

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

***INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA***

**"DISEÑO DE CUADRO PARA BICILETA ELECTRICA"**

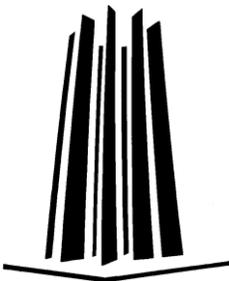
**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:  
IBARRA MELO MARCIAL YOEL  
MEDINA JIMÉNEZ CESAR**

**TUTOR:**

**MDI HERMOGENES GUSTAVO ROJAS COCA**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

Introducción.....	3
Capítulo 1 “Antecedentes”	
1.1 Antecedentes históricos.....	6
1.2 Normatividad y/o reglamentos.....	8
Capítulo 2 “Definición del problema”	
2.1 Reconocimiento de una necesidad.....	12
2.2 Planteamiento del problema.....	13
2.3 Hipótesis de trabajo.....	14
Capítulo 3 “Marco teórico del diseño”	
3.1 Teorías del diseño. ....	15
3.1.1 Definiciones del Proceso de Diseño.....	16
3.1.2 La teoría del diseño y sus metodologías.....	17
3.1.3 Características del proceso de diseño.....	17
3.2 Etapas del Diseño.....	18
3.3 Tipos de problemas de diseño.....	19
3.4 Clasificación de productos de diseño.....	21
3.5 Metas del diseño.....	21
3.6 Filosofías de diseño.....	22
3.7 Modelos de diseño.....	24
3.7.1 Modelos prescriptivos.....	25
3.7.2 Modelos descriptivos.....	28
3.7.3 Modelos Computacionales.....	31
3.8 Modelo a seguir.....	32
3.8.1 Parámetros iniciales.....	32
3.8.2 Aplicación del modelo a seguir .....	33
3.8.3. Formulación del modelo a seguir.....	34
3.8.4 <i>Análisis de requerimientos del diseño</i> .....	35
3.8.5 Requerimientos funcionales.....	39
Capítulo 4 “Análisis Económico”	
4.1 Componentes comerciales.....	42
4.1.1 Componentes eléctricos.....	42
4.1.2 Componentes mecánicos.....	45
4.2 Estudio de mercado.....	49
4.2.1 Estructura del mercado.....	49
4.2.2 Demanda actual y futura.....	50

4.2.3 Oferta del mercado.....	51
4.3 Estudio financiero.....	59
4.4 Solución al problema.....	60

## Capítulo 5 “Proceso de diseño”

5.1 Diseño previo.....	61
5.2 Diseño de detalle.....	62
5.2.1 Reglas para la obtención de las medidas del cuadro.....	62
5.2.2 Medidas promedio del usuario.....	65
5.3 Material del cuadro.....	67
5.3.1 Materiales adecuados para su fabricación.....	67
5.3.2 Masa de la estructura dependiendo del material.....	68
5.4. Presentación del prototipo final.....	69
5.4.1 Presentación de los resultados.....	69
5.4.2 Partes del modelo Final.....	71
5.4.3. Planos de las Piezas que conforman el CPBE.....	72
5.4.4. Calculo de la estructura de la bicicleta.....	77
5.4.5. Resultados del análisis de elemento finito.....	83
Conclusión.....	85
Bibliografía.....	87
Mesografía.....	88
Anexo.....	89

## INTRODUCCIÓN

Transportarse dentro de una ciudad con la problemática de saturación vehicular, el alto precio que implica el uso del automóvil, su mantenimiento y las repercusiones ambientales que estas acciones conllevan es un problema fundamental al que enfrentamos todos los días. Este trabajo propone una solución al problema de transporte personal por medio de una propuesta de diseño: el cuadro para bicicleta eléctrica.

En el primer capítulo se expone la evolución histórica que ha tenido la bicicleta dentro del contexto mundial. Se muestra su funcionamiento básico y la importancia como medio de transporte a través de la historia, así como los orígenes de la bicicleta eléctrica y su evolución hasta nuestros días, tomando en cuenta cómo se ha incrementado su producción.

Dentro de este capítulo se podrán conocer los diferentes programas instituidos tanto por organismos públicos como privados en México con la intención de regular tanto la batería como el motor, ya que puede generar una serie de riesgos que no están presentes en una bicicleta convencional.

En el segundo capítulo se estudia cómo surge la necesidad de desplazarse con fluidez dentro de las grandes ciudades y principalmente la ciudad de México. Dado el alto índice de crecimiento vehicular, los altos costos del combustible y la necesidad de disminuir los gases contaminantes, los altos índices de contaminación registrados en la última década, la E-bike nace con el único objetivo de hacer la vida más fácil a los usuarios y a los consumidores ciudadanos.

En efecto, basta con acudir a cualquier vía pública (en especial a las horas de ingreso de las escuelas, oficinas, fábricas, etc.; así como al término de las jornadas) donde es posible darse cuenta de la gran dificultad que existe para desplazarse dentro de la Ciudad de México y el Área Metropolitana.

En el capítulo tres se observa la interpretación de los diferentes enfoques que han tenido las teorías del diseño. Dentro de esta investigación se toma como marco conceptual la hibridación en un modelo de proceso de diseño que ofrece una perspectiva global, de los modelos propuesto por autores como Pahl y Beitz, Ulrich, Eppinger y Ullman, en el contexto de la estructura interdependiente que registran los factores tecnológicos, económicos, humanos y que pretende optimizar la teoría de diseño.

En el cuarto capítulo de este trabajo se analiza la viabilidad de la propuesta de solución de diseño con un estudio de mercado. Propuestas similares han alcanzado una gran popularidad en gran parte de Europa, Asia y han incrementado sus ventas en un 100% en el último quinquenio en algunas de las principales ciudades de Europa.

Es de suma importancia mantener presente que el objetivo principal de este trabajo es el diseño del cuadro de la bicicleta. Éste contempla la disposición de los demás componentes como también el precio de venta que permiten conformar la E-bike, mismo que se ven a detalle en este capítulo. Mediante el desarrollo de esta solución se busca llegar a un mayor sector de la población nacional, dado que es un área de oportunidad dentro de un mercado de libre competencia.

El Distrito Federal a pesar de que es la entidad más pequeña del país, la cual representa apenas el 0.08% del territorio nacional y el 0.37% tomando en cuenta el Área Metropolitana, es la entidad que ocupa el primer lugar en densidad poblacional con 5920 hab/km<sup>2</sup> y 3.5 millones de vehículos con altos consumos de energía fósil. Este proceso de concentración de la población, ha provocado cambios importantes en los patrones de viaje.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es brindar un conocimiento total del producto, su principal competencia y demostrar la funcionalidad del la solución propuesta.

En el último capítulo se analiza todo lo concerniente a la solución de diseño propuesta, tomando en cuenta las características del mercado al que se desea llegar. Para ello es importante conocer las medidas que debe presentar la estructura, de acuerdo a la fisionomía del promedio de la población.

De igual forma se analizan los materiales de fabricación de este tipo de productos y de igual manera, la modelación y el análisis de resistencia de materiales para determinar la validez de de su aplicación.

## CAPÍTULO 1 “ANTECEDENTES”

La bicicleta es un vehículo de transporte personal de propulsión humana, es decir que el propio viajero se impulsa utilizando sus piernas para mover un mecanismo. Sus componentes básicos son dos ruedas, generalmente de igual diámetro y dispuestas en línea, un sistema de transmisión a pedales, un marco metálico que le da la estructura e integra los componentes, un manillar para controlar la dirección y un sillín para sentarse. El desplazamiento se obtiene al girar con las piernas la caja de los pedales que a través de una cadena hace girar un piñón que a su vez hace girar la rueda trasera sobre el pavimento. El diseño y configuración básica de la bicicleta ha cambiado poco desde el primer modelo de transmisión de cadena desarrollado alrededor de 1885.



Figura 1.1 Primera bicicleta con transmisión de cadena

La paternidad de la bicicleta se le atribuye al barón Carl von Drais, inventor alemán. Su rudimentario artefacto, creado alrededor de 1817, se impulsaba apoyando los pies alternativamente sobre el suelo. En la actualidad hay alrededor de 800 millones de bicicletas en el mundo, esta cantidad duplica el número de coches que existen.



Figura 1.2 Modelo del barón Carl von Drais

## 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La bicicleta es un medio de transporte sano, ecológico, sostenible y muy económico, tanto para trasladarse por ciudad como por zonas rurales. Su uso está generalizado en casi toda Europa, siendo en países como Holanda, Suiza, Alemania, algunas zonas de Polonia y los países escandinavos uno de los principales medios de transporte. En Asia, especialmente en China y la India, es el principal medio de transporte.

Lo que para la gran mayoría inicia siendo un juguete, para otros es un medio de transporte fundamental, la bicicleta.

Este artefacto de dos ruedas hizo su aparición en México en 1888 con el nombre de biciclo. El uso del Biciclo fue incrementando, hasta que, a principios del siglo XX ya había 3 mil 797 unidades de éstas inscritas en el archivo del ayuntamiento.

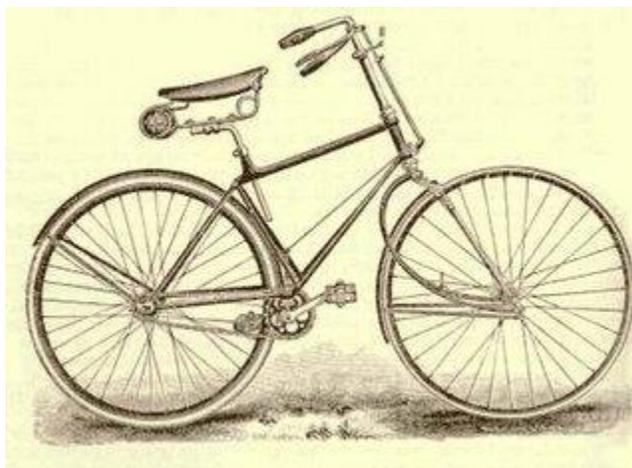


Figura 1.3. Primera bicicleta en México

No existe un punto de partida en la historia de la bicicleta eléctrica, “pero podría decirse que nace en China, donde se ha extendido por más de cuatro décadas”<sup>1</sup>.

“La investigación sobre las bicicletas eléctricas en China comenzó en la década de 1960, aunque los productos reales no aparecen en el mercado hasta finales de los 80, cuando la demanda de los consumidores comenzó a crecer. Aparecen empresas por primera vez en Shanghai, Zhejiang y Tianjin. “Con una producción total anual de e-bike”<sup>2</sup> de sólo 10000 a 20000 por año. En este momento, la gente sabía muy poco acerca de las bicicletas porque la persona promedio sólo podían permitirse una bicicleta normal”<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Guo, Ziqiang, Electric Bike Market and Regulation in Mainland China, Technical Service Center of the Electric Vehicle Institute of China Electro-technical Society, 2000, p.2-5.

<sup>2</sup> Es un tipo de vehículo eléctrico compuesto por una bicicleta a la que se le ha acoplado un motor eléctrico para ayudar en el avance de la misma.

<sup>3</sup> Guo, Ziqiang, Electric Bike Market and Regulation in Mainland China, Technical Service Center of the Electric Vehicle Institute of China Electro-technical Society, 2000, p.2-5.

Esta producción duró solo unos pocos años. Esto se debió en primer lugar a que, esta tecnología no estaba lo suficientemente avanzada para satisfacer la demanda de los consumidores. En segundo lugar, la calidad de la batería era muy baja en términos de rendimiento y duración, mientras que los costos eran altos.

A principios de la década de los 90's se dio una oleada en la compra de este producto debido a la presión del gobierno. Este período fue de corta duración debido a su incapacidad para competir con gasolinopowered scooters (bicicletas con motor a gasolina). Las e-bike de nuevo no lograron ganar un mercado significativo.

Ya entrada la década de los 90's, la e-bike retoma importancia y experimenta un crecimiento considerable que continúa hasta este momento. Las ventas anuales aumentaron de 40000 en 1998 a 10 millones en el 2005. Esto se consigue por medio de un mínimo de apoyo gubernamental y la supervisión financiera de la industria. China se ha convertido en el mayor productor de bicicletas eléctricas en todo el mundo. "La industria creció de menos de 10 fabricantes de equipos en 1998 a 481 (de acuerdo a la estimación oficial) para el año 2005"<sup>4</sup>.



Figura 1.4 E-Bike publicado en la revista Ciencia Popular, en Marzo de 1977.

"Estimaciones no oficiales sobre el número de fabricantes de equipos van desde 1000 a 5000"<sup>5</sup>. Los fabricantes varían en tamaño, pueden ser tan pequeños como fabricantes de bicis con una producción de 1000 a 300000 al año. Así como la existencia de un gran número de productos que va desde los 10 a 50,000 bicicletas eléctricas. "En la actualidad existen seis empresas con una producción anual de más de 200000 bicicletas eléctricas"<sup>6</sup>.

Las empresas que actualmente hacen las bicicletas vienen de una variedad de entornos industriales. Algunas de estas empresas establecidas como productoras de e-bikes, anteriormente se dedicaban a la fabricación de motocicletas, electrodomésticos, automóviles y hasta juguetes. Este cambio radical

---

<sup>4</sup> Tianjin E-bike Business Information Magazine, 2006 (In Chinese).

<sup>5</sup> Responses from 15 e-bike OEMs to survey question: "How many e-bike companies exist in China?" Several also noted there are many more than official estimates because many operate without a license.

<sup>6</sup> Company brochures and interviews with OEMs (Apr, 2006).

se debe a la creciente demanda. Algunas de estas empresas tienen más de 60 años de edad, pero la mayoría no comenzaron a producir bicicletas eléctricas hasta después del año 2000.

Otro punto importante a mencionar es la parte que le da vida a este importante e innovador medio de transporte: el motor. Este tipo de equipo usa un motor denominado brushless o sin escobillas, pero no fue hasta 1962, que se dio su comercialización. Este motor carece de colector y escobillas o carbones y es el encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica.

Una bicicleta eléctrica o e-bike es una bicicleta normal a la que se le ha instalado un motor eléctrico de alta eficiencia (85% o más), un pack o juego de baterías y otros accesorios (controlador, cargador de baterías, acelerador y frenos con corte de energía al ser operados, etc).

El vehículo resultante combina sin problemas tracción humana y eléctrica permitiendo un desplazamiento suave, silencioso, cómodo y rápido, olvidando los inconvenientes como el viento en contra, las pendientes (siempre y cuando éstas no sean demasiado pronunciadas) o el cansancio.

Se conducen tal como una bicicleta normal, con la diferencia que el usuario decide cuando hacer ejercicio o cuando ocupar solamente la asistencia eléctrica o bien en modalidad híbrida. De este modo, personas que no son ciclistas pueden afrontar con comodidad recorridos exigentes o con pendientes, sin necesidad de ningún entrenamiento.

## **1.2 NORMATIVIDAD Y/O REGLAMENTOS**

Normativa Europea 2002/24/CE<sup>7</sup>

La batería y el motor en una bicicleta eléctrica pueden generar una serie de riesgos que no existen en bicicletas convencionales. En Europa, Las bicicletas eléctricas están sujetas a un conjunto de normas y regulaciones armonizadas para la región. Todos aquellos que están considerando la distribución, venta, alquiler, arrendamiento, promoción de bicicletas eléctricas, deben ser conscientes de la legislación y observarla. Esta hoja informativa tiene por objeto proporcionar a todas las partes interesadas la información pertinente.

Normas y reglamentos

Categorización de vehículos y legislación relacionada.-

Bicicleta eléctrica y / o LEV (Vehículo Eléctrico Ligero de peso inferior o igual a 400 kg) es un término que abarca dos conceptos diferentes de vehículos con un motor eléctrico auxiliar:

1) Los ciclos equipados con un motor auxiliar que no puede ser exclusivamente impulsado por ese motor. Sólo cuando los pedales son movidos por el ciclista puede iniciar el motor su asistencia. Estos vehículos son generalmente llamados pedelecs.

---

<sup>7</sup> Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo de 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo (Texto pertinente a efectos del EEE).

2) Ciclos equipados con un motor eléctrico auxiliar que puede ser exclusivamente impulsado por ese motor. El ciclista no está necesariamente obligado a pedalear. Estos vehículos son generalmente llamados E-bikes.

Pedelects y E-bikes no son siempre de dos ruedas. También hay vehículos de 3 ruedas. La definición legal del término es "ciclos" a fin de cubrir todos los vehículos, independientemente de su número de ruedas.

Artículo 1 (h) de la Directiva 2002/24/CE relativa a la legislación de la homologación de vehículos de dos o tres ruedas establece que la Directiva no se aplica a: "las bicicletas eléctricas, que están equipadas con un motor eléctrico auxiliar, de potencia nominal continua máxima de 0,25 kW, los cuales se reduzcan progresivamente y finalmente se interrumpa cuando el vehículo alcance una velocidad de 25 km / h, o antes si el ciclista deja de pedalear". Como resultado de esta exclusión, los estados miembros deben clasificar estos vehículos como bicicletas.

Los ciclos de pedal asistido con un máximo de energía continua nominal de más de 0,25 kW y las E-bikes que pueden ser exclusivamente impulsadas por el motor, están comprendidas dentro del ámbito de aplicación de la Directiva 2002/24/CE. En esta directiva están clasificados como ciclomotores de bajo rendimiento, por ejemplo quiere decir que los vehículos de pedales, con un motor de potencia inferior o igual a 1 kW y una velocidad máxima por construcción no superior a 25 km / h. tienen que ser homologados, pero son excluidos de un número de requisitos enumerados en el anexo I de la Directiva 2002/24/CE. La nota del Anexo I resume los requisitos de exclusión.

Los ciclos de pedal asistido con un motor que asista a más de 25 km / h, y las e-bikes diseñadas para tener una velocidad máxima superior a 25 km / h, se clasifican como motocicletas convencionales y tienen que ser homologados en consecuencia. En todos los estados miembros, una clasificación de ciclomotor trae consigo la obligatoriedad de llevar un casco, de contratar una póliza de seguros y un límite de edad. En algunos casos, también implica un número de matrícula y una licencia de conducir.

La Comisión Europea está revisando la Directiva 2002/24/CE. En ese marco, la Asociación de minoristas de dos ruedas de Europa, (ETRA), ha presentado una propuesta destinada a mejorar la legislación relacionada con los ciclos eléctricos.

Para bicicletas con pedaleo asistido excluidos de la Directiva, ETRA propone aumentar la potencia del motor de 0,25 kW a 0,50 kW. El límite actual resulta insuficiente, por ejemplo, para los ciclos eléctricos utilizados en las zonas montañosas, los utilizados por las personas obesas, los ciclos de tres ruedas, las bicicletas de carga, etc. El aumento propuesto servirá para asegurar que los ciclos actúen en el nivel requerido y en todas las circunstancias para que el ciclista goce de una seguridad y confort óptimos.

Para los ciclos eléctricos que entran en el ámbito de aplicación de la Directiva 2002/24/CE, ETRA propone una categorización más adecuada y una homologación de tipo que se adapte a los vehículos implicados.

Los Estados miembros deben clasificar pedelecs excluidas de la Directiva 2002/24/CE como bicicletas. Para estos vehículos la norma europea EN 15194 (EPAC – Ciclos con Poder Eléctrico Asistido) ha sido

implementada. El texto de esta norma debe estar disponible en el idioma nacional en los institutos nacionales de normalización.

La mayoría de los estados miembros de la UE no han introducido la obligación legal de cumplir con la norma EN 15194. En algunos sin embargo, como Reino Unido y Francia, el cumplimiento de la norma es obligatoria. Los Estados miembros que no impongan el cumplimiento de esta norma están permitiendo la auto-certificación. Esto significa que si un fabricante tiene sus propias instalaciones de prueba y cree que su pedelec, después de las pruebas, cumplen con la norma EN15194, el fabricante está autorizado para certificar sus propios productos. En realidad, la mayoría de los fabricantes de pedelec dejan probar sus productos por organizaciones de pruebas profesionales, como TÜV Rheinland, SGS, SMP.

La Directiva EN 15194 se refiere únicamente a la parte eléctrica del vehículo, mientras que para la parte ciclo, se aplica la norma EN 14764. En consecuencia, el vehículo tiene que venir con el marcado y las instrucciones que figuran a continuación.

#### **Marcas:**

- a) El cuadro debe ser marcado visible y permanentemente con un número de serie.
- b) El cuadro debe ser marcado con el nombre del fabricante o el representante del fabricante y el número de la norma europea EN 14764 de forma visible e indeleble.
- c) El vehículo debe ser marcado de forma indeleble con las siguientes palabras: EPAC according to EN 15194.

En cuanto a las instrucciones, el vehículo deberá estar provisto de un conjunto que contenga la siguiente información:

- a) Instrucciones de monta - cómo medir y ajustar la altura del sillín y el manillar a la altura del ciclista, con una explicación sobre qué significan las marcas de profundidad del asiento y del pilar del manillar. También información clara sobre las manetas de freno delantero y trasero.
- b) Recomendaciones para el ajuste de elementos de sujeción en relación con el manillar en todo su conjunto, el sillín en todo su conjunto y las ruedas.
- c) El método de ajuste correcto de los mecanismos de liberación rápida de la rueda;
- d) El montaje correcto de las partes que se suministran sin montar;
- e) El peso total admisible del conductor y el equipaje;
- f) Lubricación - dónde y con qué frecuencia lubricar, y lubricante recomendado;
- g) La tensión de la cadena correcta y cómo ajustar ésta;
- h) Ajuste de los cambios de velocidades;
- i) El ajuste de los frenos y las recomendaciones para la sustitución de los componentes de fricción;
- j) El cuidado de llantas y una explicación clara de cualquier peligro de desgaste de la llanta;
- k) Piezas de repuesto apropiadas, es decir, neumáticos, tubos, componentes de fricción de los frenos;
- l) Accesorios - donde éstos se ofrecen como equipamiento, deberían incluirse como operarlos, mantenimiento requerido (si procede) y piezas de repuesto pertinentes (por ejemplo, bombillas);
- m) Bicicleta con seguridad - un control regular de los frenos, neumáticos, dirección, prudencia en

relación con un posible aumento de la distancia de frenado en caso de lluvia;

n) El tipo de uso para el que la bicicleta ha sido diseñada (es decir, el tipo de terreno para el que se adecua) con una advertencia contra los peligros del uso incorrecto;

o) Una nota de orientación para llamar la atención del ciclista acerca de las posibles exigencias legales nacionales, cuando la bicicleta puede ser utilizada en la vía pública;

p) La importancia de utilizar repuestos genuinos para la seguridad de los componentes críticos.

q) Concepto y descripción de la asistencia eléctrica;

r) Recomendaciones para el lavado;

s) Control del pilotaje;

t) recomendaciones específicas para su uso;

u) Las advertencias específicas sobre estos ciclos;

v) Recomendaciones sobre la carga de la batería y el uso del cargador, así como la importancia de seguir las instrucciones contenidas en la etiqueta del cargador de la batería.

## **CAPÍTULO 2**

### **“DEFINICIÓN DEL PROBLEMA”**

#### **2.1 PLANTEAMIENTO DE UNA NECESIDAD**

Con el paso del tiempo, casi todos los días la industria presenta un producto nuevo al mundo. Recientemente la bicicleta eléctrica ha sido uno de ellos. La bicicleta eléctrica, junto a otras innovaciones, nace con el único objetivo de hacer la vida más fácil a los usuarios y a los consumidores. En todos los sectores, nuevos productos complementan o hasta reemplazan a los viejos, especialmente en el mundo de la tecnología y el transporte. Este es el caso de las bicicletas eléctricas. Lentamente pero con constancia, las bicicletas convencionales están siendo eclipsadas por las nuevas bicicletas eléctricas.

En Europa, oprimidos por el vertiginoso aumento de los combustibles y cansados de los embotellamientos de tráfico, los automovilistas están buscando una alternativa para viajes cortos que no impliquen trasladarse en vías atestadas.

