

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CUADRICICLO DE ASISTENCIA ELÉCTRICA (PEDAL ASISTIDO).

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN
AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Autor: Idelver Infante Correa

HOLGUÍN 2019



DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CUADRICICLO DE ASISTENCIA ELÉCTRICA (PEDAL ASISTIDO).

TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN
AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Autor: Idelver Infante Correa

Tutor: Dr.C. Ing. PT Rolando Esteban Simeón Monet

HOLGUÍN 2019



“No os quedéis estancados. Todo, absolutamente todo, se puede mejorar. Nadie sabe en qué dirección, o en qué sentido, pero si continuas quejándote y conformándote, te será muy difícil ser innovador o creativo”.

Guy Kawasaki



DEDICATORIA

A mis padres, porque no existe forma de expresarles mi eterno amor y agradecimiento. A ti mami, por tu apoyo, esfuerzo y sacrificio incondicional. A ti, papi, que al igual que mami, más que un ejemplo, eres mi fuerza y mi guía. A mi novia Rocío, por creer siempre en mí y apoyarme en este recorrido de esfuerzo continuo, además de todos los que han contribuido a que hoy presente este trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Mecánico.



AGRADECIMIENTOS

Una labor humana posee siempre almas que la han alentado en su función, siendo esta una de ellas, pero dejaré en claro que, aunque solo aludiré a los más representativos, en mi agradecimiento existe un lugar especial para todos.

*Quisiera agradecer a mis padres, por siempre,
entregándome todo sin pedir nada a cambio.*

A mi novia, por la confianza, el esfuerzo, la constancia y apoyo inquebrantable.

A mis amistades, en especial a Jose Albero Chiong, Carlos Julio, Ana Belén, por sus lecciones, alientos y satisfacciones compartidas en todo el trayecto de sacrificio del que hemos sido parte.

Al tutor, por hacer espacio en su restringido tiempo y ofrecerme su asesoría, su confianza, por compartir sus conocimientos y experiencia en el progreso del Trabajo de Diploma.

Al compuesto de educadores del departamento de Ingeniería Mecánica, por asistir con sus conocimientos en mi formación profesional.

A todo el que de una forma u otra me ha encaminado en esta senda.

A todos, GRACIAS



Resumen

En la presente tesis se tiene como objetivo analizar el diseño estructural de un cuadríciclo. Para ello se realizaron estudios de diversos modelos expuestos en investigaciones encontradas en la Web, de estos se escogió como base el modelo E-GRAN TOUR OFF-ROAD de la empresa holandesa BERG, en conjunto a los bicitaxis de Colombia. También se prevé maximizar la durabilidad y resistencia de la estructura, para evitar su deformación y posterior rotura, se hace énfasis en mantener los implementos de fabricación de acuerdo a los recursos del país sin afectar la estética. El trabajo consta de tres partes, en la primera se realiza una revisión bibliográfica del tema, la segunda expresa los aspectos a tener en cuenta en el desarrollo de elementos que conforman la estructura de un cuadríciclo. La tercera parte de la tesis expone el resultado de la aplicación de las herramientas CAD utilizadas en el diseño general del bastidor, así como, el análisis de resistencia y funcionalidad con el uso de herramientas CAE. Se incluye también un análisis de impacto ambiental y económico.



Abstract

The aim of this thesis is to analyze the structural design of a quadricycle. For this purpose, studies were carried out on various models exposed in research found on the Web, from which the E-GRAN TOUR OFF-ROAD model of the Dutch company BERG was chosen as the basis, together with the bicitaxis of Colombia. It is also expected to maximize the durability and strength of the structure, to prevent deformation and subsequent breakage, the emphasis is on maintaining the manufacturing implements according to the resources of the country without affecting the aesthetics. The work consists of three parts, the first is a bibliographic review of the subject, the second expresses the aspects to be taken into account in the development of elements that make up the structure of a quad. The third part of the thesis exposes the result of the application of CAD tools used in the general design of the frame, as well as the analysis of resistance and functionality with the use of CAE tools. An analysis of environmental and economic impact is also included.

Translated with www.DeepL.com/Translator



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1. Fundamentos teóricos.....	6
1.1 Antecedentes.	6
1.2 Primeros cuadríciclos de pedal.	9
1.3 Cuadríciclos de pedal de la edad moderna.	11
1.3.1 Tipo de cuadríciclos:	11
1.3.2 Piñón libre:.....	11
1.3.3 Piñón fijo:.....	12
1.3.4 Diferencias entre Cuadríciclo de pedal simple y Cuadríciclo con asistencia al pedaleo.....	15
1.3.5 Estructuras de cuadríciclos:	18
1.3.6 Los materiales más empleados en la fabricación de carrocerías son: 20	
1.3.7 Tipos de estructuras según (Sádaba, 2015) :.....	23
1.3.8 Ventajas y desventajas de las estructuras de los cuadríciclos.	28
1.3.9 Conclusión Capítulo 1.....	29
Capítulo 2. Metodología a desarrollar.	30
2.1 Caracterización del cuadríciclo.....	30
2.1.....	31
2.2 Criterios generales de selección del cuadríciclo para su futura fabricación. 31	
2.3 Criterios sobre rigidez.	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Propuesta de solución teniendo en cuenta los campos de acción del Ingeniero Mecánico.	34
2.4.1 Diseño: sistemas que componen el cuadríciclo.	34
2.4.2 Mantenimiento.	46
2.4.3 Valoración económica de la propuesta planteada.	47
2.4.4 Valoración del impacto ambiental de la propuesta planteada.....	48
2.4.5 Conclusión Capítulo 2.....	48
Capítulo 3. Estudio del diseño estructural del bastidor.....	50
3.1 Requisitos del bastidor.	50



3.2	Mallado.....	52
3.3	Resultado del estudio.....	53
3.3.1	Factor de seguridad:	53
3.3.2	Distribución de tenciones.....	54
3.3.3	Distribución de los desplazamientos en la estructura.	55
3.3.4	Deformaciones unitarias de la estructura.	56
3.4	Conclusiones del capítulo 3.	57
	CONCLUSIONES.....	58
	RECOMENDACIONES	59
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS y BIBLIOGRAFÍA; Error! Marcador no definido.	
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
	ANEXOS	63

INTRODUCCIÓN

Según (BICI, 2013) la bicicleta es un vehículo de transporte personal cuyos componentes básicos son dos ruedas generalmente de igual diámetro y dispuestas en línea, un sistema de transmisión a pedales, un cuadro metálico que le da la estructura e integra los componentes, un manillar para controlar la dirección y un sillín para sentarse. En 1817 cuando el barón alemán Karl Christian Ludwig Drais von Sauerbronn inventó el primer vehículo de dos ruedas, al que llamó máquina andante (en alemán laufmaschine) precursora de la bicicleta y la motocicleta. Este invento estaba basado en la idea de que una persona al caminar desperdicia mucha fuerza por tener que desplazar su peso en forma alternada de un pie al otro. Drais logró crear este sencillo vehículo que le permitió al hombre evitar ese trabajo. Esta máquina, denominada inicialmente draisiana en honor a su inventor y posteriormente llamada más comúnmente velocípedo evolucionó rápidamente Figura (1.1).

En la etapa moderna la bicicleta es el medio de transporte personal preferido por muchas personas. 800 millones de bicicletas son utilizadas diariamente en el mundo, la mayoría son bicicletas domésticas y de paseo, denominadas genéricamente «bicicleta urbana» o City-bike . Son dedicadas a todo tipo de usos cotidianos, especialmente cuando se trata de recorrer numerosos trayectos cortos, ya que se pueden recorrer cuatro veces más rápidos que a pie.

Existen distintos tipos de ciclos:

- las bicicletas
- los triciclos
- los cuatriciclos.

Los triciclos son vehículos de tres ruedas, generalmente impulsados por fuerza humana. También entran en esta categoría los triciclos motorizados que son muy similares a una motocicleta. Por lo común los automóviles con tres ruedas no se denominan triciclos.

El cuatriciclo es un vehículo de cuatro ruedas que puede ser comúnmente llamado como cuatriciclo o cuadríciclo, la diferencia consiste en la relación de velocidad y peso que pueden alcanzar. Según normas pueden lograr una velocidad de entre 45 km/h y 50 km/h, y soportar un peso hasta 350 kg sin contar las baterías para el caso del eléctrico. El cuatriciclo de combustión debe poseer un motor de hasta 50 cc, este sería el cuadríciclo porque en la rama de cuatriciclo este puede alcanzar hasta 150 km/h aproximadamente y poseer motores de hasta 313 cc y al igual el peso aumenta considerable con la potencia del motor. (Pavalovic & Fragassa, 2015)

Debido a la inmensa crisis en los combustibles fósiles, específicamente del petróleo y sus derivados el sitio web (Espectador, 2018), resalta en sus páginas que La Agencia Internacional de la Energía AIE alertó que se afrontará "una crisis mundial en la oferta de crudo a mediados de la próxima década" si los países productores de petróleo convencional, la mayoría en Oriente Medio, no aumentan su inversión en proyectos de extracción. El director general del organismo, Fatih Birol, advirtió de que esta inminente crisis plantea "un gran desafío" para la seguridad energética global, al presentar en Londres el informe anual "Perspectivas para la energía mundial 2018".

"Los mercados del petróleo entran en una nueva fase de gran volatilidad e incertidumbre, por los cambios en los fundamentos del sector, pero también por la mayor interconexión entre la geopolítica y la energía". La AIE señala en su informe

que, desde 2014, en Oriente Medio ha descendido la inversión en proyectos de petróleo convencional. Aparejado a este proceso Estados Unidos está ganando terreno en la producción de crudo y gas de esquisto, y se prevé que en 2025 se convierta en el primer productor del planeta.

Sin embargo, es improbable que las exportaciones de EEUU pudieran compensar la escasez de suministro prevista a medio plazo por parte de miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, lo que causaría la mencionada crisis. La demanda del crudo de la OPEP caerá en 1,1 millones de barriles en 2019 y en su informe, la Agencia AIE calcula que la demanda de energía en el mundo aumentará en más de un 25 % de aquí a 2040 -sobre todo en Asia y, en particular, en la India-, y un 80 % de este crecimiento corresponderá a combustibles fósiles, principalmente petróleo.

En general la crisis de combustible mundial afectará a todo el Globo haciendo énfasis en países de menor incursión monetaria fomentando la situación aún más crítica, cuando familias numerosas, generalmente con muy bajos ingresos se verán envueltos en la necesidad de transportar alimentos, agua y todo tipo de recursos básicos, por toda clase de terreno en recorridos que pueden alcanzar los 40km.

Los medios de transporte han tenido y seguirán teniendo un papel de primer orden en la historia de la humanidad. Su constante evolución, que va desde el propio esfuerzo físico humano y el uso de animales hasta la invención de las máquinas, han permitido el desarrollo alcanzado por el hombre actual. Hay un gran potencial para aplicar energía limpia en la matriz de transporte. El reto energético al que nos enfrentamos debe tener una respuesta global, en la que coexistan todas las formas de energía disponibles, las convencionales y las alternativas; todas aquellas formas de energía que puedan ser producidas de manera equilibrada, segura, con accesibilidad universal, competitiva y respetuosamente con el medio ambiente.

En base a suplir la necesidad de disminuir el consumo de petróleo e incrementar la posibilidad de abastecer las necesidades futuras de transportación, además de garantizar el cuidado del medio ambiente, la utilización de la bicicleta en todas sus variantes ha sido parte del entorno. En Cuba desde la época colonial, antes de la

década del 90, estos medios de transporte eran importados en su totalidad, inicialmente de EU antes del 1959, y posteriormente de la URSS, Vietnam y China. En la década del 90 se crearon instalaciones fabriles en diversas provincias del país que produjeron bicicletas de paseo, con mediana calidad, posteriormente estas empresas se cerraron y solo quedó activa la Minerva en Santa Clara, que basa su producción en el ensamble de componentes procedentes de China.

Es común ver en todo el territorio nacional la presencia de triciclos, con diversos diseños, destinados al servicio de bicitaxis, venta de productos agrícolas, transporte de agua potable y cargas diversas. Estos triciclos son contruidos sin patrones de calidad o estudios de diseño que corroboren su resistencia mecánica, por lo que generalmente son extremadamente pesados, e incómodos en su explotación. No se detecta la presencia de cuadríciclos, salvo en zonas turísticas.

Como parte del estudio de Fuentes Renovables de Energía en el Centro de Estudios CAD/CAM de la Universidad de Holguín, Cuba, se han dado pasos para el desarrollo y estudio de los cuadríciclos, incorporándole diversas bondades que faciliten la maniobrabilidad y confort en su explotación, entre las que se pueden destacar, la asistencia eléctrica al pedaleo, el uso de la energía solar, para crea un transporte híbrido, todo con el fin de suplir las necesidades de transportación de la población en distancias cortas.

Dentro de los procesos de análisis e implementación de las diferentes etapas de estudio, se opta por el diseño estructural del cuadríciclo de asistencia al pedaleo partiendo de la investigación del estado del arte realizada.

Situación polémica:

No existe un modelo de transporte cubano con un elevado recurso estético apoyado en diversas Fuentes de Energía Renovable. Tampoco existe una empresa capaz de desarrollar un cuadríciclo de paseo y transporte de carga, que pueda ser utilizado en la movilidad para grupos de dos a cuatro personas, en distancias de hasta 30 km, las que pudieran realizarlo, tienen limitada su producción a reglones ya definidos y no poseen un adecuado sistema de I +D + i. Además, el turismo

creciente, no posee en las instalaciones Hoteleras, servicios de alquileres de equipos de paseo en grupo con carácter ecológico.

De aquí surge la necesidad de realizar el diseño estructural de un cuadríciclo, que tenga como características buena resistencia mecánica, adecuada amortiguación, facilidad de control de dirección, gusto estético y permita además la facilidad de instalación de diversas tecnologías de asistencia al pedaleo, con fuentes renovables de energía FRE, incluyendo la posibilidad de la utilización de varias de estas FRE de forma combinada.

Objeto de estudio:

Estructura de un cuadríciclo.

Campo de acción:

Diseño estructural del cuadríciclo con asistencia eléctrica al pedaleo.

Hipótesis:

Si se realiza un estudio de resistencia con herramientas de *Computer Assisted Design and Computer Assisted Engineering* CAD/CAE se puede diseñar la estructura de un cuadríciclo, que, con ayuda de un sistema de pedaleo asistido, garantice poco peso y capacidad suficiente para desplazar hasta 600 kg de carga a 30 km.

