


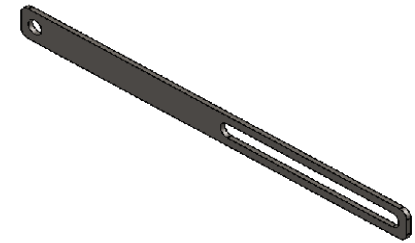
DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **ESPALDAR SILLA**
 Material: **ACERO A36**

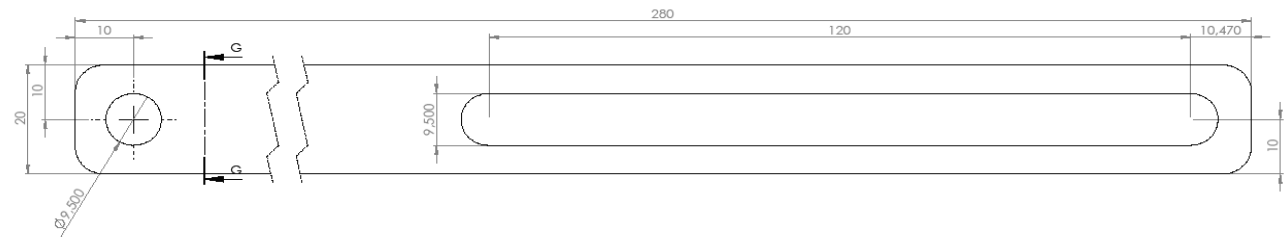
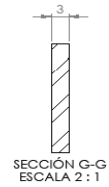
Peso: **2.64 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: **23/04/2017**
 Escala: **1:5 A2**
 Hoja 27 de 30





ESCALA 1 : 1.5

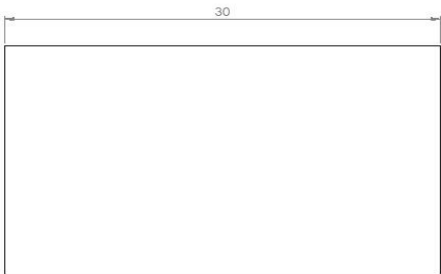
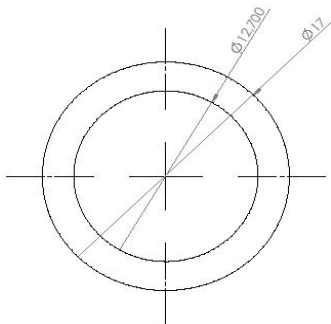
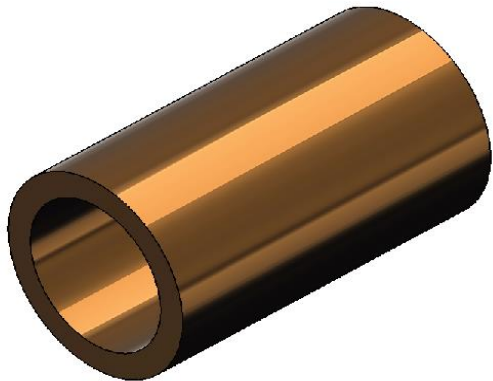


DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **PLATINA DE AJUSTE DEL ESPALDAR**
 Material: **ACERO A36**

Redondeo de 5mm	Medidas en mm
	Fecha: 23/04/2017
	Escala: 2:1 A2
	Hoja 29 de 30

Peso: **0.1 Kg**



DIBUJADO POR: **JORGE ANDRES TRUJILLO VIERA**
 REVISADO POR: **Ing. ALDOFO LEON ARENAS**

Título Del Proyecto: **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN VEHICULO DE ENERGIA ALTERNATIVA ECOLOGICA**
 Nombre del Dibujo: **BUJE DIRECCIÓN INFERIOR**
 Material: **BRONCE**
 Peso: **0.1 Kg**

Medidas en mm
 Fecha: **23/04/2017**
 Escala: **5:1** A2
 Hoja **30 de 30**