La electricidad requerida para operar una bici motorizada promedio cuesta un euro (1.56 dólares) por cada mil kilómetros, según Antoine Lecuirot, fundador de To Diffusion, compañía francesa especializada en bicicletas eléctricas.

Sin embargo, la situación en países como Estados Unidos es totalmente distinta. El investigador Jay Townley señaló que pocos estadounidenses considerarían trasladarse al trabajo en una bicicleta debido a la falta de caminos apropiados. Pero en muchas ciudades que acogen el uso de la bici, como Washington, se está incrementando el transporte en dos ruedas particularmente ante el alza en los precios de la gasolina.

Actualmente en México, la necesidad de transportarse con fluidez es indispensable, dada al constante crecimiento de la población. Pero aún más, a la masiva concentración de capital humano en las principales ciudades del país, sin mencionar los altos índices de contaminación que es otro punto importante a tratar.

Es cierto que una bicicleta eléctrica resulta ser el vehículo ideal en términos ecológicos. Pero paradójicamente, sólo contando la batería, es posible darse cuenta que es también contaminante. Pero aun así, es más ecológica una bicicleta eléctrica que una motocicleta o un automóvil observando simplemente los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>. Según estudios, un automóvil que rinde 10 kms x litro genera 250 gramos de CO<sub>2</sub> por km recorrido. Una bicicleta eléctrica 15wh/km cargada desde una red eléctrica alimentada por centrales de carbón exclusivamente (las más sucias) generaría 8.3 gr/km.

O sea, un vehículo eléctrico liviano como éstos generan CO<sub>2</sub>, indirectamente, un 2% de lo que genera un auto. ¿Increíble no?

Otro punto importante en materia de ecología son los niveles de ruido producidos. Los decibelios generados por un motor eléctrico son muy inferiores a los decibelios generados por un motor de combustión.

Y teniendo en cuenta los aspectos económicos, “un motor eléctrico es mucho más barato que otro motor de combustión de igual potencia”<sup>8</sup>. Además, el ahorro económico es significativamente mayor en un motor eléctrico. Solo hay que ver en una gasolinera cuánto cuesta 1 litro de combustible. Cargar una batería de bicicleta eléctrica cuesta menos de 1 euro y un motor de apenas 500W nos da una velocidad máxima de 35 a 40 k/h y un rendimiento de hasta 80 kilómetros por carga.

## 2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es difícil no sonar repetitivo, pero todos los caminos llevan a la misma conclusión: la necesidad de crear un transporte cómodo, eficiente, ágil y sobre todo económico. En México la bicicleta eléctrica es prácticamente un producto nuevo e innovador, existen pocas empresas que se dedican a su distribución y dada la naturaleza de estos equipos resultan sumamente caros y, por lo tanto, de difícil acceso para la población en general.

Estos vehículos se han convertido en un medio de transporte popular para la población en general en Europa y Asia dado que proporcionan un servicio a bajo costo y la forma más conveniente de movilidad privada. Son una alternativa atractiva para el transporte público o regular montar en bicicleta y son promovidos por gobiernos locales, nacionales y mucho debido a su bajo consumo de energía y cero emisiones de tubos de escape, especialmente en importantes áreas urbanas.

La comprensión de la transición a las bicicletas eléctricas es importante para orientar el futuro de la movilidad de las personas en México y otros países en desarrollo. En primer lugar, México está al borde de la gran motorización (es decir, la gente compra autos antes que cualquier otra cosa). La comprensión de cómo y por qué un sistema de tecnología a gran escala (e-Bikes) se ha adoptado con éxito en otros países puede proporcionar información y sentar las bases para una transición más suave de limpiar la ciudad de vehículos. En segundo lugar, el uso de dos ruedas ayudará al mejoramiento de la calidad del aire. Podría aprenderse mucho a partir de la experiencia de China en la adopción de las e-bikes.

En gran parte el alto costo de estos equipos se debe a que son de importación y por los cuales se paga un alto arancel para permitir su ingreso al país, costos que los distribuidores no están dispuestos a costear. Por ejemplo, la e-bike A2B Metro, producida por la empresa Ultramotor tiene un costo de \$2700 USD (aproximadamente \$38700), este mismo equipo cuya distribución en México es exclusiva de Liverpool y su costo es de \$54000.

Es inminente la creación de un vehículo que ofrezca las mismas características y satisfaga las necesidades, pero al alcance de un sector de la población mayor. En este medio existe una oportunidad en el mercado para satisfacer una necesidad.

---

<sup>8</sup> El motor de combustión de 49cc y capacidad de 2L, tiene una potencia máxima 1.6Kw y una velocidad máxima de 30 k/h, con un rendimiento de 50k/l.

## **2.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La oferta y la demanda manejan y rigen el mercado en el que vivimos, solo es necesaria la creación de un nuevo producto y la satisfacción de una necesidad para poder crear la demanda. En este punto es donde se centra el presente trabajo, la necesidad ya existe, la demanda también, pero no hay quien la satisfaga y la oferta de los pocos distribuidores en el mercado es demasiada cara en términos monetarios. Esta demanda potencial insatisfecha puede ser cubierta mediante la comercialización de una e-bike, a un precio accesible para el sector de la población al que se desea llegar.

El plan de diseño y comercialización de un cuadro para e-bike es técnicamente factible y rentable.

### **EXPLICACIÓN METODOLÓGICA**

Para el análisis del tema utilizaré el método deductivo, que es el método que se basa en el razonamiento mediante el cual se pasa del conocimiento general a lo particular; del conocimiento de las propiedades inherentes a numerosos fenómenos singulares, mediante un enfoque objetivo.

La investigación es parte fundamental, así como las distintas pruebas a realizar para determinar la viabilidad del proyecto y su óptimo funcionamiento.

## CAPÍTULO 3 “MARCO TEÓRICO DEL DISEÑO”

### 3.1 TEORÍAS DE DISEÑO

El diseño como actividad surge de la necesidad del hombre de la resolución de problemas a sus necesidades que se le presentan en su vida diaria, estas soluciones eran transformadas en productos que cubrían esta necesidad. En un principio, el proceso de diseño como tal, no tenía una estructura formal establecida de realizarlo, por el contrario, esta actividad era llevada a cabo de un modo meramente creativo, donde las restricciones estaban dadas por el tipo de los recursos disponibles para realizarla, así como también de la tecnología con la que se contaba en aquel entonces, de la misma manera, también se confiaba en las experiencias adquiridas de soluciones de otras soluciones a un problema similar. Aún ahora dependemos de estos factores, sin embargo, en años recientes, debido a las exigencias cada vez más estrictas en cuanto a la eficacia, creatividad, disponibilidad, etc., que los productos deben ofrecer; esto se debe a que cada vez es mayor el acceso a productos provenientes de diversas partes del mundo, los cuales pueden cubrir la necesidad principal y además de dar solución a otras.

En la actualidad existen *modelos de diseño*, los cuales es posible tomar como guía para conseguir resultados exitosos de una forma más rápida y efectiva. El desarrollo de estos modelos de diseño ha tomado una mayor importancia en las últimas décadas de la cual ha venido un estudio más profundo sobre sus bases, así como de su aplicación. En base en lo anterior, el diseño ha pasado de ser una actividad para convertirse en un proceso estructurado con base en el análisis de los problemas, toma de decisiones, adquisición de conocimiento, etc., para la satisfacción de necesidades, mediante la creación de un producto. Como se ha comprobado en la gran cantidad de situaciones, la existencia de diversas formas de satisfacer una necesidad, también existen diversas clases de maneras de llegar a la solución que la satisface. Esto trajo como consecuencia la creación de escuelas o metodologías de diseño las cuales engloban características como son modelos, filosofías y métodos o técnicas de diseño, así como sus diversas aplicaciones.

Por ejemplo, para un determinado grupo de diseñadores el proceso del diseño se restringe a una actividad muy concreta y específica, debido a que mediante la aplicación de un conocimiento en base a un desarrollo metódico, se puede desarrollar la solución a un problema determinado. Por otro lado también existen otro grupo de diseñadores quienes piensan que el proceso de diseño debe ser creativo, sin limitarse a una base, sobre el cual mediante ciertos conocimientos puede llegarse a la solución de un problema. Por último, se encuentran aquellos que el proceso de diseño se desarrolla mediante la experiencia adquirida en la solución de otros problemas. En años más recientes se ha comenzado la utilización de sistemas de diseño asistidos por computadora, de los cuales se pueden obtener soluciones funcionales muy efectivas o muy aproximadas.

En este capítulo se pretende exponer los diversos aspectos que involucra el diseño, desde las diversas definiciones que algunos diseñadores han dado sobre él, así como también su estructura, las escuelas y metodologías que se han creado para su implementación.

Hoy en día, la actividad del diseño es muy importante e indispensable para el desarrollo humano, ya que mediante su implementación se han logrado soluciones a problemas de una manera práctica y efectiva. Aunado a esto, con la implementación de las computadoras se ha logrado que el proceso de diseño sea mucho más rápido y eficiente, ya que podemos apoyarnos mediante estas herramientas para lograr hacer más eficiente nuestros diseños.

### 3.1.1 DEFINICIONES DEL PROCESO DE DISEÑO

Como se mencionó anteriormente, debido a la variedad de formas de ver y describir el diseño, esto debido, a que existen diversas actividades que se han beneficiado con su utilización, dándole al procesos de diseño una extensa capacidad de aplicaciones, de la misma manera, diversos autores que han usado el diseño como elemento para la resolución de un problema (ya sean diseñadores, ingenieros, investigadores, etc.) han dado una definición sobre el diseño para describirlo, basados en su experiencia, por ejemplo:

*La ingeniería de diseño es el uso de principios científicos, información técnica de una estructura mecánica, máquina o sistemas para realizar las funciones de pre-especificado con la máxima economía y eficiencia.*<sup>9</sup>

*El diseño es el proceso creativo que inicia con los requisitos, que define un artefacto o sistema y los métodos para su realización o ejecución, a fin de satisfacer los requisitos. Siendo una actividad humana primaria y es fundamental para la ingeniería y las artes aplicadas.*<sup>10</sup>

*El diseño es el primer paso del hombre al dominio de su entorno. El proceso de diseño es la traducción de la información en requisitos, restricciones y experiencia, en soluciones potenciales que son consideradas por el diseñador de acuerdo a los requerimientos y características de funcionamiento. Para que sea llamado diseño en el proceso, debe integrarse un poco de creatividad y originalidad.*<sup>11</sup>

*El diseño implica una pre-descripción o modelo, el objetivo de realizar dispositivos y la presencia de un método creativo.*<sup>12</sup>

*La función es la base del diseño. Para diseñar un producto se reunirá un conjunto de especificaciones, de tal manera que el diseño sea duradero, fiable y fácil de mantener, que pueda ser fabricado económicamente y ser agradable a la vista.*<sup>13</sup>

En las definiciones anteriores sobre el proceso de diseño podemos ver los diferentes puntos de vista que los autores encontraron en su experiencia en el uso del proceso del diseño como herramienta para la solución de un problema o necesidad. Por lo anterior, vemos que existen diversas formas de

---

<sup>9</sup> Feilden, G.B.R. (1963). Engineering design (The Feilden Report). London

<sup>10</sup> Filkenstein, L. and Filkenstein, A. C. W. (1983). Review of design methodology. IEE Procedure. Pag. 130, Part A, No. 4

<sup>11</sup> Luckman, J. (1967). An Approach to the Management of Design. In *Developments in design methodology*. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp 83-97

<sup>12</sup> Archer, L. B. (1984). Systematic method for designers, In *Developments in design methodology*. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp. 57-82

<sup>13</sup> Caldecote, V. (1963). Design team in relation to the individual designer. The Practice of and education for engineering design. Proc. Instn.. Mech.. Engrs. 178(3B),. pp. 16-19

describir el proceso de diseño, sin embargo, palabras clave o frases que perduran a lo largo del proceso de diseño, términos como:

- Requisitos
- Necesidades
- Soluciones
- Detalles
- La creatividad
- Las limitaciones
- Los principios científicos
- Información técnica
- Funciones de mapeo
- Transformación
- Fabricación
- Economía

### 3.1.2 LA TEORÍA DEL DISEÑO Y SUS METODOLOGÍAS

Como se habló anteriormente, incluso hoy en día se discute sobre las definiciones del diseño, así como también de la teoría del diseño y la metodología, debido a que estas definiciones aún están incompletas, a pesar de esto, ya existen algunas definiciones escritas por diseñadores e investigadores que hablan sobre el tema. Por ejemplo La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) define a la teoría y la metodología del diseño como *una disciplina de ingeniería relacionada con la comprensión de los procesos y procedimientos organizados para la creación, la reestructuración y optimización de las máquinas y sistemas*<sup>14</sup>. Lo anterior dice que la teoría del diseño puede ser tomada como un conjunto de principios o elementos los cuales ayudan a comprender el proceso de diseño y con esto se proporcionan las bases fundamentales para comprender a un nivel elemental las necesidades para proponer metodologías funcionales.

Dicho de otro modo, la metodología del diseño es un conjunto o compendio de procedimientos, herramientas y técnicas que sirven para la resolución de problemas de diseño, y por ello son de gran utilidad para los diseñadores, ingenieros, investigadores, etc. Por lo tanto, es posible decir de manera general que la metodología del diseño es prescriptiva, ya que la metodóloga nos señala de un modo ordenado cómo hacer el diseño, mientras que por el otro lado, la teoría del diseño es descriptiva, ya que describe de una manera estructurada lo que es el diseño.

### 3.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE DISEÑO

Como se señaló anteriormente, el Proceso de diseño es una actividad que por sí misma abarca muchos aspectos, aunque se trató de describir de la manera más completa posible en los últimos años, aun faltan ciertos aspectos. Pero lo anterior, no quiere decir que no se tengan ya ciertas características sobre el proceso del diseño que lo describan. A continuación se presenta un conjunto de características que detallan de manera concreta la naturaleza del proceso de diseño.

El diseño puede ser visto como:

Una actividad progresiva: Esto implica que el proceso de diseño es evolutivo, esto se puede notar cuando los cambios (mejoras o refinamientos) que se proponen con respecto de un diseño reciente, tiene como finalidad la creación o mejora de un diseño.

---

<sup>14</sup> Goals and priorities for research in engineering design. American Society of Mechanicals and Engineers. (1986). American Society of Mechanical Engineers. New York

Una actividad de investigación (investigación). Esta característica hace referencia a que el proceso de diseño investiga sobre las necesidades de los clientes, así como también, explora las expectativas técnicas disponibles para la realización, como también soluciones que pudiesen haber sido adecuado en el pasado para un problema similar. De igual forma la investigación sobre los fracasos en otros diseños también puede ser útil.

Un proceso creativo (arte). Esta característica toma en cuenta los elementos con los que dispone el diseñador para crear una solución de diseño. Estos elementos pueden ser el ingenio, la buena memoria, la capacidad de reconocimiento de patrones, etc., así como también de técnicas, las cuales nos ayuden a encontrar la solución como por ejemplo; la búsqueda aleatoria espacial de soluciones, la lluvia de ideas, nuevas soluciones, analogías, inspiración, etc.

Un proceso racional (base lógica). Aquí se denota la parte correspondiente al control y prueba de las soluciones propuestas o, dicho de otro modo, se refiere a las actividades que tienen como propósito evaluar la validez de las mismas, por ejemplo, el razonamiento lógico, el análisis matemático de simulación computarizada, los experimentos de laboratorio, las pruebas de campo, etc.

Un proceso de toma de decisiones (jerarquización). Usualmente los diseñadores realizan una gran variedad de criterios sobre la validez de las soluciones propuestas, de la selección de un camino alternativo para llegar a la solución o también de escoger la solución que satisfaga la necesidad requerida. Estos criterios para realizar esta evaluación están basados en la experiencia del diseñador para identificar las necesidades del cliente.

Un proceso iterativo. La actividad iterativa ha sido utilizada desde el principio en el proceso de diseño, incluso se puede decir que fue el primer elemento con el que se contaba. Este proceso propone que cuando la implementación de una solución, previamente analizada, no nos proporciona el resultado esperado se revisan los resultados y son analizados para proporcionar una solución más apropiada.

Un proceso interactivo. En ocasiones la solución a un problema de diseño puede resultar difícil de definir, esto se puede deber, a que el problema de diseño no esté bien definido o que no se cuente con las herramientas adecuadas para realizar un análisis cuantitativo del mismo, también puede ser que no se cuente con la suficiente experiencia con el tipo de problema al cual se enfrenta. En este tipo de circunstancias es necesario la interacción con el ámbito en el cual se desarrolla el problema, por tanto, se puede dar un mayor entendimiento de cuáles son los elementos que se requieren para la solución del problema.

### **3.2 ETAPAS DEL DISEÑO**

Como se ha manejado hasta ahora, el proceso de diseño cuenta con varias herramientas las cuales la hacen de mucha utilidad para la resolución de un problema, sin embargo también hay que destacar que como cualquier proceso, está constituido por etapas, mediante las cuales se llega a la solución. En ocasiones estas etapas pueden variar en cuanto al desarrollo o la extensión de las mismas, no obstante, siempre se verán plasmado dentro del proceso de diseño tres etapas: Divergencia, Transformación y Convergencia.

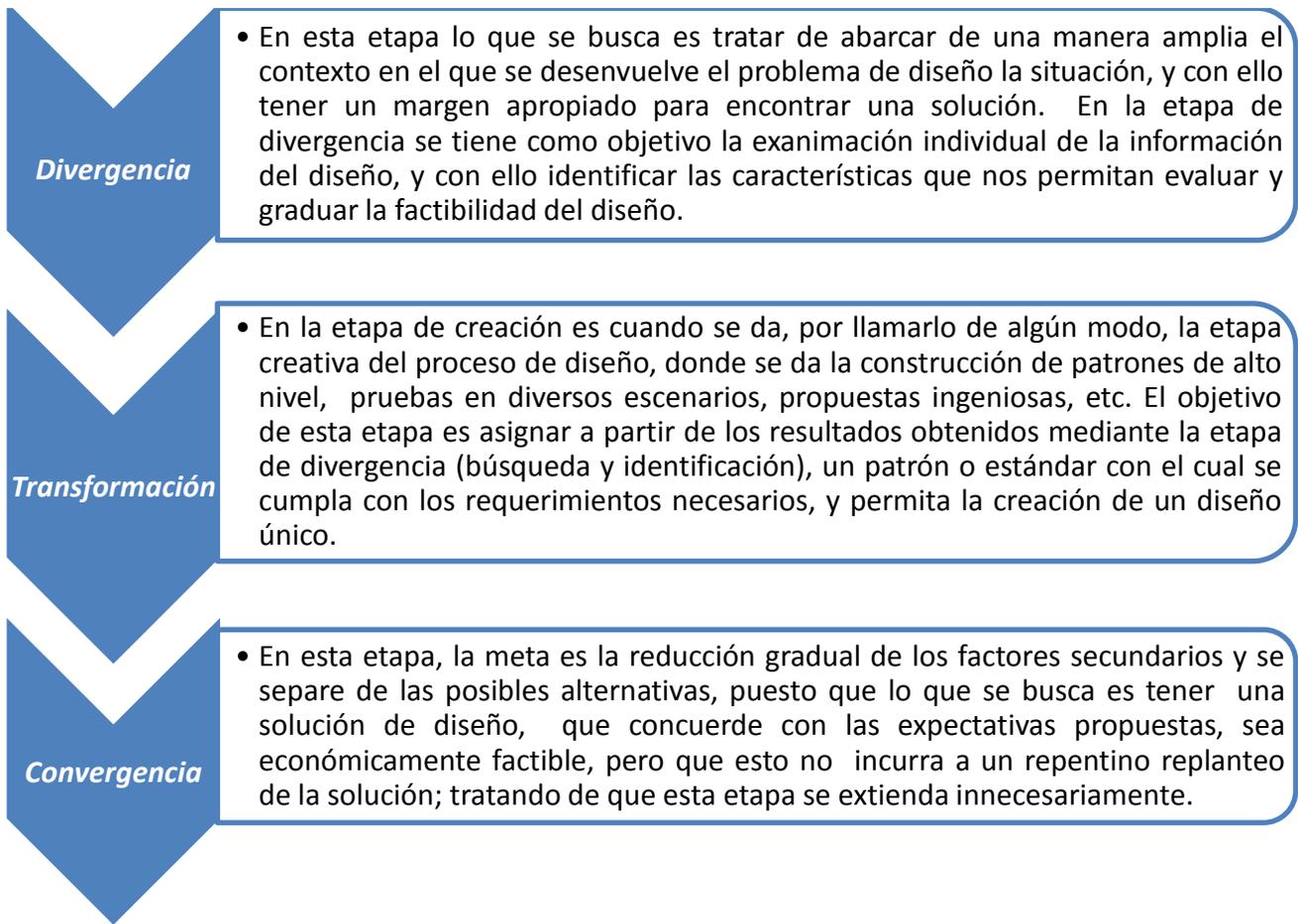


Figura 3.1 Etapas del diseño<sup>15</sup>

### 3.3 TIPOS DE PROBLEMAS DE DISEÑO

Anteriormente se comentó que la experiencia es un factor importante en el proceso de diseño; aunado a esto, la identificación de las características de los problemas de diseño pueden ayudar a trazar un camino más breve para llegar a la solución que se requiere, esto, debido a que en ocasiones puede resultar innecesario proponer una solución muy ostentosa, cuando el requerimiento puede ser satisfecho de una forma simple y rápida. Los tipos de problemas pueden ser clasificados de la siguiente manera:

<sup>15</sup> Juster, N, P. (1985). The design process and design methodologies. Technical Report University of Leeds

**Diseño de rutina.** Es considerado como la derivación de prototipos comunes con el mismo conjunto de variables o características, pero la estructura no cambia. Aquí existe un plan de diseño, con descomposición de sub-problema, alternativas y soluciones prototípicas conocidos de antemano.

**Rediseño.** Este involucra modificar un diseño existente para satisfacer las nuevas necesidades o mejorar su rendimiento con los requisitos actuales. El resultado final de rediseño también puede presentar algún tipo de contenido creativo diseño, innovador o de rutina.

**De adaptación (Diseños configurativo o de transición).** Estas formas de diseño implican la adaptación de un sistema conocido (el principio de solución sigue siendo el mismo) a una tarea de cambio. También incluyen mejoras en el diseño básico de una serie de refinamientos detalles.

**Variante (Diseño extensional o paramétrico).** Esto sigue un procedimiento de extrapolación o interpolación. La técnica de diseño consiste en utilizar un diseño probado como base para generar el diseño geoméricamente similar de diferentes capacidades.

**El diseño no rutinario (original o nuevo diseño).** Estas formas de diseño son también conocidos como diseños originales y se clasifican en un diseño innovador y creativo.

**Innovador.** Resulta cuando de un problema ya resuelto, se implementan nuevas características, conservando cierta similitud con las soluciones previas e incluso se saben cuáles son los sub-problemas, sin embargo, la forma de resolverlos puede ser diferente. Por otro lado, también puede resultar un diseño innovador cuando se soluciona un problema con la misma metodología que se aplicó a otra solución.

**Creativo.** En este caso, las nuevas características introducidas no tienen similitud con otras de las soluciones anteriores propuesta, y se obtiene como resultado una solución de diseño con muy poca similitud con las otras soluciones.

Figura 3.2. Tipos de problemas de diseño<sup>16</sup>

Esta clasificación es una generalización de los problemas con los cuales puede enfrentarse un diseñador, ya que, aunque existen diferentes formas con las cuales puede dársele solución a un problema, si se analiza lo anterior, los problemas pueden caer dentro de los grupos mencionados anteriormente, ya que todos los problemas cuentan con ciertas características que los separa de los demás, esto basado de la experiencia de varios diseñadores.