Objetivo general:

Realizar el estudio estructural de un cuadríciclo con pedaleo asistido, apoyado en el método de elementos finitos

Tareas de investigación:

1. Realizar una revisión bibliográfica actualizada.
2. Determinar las particularidades para el diseño de un cuadríciclo.
3. Desarrollar el diseño del cuadríciclo con un paquete CAD profesional.
4. Ejecutar los análisis de comprobación con las diversas herramientas CAE.
5. Realizar el análisis económico y medioambiental.
6. Realización del informe.

Métodos de investigación:

Empíricos:

Consulta de expertos:

Se realizaron consultas a expertos en el tema, tecnólogos del taller de maquinado de la Universidad e ingenieros que laboran en el Centro de Estudios Diseño y Fabricación Asistido por Computadora CAD/CAM, para obtener información del estado actual del problema a investigar.

La observación científica:

Fue uno de los métodos empíricos usados para alcanzar el objetivo o propósito del proceso investigativo emprendido, ya que esta nos permite constatar el problema real.

Teóricos:

Histórico-Lógico:

Se empleó para el estudio de los antecedentes de la investigación.

Análisis y síntesis:

Se utiliza en la revisión y consulta de la bibliografía especializada sobre el tema.

Inducción-deducción:

Mediante la práctica en el Centro CAD/CAM se observó que el proceso de diseño del cuadríciclo de asistencia eléctrica al pedaleo sería favorable. Se tiene en cuenta la necesidad de investigación y se afirma el comienzo del desarrollo científico del proyecto dado los parámetros y requisitos técnicos en norma obtenidos del modelo a seguir de la compañía holandesa BERG y los bicitaxis de Colombia.

Modelación Geométrica:

Se realizó el dibujo técnico del equipo como método de molde o guía en la proyección de la tecnología mediante el software *SolidWorks*, *software* CAD.

Capítulo 1. Fundamentos teóricos.

1.1 Antecedentes.

Desde el surgimiento de la rueda en Sumeria en torno al año 8.000 a.C., como el resultado de una lenta evolución de la combinación del rodillo y el trineo, se ha evidenciado la necesidad del ser humano de utilizar los vehículos como medio de transporte desde víveres hasta personal. Después, esta rueda fue mejorada por la cultura egipcia y por la cultura de Andronovo de forma independiente, quienes inventaron la rueda con radios en torno al año 2.000 antes de cristo a.C. Pocos años después, en torno al año 1.400 a.C. el uso de la rueda se extendería hasta Europa y la India (Jiménez, 2010).

No fue sino hasta el año 1817, el barón alemán Karl Christian Ludwig Drais von Sauerbronn inventó el primer vehículo de dos ruedas, al que llamó máquina andante (en alemán, laufmaschine). Este invento estaba basado en la idea de que una persona, al caminar, desperdicia mucha fuerza por tener que desplazar su peso en forma alternada de un pie al otro. Drais logró crear este sencillo vehículo que le permitió al hombre evitar ese trabajo. Esta máquina, denominada inicialmente draisiana en honor a su inventor y posteriormente llamada más comúnmente velocípedo apreciado en la Figura 1.1 , evolucionó rápidamente, dando paso a la construcción de la primera bicicleta con pedales Figura 1.2, la cual, se atribuye al escocés *Kirkpatrick Macmillan*, en el año 1839. (PACO NAVARRO, 2010)



Figura 1.1 LA "DRAISIANA", "LAUFMASCHINE" O MAQUINA DE CORRER, 1817 (Hancock, 2017)



Figura 1.2 La bicicleta que fabricó Macmillan en 1839. (Hancock, 2017)

En 1970 con la invención de los triciclos motorizados denominados *trikes* (Figura 1.3) nacen los cuatriciclos. En un tiempo los primeros coches de vapor experimentales se denominaron cuatriciclos a vapor, y algunos de los primeros coches de combustión interna se denominaron cuatriciclos a motor. Los términos automóvil y coches se hicieron universales, suplantando ese uso. Esa primera máquina y las pocas que después se diseñaron para la transportación, el ocio y el trabajo humano estaban accionadas por esfuerzo muscular, o sea el del hombre.



Figura 1.3 Harley Trike de 1970 con motor gemelo. (reservados, s.f.)

El cuadríciclo a pedal CAP es un vehículo de paseo urbano que permite circular en forma recreativa por una ciudad (Figura 1.4). Hay distintos modelos según la cantidad de plazas, los más comunes son de dos y cuatro plazas, pero también los hay monoplazas.



Figura 1.4 Cuadríciclo a pedal CAP biplaza. (Wikipedia, Cuadríciclo, 2018)

Este tipo de vehículo posee una estabilidad superior a otros a pedal porque se asientan sobre dos ejes y cuatro ruedas. La postura de manejar, por lo general, el conductor va sentado y extiende los pies hasta los pedales, mientras que en las bicicletas el conductor va montado sobre el cuadro y pisa los pedales, y en los trike la posición es de semiacostado para alcanzar la pedalera. No hay consenso en el nombre que dan los diferentes fabricantes y usuarios a los vehículos de cuatro ruedas que se mueven con pedales. Los nombres más comunes son coches de pedales, karts de pedales, carricoches, bicicoches, quad de pedales, cuadríciclo a

pedal, bicis de cuatro ruedas o cuatriciclos. También se conocen por su nombre en inglés go-kart.

1.2 Primeros cuatriciclos de pedal.

La primera presencia registrada de algún cuatriciclo en la historia data del año 1886 presentando el cuatriciclo en disposición de rombo (Figura 1.5) referente en Wikipedia de forma anónima y cuyo ejemplo está reflejado al final del texto.

Con el transcurso de los años, durante la etapa entre 1925 y 1940 surge el velomobile, siendo este representado por el Velocar, en Paris, creado por Mochet antiguo emprendedor de la industria y soñador del automovilismo en la época (Figura 1.6). La mayoría de la información bajo este título proviene del hijo del fundador, Georges Mochet, según lo registrado por Schmitz (1999).



Figura 1.5 Cuatriciclo con disposición de rombo (1886). (Wikipedia, Cuatriciclo, 2018)

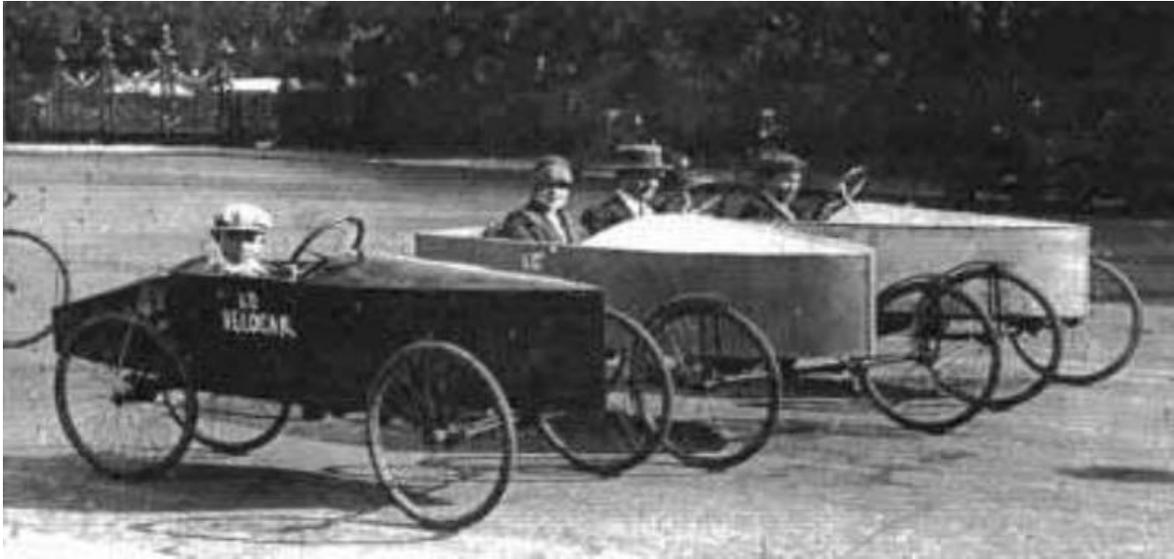


Figura 1.6 Los primeros velocars, con el joven Georges Mochet a la izquierda, París 1925. (Archives G. Mochet)

La principal ambición de Mochet era ser productor de automóviles, y su apellido se asoció con el octavo productor de automóviles más grande de Francia, especializado en la construcción de automóviles pequeños y livianos, de 1920 a 1960. Según Georges Mochet, muchos productores en Francia fabricaron autos a pedal., pero se sabe muy poco de ellos hoy. (Abraham & Maribel, 2018)

El origen de la idea de construir Velocars se produjo cuando el joven hijo de Mochet, Georges, quería una bicicleta. Sin embargo, su madre dijo que no porque era demasiado peligroso en el tráfico de París. En lugar de una bicicleta, su padre le construyó un pedal ligero (Abraham & Maribel, 2018). Además, estaba por la época el Cyclecar, el mismo surge a partir de la crisis para finales y luego de La Segunda Guerra Mundial, debido al estado en que quedó Europa muy pocas personas tenían acceso a recursos para adquirir un automóvil, por lo que recurrían a fabricar sus propios autos de pedales dando a luz al Cyclecar (Figura 1.7). Este sería usado años más tarde para carreras y eventos deportivos.



Figura 1.7 Una carrera sueca 'Bikecar', categoría tándem. (Picture from Lahtinen, 2004) Representación del Cyclecar.

1.3 Cuadriciclos de pedal de la edad moderna.

1.3.1 Tipo de cuadriciclos:

Dentro de los disimiles cuadriciclos existe una innumerable gama de variedades en cuanto a modelos, formas, usos y capacidad, pero dada su similitud se pueden definir en general por dos tipos: Los cuadriciclos de pedal simple y los de pedal asistido por electricidad que incorporan un motor eléctrico. Los cuadriciclos a pedal simple, en general, utilizan la fuerza de tracción humana para generar el desempeño del eje móvil trasero, mediante el pedaleo, usando un sistema de piñón y catalina de una transmisión por cadena que puede ser libre o fija.

1.3.2 Piñón libre:

Consiste en un sistema instalado en un eje que permite que los piñones giren libremente en una dirección y se mantengan solidarios en la dirección contraria (Figura 1.8). Se utilizan unos trinquetes empujados por un muelle para que, en la dirección de giro en la que se realiza la transmisión, se engranen con el resto del mecanismo para transmitir la potencia. En la dirección contraria los trinquetes son empujados hacia el eje y el resto del mecanismo gira libremente. En las bicicletas,

este proceso produce el clásico ruido de carrasqueo de la bici cuando se deja de pedalear. Los piñones libres son usados ampliamente en casi la totalidad de las bicicletas que existen actualmente. De esta manera, un ciclista puede pedalear para transmitir el movimiento a la rueda trasera y poder avanzar; así como cuando deje de dar pedales, la rueda trasera seguirá girando libremente sin necesidad de que se transmita el movimiento de inercia a los pedales nuevamente. (Bici, 2015)

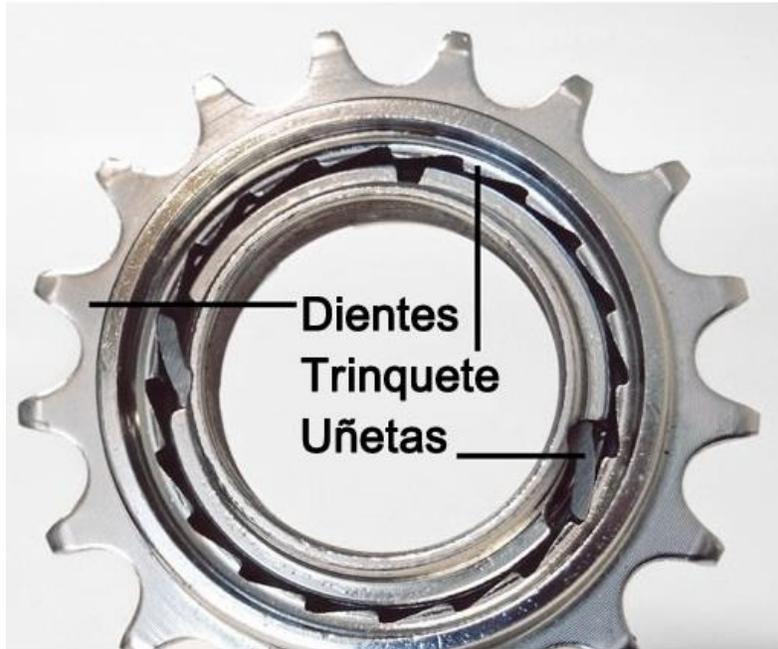


Figura 1.8 Piñón Libre. (Bici, 2015)

1.3.3 Piñón fijo:

El piñón fijo, fixie o fixed está presente en las bicicletas monomarcha, que no tiene piñón libre, lo que significa que no tiene punto muerto; es decir, los pedales están siempre en movimiento cuando la bicicleta está en marcha. Esto significa que no se puede dejar de pedalear, ya que, mientras la rueda trasera gire, la cadena y los pedales girarán siempre solidariamente (Figura 1.9). Por este motivo, se puede frenar haciendo una fuerza inversa al sentido de la marcha, y también ir marcha atrás. Las bicicletas monomarcha con piñón libre son también llamadas fixie o fixed por su similitud estética con las de piñón fijo, siendo este un criterio popular muy

utilizado. Sin embargo, si el piñón es libre, el término a utilizar es «bicicleta de una sola velocidad» o single-speed. La bicicleta de pista es un tipo de bicicleta de piñón fijo utilizado para ciclismo en pista, en un velódromo. Las bicicletas con piñón fijo son montadas por ciclistas con especial atención al corredor ciclista, club ciclista, ciclista urbano y mensajeros en bicicleta por muchas razones; en particular, por su ligereza, sencillez, bajo mantenimiento o imagen. Además, los mensajeros en bici prefieren usar piñón fijo porque son ligeras y pueden alcanzar mucha velocidad en muy pocos metros. (SANTAFIXIE, 2019)



Figura 1.9 Piñón Fijo. (SANTAFIXIE, 2019)

Los cuadríciclos representados hoy en la sociedad mundial se caracterizan por la similitud de forma y variación en los estándares de uso, los más insertados por el pueblo varían en cuanto al número de plazas presentando estructuras tubulares semejantes a los automóviles partiendo desde monoplazas (Figura 1.10), biplazas (Figura 1.9), de cuatro plazas y hasta de 9 capacidades (Figura 1.11).