<sup>16</sup> Juster, N, P. (1985). The design process and design methodologies. Technical Report University of Leeds;

Cagan, J. and Agogino, A. M. (1991). Dimensional variable expansion – a formal approach to innovative design. Res. in Engng Des. pp 75-85;

Sriram, D. (1989). Knowledge-based system application in engineering design: research at MIT. AI Magazine., pp 79-96;

Pahl, G and Beitz, W. (1984). Engineering design. Original German Edition 1st edition(1971): English Edition (Ed. K. Wallace ). The design Council, London.

### 3.4 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE DISEÑO

Así como es posible clasificar los tipos de problemas a los cuales existe la posibilidad de enfrentar en base a la experiencia obtenida con varios tipos de problemas con características similares, del mismo modo, podemos clasificar los productos obtenidos de resolver un problema de diseño. Esto está relacionado no tan solo de las características, sino también sobre cuál es el público al que va dirigido la resolución de la necesidad en cuestión. Otro factor importante es la manufactura que la solución requiera, ya que puede ser para una ocasión específica, o puede ser utilizada para un público más amplio, y deba ser hecho a la proporción requerida. A continuación se presenta algunos de los tipos de productos dentro de los cuales pueden estar la solución obtenida de un problema de diseño.

Clasificación de los productos de diseño	
Diseño de producto estático	Los productos estáticos son aquellos cuyo porcentaje de mercado no disminuye y no hay cambios en la demanda del producto. El concepto de diseño que ya se conoce a partir de productos existentes, y por lo tanto, dicho producto se consideran conceptualmente estático (también denominado como diseño dominante).
<i>Diseño del producto dinámico</i>	Los productos dinámicos tienen una vida útil limitada antes de la próxima generación que los reemplaza. Aquí, el desarrollo se centra en el producto, y el proceso de diseño implica el desarrollo de nuevos diseños, radicales y alternativos. En la discusión del producto del espectro dinámico-estático.
<i>Diseño de productos sobre-limitados.</i>	Estos productos tienden a existir en los mercados de alta tecnología. Aquí el proceso de diseño gira en torno a las propuestas alternativas de análisis hasta que se encuentra una solución correcta (o más aceptable).
<i>Diseño de productos limitados (ideas concretas).</i>	En casos de productos limitados, la actividad de diseño se centran en la oferta de productos en el mercado, para satisfacer las demandas del mercado. Por lo general, hay un amplio margen para la innovación. El enfoque aquí es por lo general no es muy limitado y el diseñador tiene un amplio margen para la innovación.
<i>Diseño de productos restringidos (basado en la habilidad).</i>	Esta forma de diseño se centra en los aspectos de fabricación de desarrollo de productos.

Figura 3.3 Clasificación de productos de diseño<sup>17</sup>

### 3.5 METAS DEL DISEÑO

Con lo anterior, también habrá que mencionar, que así como se puede clasificar los productos que se pueden obtener y los problemas que se pueden afrontar, de la misma forma pueden ser clasificadas las metas u objetivos que se quieran alcanzar con la solución de este problema. Ya que es muy

<sup>17</sup> Medland, A. J. (1994). The computer based design process. (Kogan Page, London);

Clausing, D. P. (1994). Total quality development – the development of competitive new products. American Society of Mechanical Engineers. New York

común, que una solución de diseño que logre alcanzar su objetivo principal, logre a su vez uno o más objetivos adicionales. Por ello, es importante definir que: *las metas del diseño son la razón de las acciones y decisiones que se toman a lo largo del proceso de diseño*<sup>18</sup>. Esto quiere decir que estas metas definen la estructura de cómo debe ser llevado el proceso de diseño, teniendo en cuenta que en ciertos puntos las acciones y decisiones para lograr las metas de la solución a un problema, estas decisiones y/o acciones se verán afectadas por las metas a lograr teniendo como consecuencia en algunos casos, conflictos en las metas planteadas tomadas en cada etapa de diseño. También es posible que las metas estén ligadas de tal forma que al proceder con el cumplimiento de una, ésta ayuda a otra meta para que sea cumplida. Otro ejemplo similar es cuando una meta es prerrequisito de otra lo cual la hace dependiente, puesto que el orden jerárquico de estas así lo establece. Con lo anterior se pueden dividir las metas en:

- Metas funcionales
- Metas de rendimiento
- Metas de conocimiento
- Metas del procesos de diseño

### 3.6 FILOSOFÍAS DE DISEÑO

Al principio de este capítulo se habló de la existencia de una diversificación en cuanto a la forma de interpretar un proceso de diseño, esto ha dado lugar al surgimiento de grupos de diseñadores, los cuales defienden ciertas posturas en cuanto al desarrollo del proceso de diseño para la solución a un problema. Estas posturas han sido reunidas en las tres escuelas principales de pensamiento, dentro de la comunidad británica de diseño fueron expresadas por Broadbent en el libro *Design, science, method*<sup>19</sup>. En este libro, el autor comenta que *“un primer grupo cree que el proceso de diseño debe ser caótico y creativo, el segundo cree que el diseño debe ser organizado y disciplinado, mientras que el tercer grupo alegó que el proceso de diseño no debe ser impuesto a un diseñador*<sup>20</sup>. Por lo cual, podemos deducir que esta escuela tiene como principal meta aclarar que el procesos de diseño que se va desarrollar de acuerdo con este tipo de pensamiento, no puede estar atado a una serie de reglas establecidas, e incluso menciona que éste no puede ser enseñado, puesto que la habilidad para realizar el proceso de diseño se ve cambiado a una actividad artística. Sin embargo, hoy en día este tipo de pensamiento no es muy conveniente, ya que en el mundo empresarial este tipo de proceso creativo y espontáneo no asegura resultados positivos a corto plazo, e incluso pueden resultar en un costo, que empleando una metodología diferente, puede llegarse a una solución con mejores beneficios.

De la siguiente escuela se habla acerca de un proceso totalmente opuesto al primero, ya que mientras la primera escuela promueve un proceso creativo, la siguiente escuela nos habla de un proceso sistemático donde el proceso es conducido por restricciones, las cuales guían el proceso para lograr una solución efectiva en cuanto a su implementación y redituable en cuestión de costos. Esta escuela, explica Archer, es usualmente empelada cuando las siguientes situaciones se presentan: *la probabilidad de fallar en el proceso de diseño sea muy alto, o cuando las consecuencias de un mal resultado*

---

<sup>18</sup> Mostow, J. (1985). Toward better models of the design process. *AI Magazine*. pp 44-57

<sup>19</sup> Broadbent, G. H. (1980). Design methods. Review in *Design: science: method* (Ed. R. Jacques and J. A. Powell). Guildford, Surrey pp 3-5

<sup>20</sup> Finger, S. and Dixon, J. R. (1989). A view of research on mechanical engineering design. Part 1 descriptive, prescriptive and computer- based models of design process. *Res. in Engng Des.*, pp 51-67

*pueden ser graves o cuando la cantidad de variables que se manejan en el problema sobrepasan el límite de factibilidad entre las horas-hombre contra las horas-máquina*<sup>21</sup>.

*La primera situación nos habla de que cuando la presencia de un error pudiese resultar en una grave consecuencia (como por ejemplo: accidentes, costos de reparación, y en un caso más grave en decesos), es mejor usar un sistema con un respaldo más sólido, el cual nos pueda garantizar que no habrá problemas con la solución propuesta. La segunda situación se refiere a cuando la probabilidad de llegar a una solución satisfactoria es baja, lo cual puede presentarse en casos donde los datos que sean necesarios sobre el problema no son suficientes, por lo cual, se debe desarrollar un proceso mucho más riguroso y metódico para llegar a la solución ideal. Por última están los casos en el que la cantidad de variables que se manejan sobrepasan el punto de equilibrio entre el costo de las horas hombre versus el costo de las horas-máquinas; en esta parte se habla más de los costos que se pueden generar versus las ganancias obtenidas, ya que en muchos casos la inversión en un diseño innovador no siempre quiere decir que se obtendrán ganancias que pueden hacerle frente a los costos de producción.*

Al ver estas dos primeras posturas, podemos notar la contrastante diferencia entre ellas, lo cual es mencionado por Cross en el trabajo de Lawson<sup>22</sup>: *“los científicos tienden a usar una estrategia de exploración sistematizada del problema, esto con la finalidad de que esta solución se vea respaldada por normas y demuestre ser la más adecuada para el caso en cuestión. Por el contrario, los diseñadores tienden a dar varias repuestas a una misma solución, para después escoger la que dé un resultado aceptable que satisfaga el problema”*<sup>23</sup>.

Finalmente, la última escuela habla sobre la experiencia, ya que defiende que a pesar de que puede haber quienes lleguen a lograr resolver problemas de diseño mediante acciones instintivas, o mediante un procedimiento metódico y preciso, esta escuela defiende que la experiencia es por mucho un mejor camino para el desarrollo de un proceso de diseño que mediante la experiencia adquirida, y no solo por cuenta propia sino también por el conocimiento adquirido mediante otros diseñadores, es una mejor herramienta para llegar a una solución al problema que se plantea.

Estas escuelas en el orden que fueron mencionadas se les llama de la siguiente manera: Escuela de la semántica, Escuela de la sintaxis y Escuela de la experiencia. En la siguiente tabla se expresan de forma más concreta los puntos principales de cada escuela.

---

<sup>21</sup> Archer, L. B. (1984). Systematic method for designers. In *Developments in design methodology*. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp 57-82

<sup>22</sup> Cross, N. (1991). *Engineering design methods*. John Wiley, London

<sup>23</sup> Lawson, B. R. (1984) Cognitive strategies in architectural design. In *Developments in design methodology*. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp 209-220

<b>Escuela de la Semántica</b>	El dogma central de esta escuela es que cualquier máquina, como objeto de diseño, es algo que se transforma en tres tipos de entradas, es decir, sustancia, energía e información, y en tres salidas respectivas a cada entrada, pero diferentes al estado de las entradas, la diferencia entre las entradas y salidas se denominan funciones. Las necesidades iniciales se dan generalmente en términos de la funcionalidad, lo que da conexiones entre las sub-funciones.
<b>Escuela de la Sintaxis</b>	Esta escuela se asocia con el esfuerzo realizado para dar algunos formalismos para el proceso de diseño, y se presta atención a los aspectos procedentes de la actividad de diseño, en lugar del diseño de objetos en sí. Aquí se intenta abstraer los aspectos de la dinámica o temporal, desde el diseño, pasando por alto los aspectos estáticos de diseño como se destacó en la escuela semántica.
<b>Escuela de la Experiencia</b>	Los argumentos manejados por los que pertenecen a esta escuela de pensamiento opinan que la universalidad, que es el objetivo de la mayoría de los metodólogos del diseño, es contradictoria a la utilidad práctica y la creativa de los diseñadores, ya que pueden verse obstaculizada y deteriorarse si las metodologías de diseño que son adoptadas. Esta escuela de pensamiento está estrechamente asociada con la opinión de que la capacidad de diseño no se puede adquirir de manera eficiente en una manera teórica, sino solamente por la experiencia.

Figura 3.4 Cuadro comparativo de las filosofías del diseño<sup>24</sup>

Con lo anterior podemos decir que a pesar de las diversas formas de pensar de las escuelas de diseño planteadas anteriormente, cada una de ellas puede ser de utilidad, dependiendo del problema que se tenga en manos, ya que en ocasiones la experiencia sumada con alguna estrategia puede resolver nuestro problema, sin embargo en otros casos la espontaneidad será indispensable para el éxito de nuestro diseño, en cualquier caso, cada una de ellas tienen sus méritos, pero sin duda alguna la experiencia del propio diseñador para utilizar cada una de ellas en la ocasión pertinente será fundamental para lograr una solución exitosa a un problema de diseño.

### 3.7 MODELOS DE DISEÑO

Ahora que se ha visto que las escuelas de pensamiento sobre el diseño, cuales son los factores que involucran, así como sus ventajas y desventajas, lo que sigue es revisar los modelos de diseño. Estos modelos de diseño representan las filosofías de diseño y en éstos se explica como el cómo debe proceder para llevar a cabo el proceso de diseño. Estos modelos son esquemas o diagramas en los cuales se representan los pasos a seguir para llevar a cabo el proceso de diseño, dependiendo de la escuela a la que se inclina nuestra necesidad. Es frecuente que estos esquemas o diagramas tiendan a ser de tipo iterativo con el fin de crear un vínculo de retroalimentación para obtener una solución confiable y además, aprovechar lo más posible el conocimiento que pueda ser obtenido mediante la elaboración de la solución al problema de diseño.

<sup>24</sup> Rodenacker, W. G. (1970). Methodisches Konstruieren SpringerVerlag, Berlin;

Evbounwan, Sivaloganthan and Jebb. (1995). A survey of design philosophies, models, methods and systems. Engineering Design Centre, City University, London

Hace algún tiempo solo se contaba con dos principales modelos de diseño, los llamados **prescriptivos** que están basados en la **escuela de la sintaxis**, o que tienden a ver el problema desde una perspectiva global, con lo cual se cubre una amplia gama de posibilidades. Por otra parte, están los llamados **descriptivos** que están basados en la **escuela de la semántica**, aquí se enfatiza en las acciones que son tomadas por el diseñador durante el proceso de diseño, las razones del por qué se tomaron esas decisiones y sus resultados.

Hoy en día existe un tercer modelo de diseño, este tipo de modelos se denomina como **modelo computacional**, que en hoy en día es uno de los más recurrentes, ya que con el avance de los programas y sistemas computacionales, este tipo de modelo puede ser usado de forma conveniente en situaciones en las que los anteriores posiblemente no tendrían cavidad y, de tenerla, llegarían a ser largos y costosos. Estos modelos se concentran el uso de técnicas computacionales numéricas y cualitativas, técnicas de inteligencia artificial, sumándole a éstos los sistemas de cómputo más recientes.

### 3.7.1 MODELOS PRESCRIPTIVOS

Como se menciona anteriormente, los modelos prescriptivos tienden a guiar al diseñador en la manera en que éste debe llevar a cabo el planteamiento del proceso de diseño y, en algunos casos, estos modelos sugieren, según su perspectiva, la mejor manera de llevar a cabo el diseño. Este tipo de modelos ofrecen procedimientos sistemáticos y algorítmicos a seguir, proporcionando una metodología particular para cierto tipo de problema. La mayoría de estos modelos puntualizan en que es necesario realizar un trabajo analítico, anticipando la generación de soluciones conceptuales. A continuación se darán ejemplos de este tipo de modelos que han sido propuestos por algunos diseñadores que han basado el desarrollo de sus procesos de diseño en métodos sistemáticos y analíticos, dando como resultado modelos prescriptivos.

#### **Modelo de Asimow**

En este modelo propuesto por Morris Asimow<sup>25</sup> nos presenta al proceso de diseño en tres fases principales, las cuales se centran en la solución del problema de diseño mediante una exploración de los parámetros necesarios para resolver el problema, después se escoge la alternativa más conveniente y sobre ésta se realizan por último los presupuesto y se planean los tiempos de realización, así como también se revisan los sub-problemas del diseño, para por fin llevarlo a su realización. Las tres fases principales que representan la solución del problema de diseño son: a) la fase del estudio de factibilidad, b) la fase del diseño preliminar, c) la fase del diseño de detalle. Los cuales se explica a continuación a detalle.

---

<sup>25</sup> Asimow, M. (1962). Introduction to design. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice Hall

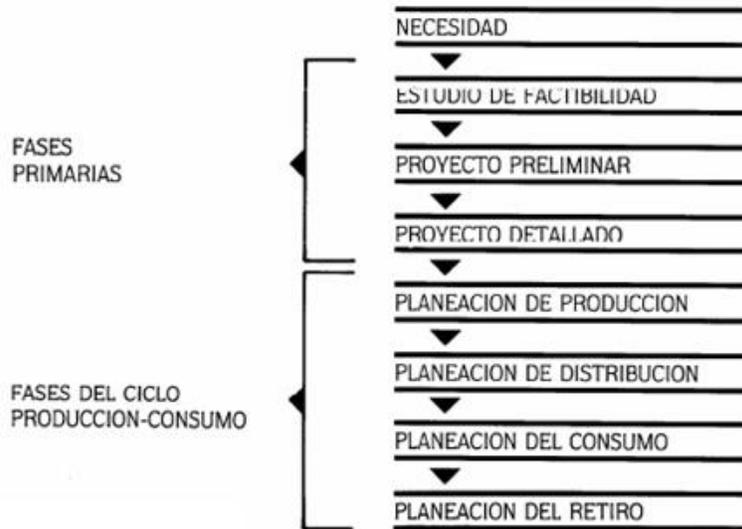


Figura 3.5.- Modelo del Proceso de Diseño según Asimow

**Fase de estudio de factibilidad.** En esta fase se plantea la necesidad de establecer el proyecto, después de lo cual el problema de diseño se explora e identifica a los parámetros de diseño, las limitaciones y los criterios más importantes. Las soluciones plausibles (opciones de solución) son generadas y luego analizadas para su realización física, importancia económica y viabilidad financiera.

**Fase de diseño preliminar.** Lo siguiente es seleccionar el mejor concepto de diseño de entre las soluciones viables que se propusieron en el paso anterior, un modelo matemático es preparado para la solución, sobre la cual se llevará a cabo un análisis de sensibilidad para establecer la legitimidad de la solución dentro de los parámetros de diseño con los cuales debe ser controlado, un análisis de compatibilidad elaborado para investigar la tolerancia en las características de los componentes principales y por último, analizar la estabilidad para examinar la medida en que las perturbaciones de las fuerzas ambientales o internas afecten a la solución de diseño. La opción elegida finalmente, pasa a través de un proceso de optimización, uno de evaluación, otro de predicción, así como un proceso experimental. Los últimos tres pasos dentro de esta fase son considerados hoy en día como sinónimo del sistema de Taguchi, parámetros de diseño y tolerancia de diseño.

**Fase de detalles de diseño.** En esta etapa, los presupuestos de capital y los tiempos están preparados para el diseño. Los sub-sistemas, componentes y partes del producto resultante son entonces completamente diseñados. Los planos de montaje son posteriormente preparados para los componentes y subsistemas, que después de que el prototipo es construido y probado respectivamente. Se realiza un análisis más detallado del prototipo, antes de hacer revisiones menores como por ejemplo de convergencia del diseño final.

**Este modelo puede ser ordenado por los siguientes pasos:** análisis, síntesis, evaluación, decisión, optimización y revisión. Es importante decir que estos pasos se repiten dentro de cada una de las fases del modelo, siendo más notables en algunas fases, o dicho de otro modo, ciertos pasos conllevan un mayor peso en algunas fases que en otras, pero sin disminuir la importancia que cada una de éstas tiene en cada fase.

### Modelo de Pahl and Beitz

El siguiente modelo fue propuesto por Gerhard Pahl y Wolfgang Beitz<sup>7</sup>, ellos proponen el proceso de diseño con las siguientes cuatro fases: justificación de la tarea, diseño conceptual, realización del diseño y diseño de detalle.

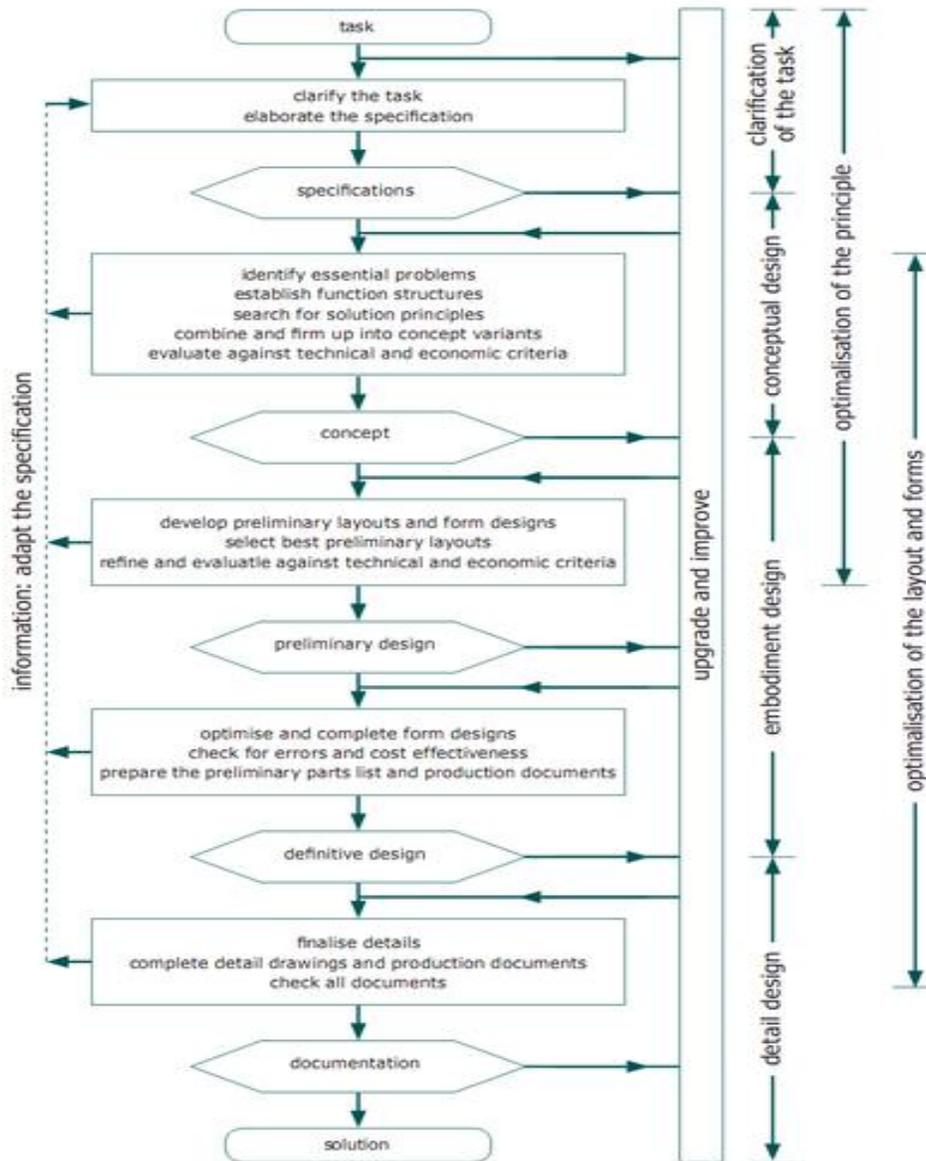


Figura 3.6 Fases del Modelo del Producto del Procesos de Diseño por Pahl and Beitz

La primera fase (**Justificación de la tarea**) consiste en la recopilación de información sobre los requisitos que resuelvan el problema de forma general, porque en esta fase busca dar una explicación de las razones por las cuales se requiere la creación de una solución, modificación de una anterior o implementación de una nueva, por lo cual se reúne información acerca de cuáles son las opciones disponibles, si se requiere una idea totalmente nueva, si es que ya existe alguna que pueda ser aplicable al problema actual o alguna similar que pueda ser modificada para resolver el problema.

La segunda fase, la **fase de diseño conceptual**, implica el establecimiento de las estructuras funcionales, la búsqueda de las principales soluciones adecuadas y su combinación dentro de las variantes conceptuales, en otras palabras, en esta fase lo que se busca es establecer ya un modelo más concreto de las ideas que se obtuvieron anteriormente, estableciendo cuales serán los argumentos o puntos clave que deberán de ser tratados, así como también de buscar la forma de conjuntar las ideas en un solo concepto.

En la fase de **diseño de realización**, el diseñador a partir del concepto que se estableció previamente, determina el diseño y forma, y con ello se desarrolla un producto técnico o sistema dependiendo de las consideraciones técnicas y económicas que se requerirán para lograr éste, por lo que, en este paso lo que se busca es llevar a una forma definitiva el concepto propuesto, dando como resultado un mayor detalle de la forma, ya sea física o conceptual que resuelva el problema que se está tratando, así como también dar a conocer cuáles son las consecuencias monetarias que implicaría su diseño e implementación.

En la última fase (**diseño de detalle**), la combinación, la forma, dimensiones y propiedades de la superficie de todas las partes individuales del producto son finalmente establecidos, así como también los materiales específicos, la viabilidad técnica y económica se vuelve a comprobar así como los planos de dibujo y otros documentos de producción realizados.

### 3.7.2 MODELOS DESCRIPTIVOS

Los modelos descriptivos , como lo expresa Nigel Cross, David G. Ullman, así como otros autores que concuerdan que estos modelo son aquellos que surgen tanto de la experiencia de aquellos diseñadores que los crearon así como también de los estudios que se realizaron sobre cómo estos diseños fueron creados, cuáles fueron los motivos para hacerlos, cuáles fueron los procesos que se siguieron, que estrategias se crearon para llevarlos a cabo y cuáles fueron los métodos de resolución de problemas que utilizan los diseñadores. Estos modelos suelen destacar la importancia de la generación de un concepto de solución al principio del proceso, lo que refleja la "solución enfocada", la naturaleza de este pensamiento de diseño.<sup>13,26 y 27</sup>

La solución que se genera deberá pasar por un proceso de análisis y evaluación donde deberá verificarse que la idea no solo cumpla como solución, sino también que sea viable (hablando física y monetariamente), luego la idea deberá pasar por un refinamiento, donde se colocan las ideas principales y se va concretando poco a poco la solución, dando paso a un concepto más específico, en este proceso se da a lugar a la corrección de los posibles errores o fallas que se hayan encontrado para llevar a cabo su cometido y, por último, ya una vez que se corrieron los posibles errores encontrados anteriormente, se lleva a cabo el desarrollo de la solución del diseño.

---

<sup>26</sup> Ullman, D. G. and Diettrich, T. A. (1986). Mechanical Design Methodology-computer in engineering. American Society of Mechanical Engineers. New York. pp 173-180

<sup>27</sup> Ullman, D. G., Stauffer, L. A. and Diettrich, T. A. (1987). Preliminary results of an experimental study of the mechanical design process. In Proceedings from the NSF \_Workshop on the design process (Ed. M. B. Waldron). Ohio State University-Oakland, California. pp145-188

Por otro lado, otros diseñadores como Finger y Dixon hablan de los modelos descriptivos desde otra perspectiva, en donde han identificado el trabajo de investigación de esta área en particular en sólo dos líneas principales:

- I. *La investigación basada en técnicas de convergencia inteligencia artificiales, tal como el análisis de protocolo, lo cual implica la recopilación sistemática de datos sobre cómo los diseñadores diseñan.*
- II. *La investigación basada en el modelado de los procesos cognitivos. El objetivo de esta investigación es la construcción de modelos cognitivos basados en computadoras, que describen, simulan y emulan los procesos mentales y habilidades utilizadas por los diseñadores, cuando los diseñadores crean un diseño<sup>11</sup>.*

Lo que podemos notar en estos modelos, de acuerdo con la descripción anterior, es que, en primera instancia, que mientras los modelos prescriptivos ya tienen una base establecida donde se indica de manera bastante precisa, los pasos que se deben seguir para llevar a cabo el proceso de diseño, es que estos modelos a pesar de que mantienen de cierta forma una estructura, dependiendo del autor, ésta pueda variar, por lo cual, no todos los autores comparten todos los puntos de vista. Sin embargo, por lo general, la mayoría de estos modelos tienen algunos puntos en los que concuerdan, más específicamente hablando, en la investigación, análisis y evaluación de la solución, ya que, como es lógico, esta primera fase independientemente del modelo que estemos usando, es la base para la búsqueda de una solución a un problema. No obstante pueda darse el caso en que en algún modelo estos pasos no se encuentren en un principio, ya que dependerá de que bases se apoye el diseñador del modelo en cuestión. Otro punto que es clave es el de refinamiento o detalle de la solución, sin embargo, cabe aclarar que en esta fase a diferencia de los modelos prescriptivos, contaría en lugar de la fase preliminar y no de detalle. A continuación se presentan dos ejemplos de modelos descriptivos para ejemplificar lo anterior de una forma más clara.

### **Modelo de March**

El modelo del proceso de diseño propuesto por Lionel March se basa en la labor del filósofo lógico y científico estadounidense Charles Sanders Peirce, del cual March tomó para su modelo los tres modos de razonamiento que describe Peirce, los cuales son: la deducción, la inducción y la abducción (o producción). En replanteadas observaciones de Peirce, el diseño racional se percibe como tres tareas

1. La creación de una nueva composición, realizada por el razonamiento productivo
2. La predicción de las características de funcionamiento, realizada por el razonamiento deductivo.
3. La acumulación de nociones habituales y los valores establecidos, una tipología en evolución realizada por el razonamiento inductivo.

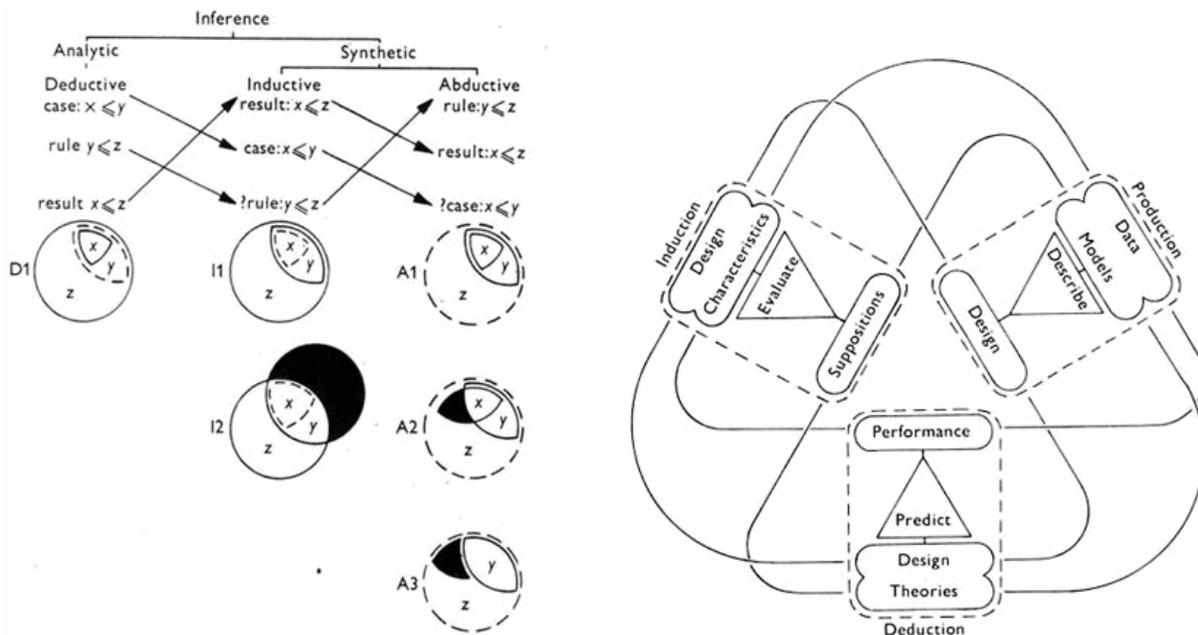


Figura 3.7 Modos de interferencia de March y el Modelo PDI<sup>28</sup>

Extensamente, la producción (abducción) crea, la deducción predice y la inducción evalúa. En este modelo, el proceso de diseño comienza con la primera fase del razonamiento productivo, que se basa en una declaración preliminar de las características requeridas y algunas presuposiciones de una solución, para producir la primera proposición de diseño.

De las suposiciones de diseño y de la teoría establecida, la primera propuesta de diseño es, entonces, deductivamente analizada para predecir las características de rendimiento esperado.

De las características de funcionamiento previsto, entonces es posible evaluar inductivamente otras posibilidades de diseño o suposiciones. Este ciclo se repite, a partir de una instrucción revisada de las características, dando lugar a nuevas mejoras y/o cambios en el diseño universal propuesto.

### **Modelo de Matchett**

El enfoque para el diseño propuesto por Edward **Matchett**, también se conoce como el método fundamental de diseño (FDM). El objetivo de este enfoque es para que un diseñador pueda "percibir y controlar el patrón de sus pensamientos" y relacionar esta fase más de cerca a todos los aspectos de una situación de diseño, el enfoque adoptado por Matchett indica que el diseño se construye en torno a cinco patrones de pensamiento: (a) pensar las estrategias de esquema, (b) pensar en planos paralelos, (c) el pensamiento desde varios puntos de vista, (d) pensar con conceptos y (e) de pensar con elementos básicos:

<sup>28</sup> March, L. (1984). The logic of design. In *Developments in design methodology*. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp 265-276

1. Pensar con las estrategias de esquema. La idea aquí es (a) **encontrar** la posibilidad de decidir de antemano cuál es la estrategia (es decir, una secuencia o una red de diseño de acciones o pensamientos) es que se adopten en el proceso de diseño. (b) para poder comparar lo que se ha logrado en el proyecto de diseño con lo que se planificó y (c) ser capaz de producir estrategias para la elaboración de estrategias.
2. Pensando en planos paralelos. Consiste en la observación individual de los pensamientos y las acciones de uno mismo y sus colegas durante un proyecto de diseño, y la atención se centra en el patrón o el pensar mientras se diseña.
3. Pensar desde varios puntos de vista. El esfuerzo aquí se dirige a la solución del problema de diseño en lugar del proceso de encontrarlo.
4. Pensar con conceptos. Éste consiste en imaginar el dibujo o de los patrones geométricos que permiten a un diseñador para relacionar los métodos de diseño fundamentales (FDM), listas de comprobación para el patrón de sus propias remembranzas y tendencias. El objetivo principal de esto es proporcionar al diseñador de un notable patrón de la relación entre el problema de diseño, el proceso de diseño y de la solución.
5. Pensar con elementos básicos. Este patrón de pensamiento es la más racional de los cinco modos de pensar. El uso de los elementos básicos es hacer que el resalte el diseño de la gran cantidad de acciones alternativas que se abren a él o ella en cada punto de decisión. Estos elementos básicos son considerados menores de siete grupos de: (a) opciones de decisión, (b) las opciones de sentencias, (c) las opciones estratégicas, (d) las opciones tácticas, (e) opciones relacionales, (f) opciones de obstáculo y (g) opciones de concepto.

### 3.7.3 LOS MODELOS DE DISEÑO COMPUTACIONAL

Neville<sup>29</sup> considera que los métodos computacionales de diseño deben de jugar dos roles principales: en primer lugar, que son una parte necesaria del desarrollo de la más eficaz de las herramientas CAD (diseño asistido por computadora) y, en segundo lugar, que juegan un papel de apoyo en la investigación sobre la teoría del diseño y la metodología. Los modelos computacionales que Neville considera, se centran en la función de asignación en la estructura e investigar que están destinados a la aplicación metodológica computacional, por lo que se le considera este diseño de modelos a ser un proceso al cual se asigna un conjunto explícito de las necesidades en una descripción de un producto físicamente realizable que satisfaga estos requisitos más implícitos impuestas por el dominio / medio ambiente.

Los modelos computacionales que se han desarrollado a la fecha han sido propuestos, por mencionar algunos autores, como Agogino, Mostow, Dixon, Cagan y Agogino, Gero y Fitzhorn, poseen, en general, la estructura descrita anteriormente.

---

<sup>29</sup> Neville, G. E. (1989). Computacional models of design process. In Proceeding of the 1988 NSF Grantee Workshop on design theory and Methodology. Design Theory '88 (Eds S. L. Newsome. W. R. Spillers and S. Finger). Springer-Verlag, New York. pp 82-96

## 3.8 MODELO A SEGUIR

### 3.8.1 PARÁMETROS INICIALES

Con lo que se ha establecido anteriormente, a continuación, lo que prosigue es la descripción del modelo que se seguirá para la solución del problema planteado inicialmente, el cual es la creación de un cuadro para bicicleta eléctrica, el cual nos permite de una manera fácil y práctica de montar en éste, los componentes necesarios que requiere una bicicleta eléctrica. Para hacerlo de una manera más eficiente, como se ha descrito con anterioridad, debemos de establecer cuáles son las características de la solución de diseño que estamos proponiendo, esto nos servirá para evitar dar, ya sea, una solución no deseada, o una solución redundante( o ya existente), lo cual no proporcionaría ningún beneficio en sí.

En primer lugar, debemos de ver qué tipo de solución de diseño que se está proponiendo, está basada en la utilización de un elemento ya existente, pero que como se comentó al principio de este trabajo, puesto a que en un principio no se contaba con la tecnología no era factible, y hoy en día, debido a que es un producto importado su precio en nuestro país no es factible para la mayoría de los consumidores. Entonces, como este producto ya existe en el mercado, pero sin embargo, en nuestra opinión hemos visto la posibilidad de mejorar el diseño de este producto, lo cual nos llevaría a una solución del tipo de **rediseño**, y dentro de este tipo de solución se encuentra dentro del tipo **adaptativo**, ya que en un principio la solución original, la cual es la de ser un medio de transporte, sigue siendo la misma, lo que cambia en cierta medida es la forma en que esta solución se lleva cabo, ya que lo que se busca es una mejora de la forma en que se soluciona el problema.

Por otro lado, también podemos decir que la solución de diseño que estamos proponiendo cae dentro de los productos dinámicos, o mejor dicho, dentro de los **dinámicos-estáticos**. Esto reitera nuestra anterior postura, y esto se debe, a que este tipo de productos tienden, sino a cambiar en su totalidad, si se busca una mejora dentro de los mismos con la inclusión de mejores materiales o sistemas con un mejor rendimiento que les de cierta ventaja sobre versiones anteriores del mismo.

Por último, basados en los datos establecidos anteriormente y también en que como ingenieros, debemos de establecer no solamente una solución atractiva, sino que sea eficiente y redituable, debemos de establecer de forma precisa y comprobable que nuestra solución es realizable. Para lo cual basándonos en los modelos anteriores podemos discernir que, el tipo de modelo que nos conviene establecer es uno de tipo **prescriptivo**. Como se mencionó dentro de la descripción de este tipo de modelo, este nos ofrece una base sólida de datos, la cual nos permite demostrar de una forma contundente que la solución es lo suficiente buena para resolver el problema establecido.

Por otro lado también previene que la solución de diseño que estamos desarrollando tenga errores de cumplimiento, ya que como este tipo de procedimientos es bastante sistematizado te permite encontrar fallas dentro del desarrollo de la solución.

Sin embargo hay que decir que a pesar de que este tipo de modelo nos ofrece bases lo suficientemente sólidas para evitar fallas dentro del proceso, de no implementarse correctamente los pasos conforme se avanza en su desarrollo, podemos tener serios errores, los cuales implicarían un

mayor tiempo de elaboración, lo cual resulta poco beneficioso y, en algunos casos, con consecuencias económicas.

Con lo anterior, ya podemos tener una referencia más clara de cómo empezar a desarrollar la solución de diseño, de manera que se tomen en cuenta las características que implica ésta, y así mismo tener una mejor perspectiva del alcance de la misma.

### 3.8.2. FORMULACIÓN DEL MODELO A SEGUIR

Ahora lo que debe hacer es establecer un modelo base y para ello sean revisados algunos de los modelos de diseño propuesto por autores como Pahl y Beltz, Ulrich, Eppinger y Ullman. De estos modelos hemos podido destacar que dentro de este tipo existen 4 etapas, dentro de lo que es el desarrollo de un producto o solución de diseño. Estas etapas son: Planeación o Clasificación de la tarea, Desarrollo de concepto o Diseño conceptual, Diseño a nivel Sistema o Diseño preliminar, y Diseño de detalle o Diseño final.

En general, la mayoría de los modelos de diseño cubren estos cuatro pasos o fases, dentro de las primeras dos se realiza la identificación a la necesidad y la planeación de proceso de diseño, así como también la identificación de soluciones similares, la comparación de las mismas, y la extracción de la información más relevante de ésta, dentro de lo cual cabría destacar el costo de adquisición de estos productos, sus refacciones, condiciones estándar de uso, etc. Después dentro de las tercera y cuarto se empiezan a desarrollar de manera más concisa el desarrollo de las funciones y las especificaciones del mismo, donde deberemos trabajar en base a las características que se han identificado para el desarrollo de la solución y posteriormente definir los elementos ingenieriles que el diseño deberá cumplir para que sea considerado como una solución viable a la necesidad que intentamos cubrir con esta.



Figura 3.8. Modelo descriptivo propuesto

Por lo tanto, el modelo de diseño basado en lo anterior estaría dividido en cinco partes principales, las cuales serán: **Planeación** (*Identificación de la necesidad*), **Diseño conceptual** (*Desarrollo de conceptos funcionales*), **Análisis Económico** (*Estudio de mercado y Revisión de la competencia*), **Diseño preliminar** (*Realización de un primer prototipo*) y **Diseño final** (*Implementar especificaciones ingenieriles*); con estos puntos se cubrirá las cuatro partes elementales de los modelos prescriptivos. Por lo tanto, el modelo a seguir quedará como se muestra en la figura 3.8.

Ya organizado la forma en que se debe desarrollar la solución en base a la problemática que se propuso al principio de este trabajo, el cual se ha señalado en los capítulos anteriores, lo que se debe hacer ahora es hacer los puntos que hemos propuesto.

### **3.8.3 APLICACIÓN DEL MODELO SEGUIR**

#### ***Planeación (Identificación de la necesidad)***

Como se explicó en el capítulo anterior de este documento, la problemática a solucionar es la de un medio de transporte individual eficaz y costeable, que a su vez sea también ecológico y de fácil adquisición. Con lo antes mencionado queda demostrado que se ha encontrado la necesidad que se desea cubrir, para lo cual, mediante una serie de investigaciones previas, las cuales se hacen notar como una posible solución a este problema que con la implementación de la bicicleta eléctrica, este problema se daría por resuelto, sin embargo, este producto hoy en día no está al alcance de muchas personas, de tal manera mediante la creación de un cuadro para bicicleta eléctrica, éste puede ser traído a un mercado más amplio, aunado con el hecho de que esta solución incluiría algunas mejoras tanto técnicas como visuales.

Es importante hacer notar que esto quiere decir que se están tomando como base la necesidad de un medio de transporte, pero para cubrir esa necesidad no solamente hay que considerar lo que ya se ha establecido en anteriores ocasiones, si no que el propósito es que la solución no solo satisfaga la necesidad sino que también incluya mejoras dentro de la misma. Para ello, se debe de hacer un estudio de los requerimientos que son necesarios para cubrirla, para lo cual, es importante desglosar las partes que integran esta solución, ya que en este caso particular, hay que tener en cuenta que el cuadro de la bicicleta eléctrica es en sí el rediseño de una idea previamente propuesta, con lo que se busca adaptar los componentes que la integran dentro de esta solución.

Por lo tanto, la identificación de la necesidad ya ha sido planteada dentro de los primero dos capítulos de este trabajo, donde se ha concluido lo anteriormente que se ha planteado, donde se han dado a conocer los datos a cerca de cuáles son los motivos y justificación por la que se está proponiendo es la solución para dicha problemática. Por lo tanto, siguiendo el esquema que se ha propuesto, a continuación lo que se abordara es el diseño conceptual, donde se verá las partes fundamentales que se requieren para efectuar esta solución, así como también se revisarán que elementos funcionales deberán ser implementados para satisfacer los requerimientos de este planteamiento.

#### ***Diseño Conceptual (Desarrollo de conceptos)***

Si bien se ha dicho que lo que se debe hacer ahora es abordar el diseño conceptual, lo primero que se hará será es un análisis de los requerimiento necesarios que hay que tomar en cuenta para la elaboración de un medio de transporte, que como se menciono, es la necesidad principal a cubrir, por consiguiente, se habrá de realizar una lista de los requerimientos con los que debe cumplir un medio de transporte como el que se está planteando.

### 3.8.4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

Para desempeñar lo anterior hay que mencionar que, uno de los elementos indispensables para el desarrollo de esta solución es el cuadro de la bicicleta. Aunque juegan un papel importante el motor y la batería dentro del diseño del cuadro, ya que se diseñara en base a las medidas y forma de estos, para efectos del área de nuestro interés, este elemento es el más indispensable. Como se ve en los capítulos 1 y 2, a pesar de que ya se han superado los mayores obstáculos para la realización de esta solución, ya que se cuenta con la tecnología para su desarrollo, como por ejemplo: el sistema de impulsión (motor) y la fuente de alimentación (batería), la mayor parte de la industria que ha pisado este terreno sólo ha hecho una adaptación de un producto ya existente, sin tomar en cuenta que puede mejorarse. Y aquellos que si han tendido a un mayor avance, han hecho que este producto se encuentre fuera del alcance del usuario promedio y de menores ingresos. Por lo tanto, el objetivo de nuestra solución sea el diseño de un cuadro para bicicleta eléctrica, es que este producto sea muchísimo más accesible, así como también tenga ciertas ventajas adicionales con respecto a los que se encuentran hoy en el mercado a un nivel accesible desde el punto de vista económico.

#### ***Necesidades del cliente y Requerimientos técnicos***

Ahora bien, para continuar con lo anterior de acuerdo con lo establecido, es desarrollar una propuesta funcional que pueda solucionar los objetivos principales así como los secundarios. Los cuales se deben de identificar correctamente mediante un análisis de necesidades y requerimientos, e identificar cuáles son las más importantes.

Para este fin, se construye una tabla de requerimientos en la cual se identifican cuáles son los elementos más importantes para darles prioridad, así como también saber cuáles dependerán de los mismos. Para hacerlo de manera apropiada, debemos de definir primeramente qué es una *necesidad* así como también qué es un *requisito* para establecer su jerarquía o importancia que han de guiar en el desarrollo de esta solución.

- **Requisito.** Se pretende que el término de requisito signifique la descripción precisa de lo que el producto tiene que hacer. En ocasiones también puede encontrarse referido como requisitos del producto o características de la ingeniería, en otras ocasiones se utilizan los términos de especificaciones o especificaciones técnicas para referirse a las variables de diseño clave del producto, tal como la viscosidad o la constante de resistencia de algún material. Los requisitos de un diseño restringen de manera progresiva las posibles soluciones de todos los diseños de productos posibles.
- **Necesidad.** Para efecto de un proceso de diseño, podemos definirla como cualquier atributo de un producto potencial que desea el cliente, otros términos que pueden entrar dentro de esta misma categoría, los de atributos del cliente, también pueden llamárseles como *Requisitos del cliente*.

En otras palabras, lo que se pretende decir con lo anterior, es que las necesidades son aquellos atributos que el cliente demanda como necesarias para satisfacer sus necesidades. Esto puede ser difícil de interpretar, ya que en ocasiones, el cliente puede llegar a ser no muy claro en cuanto a lo que está buscando. Por ello, es importante no buscar respuestas muy complicadas, ya que puede resultar que la solución propuesta no cumpla con el objetivo o que lo cumpla pero que no sea

adecuada. Por otro lado, la solución también debe ser original, ya que de no ser así, puede que solo se incurra en la repetición de una solución ya existente. Aunque de pasar lo último, si ésta se mejora en ciertos puntos clave, esto cumplirá con el objetivo funcional de esta solución.

Ahora que hemos establecido la diferencia entre una necesidad y un requisito, ya podemos establecer una jerarquía de prioridades, que en este caso son las necesidades, esto en base a que la necesidad es lo que el cliente ha establecido como necesario para su uso; por otra parte, los requerimientos son la traducción en forma de especificaciones de ingeniería de las necesidades que el cliente ha establecido y que, por lo tanto, deben ser cubiertas, por ejemplo: la resistencia a la tensión que debe soportar un cierto ensamble, o la resistencia a la fluencia en algún punto, por mencionar algunos. Sin embargo, no necesariamente estas especificaciones pueden ser cubiertas de una sola manera, por ejemplo: si necesitamos que una estructura sea lo suficientemente resistente, pero a su vez que sea ligera, debemos de buscar la manera de cubrir con estas necesidades de forma tal que se cubran ambos aspectos. De igual forma los requerimientos que se vayan introduciendo restringirán paulatinamente las posibles formas de cumplir con las necesidades establecidas por el cliente.