Figura 1.9 Ejemplo de cuadríciclo a pedal libre biplaza. (Fotos G, Ejemplos, 2018)



Figura 1.10 Ejemplo de cuadríciclo a pedal libre monoplaza. (Fotos G, Ejemplos, 2018)



Figura 1.11 Ejemplo de cuadríciclo a pedal libre 9 plazas estilo tándem. (ICBF, 2016)

1.3.4 Diferencias entre Cuadríciclo de pedal simple y Cuadríciclo con asistencia al pedaleo.

Los cuadríciclos con asistencia al pedaleo:

- Poseen dos fuentes de tracción motriz, el pedal representado por el esfuerzo humano y el acoplamiento de un motor eléctrico, que, en el caso de la asistencia, se utiliza como método de apoyo en pendientes y para el desplazamiento del vehículo, proporcionando al personal una mayor experiencia de confort y desempeño durante el traslado por los disímiles terrenos.
- Utilizan energía eléctrica en forma de corriente directa almacenada en baterías.
- Pueden recorrer largas distancias al emplear el factor humano y por ende disminuye el esfuerzo.
- Alcanzan mayores velocidades debido al aumento de potencia con el motor eléctrico.

- Aumentan la autonomía en dependencia de la relación potencia del motor y consumo en Ah.

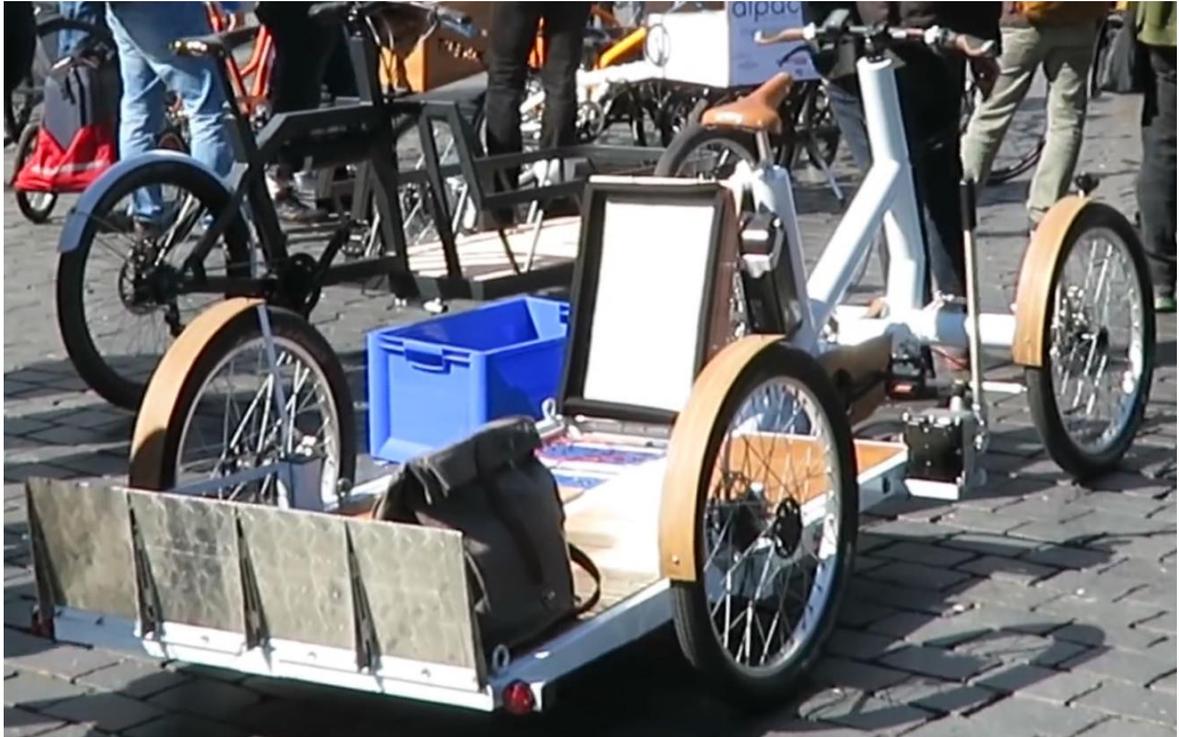


Figura 1.12 Ejemplo de cuadríciclo a pedal asistido monoplaza con espacio de carga (ICBF, 2016)



Figura 1.13 Ejemplo de cuadríciclo de pedal asistido biplaza con recubrimiento (ICBF, 2016)



Figura 1.14 Ejemplo de cuadríciclo de pedal asistido de cuatro plazas, más asiento para infante (ICBF, 2016)

Los cuadríciclos con pedal simple o puro:

- Basan su recorrido completamente en el pedal sin método auxiliar o adyacente.
- Recorren menores distancias por lo que disminuyen en autonomía.
- Sufren un aumento del esfuerzo propiciando el agotamiento y una falta en desempeño.
- Su desplazamiento se mantiene a velocidades inestables mínimas correspondientes con el pedaleo.
- Al no emplear motor no almacenan electricidad en baterías.

1.3.5 Estructuras de cuadríciclos:

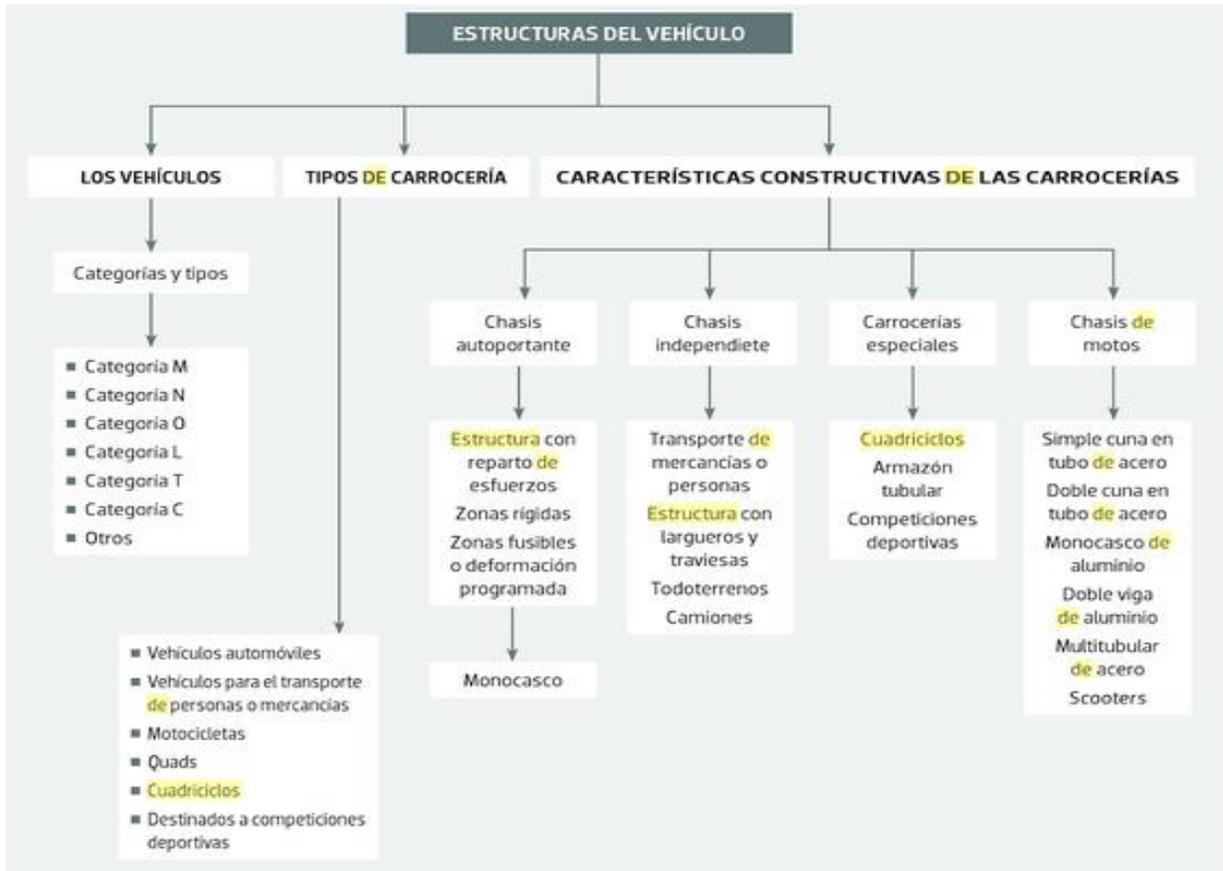


Figura 1.15 Estructuras del vehículo. (Viñas, 2014)

Para hablar de las estructuras de los cuadríciclos es necesario partir de su origen en los automóviles pues desde 1769 hasta nuestros días, la evolución sufrida por el automóvil ha sido constante, de modo que en nada se parecen los vehículos actuales: cómodos, rápidos, seguros y silenciosos. En los primeros años, los automóviles tomaron como modelo a los vehículos de tracción animal (carruajes), conservando de estos la estructura de un chasis base o largueros sobre los que se montaba la carrocería junto a los elementos mecánicos que lo hacían moverse, girar, frenar, etc.. (Viñas, 2014)

Las carrocerías no se mejoraron en un principio en la misma proporción en que lo hicieron las partes mecánicas, limitándose a transformaciones de tipo estético. El primer avance importante experimentado por las carrocerías fue la sustitución de los largueros de madera que formaban el chasis primitivo por largueros de chapa

de acero que admitían mucho mejor los crecientes aumentos de potencia. Estos revestimientos de acero fueron aumentando con el tiempo, evitándose en principio las formas redondeadas, ya que al no estar desarrollada la técnica de la embutición las chapas debían deformarse a mano. No obstante, la chapa laminada se empleó inicialmente para paneles y piezas exteriores, siendo fundamentalmente de madera el chasis y la configuración interior. (Sádaba, 2015)

En 1924 aparece en el mercado europeo el Citroën B10, bautizado como “Tout Acier” (todo acero), publicitado como silencioso, indeformable, confortable y resistente a los choques. Por primera vez en la historia se usa el concepto de seguridad para vender vehículos. Unos años más tarde, en 1934, se presenta en Estados Unidos el Chrysler Airflow, revolucionario en cuanto al diseño de su carrocería. Se aplicaba por vez primera la aerodinámica a la fabricación de un automóvil, obteniendo unas líneas. En 1927 apareció la primera carrocería construida completamente con una estructura de acero, aunque con algunos refuerzos de madera, y a partir de los años 30 las grandes compañías de automóviles adoptaron el uso de la chapa de acero para la construcción total del vehículo, iniciando su producción de forma masiva. El incremento de la producción motivado por el aumento de la demanda del mercado condujo a una mejora en la calidad de los automóviles. Un hito histórico en la evolución de la carrocería se marcó en 1934 al presentarse comercialmente los primeros vehículos autoportantes, con una carrocería completamente fabricada con chapas de acero, sin ningún elemento de madera. (Sádaba, 2015)

Se trataba del Citroën Traction Avant. El panel del techo aportó consistencia con el formato del cajeadado, la definición de los marcos de parabrisas y el canal vierteaguas. Los montantes delantero, central y trasero dieron rigidez y resistencia al resto de la estructura autoportante carente de chasis independiente al formar cuerpo entre el techo y el suelo. Los largueros bajo puerta, en sus múltiples y variados tipos realizan la función de unir el piso con los montantes. Actualmente el acero sigue mandando como material predominante, aunque cada vez es más frecuente encontrarse con piezas de plástico en la carrocería. Este material, aparte de reducir el peso del

coche, reduce también los costes de reparación. En cuanto al diseño, gracias a unos procesos de estampación de la chapa cada vez más modernos y avanzados es posible dar formas a coches de un diseño cada vez más original. Se ponen de moda los techos retráctiles, Gracias a este dispositivo se puede disponer de un cabrío y de un coche cerrado en el mismo vehículo. (Sádaba, 2015)

1.3.6 Los materiales más empleados en la fabricación de carrocerías son:

- El acero.
- Las aleaciones ligeras.
- Los compuestos plásticos.
- La fibra de carbono.

El acero: es una aleación de hierro y Carbono. Es el material más empleado en las carrocerías con diferentes porcentajes de carbono, de alta resistencia y con tratamientos térmicos especiales; acero suave (st 12), acero galvanizado, acero ALE, acero microaleado HLSA etc. (Aceros y sus clasificaciones, 2009)

Las aleaciones: son compuestos formados por la mezcla de dos o más metales, las aleaciones se realizan para mejorar las propiedades del metal base. El aluminio y magnesio aleado son materiales que se emplean en paneles exteriores, con el fin de reducir peso. Solamente algunos modelos de gama alta fabrican toda la carrocería de aluminio, el bastidor se fabrica con perfiles de extrusión de aleaciones especiales de aluminio. (Anónimo, s.f.)

Compuestos plásticos: los compuestos plásticos se emplean cada vez más en paneles y piezas de carrocerías. Los materiales que se plantean son termoestables; resinas epoxi, de poliéster con fibra de vidrio. (Tecnología del Plástico, s.f.)

Fibra de carbono: La fibra de carbono es un material compuesto inorgánico del género polimérico y debe pasar por un procesamiento para llegar al producto final. Esta fase o matriz, tiene como elemento constituyente el poliacrilonitrilo (PAN), el cual se mezcla con compuestos como metil acrilato, vinil acetato, entre otros.

Debido a su configuración y las resinas termoestables para crearla, la fibra de carbono es mucho más rígida que los materiales tradicionales como el aluminio o el acero. De hecho, es 10 veces más fuerte que el acero y 8 veces más que el aluminio. Por esta razón, los fabricantes han apostado cada vez más por marcos de este compuesto para modalidades más exigentes. (Bciscop, s.f.)

1.3.6.1 Especificaciones de aceros más comunes ASTM:

Clasificación de los aceros, según ASTM	Límite elástico en (Mpa)	Tensión de rotura (Mpa)
ASTM A 36	250	400-500
ASTM A 35 Grado B	240	>415
ASTM A 106 Grado B	240	>415
ASTM A 131 Gr A, B, CS, D, DS, E	235	400-490
ASTM A 139 Grado B	240	>415
ASTM A 381 Grado Y 35	240	>415
ASTM A 500 Grado A	228	>310
Grado B	229	>400
ASTM A 501	250	>400
ASTM A 516 Grado 55	205	380-515
Grado 60	220	415-550
ASTM A524 Grado I	240	415-586
Grado II	205	380-550
ASTM A529	290	415-550
ASTM A570 Grado 30	205	>340
Grado 33	230	>360
Grado 36	250	>365
Grado 40	275	>380
Grado 45	310	>415
Grado 50	345	>450
ASTM A 709 Grado 36	250	400-550
API 5L Grado B	240	415
Grado X42	290	415

Figura 1.16 Clasificación de los aceros más comunes según ASTM (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

El acero estructural es el material más usado para todo tipo de construcciones de estructuras, contiene una aleación mínima de 98% de hierro, con contenido de

carbono menores del 1%, es decir son los aceros al carbono mencionados en la Tabla de la Figura 1.16.