Como se mencionó anteriormente, cada paso de este proceso debe hacerse con mucho cuidado, y siendo éste la base para el desarrollo de la solución, es impórtate ser meticoloso, ya que esto repercutirá en las decisiones que se tomarán en adelante.

<b>Necesidades</b>
<b>Compacto</b>
<b>Ligero</b>
<b>Resistente</b>
<b>Rápida</b>
<b>Seguro</b>
<b>Atractivo</b>
<b>Cómodo</b>
<b>Bajo costo (Mantenimiento)</b>
<b>Fácil ensamblaje.</b>
<b>Bajo costo (Adquisición)</b>

Tabla 3.1. Tabla de Necesidades

Por lo tanto, como se muestra en la Tabla 3.1, éstas son las principales necesidades que hemos encontrado que se deben satisfacer para dicha solución. Ahora bien, éstas son las necesidades que se han de satisfacer, sin embargo éstas podrían resultar muy ambiguas, por lo tanto, a continuación daremos una descripción de cada una de estas necesidades, y con ello establecer el requerimiento para satisfacer esta necesidad.

### ***Necesidades***

Para desarrollar esta solución se tomar en cuenta que los elementos considerados como necesarios con los que debe contar éste, han sido establecidas mediante un análisis de productos similares, los

cuales ya cumplen en cierta medida de la necesidad principal que deseamos cubrir, en general, este tipo de dispositivos ya cubren en la mayor parte de ella, sin embargo, no en su totalidad. Entonces, en seguida se explicará cada una de las necesidades que se han propuesto, para con ello tener un mejor enfoque del alcance que los requerimientos deberán cumplir para satisfacer las anteriores mencionadas.

**Compacto.** La estructura principal (cuadro) debe ser lo más compacta que se pueda o que no exceda por mucho el promedio de los ya existentes (1,90 m de largo, 0,60 m de ancho y una altura de 1,10 m. estas medidas son tomando en cuenta las llantas y el volante), pero que a su vez cumpla con su función principal, la cual es alojar en ella los componentes eléctricos (motor, batería, controlador, etc.) para que cumpla su función, y a su vez, que estos componentes no se muestre a simple vista.

**Ligereza.** Ya que estamos hablando de un motor eléctrico, el peso del cuadro es un factor importante en cuanto al rendimiento del motor, sin embargo, el uso de un material de mayor resistencia con un peso menor es agregar un costo extra al diseño, lo cual también es importante revisar qué tan factible es el uso de este tipo de materiales y su adquisición.

**Resistencia.** El cuadro debe ser más resistente que los cuadro para bicicletas normales, ya que deberá llevar una carga extra en ciertas partes del cuadro (en el soporte principal, así como en los soportes de la llanta trasera).

**Rapidez.** Este es uno de los factores más importantes de este proyecto, ya que uno de los puntos sobre el cual se basa el beneficio de nuestra propuesta es una mayor velocidad, esto se llevará a cabo con la introducción de un motor de mayor potencia de los introducidos en el mercado. Esto trae como consecuencia un peso mayor sobre el peso de los soportes de la llanta trasera, lo cual deberá ser analizado cuidadosamente.

**Seguridad.** Este punto está aunado a otros, pero en general, hace referencia a que debe cumplir con los estándares de calidad promedio mencionados en el capítulo 1, esto para que pueda ser usado adecuadamente, teniendo la certeza de que funcionará de acuerdo a las especificaciones indicadas.

**Atractivo.** Este punto puede no tener un impacto tan grande en cuanto al funcionamiento del diseño, sin embargo, al consumidor este factor le puede ser de mayor importancia, ya que el consumidor promedio, no indaga en factores como la resistencia o en factores de cumplimiento de especificaciones, no obstante, pone mayor atención en la apariencia del producto y que a su vez cumpla con su función.

**Comodidad.** La comodidad es un factor muy importante, ya que el propósito de este medio de transporte es el de recorrer distancias relativamente largas (alrededor de 30 a 40 km, son recorridos largos).

**Bajo costo (Mantenimiento).** Uno de los puntos de mayor peso que resultó de este análisis, fue el costo por manteniendo. Puesto que la mayoría de las partes de una bicicleta común no son muy caras, son los componentes necesarios para la transición de bicicleta estándar a una bicicleta eléctrica son los que elevan el precio de este dispositivo, debido a que la tecnología es aun costosa debido a su

poca circulación, es el principal obstáculo para la obtención de estos equipos, así como de sus refacciones.

**Fácil ensamblaje.** El ensamblaje en una línea de producción también es un factor que eleva mucho el costo de un producto, por lo que, un objetivo de este diseño sería su fácil ensamblaje, con esto nos referimos que no requerirá de equipo especial para el ensamblaje de sus partes y de igual modo para el cambio o mantenimiento de las mismas.

**Bajo costo (adquisición).** Así como el costo por mantenimiento es un punto importante, el costo de adquisición también es un punto que debe ser tomado en consideración. Aunado al hecho de que las piezas deben ser traídas del extranjero, también está el hecho de que el costo de estos equipos aumenta debido a impuestos por exportación, al igual que el hecho de que las empresas que llegan a vender estos equipos a nivel nacional, aumenta aun más el precio. Sin embargo, si el producto puede ser manufacturado en territorio nacional, el costo se vería reducido en gran medida.

**Requisitos**

Ahora que ya hemos explicado con un mayor detalle los puntos que este producto exige, ahora lo que debemos hacer es traducir estas necesidades en requisitos o características de ingeniería. Esto significa que a estas necesidades se le debe darle un cierto valor, dependiendo de la función que ésta desempeñe (peso, velocidad, resistencia a la tensión, voltaje, etc.), con lo cual la solución cumplirá con su objetivo.

Cabe aclarar que en este punto del diseño aún no se establecerán cálculos o cifras con mucha precisión, ya que hasta el momento lo primordial aquí es establecer los objetivos secundarios principales (por llamarlos de alguna forma) que la solución debe cumplir. Por lo tanto, los siguientes datos han sido propuestos en base a la experiencia adquirida dentro de la carrera, así como también mediante la investigación que se mostrará con más detalle, dentro del capítulo 4 “Análisis de Mercado”, donde se profundizará con más precisión acerca de estos factores.

Entonces, la tabla de requisitos queda de la siguiente forma, dando como referencia la tabla de necesidades, de donde se derivarán los requisitos que propones para satisfacer a las necesidades anteriormente mencionadas.

<b>Necesidades</b>		<b>Requisitos</b>
Compacto	→	<i>Dimensiones Estándar Largo (1029-1099 cm) Alto (406-559 cm)</i>
Ligero	→	<i>Peso 18-33kg</i>
Resistente	→	<i>Aluminio de tipo estructural</i>
Rápida	→	<i>Velocidad de 30 a 35 km/Hr</i>
Seguro	→	<i>Carga de 80 a 100 kg</i>
Atractivo	→	<i>Diseño llamativo</i>
Cómodo	→	<i>Estructura ergonómica</i>
Bajo costo (Mantenimiento).	→	<i>Piezas de fácil adquisición</i>
Fácil ensamblaje.	→	<i>Uso del kit comercial</i>
Bajo costo (Adquisición).	→	<i>Material de costo moderado</i>

Tabla 3.2 Tabla de Necesidades y Restricciones

Por otra parte también es necesario procurar que estos requisitos propuestos tengan congruencia con los parámetros manejados y no caer en errores de conflictos de cumplimiento de un requisito con otro. Con esta información es posible pasar a la proposición de los elementos funcionales, que serán aquellos elementos los cuales cumplirán con los requerimientos que propuestos anteriormente.

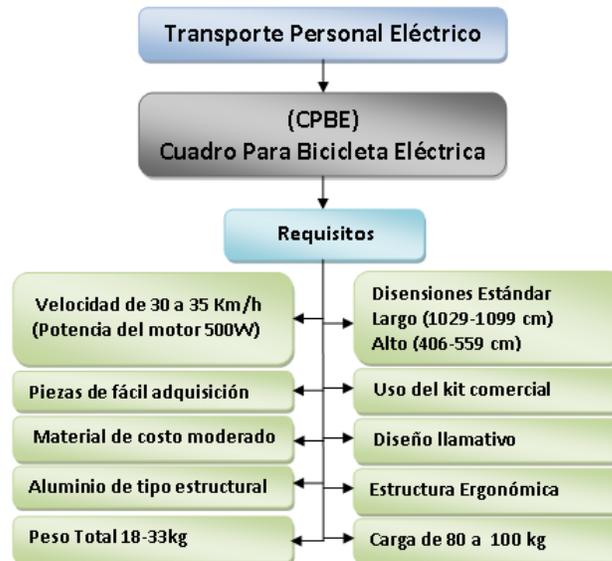


Figura 3.9. Requisitos derivados de las necesidades

### 3.8.5 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Ahora que ya hemos revisado las necesidades y requisitos que esta solución de diseño requiere y de haber descrito el significado de éstas de acuerdo al contexto en el cual nos encontramos, lo que procede a continuación es tomar estos requisitos y convertirlos en elementos funcionales con los cuales se satisfagan de manera tal que no sea necesario de satisfacerles nuevamente o tener que agregar algún otro elemento para satisfacerlo, que de ser el caso, deberá de aclararse con anticipación, para que posteriormente no exista ningún inconveniente al cubrir las necesidades y restricciones.

#### Árbol general de funciones

Para realizar lo anterior, se debe de tener cuidado de no repetir los requerimientos, ya que esto puede ser perjudicial al momento de llevar la solución a un entorno material, y de tampoco mezclarlas, tratando siempre de que las soluciones sean de forma individual o dicho de otra manera, que no trate de cubrir con un mismo elemento funcional varios requerimientos. Sin embargo, puede darse el caso que dos requerimientos puedan ser cubiertos con un mismo elemento funcional, esto también es válido, pero es importante que dicho elemento funcional no presente conflictos para el cumplimiento de otra restricción, para evitar tener que enmendar dicha situación con uno o más elementos funcionales y provocar una cadena de ajustes que pudiesen evitarse desde un principio.

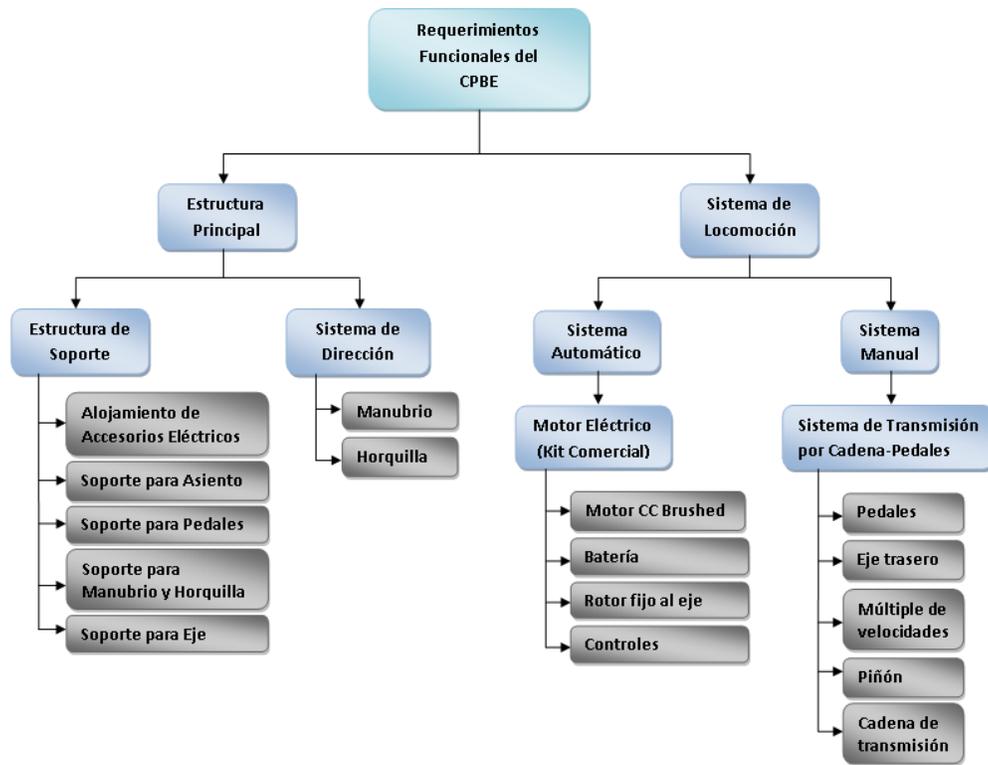


Figura 3.10. Diagrama “Árbol General de Funciones”

Para cumplir con lo anterior, es necesario tomar en cuenta el diagrama “Árbol General defunciones” (Fig. 3.10) en el cual se manifiestan de manera ordenada cómo los requisitos son solucionados mediante elementos funcionales, en este caso en particular, los elementos funcionales serán los dispositivos necesarios para resolver estos requisitos. Estos dispositivos serán mostrados en el Capítulo 4 donde se dará una descripción más detallada de estos elementos, como es el caso del asiento, el manubrio, el motor, la batería, los pedales, etc., que son elementos propios de una bicicleta eléctrica.

## CAPÍTULO 4 “ANÁLISIS ECONÓMICO”

La popularidad del uso de bicis eléctricas se debe en parte a las importaciones de China, donde los fabricantes están produciendo modelos muy accesibles.

Las bicicletas eléctricas, provenientes de China, son muy populares en París y están llenando las calles de Amsterdam y otras ciudades de Europa.

Según la asociación de ciclistas profesionales Conseil National des Professions du Cycle, en Francia se vendieron el año pasado más de 10.000 bicicletas eléctricas, comparado con las 6.000 del 2006.

En Alemania se espera se dupliquen este año con respecto a las 60.000 ventas en el 2007.

En Holanda, en tanto, la venta de bicicletas motorizadas aumentó de 45.000 en el 2006 a 89.000 el año pasado, según BOVAG, una asociación de la industria de vehículos motorizados, la cual espera este año una venta total de 121.000.

En Europa, oprimidos por el vertiginoso aumento de los combustibles y cansados de los embotellamientos de tráfico, los automovilistas están buscando una alternativa para viajes cortos que no impliquen trasladarse en vías atestadas.

La Asociación de Bicicletas de China asegura que ese país tiene más de 1.400 fabricantes de bicicletas eléctricas, con una producción total de aproximadamente 5,5 millones de unidades al año.

En la gráfica podemos observar el incremento de las ventas de bicicletas eléctricas en algunas de las principales ciudades de Europa.

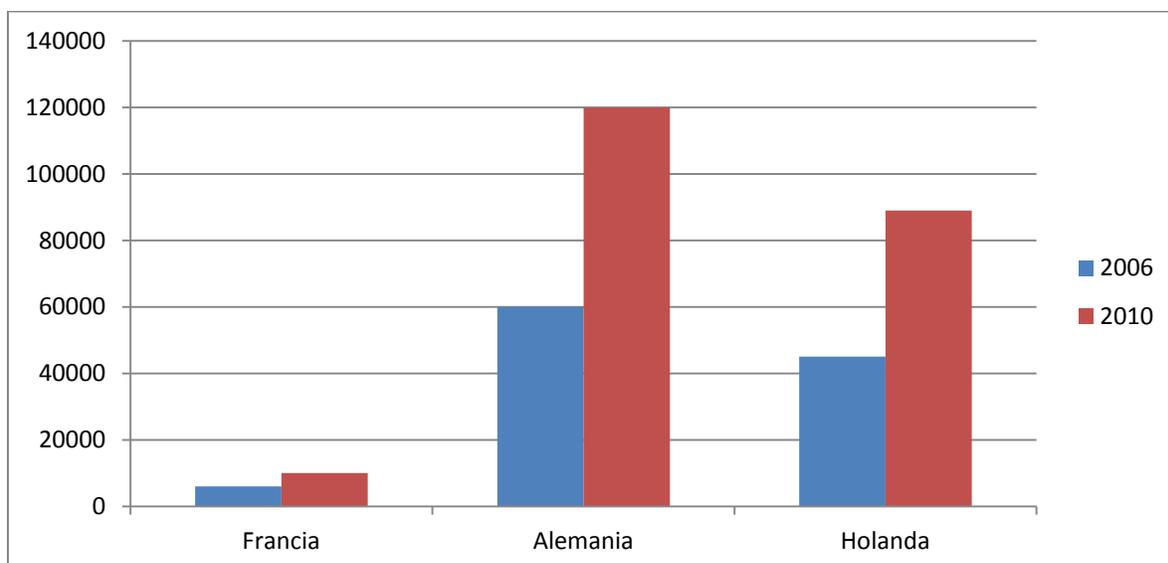


Figura 4.1 Gráfica de Ventas de Bicicletas eléctricas

## 4.1 COMPONENTES COMERCIALES

La bicicleta eléctrica cuenta con ciertos elementos, los cuales se pueden adquirir con los distintos fabricantes o proveedores, éstos los podríamos dividir en dos partes, los mecánicos (que forman parte de cualquier bicicleta, como pueden ser: cadena, pedales, frenos, piñones, multiplicador, etc.), y los eléctricos (como son, el motor, la pila o batería y el controlador), éstos son los que realmente hacen la diferencia y los cuales son esenciales para dicho proyecto.

### 4.1.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS

#### Motor para bicicleta eléctrica

Existen dos tipos: los motores eléctricos con escobillas o motores eléctricos sin escobillas. La mayoría de los clientes de bicicletas eléctricas prefieren usar los motores sin escobillas o “brushless” para no tener que cambiar las escobillas que hay en el interior del motor cada vez que se gastan.



Figura 4.2 Motor eléctrico Tipo brushless

Con un motor de 180W de media puedes pedalear hasta pendientes de 8 %, mientras que con un motor de 250w se pueden subir cómodamente pendientes del 14%.

#### Controlador de la bicicleta eléctrica

El controlador regula la velocidad y fuerza del motor, suministrando la cantidad de energía necesaria para una máxima eficiencia del motor y máximo rendimiento de la batería.



Figura 4.3 Control de Regulación de Velocidad

## **Batería**

Existen distintos tipos de batería para suministro de energía, dentro de éstos podemos destacar las siguientes:

**A)** Baterías de Plomo con ácido. Son las baterías de los vehículos por excelencia. Todos los automóviles llevan una, de momento.

El depósito estanco está relleno de ácido sulfúrico que bañan una serie de placas. Las placas positivas se encuentran recubiertas por dióxido de plomo y las placas negativas están recubiertas de plomo. Cada celda tiene 2v de tensión.

Son las baterías más económicas del mercado, pero también son las más pesadas y las más contaminantes. Sobre la duración de la batería depende mucho del fabricante y del uso que se haga de la batería. Las baterías de plomo utilizadas en las bicicletas eléctricas suelen durar de 2 a 3 años.

**B)** Baterías de níquel e hidruro metálico. Las baterías de níquel e hidruro metálico son las utilizadas en los pocos automóviles eléctricos que circulan por diversos países, como pueden ser los Honda, Toyota, etc. También son utilizadas en las scooter eléctricas.

El efecto memoria de las baterías de níquel e hidruro metálico es mínimo, pero tienen el problema del sobrecalentamiento de la propia batería si se utiliza durante un largo periodo de tiempo. También se sobrecalientan cuando se están cargando. Las celdas de estas baterías pueden dar 1,2v de tensión. El ánodo de la batería está compuesto por hidróxido de níquel y el cátodo por hidruro metálico. Con temperaturas extremas bajas se deterioran. Referente al mundo de la bicicleta eléctrica, las utilizan algunos fabricantes norteamericanos. En Europa y Japón es extraño encontrarlas en las bicicletas eléctricas de los fabricantes de estos países.

**C)** Baterías de Ion de Litio o también batería Li-Ion. Actualmente son las más utilizadas por los fabricantes de bicicletas eléctricas, sobretodo en Europa y Japón. De hecho, las baterías de Panasonic son de Ion de Litio. Estas baterías de Panasonic han tenido una gran aceptación por parte de los fabricantes de bicicletas eléctricas. Prácticamente las baterías de Ion de Litio son la última tecnología, aún se sigue desarrollando en diversas investigaciones con la intención de hacerlas funcionar en otros tipos de vehículos. Hoy por hoy, son muy utilizadas en la electrónica de consumo, en las bicicletas eléctricas y en herramientas portátiles.

Las baterías de Ion de Litio son más pequeñas y pesan bastante menos que cualquier otro tipo de batería, con igual carga eléctrica. No tienen efecto memoria. La descarga es lineal, lo que hace más fácil conocer el voltaje real de la batería y no necesita circuitos reguladores. Tienen una larga vida en los vehículos. La tasa de autodescarga es muy baja, es decir, si no la utilizamos la autodescarga es de menos del 5% de la carga total, este factor depende de la calidad del fabricante. Mientras que en una batería de plomo la tasa de autodescarga puede llegar a ser del 30% y, en una batería de NI-MH del 20%.

Como inconvenientes diremos que todavía son demasiado caras con respecto a las demás tecnologías en baterías, aunque su precio cada vez se reduce más debido al gran uso que se está llevando a cabo.

Las baterías de Ion de Litio, en condiciones de trabajo a temperaturas extremadamente bajas, tienen un menor rendimiento que las baterías de níquel cadmio (Ni-Cad) y las baterías de níquel de metal hidruro (Ni-MH).

Además, las baterías de Ion de Litio tienen un problema de explosión. Debido al uso con temperaturas altas y sumándole el sobrecalentamiento, necesitan circuitos electrónicos para controlar la batería en todo momento. Ésta es una desventaja, pero no debe preocuparnos porque gracias a los circuitos de seguridad el posible riesgo de explosión queda totalmente anulado. Además, es una nueva tecnología que se continúa investigando y estas desventajas ya han sido superadas como veremos a continuación con las nuevas baterías de Litio.

**D)** Las investigaciones en las baterías de Ion de Litio han dado su fruto en forma de nuevas baterías de Litio de polímero (Li Po) y de batería de Litio Ferroso (Li Fe).

Tanto la batería de Litio de Polímero (Li Po) como la batería de Litio Ferroso (Li Fe) no tienen el problema de riesgo de explosión, tienen una mejor tasa de autodescarga y tienen una mayor vida útil.



Figura 4.4.- Batería de Litio.

### **Acelerador**

Es el dispositivo que nos permite controlar o regular la velocidad del motor dando más potencia o menos según se requiera.



Figura 4.5.- Acelerador tipo manubrio

## 4.1.2 COMPONENTES MECÁNICOS

### Llantas

La llanta delantera y trasera es diferente. Está compuesta de una cubierta de caucho; en cuyo interior va una cámara, también de caucho; una llanta (aro generalmente metálico sobre el que se monta la cubierta), un buje central y los radios que conectan ambos.

En Latinoamérica los radios también se conocen como rayos, y los neumáticos se refieren a la cubierta de caucho de la rueda.

Las bicicletas normales usan 36 radios. Para conseguir ruedas más ligeras, se usan llantas y bujes de 32 radios, y para un tándem o una bicicleta de reparto, se usan ruedas de 40 y hasta 48 radios. Los radios se pueden fijar radial o tangencialmente, como se muestra en la imagen.

Los tamaños de las ruedas o llantas de bicicleta están estandarizados en la norma ISO 5775.

En bicicletas de adulto, los dos tamaños más corrientes son las ruedas de 26 pulgadas, típicas de las bicicletas de montaña, y las de 700mm, más grandes, que se usan en bicicletas de carretera y en muchas bicicletas urbanas.



Figura 4.6. Llantas de bicicleta tipo montaña

## Cadena de Trasmisión

Se usan para transmitir el movimiento de los pedales a la rueda en las bicicletas o dentro de un motor para transmitir movimiento de un mecanismo a otro.

Hay algún modelo de bicicleta que usa un cardan para transmitir el movimiento a las ruedas. Sin embargo, el sistema de cadena da una cierta elasticidad que ayuda a iniciar el movimiento.



Figura 4.7. Cadenas de transmisión

## Cambios

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y la menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes. Hay dos marcas reconocidas: Shimano, que usa las palancas tipo gatillo y SRAM (Gripshift), que usa las de tipo puño giratorio.

**Corona:** Es un elemento dentado utilizado en transmisiones, sea en un engranaje o en una transmisión por cadena. En contraposición con un piñón, se denomina corona a la rueda dentada de mayor tamaño y, por tanto, de mayor número de dientes de cada etapa de reducción o de multiplicación de velocidad.

**Piñón o Cassette:** Es el conjunto de estrellas traseras para cambios de velocidades. Los hay de 7 estrellas, de 8 y de 9. La estrella más chica disponible es de 11 dientes y la más grande de 34. Mientras más grande la estrella más fácil es el pedaleo. Los más reconocidos son Shimano y SRAM pero no son necesariamente compatibles el uno con el otro.

Para saber la cantidad de velocidades simplemente se multiplica la cantidad de estrellas o piñones traseros por la cantidad de estrellas delanteras, es decir,  $7 \times 2 = 14$ , y esa será la cantidad de velocidades que tenga la bicicleta.

**Desviador trasero o Cambio trasero:** Es el responsable de hacer los cambios de velocidades en la parte trasera. Tiene varios ajustes. En muchas de las bicis actuales los colocan sobre una pata removible cuya función es proteger al cuadro de una posible rotura.



Figura 4.8. Sistema de cambio de velocidad de Bicicleta

### **Maza**

**Trasera:** Es el conjunto de rodamientos y eje sobre los que gira la rueda. En ella se coloca el Cassette y llegan los rayos. Para bicis con freno de disco hay modelos especiales en los que se atornilla el disco. Se fija a la bici con una palanca especial denominada Bloqueo.

**Delantera:** Es el conjunto de rodamientos y eje sobre los que gira la rueda. A llegan los rayos y para bicis con freno de disco hay modelos especiales en los que se atornilla el disco. Se fija a la bici con una palanca especial denominada Bloqueo.



Figura 4.9.- Mazas de ruedas delantera y trasera de Bicicleta

### **Multiplicador**

Está integrada por las palancas de pedales, las estrellas delanteras y el eje de los pedales. Las estrellas delanteras más pequeñas son de 20 dientes y las más grandes de 48 para cross country. Puede haber más grandes para Downhill. Mientras más chica la estrella más fácil pedalear.

Se pueden encontrar pedales de contacto que son en los que se engrapan al pedal con la placa que se coloca en el zapato; los hay de plataforma, que no tienen ningún tipo de sujeción del pie y los de plataforma con Togle que es una especie de caja de plástico donde entra el zapato.

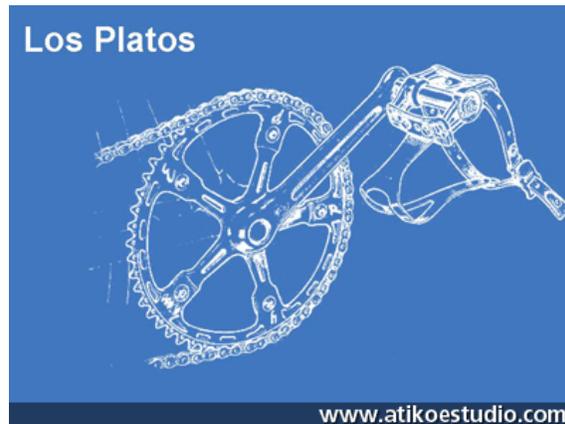


Figura 4.10.- Multiplicador

## Frenos

**De Disco.** Un freno de disco es un dispositivo cuya función es detener o reducir la velocidad de rotación de una rueda. Hecho normalmente de acero, está unido a la rueda o al eje. Para detener la rueda dispone de unas pastillas que son presionadas mecánicamente o hidráulicamente contra los laterales de los discos. La fricción entre el disco y las pastillas hace que la rueda se frene.

**De Rin o V-Brake:** Los de rin se conocen como V Brakes que crean fricción contra el rin para frenar.

Para ambos tipos hay varias marcas de prestigio como Shimano, Avid, Tektro, Magura, Hayes, SRAM (Gripshift), etc.

**Palancas de Freno:** Usadas para aplicar los frenos. Para frenos de rin y de disco mecánicos normalmente sirven las mismas. Los frenos hidráulicos traen sus propias palancas ya que son especiales.

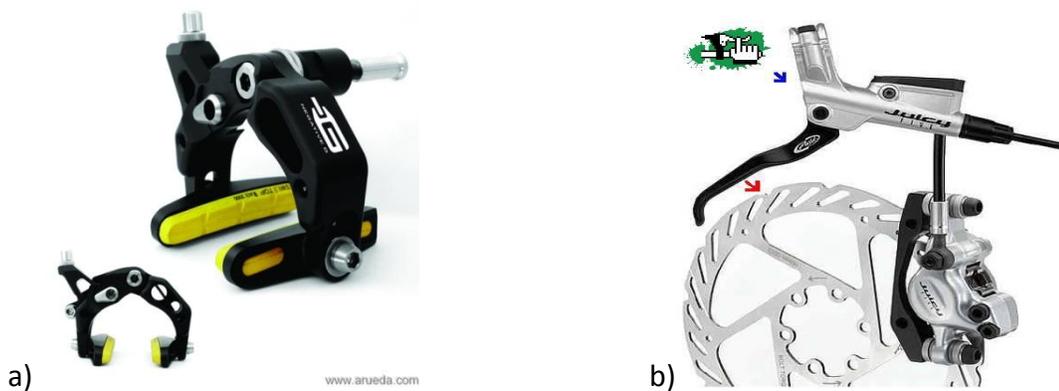


Figura 4.11. Frenos a) de Rin, b) de disco

## 4.2 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado en este proyecto, consiste en dar a conocer todas las características de la bicicleta eléctrica así como sus diferentes componentes, el precio de venta y como se comercializan.

Lo que se va a demostrar es básicamente determinar y cuantificar la demanda y la oferta del producto a tratar, analizar los precios y hacer un estudio de la comercialización del producto mismo.

El objetivo del estudio es brindar un conocimiento total del producto y su principal competencia.

### 4.2.1 ESTRUCTURA DEL MERCADO

El mercado al que se hace referencia está caracterizado como mercado de libre competencia ya que se permite la entrada de muchos productores, comercializadores y distribuidores de E-bikes, desde los negocios familiares hasta la competencia más fuerte como lo es Ultramotor.

El lugar, como ya se mencionó, es una zona nueva de comercio, donde se busca llegar a una mayor población.

#### **Demanda**

“El Distrito Federal, siendo la capital del país y teniendo una superficie de 1485 Km<sup>2</sup> contaba en 2005 con 8,720,916 habitantes, donde 2,345,536.2 habitantes, que representan el 26.5%, tienen entre 15 y 29 años<sup>30</sup>, que en gran parte es el sector de la población a que se desea llegar, por tal caso, es que la ciudad de México se sitúa dentro de las más pobladas con una densidad de 5920 hab/km<sup>2</sup> y un crecimiento promedio anual del 0.3% entre 2005 y 2010.

Para 2009, se tenía un estimado de 22 millones de viajes, de los cuales solo el 1% son hechos en bicicleta esto nos determina la demanda potencial que se refiere al número de habitantes que pueden ser posibles compradores, pero la demanda efectiva real se refiere al número de habitantes que por su ingreso per cápita tienen la capacidad de adquirir estos productos es distinta. El salario mínimo que se percibe actualmente es de 62.33 pesos diarios.

#### **Clasificación de la demanda**

La demanda se clasifica de acuerdo a las necesidades que tiene la comunidad, esta demanda corresponde al nombre de bienes no necesarios, se dice que es así porque es un producto creado de acuerdo a gustos o preferencias, ya que para transportarse no es necesario una bicicleta pues existen más medios de transporte.

---

<sup>30</sup> INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Excluye a la población de edad no especificada. La información es censal y está referida al 17 de octubre del 2005.

Nota: Se toma como referencia el año de 2005, por ser el año con la más reciente actualización con respecto a la distribución de la población por edades.

La demanda es continua por el alto crecimiento de la población y la creciente dificultad para transportarse y no se rige por una temporada en específico. El producto es de demanda final ya que se vende el producto ya terminado listo para ser utilizado por el consumidor final.

Características de la población:

AÑOS	HOMBRES	MUJERES
2005	50,249,955	53,013,433
2010	54,855,231	57,481,301

Tabla 4.1 POBLACIÓN TOTAL POR SEXO <sup>29</sup>

PERIODO	GENERAL	HOMBRES	MUJERES
2010	3,910,864	2,238,330	1,672,534

Tabla 4.2 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA OCUPADA EN EL D.F. <sup>29</sup>

PERIODO	MENOS DE 1 SAL. MIN.	DE 1 A 2 SAL. MIN.	DE 2 A 5 SAL. MIN.	DE 5 Y MÁS SAL. MIN.	NO RECIBE INGRESOS
2010	7.9	20.1	45.2	16.4	3.9

Tabla 4.3 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA POBLACIÓN OCUPADA, CLASIFICADA POR NIVEL DE INGRESO EN EL D.F. <sup>29</sup>

#### 4.2.2 DEMANDA ACTUAL Y FUTURA

Actualmente no existe una demanda específica o establecida, pues es un producto de reciente aparición, pero en base a las personas que utilizan la bicicleta como medio de transporte es posible estimar una demanda en base a los usuarios y el nivel de ingresos la cual podría ser aproximadamente de 135,900 personas en el Distrito Federal y área metropolitana.

En la actualidad se están desarrollando planes para fortalecer el uso de la bicicleta como un medio de transporte seguro, atractivo, saludable y convenientes para los residentes de la ciudad de México, este plan de desarrollo busca incrementar del 1 al 5% el uso de este medio de transporte para el 2012. Esto significa un incremento considerable en los posibles demandantes pasando de 135,900 a 679,800 personas, sin tomar en cuenta el crecimiento promedio actual por año, el cual nos daría un escenario más optimista.

### 4.2.3 OFERTA DEL MERCADO

El producto a comercializar es una bicicleta eléctrica de manufactura propia con componentes comerciales y de fácil acceso en el mercado, este producto es de reciente ingreso en México, por lo cual aún no existe una gran competencia, además los productos existentes en el mercado tienen la característica de ser muy caros y de menor potencia.

A continuación se muestran los principales productores y competidores europeos, así como algunas de las características que presentan.

Grégory Trébaol (francesa)<sup>30</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
easybike	24.8	250	Ni-mh	30-35	----



Figura 4.12.a Grégory Trébaol (francesa)<sup>31</sup>

<sup>31</sup> [www.easybike.fr](http://www.easybike.fr)

Sunrunner de Shoprider (Reino Unido)<sup>31</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
bronxcycles	19	200	litio	15-20	725£



Figura 4.12.b Sunrunner de Shoprider<sup>32</sup>

Hercules Fahrrad GmbH & Co. KG (Alemania)<sup>33</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
HerculesEbikes	27.7	250	litio ion	----	2,600 €



Figura 4.12.c Hercules Fahrrad GmbH & Co. KG<sup>32</sup>

<sup>32</sup> [www.bronxcycles.com](http://www.bronxcycles.com)

<sup>33</sup> [www.hercules-bikes.de](http://www.hercules-bikes.de)

SPARTA BV (Holanda)<sup>34</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
SPARTA	23	250	litio ion	----	2,350 €



Figura 4.12.d SPARTA BV<sup>33</sup>

Heinzmann GmbH & Co. KG (Alemania)<sup>35</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
elektro-rad-service	25	250	Li-ion	25-35	----



Figura 4.12.e Heinzmann GmbH & Co. KG<sup>34</sup>

<sup>34</sup> www.sparta.nl

<sup>35</sup> www.estelle.de

Matra Manufacturing & Services (Francia)<sup>36</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
matra-ms	25.5	250	litio	50-60	1,690 €



Figura 4.12.f Matra Manufacturing & Services<sup>36</sup>

Gazelle GmbH (Alemania)<sup>37</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Gazella	----	250	litio	25-35	1,700 €



Figura 4.12.f Gazelle GmbH<sup>36</sup>

<sup>36</sup> [www.matra-ms.com](http://www.matra-ms.com)

<sup>37</sup> [www.gazelle.de](http://www.gazelle.de)

Helkama Velox Oy (Finlandia)<sup>38</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Helkama	23.5	250	Li-ion	----	1,990 €



Figura 4.12.g Helkama Velox Oy<sup>37</sup>

Smike AG (Suiza)<sup>39</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Smike	18.4	250	litio	25-30	1,079 €



Figura 4.12.h Smike AG<sup>38</sup>

<sup>38</sup> [www.helkamavelox.fi](http://www.helkamavelox.fi)

<sup>39</sup> [www.smike.ch](http://www.smike.ch)

bvba Euromoto (Belgica)<sup>40</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Binbike	25	250	litio	24-40	----



Figura 4.12.i bvba Euromoto<sup>39</sup>

Motorentechnik GmbH (Alemania)<sup>41</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Sachsbikes	28	250	litio	----	2,250 €



Figura 4.12.j Motorentechnik GmbH<sup>40</sup>

<sup>40</sup> [www.binbike.com](http://www.binbike.com)

<sup>41</sup> [www.sachs-bikes.de](http://www.sachs-bikes.de)

Flyer (Suiza)<sup>42</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Helkama	23.5	250	Li-ion	----	1,990 €



Figura 4.12.k Flyer<sup>41</sup>

Ultramotor (Reino Unido)<sup>43</sup>

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Ultramotor	33	500	Li-ion	29-32	2700 USD



Figura 4.12.l Ultramotor<sup>42</sup>

<sup>42</sup> [www.flyer.ch](http://www.flyer.ch)

<sup>43</sup> <http://www.ultramotor.com>

Egokit <sup>44</sup>

Esta marca ofrece un kit que contiene el motor, batería, controlador y adaptador para colocarlo en cualquier bicicleta.

Características					
Marca	Masa (kg)	Motor (watts)	Batería (Tipo)	Autonomía (km)	Precio
Ego-kits	7.5	1200	litio	40	1870 €



Figura 4.12.m Egokit<sup>43</sup>

eROCKIT <sup>45</sup>

Esta marca ofrece un equipo que solo es vendido por pedido, y tiene un costo aproximado de 12000€, los pedidos se hacen vía internet directamente con la empresa (la marca no ofrece especificaciones aunque se presenta un modelo más completo)



Figura 4.12.n eROCKIT<sup>44</sup>

<sup>44</sup> <http://www.ego-kits.com>

<sup>45</sup> <http://www.erokit.net/>

### 4.3 ESTUDIO FINANCIERO

En el estudio financiero solo se tratan aspectos referentes a los costos de fabricación, ya que no se muestra la comercialización como tal, así como los ingresos, egresos, tasas de retorno, etc.

“En este cuadro (tabla 4.4, 4.5 y 4.6) se utilizaron los precios promedios de cada componente comercial, tanto eléctrico como mecánico”<sup>46</sup>.

<b>Accesorios comerciales (Shimano para 7 cambios)</b>	<b>\$</b>
Multiplicación Shimano Acera Fc-m311	430
Casetera Shimano Hg50 - 13-26d - 7 Vel	265
Palancas De Freno Mecánicos Shimano Alivio	149
Cambio Sram X3 7 Pasos Ciclismo Urbano	199
Cadena Sram Pc-830 6 7 8 Velocidades Powerchain li Ciclismo	159
Juego De Mazas De Disco Shimano 36h Rm65 Negras	350
Palancas De Freno/mando Shimano Altus 7 Pasos St-ef50	329
Abrazadera De Poste De Asiento Axo	37
Tornillos De Aluminio	26
Pedal De Aluminio Wellgo	150

Tabla 4.4 Costos de accesorios comerciales para bicicleta de 7 cambios.

<b>Accesorios comerciales (Shimano para 8 cambios)</b>	<b>\$</b>
Cadena: CN Hg40	189
Desviador (delantero):FD M 311	149
Cambio (trasero): RD M 310	219
Mandos: ST ef 60	425
Multiplicación: Fc M 361	489
Piñones: Cs HG40	269
Frenos: BR M 422	249
Eje de centro: octalink BB es-25	149

Tabla 4.4 Costos de accesorios comerciales para bicicleta de 8 cambios.

<b>Componentes</b>	<b>Precio (USD)</b>	<b>Precio (\$)</b>
Motor eléctrico 500w	217	2821
Controlador para motor de 500w	38	494
Batería de litio-ion	262	3046
Acelerador	28	364

Tabla 4.5 Costos de componentes eléctricos para bicicleta eléctrica

<sup>46</sup> Para el caso de los costos en pesos mexicanos, se toma en cuenta el tipo de cambio a la fecha del 03-I-12.

#### 4.4 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Como anteriormente hemos mencionado, la problemática para transportarse en la ciudad de México cada día es mayor, así como los altos índices de contaminación. En el presente trabajo se busca dar una solución a ambos problemas, al presentar la E-bike como una posible solución, pero no solo eso, sino también actualmente este tipo de equipos son muy caros y son muy pocos los distribuidores en el país, haciendo aún más difícil el acceso a este tipo de transporte.

Uno más de los problemas que se presentan y que se busca solucionar, es la potencia de los equipos, pues como ya se menciona, existen normatividades en otras partes del mundo que limitan o restringen este aspecto, en México, aún no existe una normatividad para ello dando libertad para dar un plus al usuario.

Uno de los principales fabricantes y distribuidores tanto en México como en otras partes del mundo es Ultramotor, pues ofrece mayor potencia, ergonomía y duración, pero su costo es demasiado elevado (\$54,000 aproximadamente) y de difícil acceso para el usuario promedio.

Esto nos lleva a la segunda parte de nuestra solución y es el hecho de ofrecer prácticamente lo mismo, pero a un tercio del costo, es decir entre 15 y 18 mil pesos, y abarcando un sector aún más grande de la población.

Con el presente trabajo se trata de demostrar que esto si es posible dejando un margen de ganancia atractivo.

# CAPÍTULO 5

## “PROCESO DE DISEÑO”

### 5.1 DISEÑO PREVIO

Ahora ya se ha visto más a fondo los elementos funcionales que se requieren para cubrir las necesidades de la solución, de igual modo, ya se ha efectuado un análisis de soluciones similares al mismo problemas, cuáles son sus características, ventajas y desventajas. Con lo anterior, ahora ya podemos juntar todos estos elementos y convertirlos en un conjunto material, el cual deberá contener los elementos que anteriormente se dieron a conocer, sin embargo, en esta etapa se requerirá de la ayuda de dibujos y planos, en los cuales se plasmarán las ideas de cómo deberá quedar esta solución, tomando en cuenta posiblemente como referencia otras soluciones similares, como también proporcionando otras ideas de la propia inventiva para solucionar este problema. En este paso aún no se entran en detalles muy profundos, como la resistencia del material o las medidas exactas del diseño, pero si una idea, la cual tratará de plasmarse lo mejor posible, la cual deberá ser la más apropiada, pero sin olvidarnos de que también se agregue cierto valor novedoso al mismo.

En este caso, se expusieron las siguientes ideas de forma rústica, que resolvían el problema de diseño que se está planteando (Figura 5.1 y Figura 5.2)

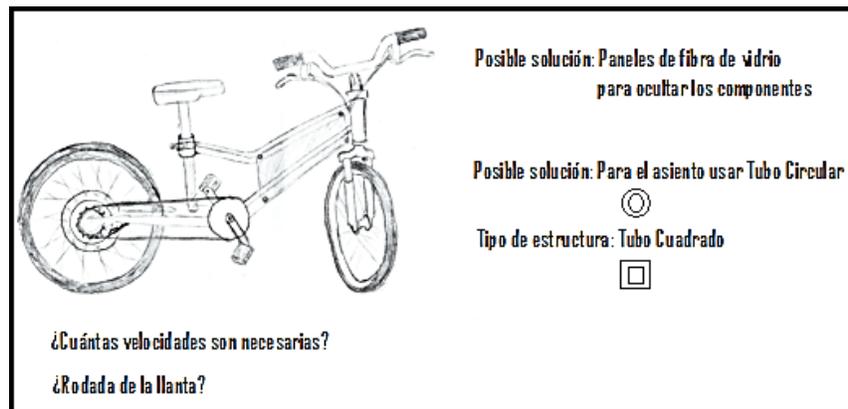


Figura 5.1 Identificación y graficación de soluciones posibles

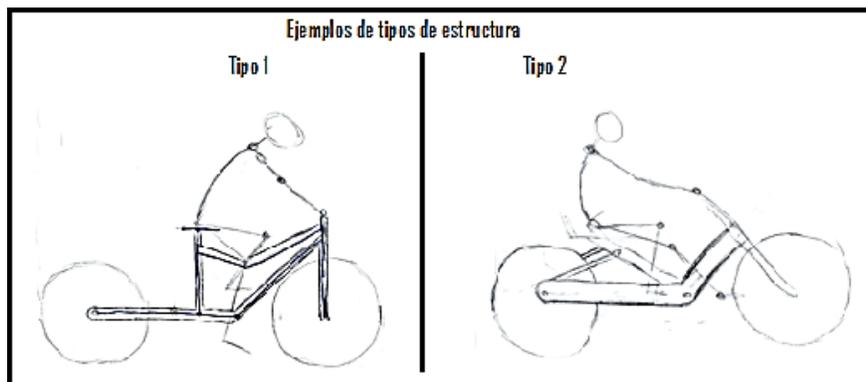


Figura 5.2 Ejemplos de tipos de estructuras planteadas

## 5.2 DISEÑO DE DETALLE

### 5.2.1 REGLAS PARA LA OBTENCIÓN DE LAS MEDIDAS DEL CUADRO

Ya hemos colocado las necesidades y restricciones que la solución de diseño requiere, ahora lo que se requiere es saber cómo obtener las medidas del CPBE. Estas medidas podemos obtenerlas de la misma forma que como se obtiene las de una bicicleta (en este caso específico se basan en las de tipo montaña [mountain bike]). Esto se hace con el fin de que al público al que se dirige, ya que como bien sabemos el tipo de población varía dependiendo del lugar donde provenga, por lo tanto, es importante no pasar por alto estos datos.

De acuerdo a lo investigado en varias fuentes, las medidas necesarias para saber de qué tamaño será la bicicleta que se requiere, son las siguientes: A) Talla de la bicicleta D) Longitud de tubo horizontal E) Longitud de potencia y F) Altura de pipa de dirección, como se muestra en la figura (5.3).

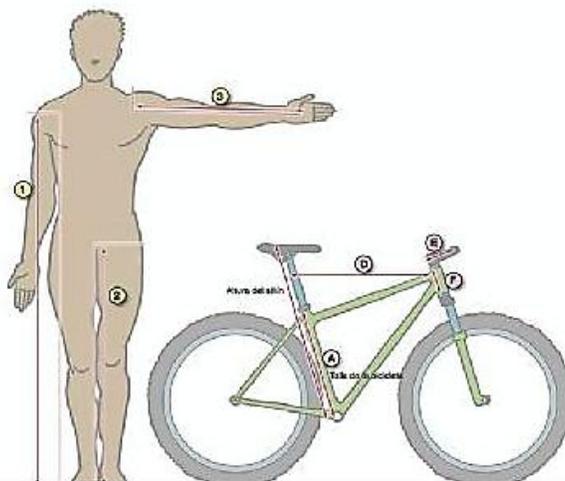


Figura 5.3. Medidas requeridas para la elección del tamaño de la bicicleta<sup>47</sup>

Para conocer la dimensión de la bici es necesario conocer algunas medidas de la persona, en este caso se tomaron diversas medidas de distintas personas tanto en género como en altura para determinar una media.