El Acero Inoxidable tiene una principal característica que es la resistencia a la corrosión, la cual se logra por la incorporación de cromo en un porcentaje superior al 11%, pero siempre y cuando el carbono se mantenga en una proporción baja, la presencia elevada de níquel ayuda también a la resistencia a la corrosión.

El acero AISI 304 es conocido como acero 18-8, es el más utilizado dentro de todos los aceros inoxidable debido a sus cantidades nominales de cromo y níquel, el acero AISI 304 es el más económico de todos los aceros inoxidable, pero, así como su precio es bajo, sus prestaciones también son decadentes, suele ser utilizado más en ornamentación. Los aceros que se utilizan para la fabricación de herramientas y matrices, tienen una alta resistencia al desgaste en frío como en caliente, también poseen una elevada tenacidad y poca distorsión al ser sometidos a cualquier tipo de tratamiento térmico. La característica de estos aceros es la presencia de tungsteno y de molibdeno en su composición química, los cuales elevan la dureza a las altas temperaturas que se producen al momento de realizar cualquier proceso de manufactura (Aceros y sus clasificaciones, 2009).

Los aceros para usos especiales son aleados o tratados térmicamente, con ellos se puede realizar resortes, rodamientos, pernos, etc. Poseen una alta resistencia al desgaste, al igual que los aceros para herramientas son difíciles de maquinar.

1.3.6.2 Resumen de tipos de acero:

Tipo de Acero	Características	Ventajas	Desventajas
Estructural	Contiene una aleación mínimo de 98% de hierro, con contenido de carbono menores del 1%.	Poseen elevada resistencia mecánica y una adecuada tenacidad	Debido a su estructura molecular, tiende a tener un peso medio-alto
Inoxidable	Contiene cromo en un porcentaje superior al 11%.	Enorme resistencia a la corrosión. Puede trabajar a la intemperie, en cualquier tipo de circunstancia, clima o habita	Debido a sus características y a su composición, su costo es elevado a comparación de los otros tipos de aceros
Herramientas y Matrices	Presencia de tungsteno y molibdeno en su composición química, los cuales elevan la dureza a las altas temperaturas.	Posee alta resistencia al desgaste en frío como en caliente, elevada tenacidad y poca distorsión al ser sometidos a cualquier tipo de tratamiento térmico.	Ya que deben ser resistentes al desgaste, son mucho más difíciles de maquinar que los otros tipos de aceros.
Otras aplicaciones	Son utilizados para la fabricación de diferentes tipos de piezas en todo ámbito.	Se puede realizar resortes, rodamientos, pernos, etc.	Al poseer una alta resistencia al desgaste, al igual que los aceros para herramientas son difíciles de maquinar.

Figura 1.17 Resumen de tipos de acero extraído de (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

1.3.7 Tipos de estructuras según (Sádaba, 2015) :

- **Chasis en H o escalera:** En escalera (o en H) Consiste en dos largueros laterales de chapa laminada con perfil cajado o en C, paralelos o no, unidos mediante una serie de travesaños. En su día fue uno de los más utilizados, aunque en la actualidad solo se usa en camiones y furgones ligeros, debido a su gran solidez.



Figura 1.18 Chasis en H o escalera. (Google, 2019)

- Chasis-plataforma: La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos, de varias chapas que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería. Debido a la elevada rigidez que proporciona la plataforma, la estructura de la carrocería puede ser más ligera y además llevar numerosos elementos desmontables. La carrocería puede unirse a la plataforma mediante dos técnicas: Atornillada a la plataforma. Mediante soldadura por puntos o remaches.

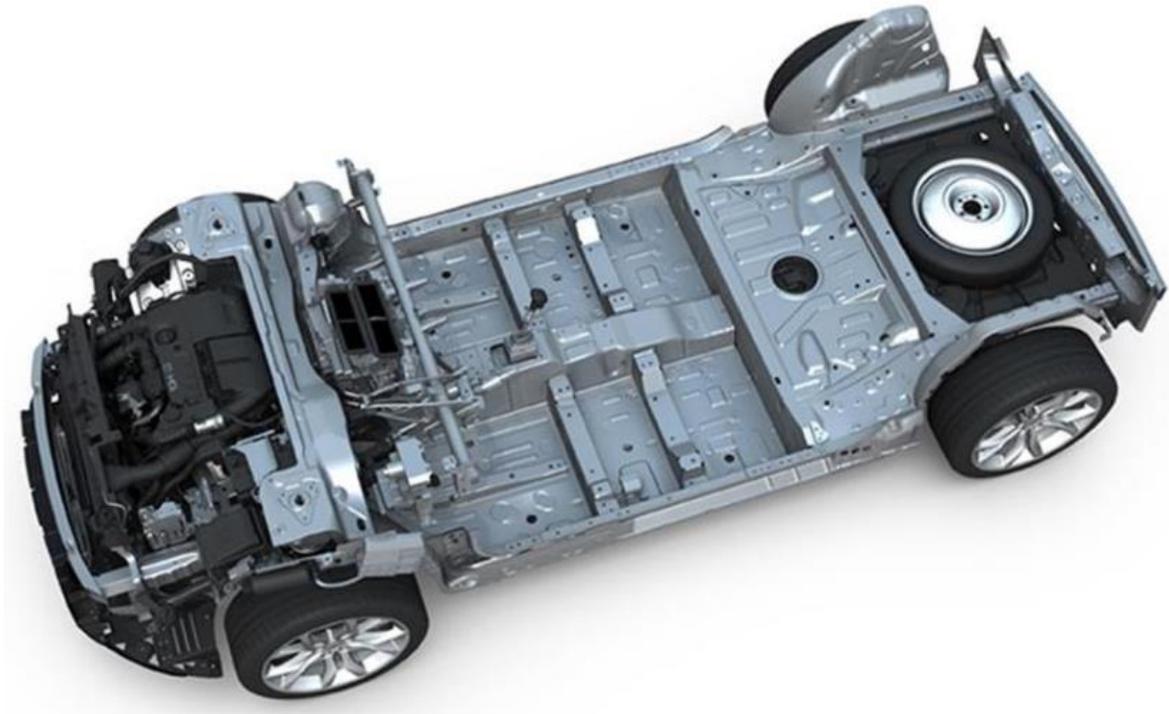


Figura 1.19 Chasis-plataforma. (Google, 2019)

- Chasis autoportante: El sistema de carrocería monocasco es el más usado actualmente en la fabricación de automóviles por motivos de reducción de peso, flexibilidad y coste. Toda la estructura del vehículo forma parte esencial del bastidor. Se parte del concepto de hacer una estructura metálica envolvente constituida por la unión de elementos de chapa de diferentes formas y espesores, es decir, se construye una caja resistente que se soporta a sí misma y a los elementos mecánicos que se fijan sobre ella. Este sistema constructivo tiene una serie de ventajas frente a lo demás: Dota al vehículo de una gran ligereza, estabilidad y rigidez. Facilita la fabricación en serie, por lo que son más económicas. Tienen un centro de gravedad más bajo por lo que mejora la estabilidad de marcha del vehículo. Fomenta la disminución de vibraciones y ruidos, proporcionando confort a los ocupantes del vehículo. Una carrocería de este tipo está formada por tres zonas, diferenciadas según su cometido y comportamiento. Así, hay una zona central, que corresponde al habitáculo, muy rígida e indeformable para garantizar, en la medida de lo posible, la seguridad de los pasajeros; y dos zonas extremas, anterior y

posterior, “fácilmente” deformables, con la misión de disipar las energías generadas en el impacto y evitar su transmisión a los ocupantes. Si la comparamos con un bastidor independiente, la carrocería autoportante es una estructura más ligera, aunque, al mismo tiempo, más rígida, estable y flexible. Debido a la gran automatización conseguida en las fábricas, también es más económica de construir y precisa.



Figura 1.20 Chasis autoportante (Google, 2019)

- Chasis tubulares: Este tipo de bastidor nace de la necesidad de obtener estructuras más ligeras y esbeltas. Son estructuras tipo celosía, dando lugar a un conjunto muy rígido y ligero. Este diseño se emplea sobre todo en vehículos de competición, en los que la carrocería exterior tiene una misión estética y aerodinámica. Tienen un elevado coste de fabricación.



Figura 1.21 Chasis tubulares. (Google, 2019)

- Chasis superleggera: Especialmente empleado en vehículos deportivos y de carreras, aunque también usado en vehículos fabricados en serie. Inspirado en los tubos de aleación ligera cubiertos de tela utilizados por la aviación comercial en los años 1930, Bianchi Anderloni desarrolló el sistema de construcción Superleggera, patentado en 1936, este sistema "súper ligero" estaba compuesto por una estructura de tubos de pequeño diámetro utilizados para dar forma a la carrocería con finos paneles de aleación unidos para cubrir y reforzar el chasis. Aparte de su ligereza, el sistema de construcción Superleggera era muy flexible, permitiendo a Touring construir de forma rápida sus innovadores diseños de carrocería.



Figura 1.22 Chasis superleggera. (Google, 2019)

- Chasis wishbone o columnar: El chasis columnar recibe este nombre por la forma que tiene, ya que, si desmontásemos al completo un vehículo y observamos únicamente el chasis, veríamos que tiene una forma similar a la columna vertebral de una persona. Su uso comenzó a darse a partir de 1952, aunque al consistir en un chasis bastante caro de producir y ser demasiado pesado, su fabricación se realiza de forma unitaria, esto quiere decir que no se fabrican en cadena, sino que se fabrican según el demandante desee el vehículo. La finalidad de un chasis columnar es la de unir el eje trasero con el delantero. Los vehículos más comunes con este tipo de chasis son los roadster. Como desventaja, son muy pesados para ser usados en autos deportivos y demasiado caros para ser producidos en masa.



Figura 1.23 Chasis wishbone o columnar. (Google, 2019)

1.3.8 Ventajas y desventajas de las estructuras de los cuadríciclos.

Dada la simplicidad de la estructura de cuadríciclos de pedal y respetando la inmensa variedad de modelos y formas se llega a la conclusión de emplear un bastidor tubular dada la pequeña envergadura del cuadríciclo en comparación con

un automóvil y la necesidad de confort, disminución de costos de fabricación, y protección del ser humano. Ratificado con este sistema constructivo por tener una serie de ventajas frente a lo demás tipos de carrocerías, entre las que destacan una gran ligereza, estabilidad y rigidez. Una vez definido el diseño de la carrocería, facilita su fabricación en serie, por lo que resultan más económicas, presentan una posición del centro de gravedad más bajo, por lo que mejora la estabilidad del vehículo durante la marcha y contribuyen a disminuir la generación de vibraciones y ruidos durante la marcha del vehículo, proporcionando una mayor sensación de confort a los ocupantes. (Ingemecánica, s.f.)

1.4 Conclusión Capítulo 1.

En el presente capítulo se exponen los fundamentos básicos que harán pertinente la elección adecuada de los recursos, en el diseño estructural del cuadríciclo de pedal asistido por electricidad. Por tanto, se hace necesario escoger según lo planteado el cuadríciclo a pedal (CAP) para cuatro personas, se implementará el uso del piñón libre para ayudar al pedaleo en cuestas descendentes. El acoplamiento de un motor eléctrico como asistencia al pedaleo aumentará la autonomía del vehículo y proporcionará un mayor confort. Como modelo de estructura se selecciona la autoportante y la materia de construcción será el acero ASTM 36 A dada sus propiedades de durabilidad, menor costo y fácil reparación.

Capítulo 2. Metodología a desarrollar.

2.1 Caracterización del cuadriciclo.

El equipo al que se hace referencia en la investigación presente es el cuadriciclo, este se compone en general por un armazón ligero equipado con cuatro ruedas. Es un vehículo de paseo urbano que permite circular en forma recreativa por una ciudad. Hay distintos modelos según la cantidad de plazas, los más comunes son de dos y cuatro plazas, pero también los hay monoplazas. Este tipo de vehículo posee una estabilidad superior a otros a pedal porque se asientan sobre dos ejes y cuatro ruedas. En la postura al manejar, por lo general, el conductor va sentado y extiende los pies hasta los pedales, mientras que en las bicicletas el conductor va montado sobre el cuadro y pisa los pedales. El vehículo móvil a pedal en cuestión posee una masa en vacío inferior a 350 kg, no incluida la masa de la batería en el caso de los vehículos eléctricos. La velocidad máxima por construcción que pueden desarrollar estos vehículos no puede ser superior a 45 km/h. (Aparicio, 2001)

El equipo en cuestión (cuadriciclo), es de vital importancia para el desarrollo económico social y el cuidado del medio ambiente por sus características de consumo, será el encargado de soportar los esfuerzos al transportar desde y hacia la ruta de desplazamiento. El conjunto se someterá a variadas situaciones tanto de terreno como del estado del tiempo, además de desplazarse por superficies irregulares. Debido a la explotación del conjunto mecánico se hace difícil producir los equipos con los recursos de última tecnología, por lo que para un futuro aprovechamiento del mismo se hace necesario realizar un diseño estructural sobre los cuadriciclos en busca de los métodos necesarios a implementar en su futura fabricación. La entidad al cual pertenecerá el equipo será la UHo sede “Oscar Lucero Moya” que está situada en Avenida XX Aniversario, Reparto Piedra Blanca, Holguín, Cuba. Como solución al problema ocasionado por la inexistencia de un medio de transporte familiar basado en la energía renovable a un precio considerado asequible. Se propone la realización de un diseño estructural y un estudio de análisis por el método de elementos finitos para alcanzar una estructura

con un mayor grado de estética y confort, en busca del desarrollo científico técnico del país, con el cual solidificarían las bases encargadas de garantizar una buena durabilidad y confiabilidad en futuros proyectos.

2.2 Criterios generales de selección del cuadriciclo para su futura fabricación.

En el diseño estructural del cuadriciclo de pedal asistido por electricidad en cuestión, se deberán tener en cuenta las longitudes y ubicaciones de diferentes sistemas, a la hora de implementar los mantenimientos, y de necesitarse el reemplazo de elementos se necesitará una excelente accesibilidad. También, deberán reflexionar acerca de la repartición de pesos para mantener un bajo centro de gravedad intermedio en el vehículo. Si se baja el centro de gravedad del vehículo, alcanzando la disminución de las fuerzas de reacción y vibración se puede conseguir una mayor estabilidad. Se optará por un sistema de suspensión con la capacidad de reducir el peso muerto o la masa no suspendida y acrecentar la rigidez para oponerse a los movimientos del marco estructural tubular (Cascajosa, 2005).

El peso general del vehículo y sus dimensiones influyen en la estabilidad del mismo; a mayor peso pertenece mayor fuerza centrífuga en curvas y por ende incrementa el empuje que tiende a sacarlo de su trayectoria, según Cascajosa en su libro: Ingeniería de vehículos, se especifica cada parámetro con detalle. Este transporte estará basado híbridamente en el modelo de cuadriciclo de pedal asistido de la compañía holandesa BERG: E-GRAN TOUR OFF-ROAD (Figura 2.1) y en los bicitaxis de Colombia (Figura 2.2), adaptando el equipo a recursos de nuestro alcance.