1. Altura corporal: No es la altura total, la vamos a tomar desde la zona donde se unen las clavículas hasta el suelo, sin calzado.
2. Longitud de pierna: Como veíamos en los puntos anteriores, desde la entepierna al suelo.
3. Longitud de brazo: Desde el hueso más prominente de la articulación del hombro, por encima, hasta el centro de la palma de la mano.

Una vez obtenidas estas medidas, se pueden determinar las medidas del cuadro de la bicicleta, las cuales se toman de una tabla ya preestablecida. Con tu longitud de pierna vamos a obtener la altura del cuadro, o talla. También podemos estimar la altura de la pipa de dirección y la longitud de la potencia que es la pieza que une el manillar con el resto de la bicicleta. La altura de pipa de dirección es orientativa, porque en muchos casos depende del diseñador del cuadro y no es un estándar fijo

<sup>47</sup> <http://www.mountainbike.es/front/noticia/CALCULA-TU-GEOMETRÍA-IDEAL/>

entre las marcas. La medida de la potencia se toma desde el centro del tornillo de ajuste al centro del manillar.

Con las siguientes fórmulas podemos calcular el alcance así como la longitud teórica del tubo transversal.

$$\text{Alcance} = \text{Altura corporal} + \text{Longitud de brazo} - \text{Longitud de pierna}$$

$$\text{Longitud teórica de tubo horizontal} = \text{Altura de sillín} - \text{Longitud de potencia}$$

Long. de pierna	Talla de bicicleta	Altura pipa de dirección	Long. de potencia
71	37	9	9.5
74	38.5	9	9.5
76	40.5	9	10
79	41.5	9	10.5
81	43	10	11
84	47	11	12
86.5	49.5	12	12
89	51.5	13	13
91.5	54	14	13.5
94	56.5	15.5	14
96.5	59	18	14
99	61.5	20	15
101.5	64	20	15
104	66.5	20	15

Tabla 5.1 Relación de medidas para selección de tamaño <sup>46</sup>

Con los datos del alcance podemos determinar la altura del asiento, el cual también tomamos de una tabla preestablecida.

Alcance	Altura del sillín
97	62.5
102	64.5
107	65.5
112	67
117	69
122	71
127	71.5
132	73

Alcance	Altura del sillín
137	74
142	74.5
147	76
152	78
158	79
163	80.5
168	81.5

Tabla 5.2 Relación de medidas para selección de tamaño <sup>46</sup>

### Ángulos del cuadro

Los ángulos del cuadro son un elemento importante en el diseño de un cuadro de este tipo de bicicleta, ya que éstos proporcionan, además de una mayor comodidad en el uso, un mayor rendimiento al momento de efectuar el movimiento para la impulsión del mecanismo de este elemento. Por lo anterior, se describen los ángulos más importantes que influyen en este tipo de cuadro, los cuales posteriormente serán tomados en cuenta para la modelación del diseño del cuadro (Fig. 5.4).

### Ángulo del telescopio ( $\theta$ ).

Para determinar el ángulo de lo que nosotros denominamos como telescopio es necesario tener en cuenta diversos parámetros. En las bicicletas de ruta éste oscila entre 72 y 74°. En las mountain bikes “normales” (de cross country y multiuso) el ángulo varía de 70 a 71° y en las de freeride y descenso hasta de 66 a 69. Esta leve diferencia de inclinación nos da mayor docilidad de reacciones. Es decir, en ruta se utilizan ángulos un poco más “verticales” y en mountain más “relajados”.

### Ángulo del tubo del asiento ( $\alpha$ ).

El segundo ángulo clave es el del caño plantón, donde se introduce el caño de asiento. Este ángulo es muy importante porque afecta la tracción de la rueda trasera, la posición de pedaleo, el reparto de pesos y también el confort de la bicicleta.

En referencia a la posición de pedaleo, si el ángulo es mayor se favorecerá la potencia (se puede pedalear con más carga y menores revoluciones) y si es más pequeño se facilitará la cadencia de pedaleo y la comodidad. Los ángulos que hacen más vertical al tubo del asiento generan una mayor transmisión de las vibraciones e irregularidades del terreno al cuerpo, lo cual puede llegar a generar incomodidades en largas distancias.

Los ángulos habituales en mountain bikes son de 72 a 73° y en ruteras de 73 a 74°. Sólo en los cuadros para crono o triatlón van desde 76 a 78°. Muy por el contrario, en las playeras, donde se privilegia la comodidad sobre la potencia, este ángulo baja hasta 65°. Un tema importante es que cuando se abre este ángulo también lo hace el del caño de frente, ya que sólo puede haber una diferencia de 2 a 3° entre sí (cuasi-paralelos).

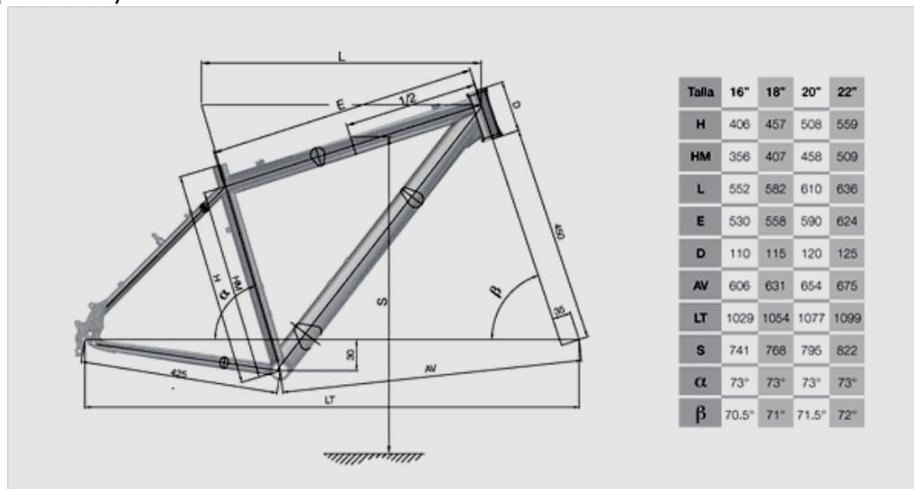


Figura. 5.4. Ángulos para el diseño de un cuadro de bicicleta tipo Mountain Bike<sup>48</sup>

<sup>48</sup> [http://www.mardelbike.com.ar/detalle-mecanica.php?mec\\_id=30](http://www.mardelbike.com.ar/detalle-mecanica.php?mec_id=30).

## 5.2.2 MEDIDAS PROMEDIO DEL USUARIO

Ahora que sabemos cuáles son las medidas necesarias para diseñar el cuadro, ahora debemos obtener las medidas del público al que va dirigido este producto, para este fin, se obtuvo de un documento de nombre *¿Cuánto mide México?*<sup>49</sup> En el cual se proporcionan las medidas promedio de estatura de ciertos grupos de edades de diversas partes del país. Por lo que en general, según los datos recabados en el documento anterior, la estatura promedio del mexicano (en hombres) ronda entre 160 - 167cm y (en mujeres) de entre 150 - 161cm.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el público al que va dirigido este proyecto con respecto a la edad está entre un margen de 18 a 30. Entonces, como lo indica el estudio, el promedio se encontraría entre 161-159cm en mujeres y 167-165 en los hombres.

Por lo tanto, de lo anterior podemos sacar un promedio de la estatura promedio del rango antes mencionado de entre hombres y mujeres,

$$Usuario_{promedio_H} = \frac{167+165}{2} = 166cm \quad Usuario_{promedio_M} = \frac{161+159}{2} = 160cm$$

$$Usuario_{promedio_G} = \frac{166+160}{2} = 163cm$$

Lo anterior da como resultado una altura del usuario general de 163cm. Con lo anterior obtenido, ahora se obtiene las demás medidas que se requieren, para ello nos basaremos en la siguiente figura en la cual se muestra un modelo antropométrico del cuerpo humano (Fig. 5.5) y mediante el cual nos apoyaremos para proporcionar las equivalencias de las medidas de cada parte del cuerpo teniendo como base la altura del usuario promedio que se obtuvo anteriormente.

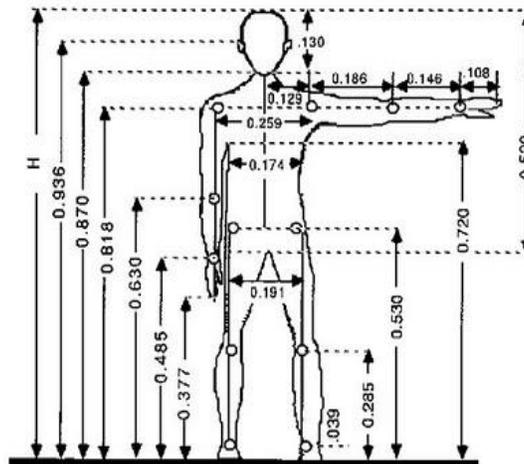


Figura. 5.5 Modelo Antropométrico humano promedio (medidas del cuerpo)<sup>50</sup>

<sup>49</sup> ¿Cuánto mide México? <http://www.canaive.org.mx/index.php>

<sup>50</sup> Modelo antropométrico. <http://ergonomia2010.wordpress.com/>

Entonces, siguiendo las medidas que se indican en la figura anterior obtenemos lo siguiente:

$$\text{Longitud del Brazo} = L * \left(0.186 + 0.146 + \left(\frac{0.108}{3}\right)\right) = 163\text{cm} * \left(0.186 + 0.146 + \left(\frac{0.108}{3}\right)\right) = \underline{59.98\text{cm}}$$

$$\text{Altura Corporal} = L * 0.818 = 163\text{cm} * 0.818 = \underline{133.33\text{cm}}$$

$$\text{Longitud de la pierna} = L * 0.485 = 163\text{cm} * 0.485 = \underline{79.06\text{cm}}$$

$$\text{Alcance} = \text{Altura corporal} + \text{Longitud de brazo} - \text{Longitud de pierna}$$

$$\text{Alcance} = 133.33 + 59.98 - 79.06 = 114.25\text{cm}$$

$$\text{Altura del sillín} = 67\text{cm}$$

$$\text{Longitud teórica de tubo horizontal} = \text{Altura de sillín} - \text{Longitud de potencia}$$

$$\text{Longitud teórica de tubo horizontal} = 67 - 10.5 = 56.5\text{cm}$$

Para el esquema del sujeto promedio:

$$\text{Pierna} = L * 0.285 = 163 * 0.285 = 46.46\text{cm}$$

$$\text{Muslo} = (L * 0.485) - \text{Pierna} = (163 * 0.485) - 46.46$$

$$\text{Distancia entre la cadera y la entrecadera} = L * (0.530 - 0.485) = 163 * (0.530 - 0.485) = 7.36\text{cm}$$

$$\text{Torso} = L * (0.818 - 0.530) = 163 * (0.818 - 0.530) = 46.94\text{cm}$$

$$\text{Cuello} = L * (0.936 - 0.818) = 163 * (0.936 - 0.818) = 19.23\text{cm}$$

$$\text{Cabeza} = L * 0.130 = 163 * 0.130 = 21.19\text{cm}$$

Ahora, con los valores obtenidos anteriormente, vamos a esquematizar la estructura del cuadro, para guiarnos sobre éste para la realización del cuadro real, tomando en cuenta que éstas son solo las medidas aproximadas del cuadro en base a los datos recabados durante la investigación, por lo que, algunas medidas pueden variar dependiendo de la forma de los componentes que se instalen en el mismo, así como también dependerá de la fisionomía tridimensional que resulte del mismo. De igual forma, se hizo un esquema de un cuerpo humano para ejemplificar la ergonomía del cuadro.

A continuación se presenta el esquema del CPBE (Figura 5.6), el cual se encuentra dividido en cuatro dibujos: el primero es el diagrama de las medidas obtenidas anteriormente para el cuadro de la bicicleta (Figura A), el siguiente es una escala de las medidas del cuerpo del sujeto promedio que se obtuvieron mediante la ayuda del modelo antropométrico (Figura B), el siguiente es el del cuadro pero esta vez destacando el espacio donde se colocara la batería, así como los controles de esta solución de diseño (Figura C) y, por último, se muestra el esquema conjunto del sujeto promedio junto con el cuadro para bicicleta eléctrica (Figura D).

Ahora bien, lo que resta es realizar mediante el uso de un software de diseño el modelo a tamaño real basándonos en las medidas aproximadas anteriormente establecidas, sin embargo, hay que decir que algunas medidas extraídas de los componentes, pueden variar un tanto en su precisión; esto debido a que solo se cuenta con la información proporcionada del fabricante mismo, en otros casos, el componente fue comprado y del mismo se obtuvo las medidas que se requerían para la realización del modelo de diseño.

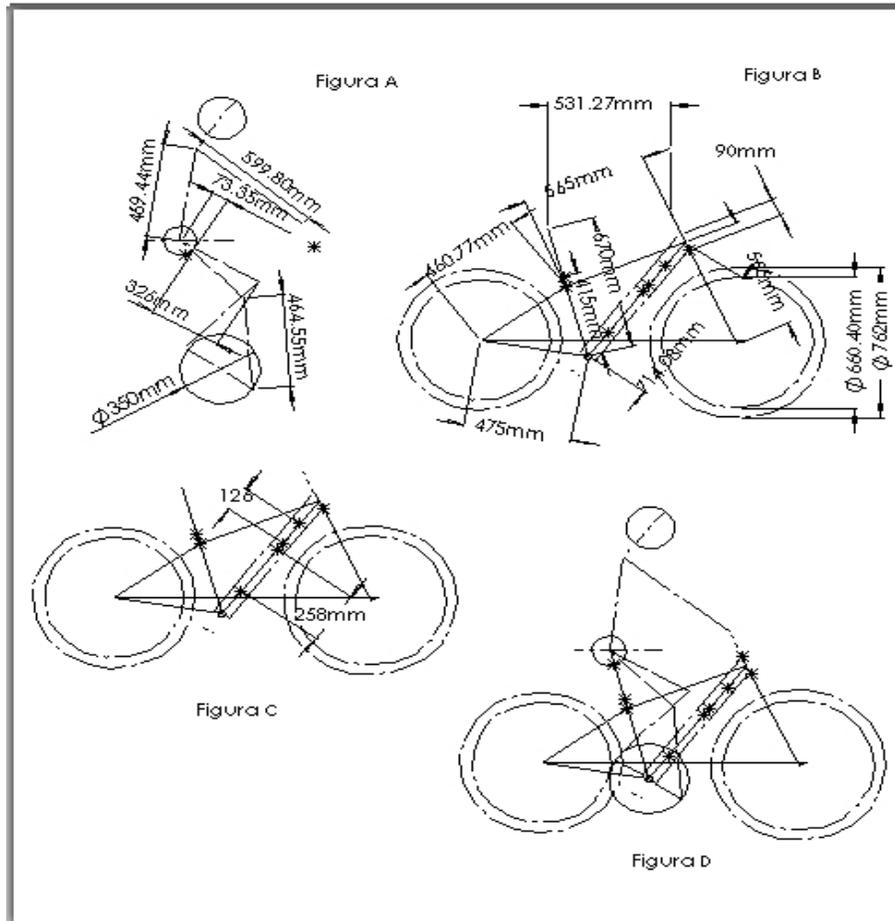


Figura 5.6 Esquemas base para el CPBE

### 5.3. - MATERIAL DEL CUADRO

#### 5.3.1 MATERIALES ADECUADOS PARA SU FABRICACIÓN

Otro de los factores importantes para la realización de esta solución de diseño es el material con el que estará hecho y, como sabemos, esto puede determinar varias cosas dentro del mismo como el peso, así como también el tamaño y su robustez. En este caso, se investigó acerca de los materiales con los que actualmente se fabrican bicicletas y, dentro de los materiales, encontrados para su elaboración están los señalados en la Tabla 5.3, que a continuación se presentan:

En la actualidad	Características mecánicas	Propiedades de los materiales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acero</li> <li>• Aleación de aluminio</li> <li>• Aleación de magnesio</li> <li>• Fibras de carbono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad</li> <li>• Módulo elástico</li> <li>• Límite de rotura</li> <li>• Límite de fluencia</li> <li>• Límite de cedancia</li> <li>• Elongación</li> <li>• Tenacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia y comportamiento a fatiga</li> <li>• Extrusionabilidad</li> <li>• Soldabilidad</li> <li>• Resistencia a los factores atmosféricos</li> <li>• Amortiguación de vibraciones</li> <li>• Resistencia al impacto y a la abrasión</li> <li>• Costo del material</li> </ul>

Tabla 5.3. Tabla de materiales de construcción para cuadros para bicicleta

Como se hace notar en la tabla anterior, aquí se presentan algunas de las características que dichos materiales contienen y que son tomados en cuenta al momento de implementarlos, esto es muy importante, ya que esto no solo determina en términos geométricos, sino que también tiene un fuerte peso en cuanto al valor económico de dicha solución. Y como se mencionó al principio del trabajo, es uno de los objetivos clave que se trata de abordar como parte de nuestra solución de diseño.

### 5.3.2 MASA DE LA ESTRUCTURA DEPENDIENDO DEL MATERIAL

A continuación se presenta una gráfica (Figura 5.7) en la cual se presenta el promedio y el mínimo de peso en gramos (g) de los cuadros de bicicletas fabricados con los materiales que se mencionaron anteriormente en la Tabla 5.3,

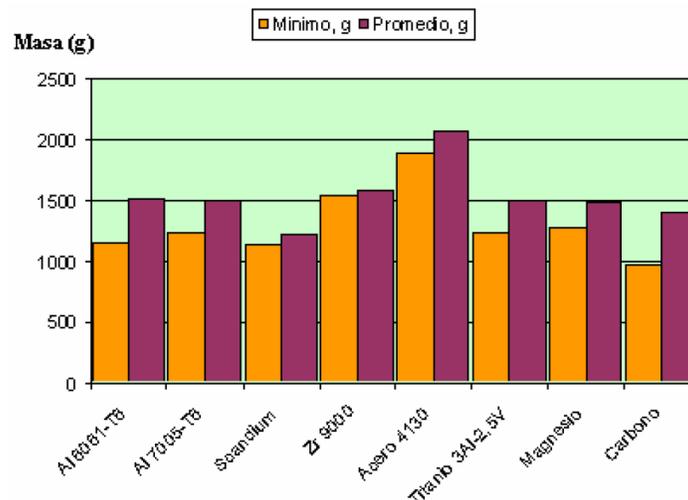


Figura 5.7. Gráfica de pesos de Promedio/mínimo de cuadros de bicicleta

Como podemos observar el material más ligero es el de fibra de carbono, lo cual no es de sorprenderse puesto que este es de muy alta resistencia debido a la estructura interna del mismo, sin embargo, la fibra de carbono es muy costoso (el más costoso de los encontrados en la gráfica) y su

manipulación requiere de cierto tipo de equipo especial para su montaje. Por otro lado, el material más barato para la fabricación de cuadros de bicicleta es el Acero 4130, no obstante se puede observar gráficamente que es el más pesado de los materiales de fabricación, esto aunado al hecho de que el cuadro llevará una cierta carga extra (batería, motor, controles, y dispositivos propios de la bicicleta) es perjudicial para el rendimiento del motor que está diseñado para mover una cierta carga con cierto peso. Por lo anteriormente mencionado, se tomó la decisión de trabajar con aleación de aluminio y por la mayor facilidad de adquisición, se trabajará con aluminio 6061-T6 (Al-6061-T6).

Este material contiene muy buenas características mecánicas, por no mencionar que el peso con este tipo de material se encuentra muy cerca por encima de la fibra de carbono en cuanto al peso, este material, además de ser de más fácil adquisición, su precio en el mercado se encuentra por en medio del Acero y la fibra de carbono. A continuación se presenta una tabla con las características mecánicas del aluminio 6061-T6.

Nombre:	<b>6061-T6 (SS)</b>
Tipo de modelo:	<b>Isotrópico elástico lineal</b>
Criterio de error predeterminado:	<b>Tensión máxima de von Mises</b>
Límite elástico:	<b>2.75e+008 N/m<sup>2</sup></b>
Límite de tracción:	<b>3.1e+008 N/m<sup>2</sup></b>
Módulo elástico:	<b>6.9e+010 N/m<sup>2</sup></b>
Coefficiente de Poisson:	<b>0.33</b>
Densidad:	<b>2700 kg/m<sup>3</sup></b>
Módulo cortante:	<b>2.6e+010 N/m<sup>2</sup></b>
Coefficiente de dilatación térmica:	<b>2.4e-005 /°K</b>
Características adicionales :	<b>Mejor extrusionabilidad, mayor resistencia</b>

Tabla 5.4. Propiedades Mecánicas del Aluminio 6061-T6

## 5.4 PRESENTACIÓN DEL PROTOTIPO FINAL

### 5.4.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Después de realizar diversos análisis mediante el uso de un programa de diseño asistido por computadora (Solidworks 2012), hemos podido realizar el prototipo final, el cual cuenta con las características que anteriormente y a lo largo de este trabajo se han mencionado.

A continuación se presentarán algunas imágenes donde se presenta el mismo y sus partes más importantes, además de un diagrama esquemático donde se muestran numeradas las partes del mismo.

También se muestra una tabla donde se presentan los datos más relevantes del cuadro sobre la resistencia del mismo mediante el uso del software antes mencionado.

Para consultar más datos sobre las medidas, así como del análisis de elemento finito que se hizo sobre el mismo, estos datos se encuentran dentro del anexo (Pág. 76).



Figura 5.8 Bicicleta con CPBE



Figura 5.9 Cuadro Para Bicicleta Eléctrica (CPBE)

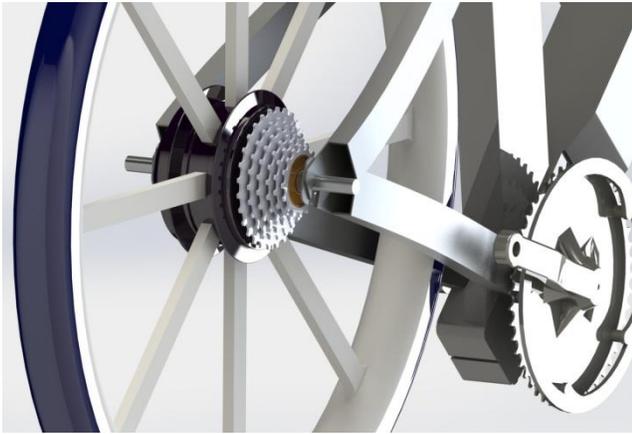


Figura 5.10 Posición del motor eléctrico Brusher



5.11 Espacio para los componentes eléctricos

### 5.4.2 PARTES DEL MODELO FINAL

A continuación se presenta una tabla en la cual se mencionan las partes de las cuales está constituida la estructura, pero cabe destacar que para el análisis de elemento finito algunas de las partes que se encuentran no fueron tomadas dentro de éste, como son el motor y los pedales.