El mismo cuenta con características como: ruedas de 500 mm de diámetro (20 pulgadas) pensadas para ir por caminos y terrenos irregulares, sistema de pedaleado *Freewheel*, es decir, que es de piñón libre, las ruedas se mueven, pero los pedales no. Muy importante cuando hay bajadas, guardabarros trasero. Bastidor en forma perimetral garantizando su resistencia a impactos frontales. El original de la compañía holandesa cuenta con batería de litio de 36 V de dos horas de duración

/ 15 km de radio de acción. Debido al valor exorbitante que representaría para la economía cubana, se decide remplazar por baterías de fabricación nacional producidas en La Empresa de Acumuladores XX Aniversario del Triunfo de la Revolución, de la ciudad de Manzanillo, Granma. Por ende, la adquisición de las baterías se hará viable para el desarrollo del proyecto, contando con un producto con la mayor calidad y amplia gama en surtidos de baterías que van desde 45 hasta 200 amperes. (Radio Granma, s.f.)

Las baterías de plomo-calcio destacan como una opción factible, por tratarse de una aleación sin la presencia del antimonio, contaminante ambiental que es suplantado por una proporción mucho menor de calcio. Su diseño y construcción sellada garantizan la ausencia de gasificación y pérdidas de electrolitos, se hace innecesario el control de densidad y el agregado de agua durante toda su vida útil. Tal característica asegura una operación segura y eficiente de las baterías plomo-calcio en cualquier posición, con expectativa de vida de cinco años en condición de flote y hasta 1 200 ciclos de descarga al 30%. (Radio Granma, s.f.)

El cuadríciclo además contaría con un sistema de cargador de batería (panel fotovoltaico instalado en el techo del vehículo) el cual será asistido por los ingenieros eléctricos en tesis o proyectos posteriores, garantizando una mayor autonomía de viaje dadas las condiciones ambientales de nuestro país. Tendrá la incorporación de un motor de 2 451 W de potencia además de amortiguación delantera y trasera. También se adicionaría el anclaje para el portaequipaje trasero. El sistema de iluminación y retro visión requerido para la circulación vial además del sistema de frenos será tratado por otros ingenieros en futuras tesis.



Figura 2.1 Cuadriciclo E-GRAN TOUR OFF-ROAD y su variante con porta equipajes.



Figura 2.2 modelo de bicitaxi de Colombia. (Video de diseño de bicitaxi de Colombia(Bicitaxis Cali Ecotrixi))

2.3 Propuesta de solución según los campos de acción del Ingeniero Mecánico.

2.3.1 Diseño: sistemas que componen el cuadríciclo.

La Figura 2.3 representa el diseño estructural del cuadríciclo propuesto para 4 personas.



Figura 2.3 Diseño de cuadríciclo propuesto.

2.3.1.1 Tracción con motor eléctrico.

El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en mecánica, por medio de interacciones electromagnéticas. Estos se dividen en dos grandes grupos:

- Motores de corriente continua.
- Motores de corriente alterna.

Los motores de corriente continua son las máquinas más versátiles en la industria, su fácil control de posición, paro y velocidad los han convertido en una de las mejores opciones para aplicaciones de control y automatización de procesos. Una

máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, como se observa en la siguiente figura 2.4.

- 1) En el estator se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.
- 2) El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.



Figura 2.4 Partes del motor C.C. (mcgraw)

Tipo de Motor	Características	Ventajas	Desventajas
Imanes permanentes	Utiliza imanes permanentes y bobinas.	No necesita de alimentaciones de energía eléctrica para excitación. No presenta una sobrevelocidad.	Frenado magnético. Pérdida de potencia.
Excitación independiente	Alimentaciones eléctricas independientes para el rotor y del estator.	El campo del estator es constante. Par de fuerza estable.	Problemas por variaciones de velocidad. Alimentación externa.
Shunt o derivación	Se alimenta a las dos ramas, es decir, el devanado del inductor está conectado en paralelo con el devanado del inducido	No tiene un par elevado.	Pequeñas velocidades.
Serie	Está conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar	Gran par- motor al arrancar bruscamente.	Par reducido a grandes velocidades.
Sin escobillas	Realiza el cambio de polaridad en sus bobinas electrónicamente.	Es más rápido y eficiente. Mayor control sobre la velocidad y posición. Reduce mantenimiento.	Es más costoso.

Figura 2.5 Tipos de motores (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

Según plantea la figura anterior los motores sin escobillas (motor Brushless) son los adecuados para la asistencia al pedaleo del cuadríciclo. Este dispositivo (motor) tiene una particularidad, la realización del cambio de polaridad en sus bobinas electrónicamente, por tanto, no necesita de escobillas para realizar la conmutación. Las escobillas y la barra conmutadora se reemplazan por sensores electrónicos efecto hall, ubicados dentro del bobinado del estator y unidos al circuito de conmutación, sobre la placa del circuito del gabinete del motor. Por su disposición electrónica se aprecian menos interferencias electromagnéticas, constan de un funcionamiento de mayor fluidez y eficiencia y al no poseer escobillas se evade el reemplazo o limpieza de las mismas, evitando el chispazo eléctrico, minimizando el peligro de una explosión. (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

Cálculo de torque:

En busca de seleccionar las características técnicas con que debe contar el motor, se realizará el cálculo de la potencia, pero para continuar se necesita el torque que se evidencia en la ecuación 2.3.

$$F = C_{rr} Nf \quad 2.3$$

Fuerza necesaria para mover el cuadríciclo. (Becelli Sandoval, 06 de Agosto de 2014)

Donde:

F: Fuerza para mover del reposo el cuadríciclo.

C_{rr} : Coeficiente de resistencia a la rodadura que es 0,03. (O.E.Piro, 05 de Febrero de 2014)

Nf : Fuerza normal que es igual al peso.

$$Nf = mg \quad 2.4$$

Fuerza normal.

m: Masa total del vehículo.

g: aceleración de la gravedad.

Se reemplaza la ecuación 2.4 en la ecuación 2.3 da como resultado la ecuación 2.5:

$$F = C_{rr} mg \quad 2.5$$

Fuerza despejada.

$$F = 0.03 * 600kg * 9,81 \frac{m}{s}$$

$$F = 176,58 N$$

Encontrada la fuerza necesaria para mover el cuadríciclo se realiza el cálculo del torque, donde se utiliza la ecuación 2.6 y se reemplazan los datos correspondientes:

$$Tn = RF \quad 2.6$$

Torque.

$$Tn = 0,25 m * 176,58 N$$

$$Tn = 44,145 Nm$$

Cálculo de potencia:

Para el cálculo de la potencia es necesario la velocidad máxima, esta para las bicicletas eléctricas o categoría de ciclomotor que circula en Cuba es de 50 km/h (13.88 m/s) según la ley de tránsito y vialidad del Estado cubano. Se tomó como referencia esta velocidad para realizar los cálculos necesarios a partir de la ecuación 2.7:

$$P_{vmax} = F * v_{max} \quad 2.7$$

Potencia requerida. (Becelli Sandoval, 06 de Agosto de 2014)

Dónde:

P v_{max}: Potencia requerida.

F: Fuerza de empuje.

v_{max}: Velocidad máxima

Se despejan los datos en la ecuación 2.7 y dará como resultado la potencia del motor eléctrico.

$$P_{vmax} = 176,58N * \frac{13,88m}{s}$$

$$P_{vmax} = 2450,93 W$$

Cálculo de la velocidad angular:

En la obtención de la velocidad angular se debe trabajar a velocidad máxima con la ecuación 2.8

$$n = \frac{V_{max}}{R} \quad 2.8$$

Velocidad angular (Becelli Sandoval, 06 de Agosto de 2014)

Donde:

R: Radio del neumático.

n: Velocidad angular.

Se sustituyen los valores en la ecuación 2.8 y se obtiene la velocidad angular en rad/s, a este valor se le multiplica por 30 y divide por π

$$n = \frac{13,88 \frac{m}{s}}{0,25 m} * \frac{30}{\pi}$$

$$n = 530,18 \text{ min}^{-1}$$

Según los resultados obtenidos, el motor eléctrico sin escobillas es el más adecuado para el proyecto, pese a su costo elevado. La velocidad y potencia necesaria para la impulsión del cuatriciclo lo convierten en el indicado y tomando en cuenta que el mantenimiento es mínimo, se puede economizar costos a largo plazo.

2.3.1.2 Sistema de dirección.

Es el sistema destinado a la orientación del vehículo según las indicaciones del conductor mediante los mecanismos que lo conforman. La forma de la dirección se analiza teniendo en cuenta el régimen estacionario, es decir, los radios internos y externos mostrados en la Figura 2.6. Este se forma cuando el vehículo circula en una curva con un punto de referencia constante llamado también condición de Ackerman. (Luque P, 2008)

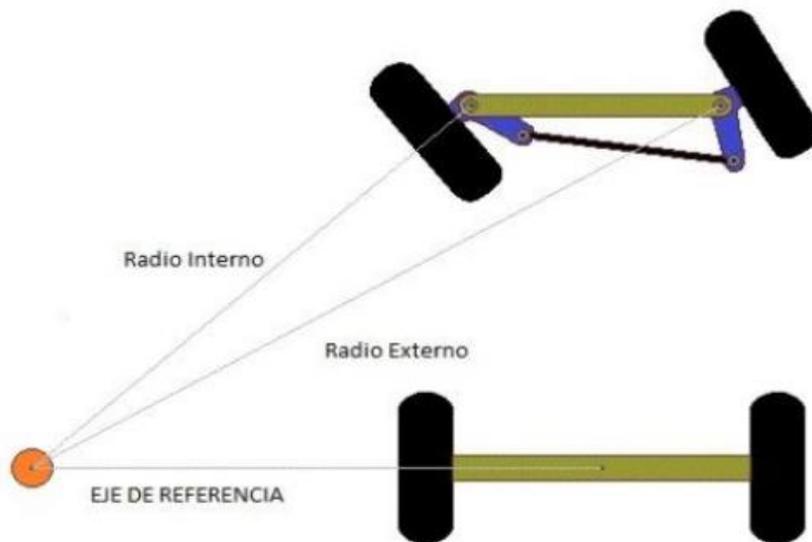


Figura 2.6 Ángulos de las ruedas.

La conducción de todo vehículo debe ser placentera y segura, se logra si el conductor puede dar la orientación deseada al cuadríciclo por medio de movimientos exactos y suaves a las ruedas. La precisión en la dirección está determinada por un equilibrio sostenible entre la suavidad y la dureza, al ser muy dura, la conducción se hace cansada e imprecisa, por el contrario, de ser muy suave, el conductor no siente la dirección y el carro puede desorientarse. (Ruiz J, 01 de Julio de 2010)

Tipo de Dirección	Características	Ventajas	Desventajas
Mecánica del Automóvil	Utiliza mecanismos para lograr que el movimiento del volante sea enviado a las ruedas.	Control más real No es un sistema complejo	Se necesita un gran esfuerzo Costo elevado Peso elevado
Hidráulica del Automóvil	Se utiliza presión hidráulica para disminuir el esfuerzo a direccionar el vehículo.	Menor esfuerzo para curvar Mayor precisión Mayor control	Sensible a cualquier movimiento Costo elevado Mayor peso
Mecánica de Bicicleta	Son de funcionamiento simple y con un sistema de varillaje o eje giratorio.	Bajo costo Libertad de adaptación Ocupa poco espacio	Construir piezas

Figura 2.7 Tipos de dirección.

A partir de los resultados observados en la investigación se opta por la dirección mecánica de bicicleta especial (de fabricación propia adaptada). Las direcciones mecánicas utilizadas en las bicicletas, son factibles por el poco espacio que estos requieren además son seguras y precisas a la hora de orientar el cuadríciclo, pero el aspecto determinante es la adaptabilidad, es decir, se puede realizar un movimiento de ruedas de representación no convencional, por ende, las direcciones especiales se adecuan más al proyecto.

2.3.1.3 Sistema de suspensión.

El sistema de suspensión asiste el contacto que existe entre las ruedas y la carretera, calzada o terracería. La presión que ejerce le permite al vehículo mantener una correcta estabilidad y mayor control durante el manejo. Las vibraciones transmitidas a causa de irregularidades del suelo, tienen límites difíciles de establecer, cada persona posee diferente nivel de sensibilidad y el sistema de suspensión es el encargado de menguar los efectos vibratorios. La tolerancia a las vibraciones pende directamente de la dirección que asuman las ondas vibratorias en relación al cuerpo humano, es decir, en dirección vertical la mayor sensibilidad aprecia en frecuencias comprendidas entre 4 y 8 Hz mientras que en direcciones transversales el intervalo es menor de 1 y 2 Hz. (Salesiana)

Tipo de Sistema	Características	Ventajas	Desventajas
Eje Rígido	Las dos ruedas están unidas entre sí por medio de un eje en común.	Se mantienen perpendicularmente con el suelo en las curvas. Menor costo de fabricación.	En terrenos irregulares el movimiento de una rueda es transmitida directamente a la otra.
Mac Person	Tiene un brazo de control inferior y esta fijo a un extremo del bastidor.	Se puede utilizar en la parte delantera y/o posterior. Permite disponer más espacio para la mecánica.	Somete a grandes esfuerzos la zona donde están los amortiguadores produciendo deformaciones en sus apoyos
Brazo Largo y Corto	Posee un brazo inferior y otro superior los cuales están fijos al chasis.	Tiene cuatro grados de libertad y poseen movimiento independiente.	Es más costoso y ocupa más espacio
Doble Viga en I	Se utiliza dos vigas, los extremos están unidos a las ruedas y los otros extremos libres a la carrocería.	Mayor fijación con de las ruedas con el suelo.	Mayor costo ya que las de las vigas son de acero y una de ellas posee un diferencial.

Figura 2.8 Resumen de sistemas de suspensión. (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

En la selección del sistema de suspensión se obtiene como la más indicada la Mc Person, la cual satisface la mayoría de requerimientos del proyecto, principalmente los factores de selección espacio y seguridad que son fundamentales para implementar el sistema de suspensión. Pero a grandes rasgos debido a los recursos existentes y a simplificar el proceso de fabricación se decide optar por una suspensión fija en el eje trasero y una innovación de la suspensión Mc Person de eje independiente (Figura 2.9) para el eje delantero.

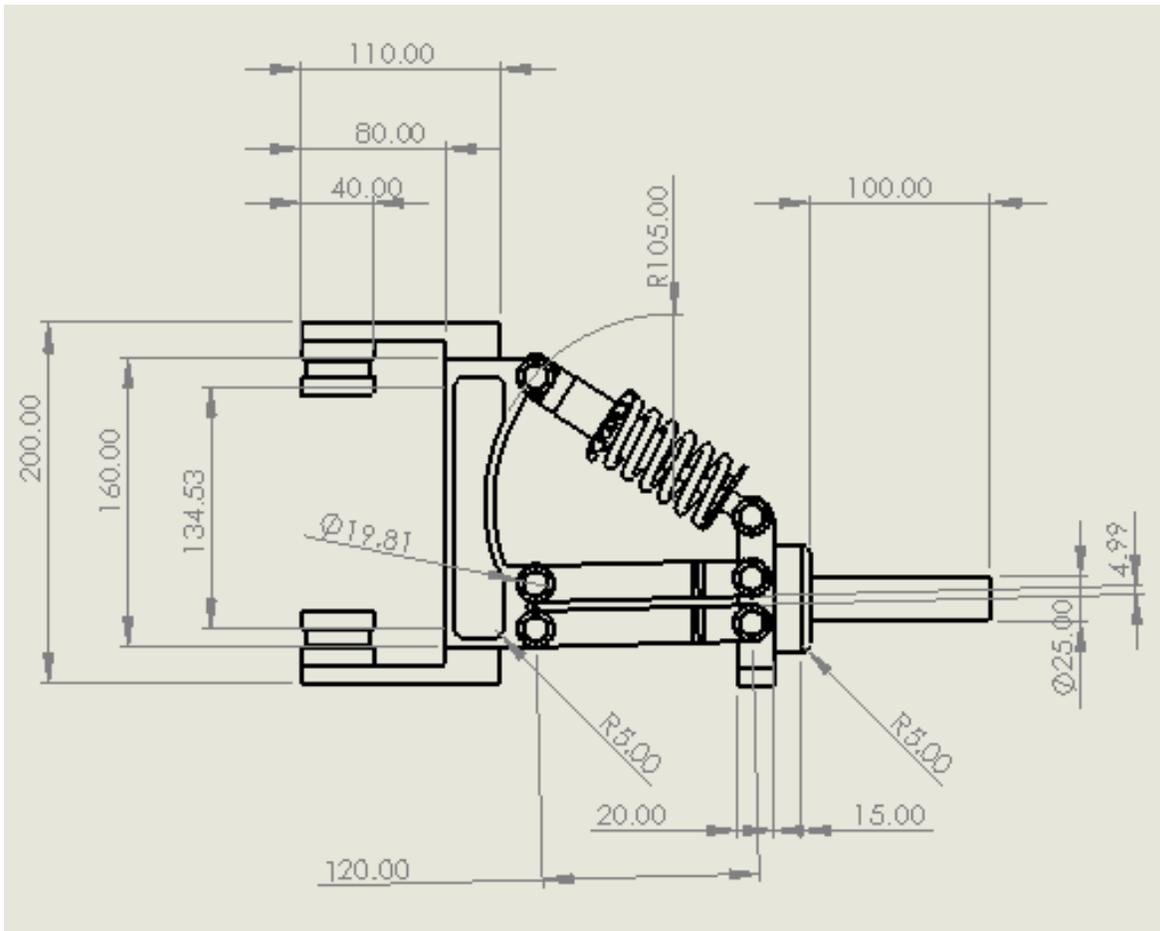


Figura 2.9 Esquema de la innovación de la suspensión Mc Person de eje independiente. (2018)

2.3.1.4 Sistema de frenos.

El sistema de frenado forma parte indispensable de todo vehículo, es el que concede la capacidad de someter la velocidad hasta llegar a detenerse, en medida lo requiera el conductor. Este sistema va mezclado directamente con la seguridad, en su desarrollo y a su mejora continua.

Fuerza de frenado

“En el proceso de frenado se encuentran presentes las diferentes fuerzas retardadoras del vehículo, las cuales son las que se desarrollan en la superficie de las ruedas, como consecuencia de su contacto continuo con la calzada, al aplicarles un par que se opone al movimiento, es decir las fuerzas de frenado. Los esfuerzos que proporciona el sistema de frenos se traducen en pares aplicados a las ruedas en sentido opuesto a su movimiento. Estos pares han de vencer la propia inercia de las masas rotativas asociadas a las ruedas, a la vez que se producen la desaceleración de la masa del vehículo en su movimiento de traslación, suponiendo que el eje representa el momento de inercia equivalente a las masas que giran conectadas a la rueda j y que esta adquiere una desaceleración angular Ω_j , (Aparicio, Vera, & Diaz, 2001) se puede establecer la siguiente relación para dicha rueda.”

$$F_{fj} * r_c = M_{fj} - I_{ej} * \Omega_j ; F_{fj} = \frac{M_{fj} - I_{ej} * \Omega_j}{r_c} \quad 2.9$$

Fuerza de frenado. (Aparicio, 2001)

Donde:

F_{fj} : Fuerza de frenado de la rueda.

r_c : Radio de la rueda bajo carga.

M_{fj} : Par aplicado en sentido contrario al movimiento de la rueda.

I_{ej} : Momento de la inercia equivalente de las masas.

Ω_j : Desaceleración angular.

Sistemas de freno	Distancia limites (m)	Distancia (m) y desvió con Disco	Distancia (m) y desvió con Cantilever	Distancia (m) y desvió con V-Brake	Distancia (m) y desvió con varilla	Distancia (m) y desvió contra pedal
Delantero y trasero	7	10,9 ± 27%	9,4 ± 29%	4,7 ± 21%	6,5 ± 21%	5,5 ± 11%
Sólo trasero	15	25,6 ± 39%	26,5 ± 33%	14,4 ± 22%	14,0 ± 23%	8,2 ± 5%

Figura 2.10 Distancia de frenado para los diferentes sistemas de freno a una velocidad de 25 Km/h. (Martinez D, 01 de Enero de 2005)



Figura 2.11 Ejemplo de freno de disco. (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

La alternativa en este caso es el freno de disco, que debe ubicarse, uno para cada rueda colocada en el cuadríciclo. Este freno mediante pastillas las, cuales son presionadas mecánica o hidráulicamente contra los discos deteniendo la rueda. Este freno posee mayor potencia de frenado y no afecta las impurezas del entorno. La integridad total del conductor depende de este sistema. Posee elementos de disposición simple y el módulo de accionamiento no requiere de gran esfuerzo para activarse. (Aparicio, 2001)

2.3.1.5 Sistema de ruedas.

Las ruedas son elementos encargados de comunicar el vehículo con el suelo, soportan la carga y están conformadas por los siguientes elementos:

- Cubierta.
- Cámara de aire (tubo).

La información que norma internacionalmente y estandariza el tamaño y la resistencia de cada neumático, se marca en la banda (flanco o costado) de la cubierta en los tres principales sistemas internacional (ISO), británico y francés. En el mercado mundial existe una amplia gama de medidas en los neumáticos, desde 20" a 27" (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015). El destino de trabajo y uso que tendrán son factores imprescindibles a la hora de elegir los neumáticos para bicicletas. Para ejecutar un análisis del tamaño de neumático, necesario para el cuadríciclo, se tendrá en cuenta la velocidad media alcanzable por una bicicleta eléctrica promedio que es de 30 km/h - 40 km/h. En la aplicación de los cálculos se supondrá una velocidad aproximada de 50 km/h por factores de seguridad.

La ecuación 2.10 representa la fórmula para determinar la velocidad del cuadríciclo en las distintas marchas que se deseen acoplar.

$$V_{(I,II,III,IV,R)} = \frac{2 * R_{din} * \pi * n_M * 3.6}{i_{t(I,II,III,IV,R)}} (km/h) \quad 2.10$$

Fórmula de la velocidad. (Kindler H, 1986)

Dónde:

$V_{(I,II,III,IV,R)}$ = Velocidad del vehículo en las distintas marchas (km/h).

R_{din} = Radio dinámico (mm).

n_M = Revoluciones del motor (min^{-1}).

$i_{t(I,II,III,IV,R)}$ = Relación de transmisión total en las variadas marchas.

Ecuación 2.11 resultado de despejar el radio dinámico de la ecuación 2.10, por tanto, se reemplazan los datos antes calculados y se determina el tamaño apropiado del neumático para el cuadriciclo.

$$R_{din} = ((V_{(I,II,III,IV,R)} * i_{t(I,II,III,IV,R)} * 60 * 1000)/2 * \pi * n_M * 3.6) \text{ mm}$$

Ec. 11 Fórmula de radio dinámico.

$$R_{din} = ((50 * 1 * 60 * 1000)/2 * \pi * 530,18 * 3.6) \text{ mm}$$

$$R_{din} = 250.16 \text{ mm}$$

El radio dinámico es de 250.16 mm, por tanto, las ruedas deben tener un diámetro de aproximadamente 500 mm, que a su vez corresponde a rin de 20" de bicicleta. Para mantener una estabilidad confortable necesitarán cuatro ruedas iguales, dos delanteras y dos traseras.

2.3.1.6 Sistema de tracción.

2.3.2 Mantenimiento.

Según un análisis basado en la opinión de expertos, debido a que el equipo no se puede someter a prueba, puesto que no está fabricado. El mantenimiento debe ir enfocado a resolver las posibles futuras fallas más comunes. Partiendo de la consulta a expertos, de proponer un posible mantenimiento, en teoría, sería mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo según corresponda el caso.

Posibles fallas del regulador de voltaje.

1. No carga la batería.
2. Se sobrecalienta la batería.
3. Carga incompleta de la batería.

Posibles fallas del sistema de alumbrado.

1. No se encienden algunas luces o no funciona todo el sistema.
2. Las lámparas se funden con frecuencia.
3. El claxon no funciona, o lo hace con intermitencia.

Posibles fallas en la suspensión

1. Golpes secos y vibraciones fuertes al pasar el vehículo por irregularidades en la vía.
2. Pérdidas en la estabilidad del cuadríciclo.
3. Golpes secos en los amortiguadores.
4. Chirridos.

2.3.3 Valoración económica de la propuesta planteada.

En el mundo la economía es un tema que está presente en las reuniones internacionales debido a la crisis económica imperante. En Cuba la crisis golpea con gran fuerza, debido a que el país es subdesarrollado y bloqueado. A partir del análisis de la situación actual de la economía y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el proyecto, se ha podido determinar que esta tecnología es factible desde el punto de vista económico y práctico. Su fabricación mediante el proceso de soldadura permite para este de cuadríciclo el ahorro de las importaciones, costo de envío, almacenamiento y reducción de costos.

Sistemas empleados	Sub Total	Trabajo para el ensamblaje del vehículo	Total
Sistema de transmisión y motor	\$ 478,00	\$ 0,65	\$ 478,65
Estructura	\$ 200,00	\$ 1,78	\$ 201,78
Acabados y varios	\$ 158,00	\$ 1,10	\$ 159,10
Sistema de dirección	\$ 218,00	\$ 0,90	\$ 218,90
Suspensión y amortiguadores	\$ 240,00	\$ 0,45	\$ 240,45
Sistema de frenos	\$ 82,00	\$ 0,40	\$ 82,4
Ruedas y neumáticos	\$ 600,00	\$ 0,25	\$ 600,25
Total, del vehículo	\$ 1976,00	\$ 5,7	\$ 1981,53

Figura 2.12 Valoración económica.

2.3.4 Valoración del impacto ambiental de la propuesta planteada.

Desde hace varias décadas el planeta ha sufrido daños por los desechos que son vertidos a la atmósfera, a través de los disímiles procesos que se desarrollan en las grandes industrias. No es sino hasta hace pocos años atrás que se ha intervenido en el tema, pues es un problema por las severas lesiones causadas al medio ambiente y a su vez a la salud humana.

La investigación sobre los cuadríciclos se desarrolló con el objetivo de disminuir las afectaciones ambientales. El equipo contará con un sistema eléctrico, para reducir las emanaciones de gases tóxicos a la atmósfera. También se prevé en un futuro, acoplarle un sistema de auto energización de la batería mediante celdas fotovoltaicas en ayuda al consumo y para evitar el derroche de combustibles fósiles.

Se incorporarán dispositivos de suspensión que garantizan la reducción de las vibraciones y la durabilidad del cuadríciclo.

El mayor riesgo medioambiental lo representan las baterías, las que serían desechadas en depósitos o lugares en forma de poceta donde debido a la baja concentración de amonio cálcico en estas baterías no representaría un daño a los ecosistemas, y se evita la formación un ambiente favorable para el desarrollo de criaderos, y de diversos vectores que pueden ocasionar epidemias. (Radio Granma, s.f.)

2.4 Conclusión Capítulo 2.

Este capítulo refleja los procesos y sistema a tener en cuenta en el diseño estructural del cuadríciclo. Posee una caracterización breve de sus propiedades donde se escoge un motor de 2 450,93 W de potencia, con un sistema de dirección mecánica de bicicleta. El sistema de suspensión está dividido, para la parte trasera se utiliza una suspensión fija en el eje trasero y una innovación de la suspensión Mc Person Figura 2.12 de eje independiente para el eje delantero. El sistema de frenos, en este caso consiste es el freno de disco, que debe ubicarse, uno para cada rueda colocada en el eje posterior del cuadríciclo. Las ruedas deben tener un diámetro de aproximadamente 500 mm, que a su vez corresponde a rin de 20" de bicicleta. El

costo de los sistemas empleados será de aproximadamente \$ 1 981,53. Ambientalmente el diseño tendrá un impacto gratificante según lo analizado en el apéndice 2.4.4 de este trabajo de diploma.

Capítulo 3. Estudio del diseño estructural del bastidor.

En el diseño estructural del bastidor del cuadríciclo se deben tener en cuenta diversos parámetros. La estructura del mismo, se encarga de soportar todas las cargas y los esfuerzos en general, considerándose el componente principal del vehículo. Los sistemas que serán incorporados, necesitarán del espacio necesario y fácil acceso, para garantizar un buen mantenimiento.

3.1 Requisitos del bastidor.

Dentro de las especificaciones a tener en cuenta a la hora del diseño estructural del bastidor, se debe tener presente parámetros clave a seguir. El número de ocupantes que pueden ser cuatro como máximo, la masa de estos que será de hasta 100 kg, además de otros 200 kg entre al peso del vehículo, accesorios del mismo contando con los sistemas que lo integran e incluyendo el motor, las baterías, el techo y el equipaje. Siempre se tendrá en cuenta que la estructura del bastidor no podrá afectar el proceder del conductor o los acompañantes al ejercer su función. De acuerdo a consulta a expertos el diseño del bastidor debe contar con materiales disponibles en el mercado, centro de gravedad lo más bajo posible, distribución de cargas en puntos críticos en todo el bastidor y una distribución de los esfuerzos.

Para el bastidor se utilizarán barras de forma tubular cuadradas, de acero AST 36 A con medidas de 40 mm por 40 mm y 4 mm de espesor. Este diseño tubular, garantiza un menor peso y una estructura más económica en comparación con las estructuras monocasco e híbridas.

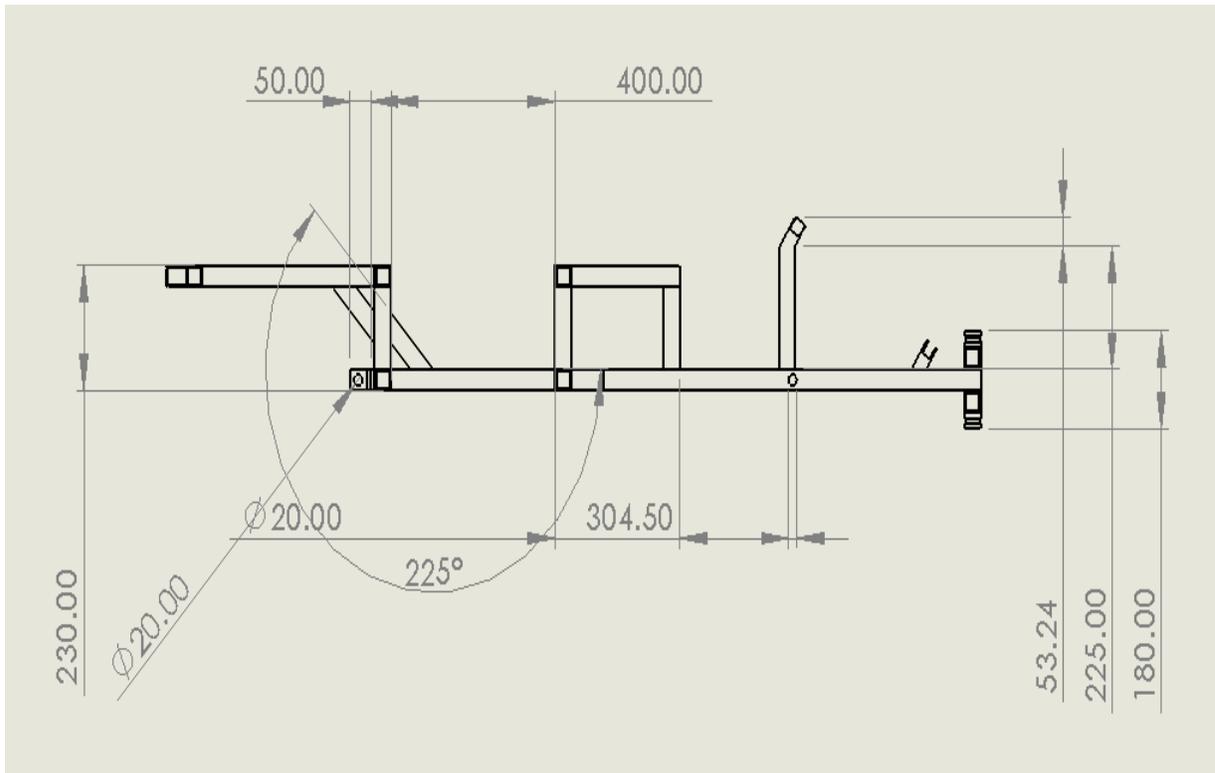


Figura 3.3 Esquema de medidas 2 del bastidor.

3.2 Mallado.

El empleo de un mallado para el diseño del cuadríciclo en cuestión para cuatro personas permite alcanzar una solución numérica aproximada de ciertas ecuaciones diferenciales que caracterizan el comportamiento físico del diseño. (ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, 2015)

Para el proceso de mallado se debe asegurar de tener todas las piezas con su respectivo material asignado, luego se insertan las sujeciones en el dispositivo. Además, se insertan las respectivas cargas y se procede al mallado, donde se escoge el tamaño de la malla según sea requerido para el estudio y se procede al mallado. De existir algún fallo el proceso se retorna a establecer nuevos parámetros hasta que sea correcto según corresponda.

El software CAD utilizado en este proceso es SolidWorks 2018. Una vez exitoso el mallado para el tipo malla sólida, con 52 882 nodos y con un tamaño de malla de 24.7454 mm, se procede a la ejecución del estudio.

Nombre del modelo:Assem1
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Default-)
Tipo de malla: Malla sólida

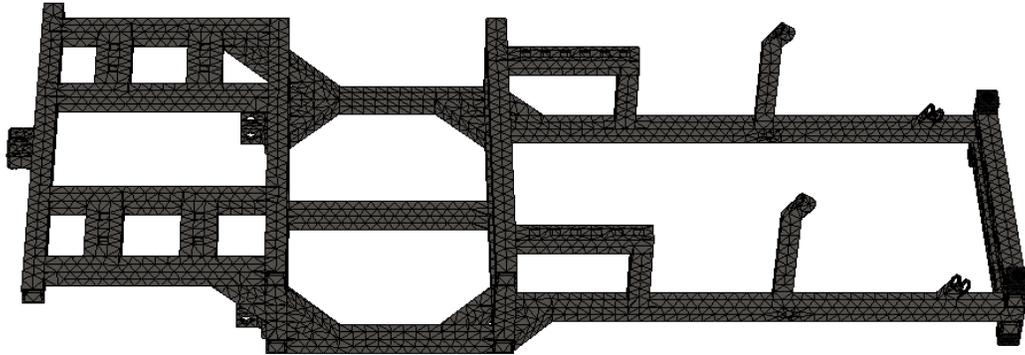


Figura 3.5 Mallado del bastidor.

3.3 Resultado del estudio.

3.3.1 Factor de seguridad:

La estructura se somete al análisis de esfuerzos por elementos finitos, para cargas distribuidas entre los asientos delanteros y traseros por un valor de 400 kg, 100 kg de equipaje en los anclajes ubicados al final del vehículo. Como resultado se observa que la zona crítica se encuentra en la parte central donde va ubicado el descanso de los pasajeros, sin embargo, el factor de seguridad mínimo es de 4,4 por lo que se llega a la conclusión de que el diseño es seguro.

Nombre del modelo:Assem1
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Default-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 4,4

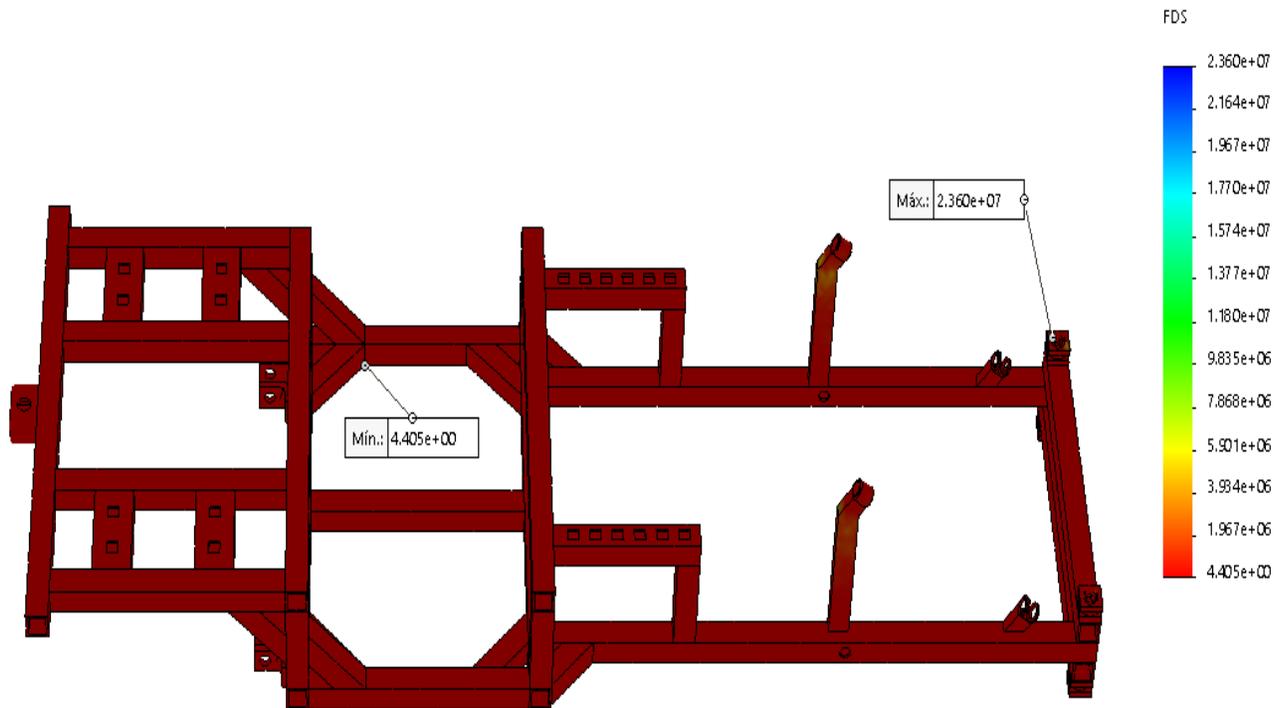


Figura 3.6 Distribución del factor se seguridad.

El diseño contará con una masa de 63,64 kg, un volumen de 0.01 m³ y un área superficial de 3.92 m².

3.3.2 Distribución de tenciones.

El análisis siguiente representa las distribuciones de tenciones generadas en el bastidor a partir de los datos analizados en el *software*, mostrando los puntos donde se aprecia las mayor y menor tención.

Nombre del modelo:Assem1

Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Default-)

Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

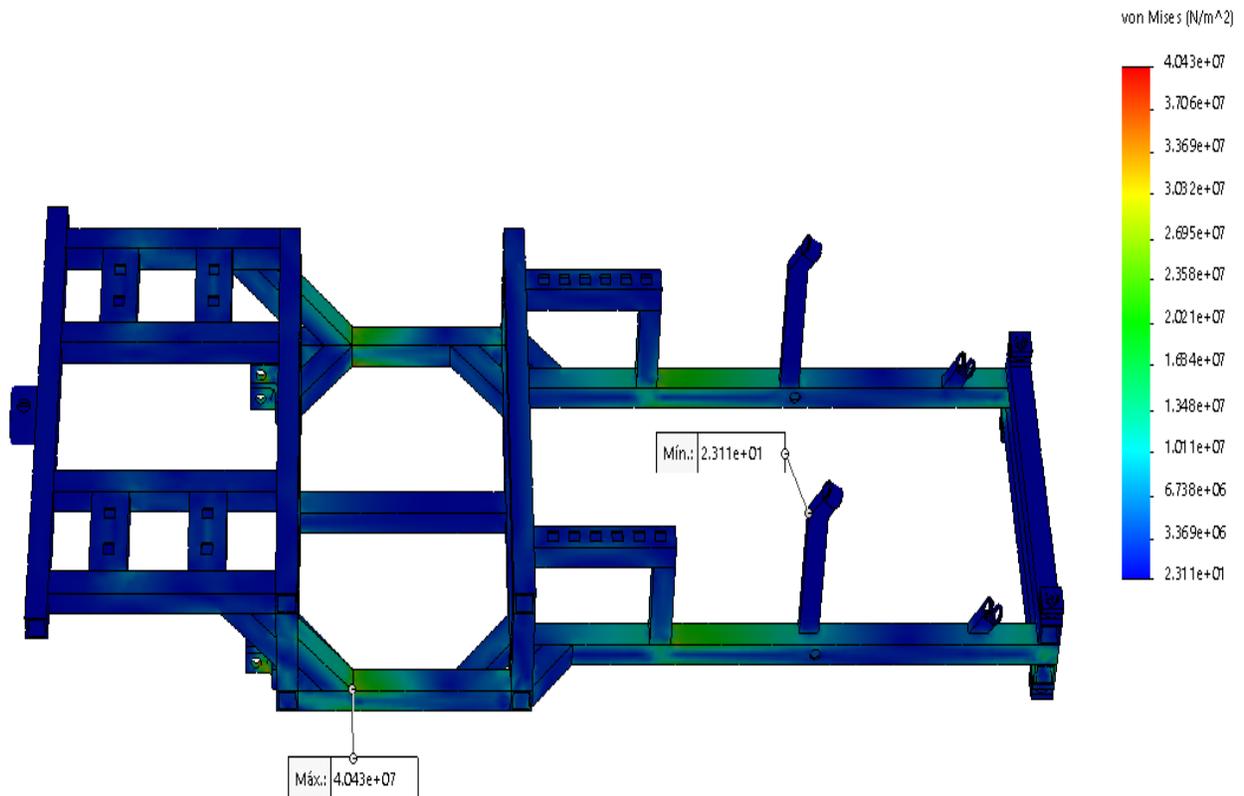


Figura 3.7 Distribución de tensiones.

3.3.3 Distribución de los desplazamientos en la estructura.

El siguiente esquema representa los desplazamientos en la estructura del bastidor, respecto a los puntos de apoyo. En este caso se aprecia como los puntos de mayor incidencia en la estructura se encuentran en la base de los asientos delanteros.

Nombre del modelo: Assem1

Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Default-)

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

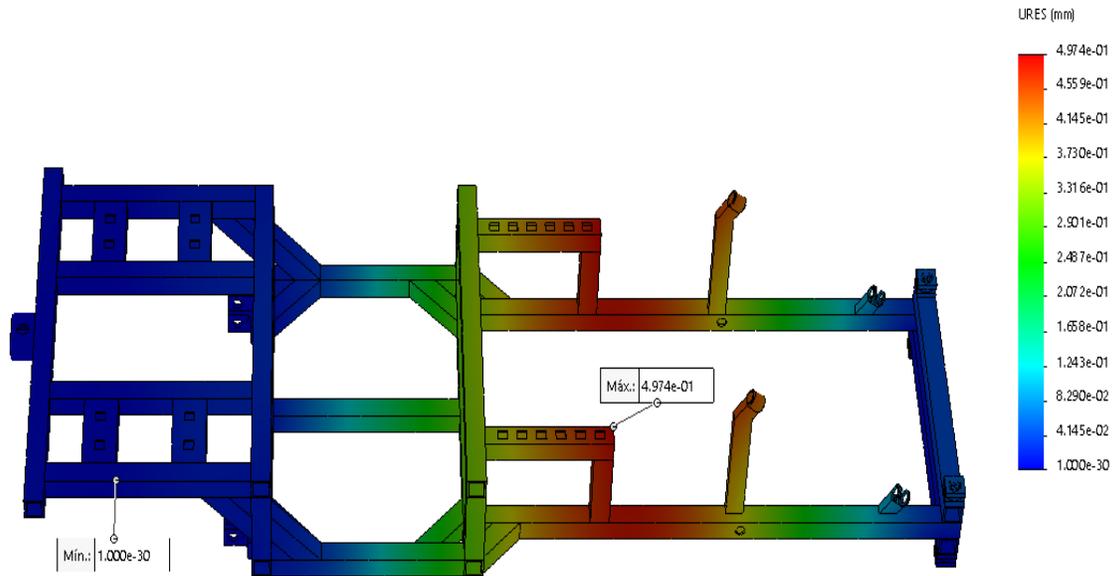


Figura 3.8 Distribución de los desplazamientos en la estructura.

3.3.4 Deformaciones unitarias de la estructura.

En este caso se observan en el esquema las deformaciones unitarias de la estructura. Se llega a la conclusión de que el punto de mayor deformación coincide con el de mayor tensión y de igual manera sucede con el punto de menor tensión y el de menor deformación.

Nombre del modelo:Assem1

Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Default-)

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1

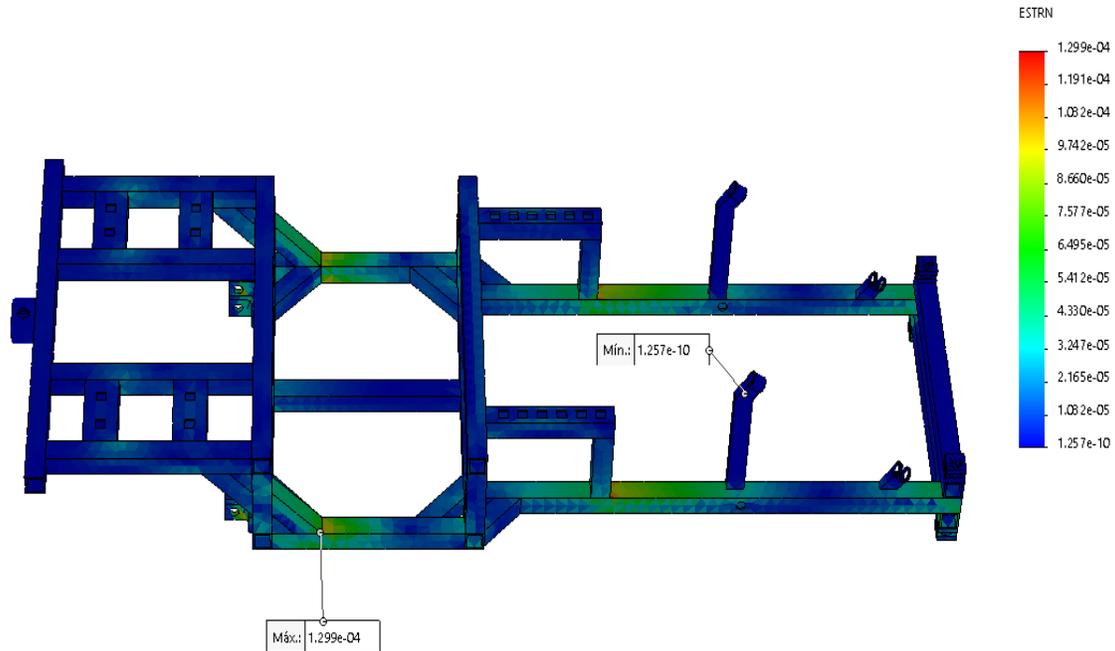


Figura 3.9 Deformaciones unitarias de la estructura.

3.4 Conclusión Capítulo 3.

1. Se realizó el estudio del diseño estructural del bastidor del cuadríciclo de pedal asistido apoyado en herramientas de análisis computarizado, utilizando el *Simulation* de *Solid Works*.
2. Los resultados del estudio del bastidor indican un factor de seguridad de 4,4 haciendo viable el diseño, es decir soporta una carga equivalente a 600 kg, distribuidas entre los pasajeros y la zona de carga del cuadríciclo.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el estudio estructural de un cuadr ciclo con pedaleo asistido, apoyado en el método de elementos finitos.
2. En la revisión bibliográfica se analizaron las diferentes variantes de ciclos y sus características fundamentales.
3. Se determinaron las particularidades para el diseño de un cuadr ciclo.
4. Se realizó el diseño del cuadr ciclo apoyado en las herramientas CAD que brinda el Solid Works.
5. Se realizaron los análisis de comprobación con las diversas herramientas CAE, determinándose que el diseño resiste la carga prevista en el diseño.
6. Se realizó el análisis económico y medioambiental, considerando que no hay afectación al medio ambiente y que es factible económicamente para el fin que está destinado.

RECOMENDACIONES

- Construir el prototipo del cuadriciclo, pues solamente a raíz de su fabricación y explotación se detectarán las deficiencias funcionales.
- Debido al avance tecnológico se recomienda continuar la investigación sobre los cuadriciclos puesto que cada día surgen nuevas ideas y descubrimientos, además de seguir trabajando el tema para que pueda ser utilizado en varios trabajos de diploma antes señalados que serían la incorporación del sistema eléctrico con el panel solar en el techo y el sistema de iluminación y retrovisión debido a su gran envergadura, dándole así continuidad al proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

2018, S. (s.f.). SolidWorks 2018.

Abrahan, C. V., & Maribel, R. V. (2018). "DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN VELOMOBILE IMPULSADOPOR FUERZA MOTRIZ HUMANA". TRUJILLO – PERU: BIBLIOTECA DIGITAL - DIRECCIÓN DE SISTEMAS DE INFORMÁTICA Y COMUNICACIÓN.

Aceros y sus clasificaciones. (30 de julio de 2009). Recuperado el 26 de 03 de 2019, de http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020119025/1020119025_02.pdf

ADRIANA PATRICIA SALINAS CAGUANA, I. M. (2015). *TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL.* Latacunga, Ecuador. Recuperado el 26 de marzo de 2019

Anónimo. (s.f.). *Metalurgia y Materiales.* Recuperado el 26 de abril de 2019, de <http://cesarmetalugista.blogspot.com/p/aleaciones-de-aluminio.html>

Aparicio I. F, V. A. (2001). *Teoría de los Vehículos Automoviles.* Madrid, España: Madrid, España: ETS.

Bciscope. (s.f.). *BiciSCOPE.* Obtenido de <https://www.biciscope.com/las-ventajas-la-fibra-carbono-bicicleta/>

Becelli Sandoval, J. A. (06 de Agosto de 2014). " DISEÑO DE ETAPA DE POTENCIA Y CONTRO PARA UN MOTOR BRUSHLESS DE CD CON FRENADO REGENERATIVO APLICADO A UNA MOTO DEPORTIVA ELECTRICA ". Recuperado el 1 de mayo de 2019

Bici, A. T. (18 de mayo de 2015). *Cómo funciona: Piñones Libres.* Recuperado el 18 de diciembre de 2018, de Arma Tu Bici: <https://www.armatubici.cl/como-funciona-pinones-libres/>

Boix, J. P. (1999). *La bicicleta: un vehículo para cambiar nuestras ciudades.* Ajuntament de Barcelona.

Budynas R, N. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* (M. D.-H. S.A., Ed.)

Cascajosa, M. (2005). *Localizacion del Centro de gavedad.* (Alfaomega., Ed.) México D.F.

Espectador, E. (2018). *AIE alerta de una crisis mundial del petroleo si no se aaumenta la inversión.* Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <https://www.elespectador.com/economia/aie-alerta-de-una-crisis-mundial-de-petroleo-si-no-se-aumenta-la-inversion-articulo-823406>

Hancock, J. R. (2017). *Hace 200 años de la primera bicicleta: estos fueron los primeros modelos.* (E. País, Ed.) Obtenido de https://verne.elpais.com/verne/2017/04/19/articulo/1492597692_626497.htm

I

- HOME, B. (25 Junio 2013). *"La historia de la bicicleta"*. Recuperado el 13 de noviembre de 2018, de <http://bicihome.com/la-historia-de-las-bicicleta/>
- ICBF. (2016). Cargo Bike Parade . Nijmegen, Netherlands, Países Bajos.
- Ingemecánica. (s.f.). *El Bastidor de los Vehículos*. Recuperado el 21 de abril de 2019, de <https://https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>
- Jacques. (2011). *Jacques, Teoría básica de estructuras*. Madrid: EFCA S.A.
- Jiménez, I. (3 de abril de 2010). *La Invención De La Rueda*. Obtenido de Recuerdos de pandora: <https://recuerdosdepandora.com/historia/inventos/la-invencion-de-la-rueda/>
- Kindler H, K. H. (1986). *Velocidad del vehículo en las distintas marchas*. Barcelona: REVERTÉ S.A.
- Luque P, A. D. (2008). *INGENIERÍA DEL AUTOMÓVIL*. MADRID: THOMSON.
- Martinez D, S. C. (01 de Enero de 2005). *INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de http://www.inti.gov.ar/mecanica/pdf/sistemas_freno.pdf
- mcgraw. (s.f.). (s.f.) *mcgraw*. Recuperado el 8 de abril de 2019, de <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448173104.pdf>
- O.E.Piro. (05 de Febrero de 2014). *Notas sobre Física General: Resistencia a la rodadura*. Recuperado el 19 de febrero de 2019, de <http://www2.fisica.unlp.edu.ar/materias/fisicageneralcn/Resistenciarodadura.pdf>
- PACO NAVARRO, J. R.-W.-W. (2010). *LA INGENIERÍA DE LA BICICLETA*. Madrid: ESTEYCO. Menéndez Pidal, 17. 28036 Madrid.
- Pavalovic, A., & Fragassa, C. (2015). *General considerations on regulations and safety requirements for quadricycles*.
- Radio Granma, M. (s.f.). Recuperado el 15 de enero de 2018, de <http://www.radiogranma.icrt.cu/index.php/2017/08/17/nuevas-metas-en-la-produccion-de-baterias/>
- reservados, D. (s.f.). *Pinterest*. Recuperado el 8 de abril de 2019, de https://www.google.com/search?rlz=1C1GCEA_enCU848CU849&q=trikes+1970&tbm=isch&source=univ&safe=strict&sa=X&ved=2ahUKEwie0fittJ7iAhVBiOAKHRuUD0oQ7A16BAglEA0&biw=1920&bih=937#imgrc=HvWo0u7_nQ3E1M:
- Ruiz J, S. W. (01 de Julio de 2010). *Repositorio UTN*. Recuperado el 20 de abril de 2019, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2217/3/05TESIS893.pdf>
- Sádaba, I. O. (21 de diciembre de 2015). *ESTRUCTURA Y CARROCERÍA DE VEHÍCULOS*. Recuperado el 22 de abril de 2019, de <http://amoviblesio.blogspot.com/>

Salesiana, U. p. (s.f.). “ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN NEUMÁTICA A UN VEHÍCULO 4X4 GMC MODELO JYMMI”

SANTAFIXIE. (20 de enero de 2019). *SANTAFIXIE*. Obtenido de <https://www.santafixie.com/en/bicycle-accessories/transmission/buy-cogs.html>

Tecnología del Plástico. (s.f.). Recuperado el 26 de abril de 2019, de <http://www.plastico.com/temas/Compuestos-de-plasticos-de-ingenieria,-disenando-propiedades-a-la-medida+113332>

Video de diseño de bicitaxi de Colombia(Bicitaxis Cali Ecotrixi) (s.f.). [Película]. Colombia. Recuperado el 10 de abril de 2019

Viñas, G. V. (2014). Transporte y mantenimiento de vehículos. En G. V. Viñas, *Estructuras del vehículo* (pág. 19). Pozuelo de Alarcón, Madrid: Editorial Editex, S.A. Recuperado el 22 de abril de 2019, de <https://books.google.com/cu/books?id=hTmRAwAAQBAJ&pg=PA11&lpg=PA11&dq=estructura+de+cuadriciclos&source=bl&ots=zBZZZTAQzx&sig=ACfU3U2BEBFwTkPBNbqBRs-8koPhYDWZew&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjC7sTPoubhAhXBpFkKHT9xB8QQ6AEwBnoECAgQAQ#v=onepage&q=estructura%20de%20c>

web, P. (1896-2011). *Evolución del coche eléctrico contada en 9 importantes hitos, desde 1896 hasta 2011 obtenidos de:*. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de <http://www.quecocheelectrico.com/documentos/articulos/la-historia-del-coche-electrico>.

ANEXOS

Size in cm	A: 190	B: 102	C: 115	D:46
Weight with box: 113 kg	Box size in cm: 119 x 99 x 78		Number on Euro-pallet: 2	

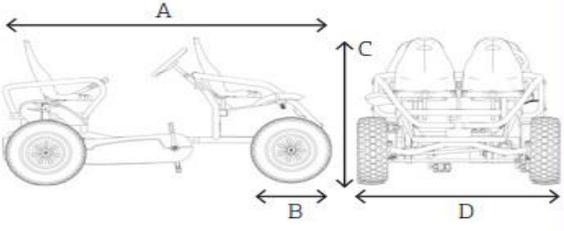
Plano original del cuatriciclo modelo E-GRAN TOUR OFF-ROAD.



Chasis del cuadriciclo modelo E-GRAN TOUR OFF-ROAD.



Accionamiento electromecánico del cuadriciclo modelo E-GRAN TOUR OFF-ROAD.

				
	Size in cm	A: 190 B: 46 C: 102 D: 115 E: n/a F: n/a		
	EAN-code: 8715839053661			
	Weight	Box 1: 120x100x80 cm (2 on Block-pallet) 106kg Box 2: 100x58x40 cm (10 on Block-pallet)		
	 0- 99	<table border="1"> <tr> <td>Max weight user: 350kg</td> <td rowspan="2">Parental supervision required: YES</td> </tr> <tr> <td>Max length user: n/a</td> </tr> </table>	Max weight user: 350kg	Parental supervision required: YES
Max weight user: 350kg	Parental supervision required: YES			
Max length user: n/a				
Cardboard in packaging: 4000gr	Plastic material in packaging: 200gr			

Plano auxiliar del cuatriciclo modelo E-GRAN TOUR OFF-ROAD.

				
	Size in cm	A: 126 B: 206 C: 94 D: n.a		
	EAN-code: 8715839053685			
	Weight	Box: 120x40x19 cm (20 on Block-pallet)		
	 6+ yrs.	<table border="1"> <tr> <td>Max weight user: n.a.</td> <td rowspan="2">Parental supervision required: n.a.</td> </tr> <tr> <td>Max length user: 2.1m.</td> </tr> </table>	Max weight user: n.a.	Parental supervision required: n.a.
Max weight user: n.a.	Parental supervision required: n.a.			
Max length user: 2.1m.				
Cardboard in packaging: .kg	Plastic material in packaging: .kg			

Plano original del techo del cuatriciclo modelo E-GRAN TOUR OFF-ROAD.