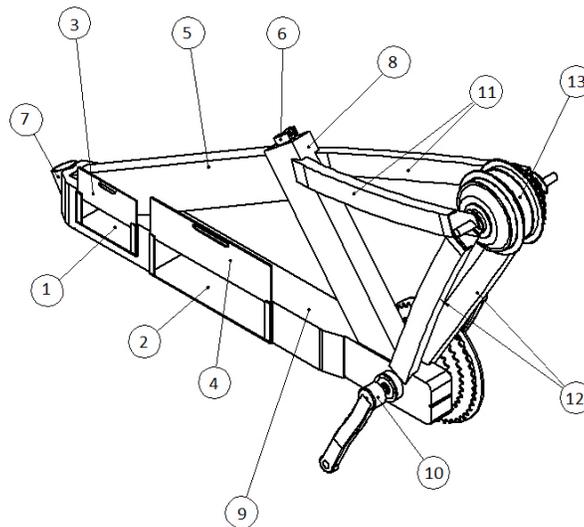


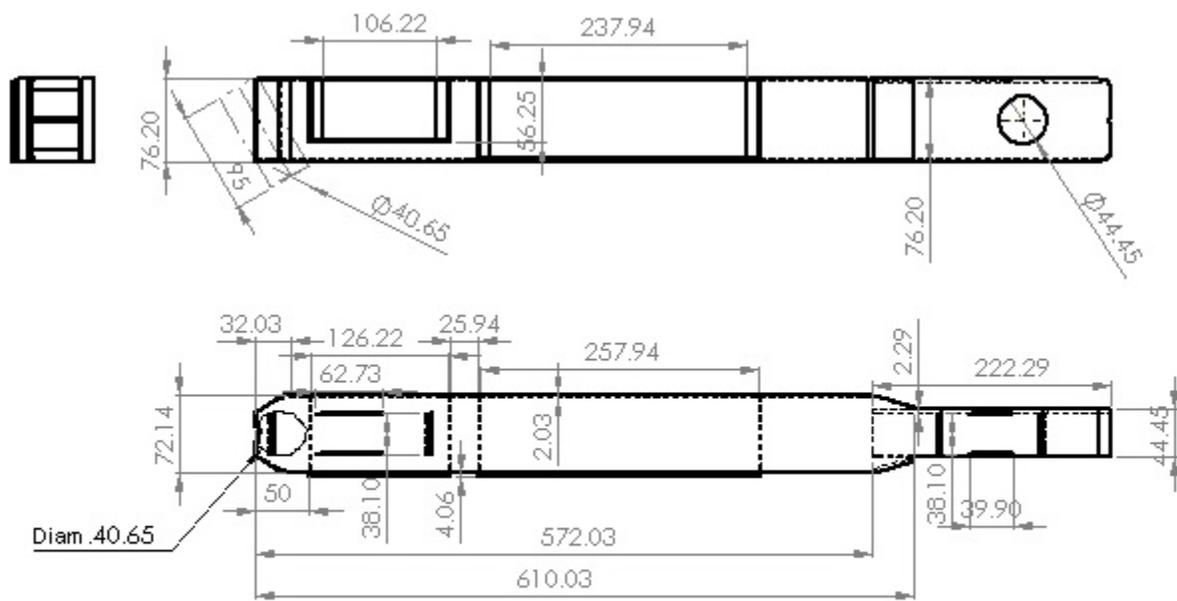
Figura 5.12 Partes del CPBE

<b>No. de parte</b>	<b>Elemento</b>
<b>1</b>	<b>Cavidad de los controles</b>
<b>2</b>	<b>Cavidad de la batería</b>
<b>3</b>	<b>Gaveta de los controles</b>
<b>4</b>	<b>Gaveta de la batería</b>
<b>5</b>	<b>Tubo transversal</b>
<b>6</b>	<b>Tubo para el asiento</b>
<b>7</b>	<b>Tubo para telescopio del manubrio</b>
<b>8</b>	<b>Tubo del asiento de la bicicleta</b>
<b>9</b>	<b>Estructura principal (Cuerpo del cuadro)</b>
<b>10</b>	<b>Sistema Motriz Manual (Pedales y multiplicador)</b>
<b>11</b>	<b>Tubos traseros altos de soporte</b>
<b>12</b>	<b>Tubos traseros bajos de soporte</b>
<b>13</b>	<b>Motor Eléctrico Brushless (Tipo trasero)</b>

Tabla 5.5 Partes del CPBE

#### **5.4.3. PLANOS DE LAS PIEZAS QUE CONFORMAN EL CPBE**

Enseguida se presentan los planos de cada una de las partes que conforman el CPBE, y con ello se resalta que solo se mostrarán las partes como son los soportes traseros, las gavetas, los tubos, etc. (Figuras 5.13a, b, c, d, e, f y g). Así, de igual forma, se muestra al final un esquema en explosión donde las líneas punteadas señalan la ruta de unión de las partes. Las unidades son en mm. (Fig. 5.14)

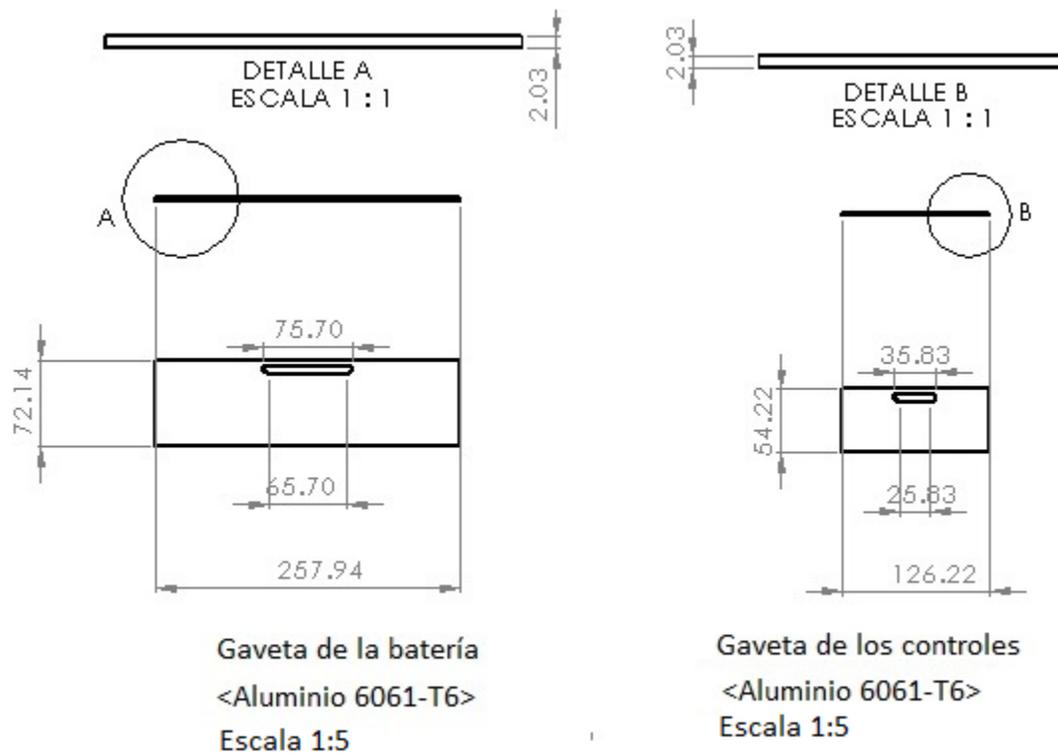


**Estructura principal (Cuerpo del cuadro)**

<Aluminio 6061-T6>

Escala 1:5

Figura. 5.13a Esquema de la Estructura principal (Cuerpo del cuadro)



**Gaveta de la batería**

<Aluminio 6061-T6>

Escala 1:5

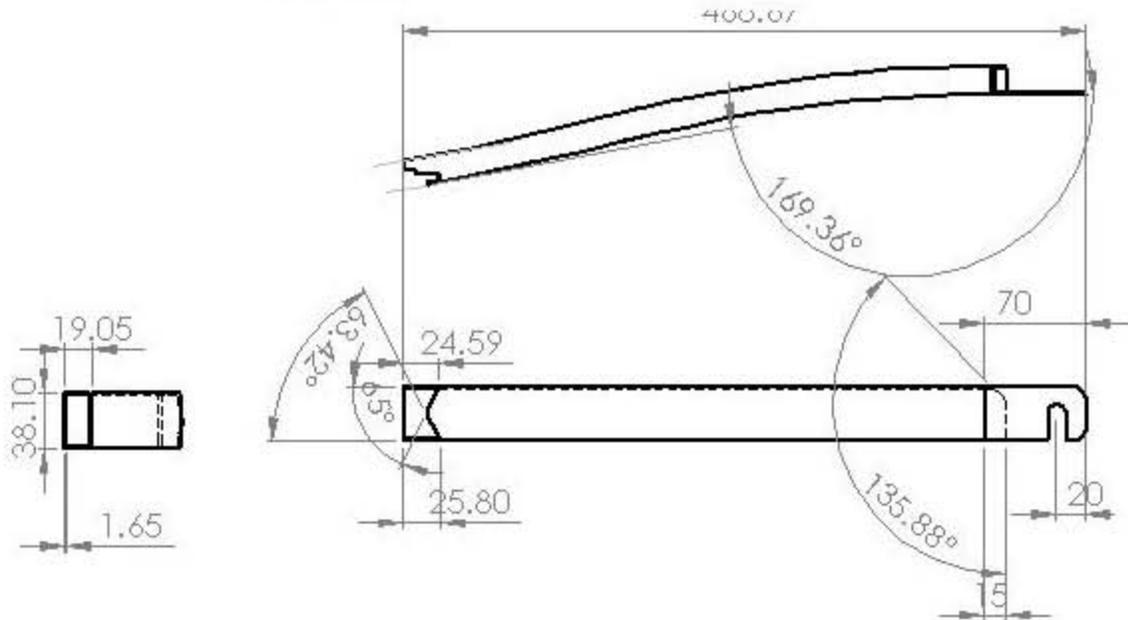
**Gaveta de los controles**

<Aluminio 6061-T6>

Escala 1:5

Figura. 5.13b Esquemas de las Gavetas (Batería y controles)

Tubo de Soporte trasero inferior derecho  
 <Aluminio 6061-T6>  
 Escala 1:5



Tubo de Soporte trasero superior derecho  
 <Aluminio 6061-T6>  
 Escala 1:5

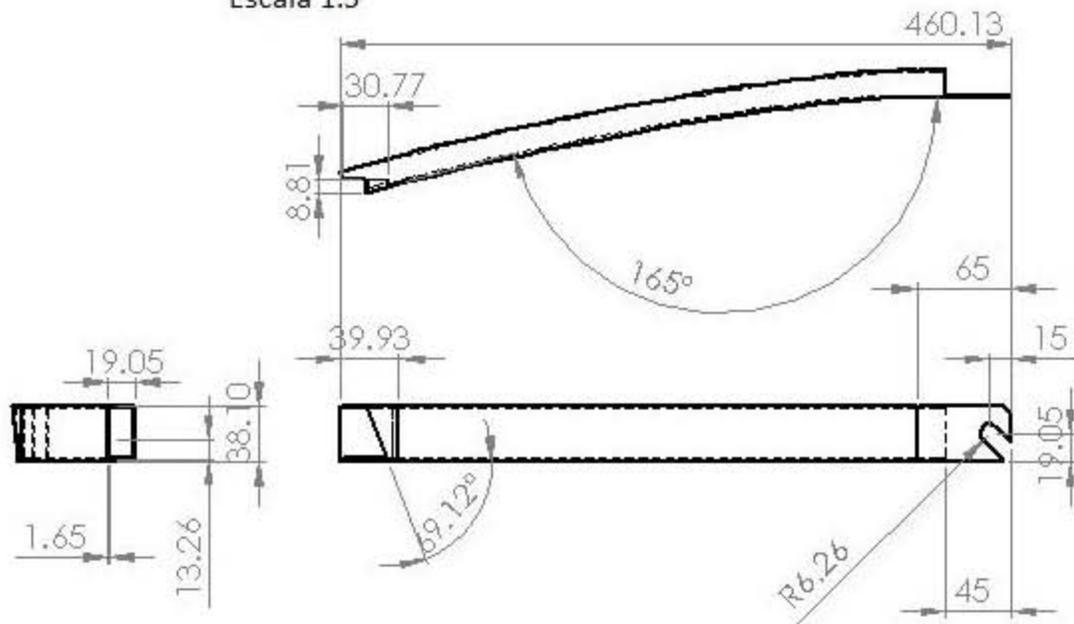
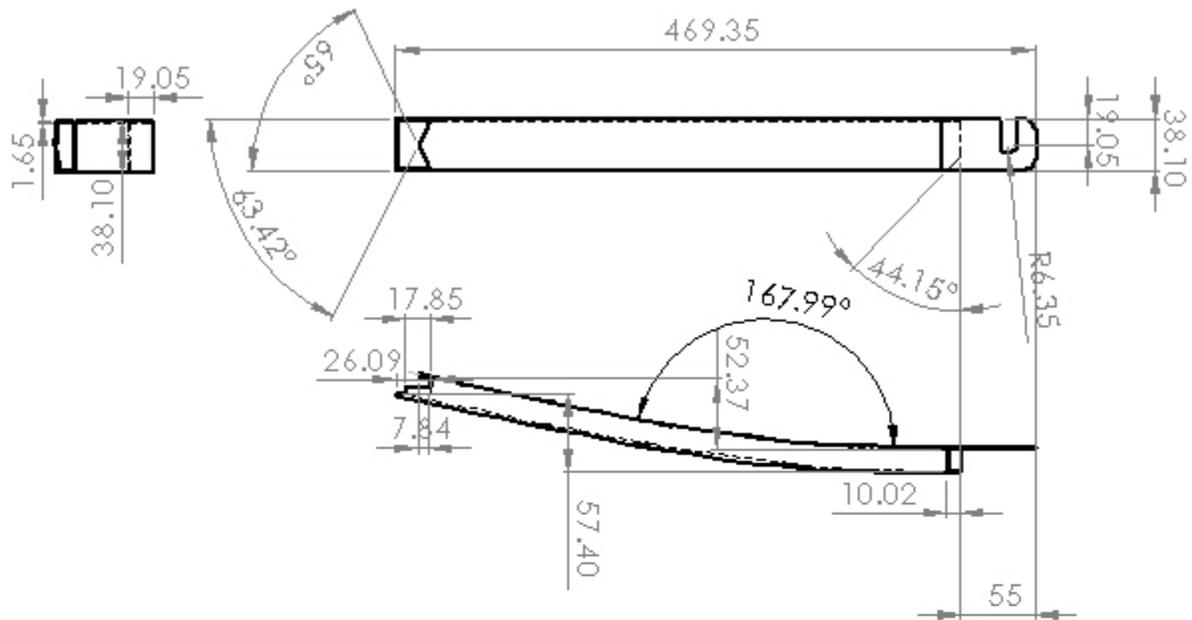
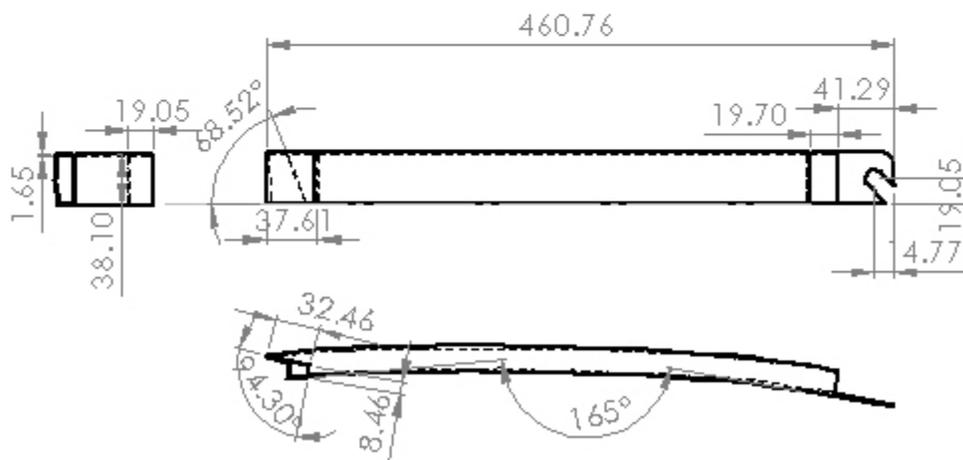


Figura. 5.13c Esquemas de los Tubos de Soporte traseros derechos



Tubo de Soporte trasero inferior izquierdo  
 <Aluminio 6061-T6>  
 Escala 1:5



Tubo de Soporte trasero superior izquierdo  
 <Aluminio 6061-T6>  
 Escala 1:5

Figura. 5.13d Esquemas de los Tubos de Soporte traseros izquierdos

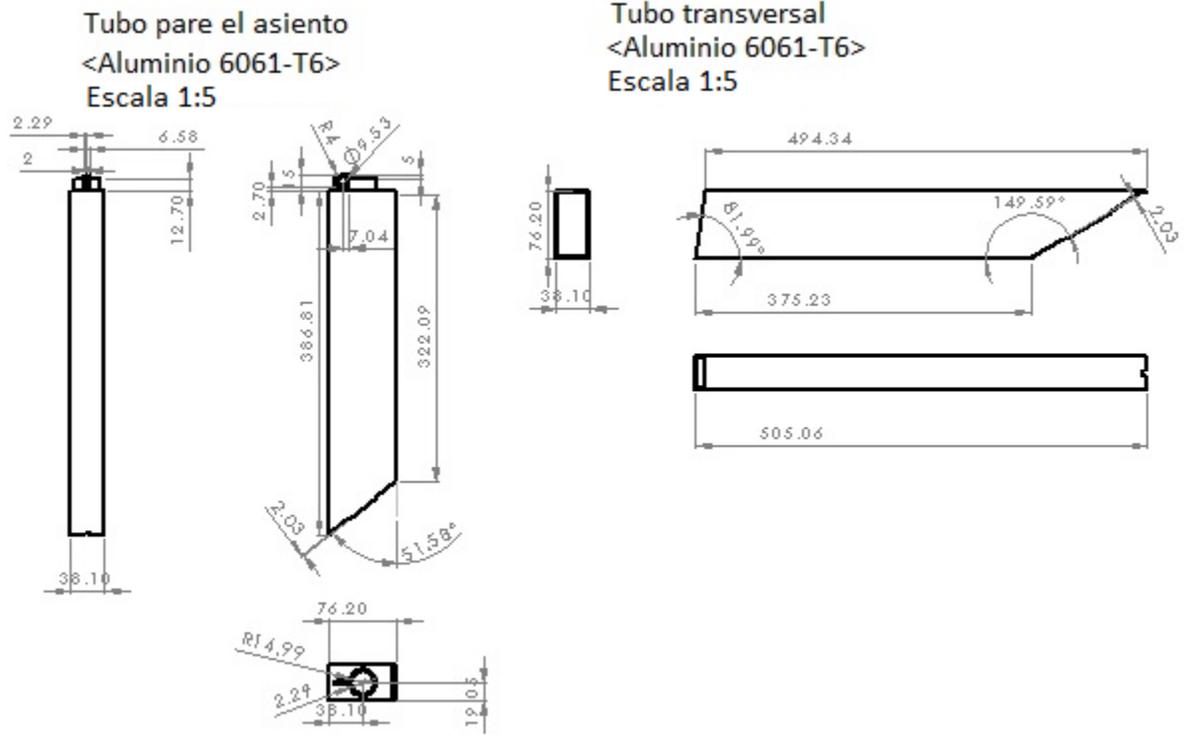
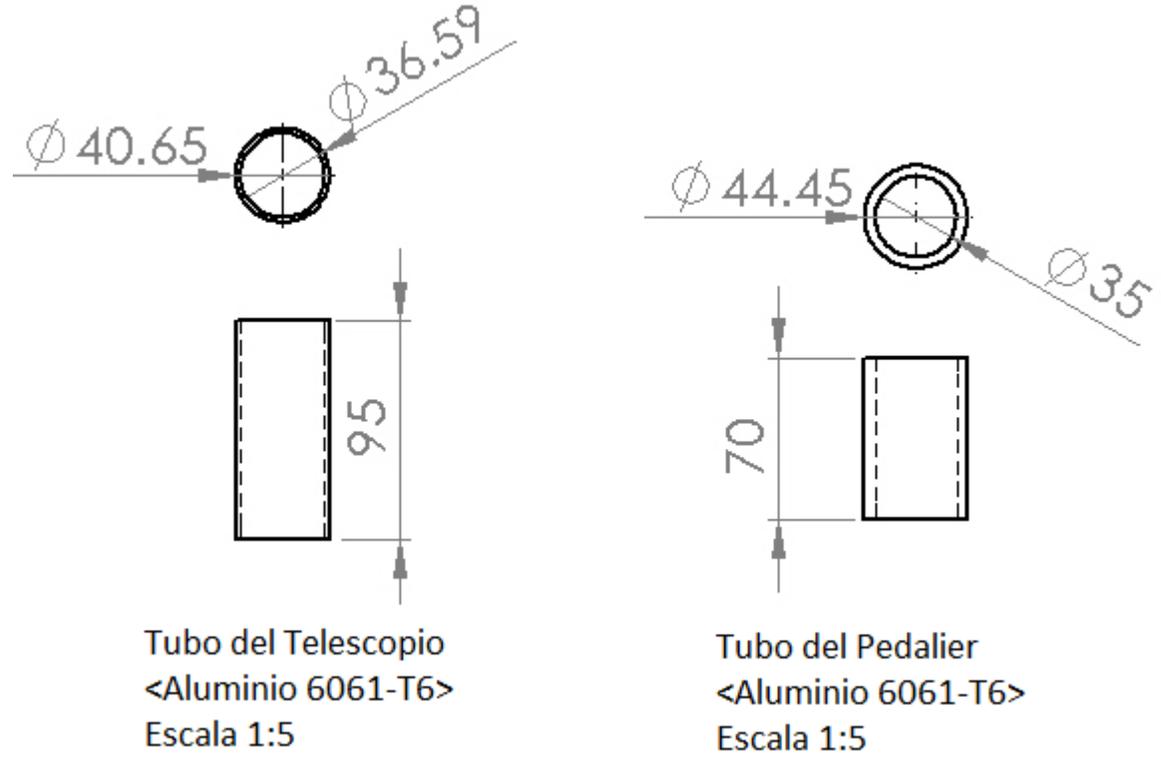


Figura. 5.13e Esquema del Tubo para el asiento y Tubo transversal



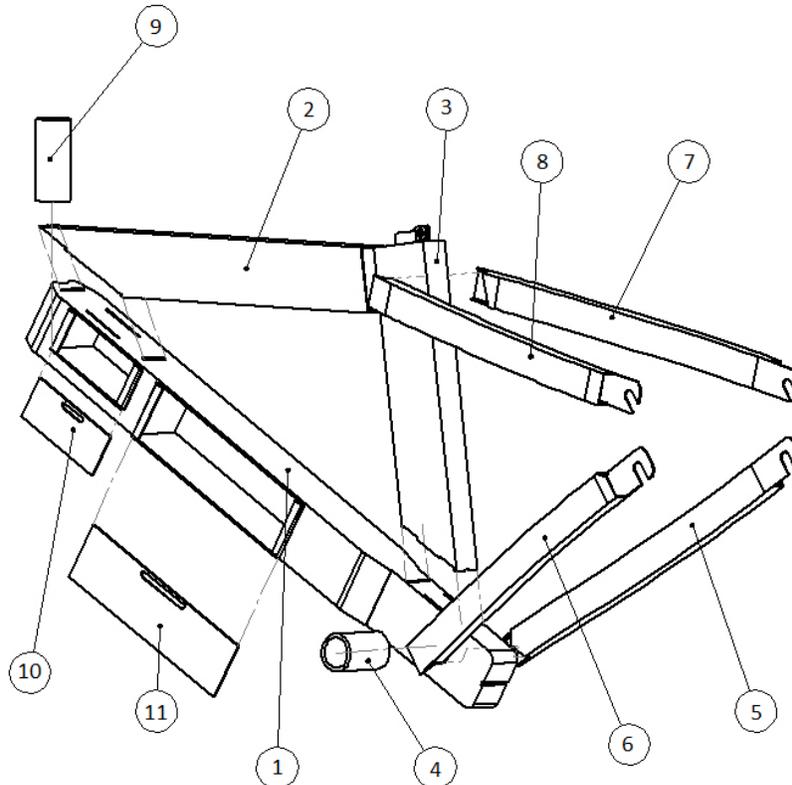


Figura. 5.14 Esquema de CPBE en explosión

No. de parte	Elemento
1	Estructura principal (Cuerpo del cuadro)
2	Tubo transversal
3	Tubo para el asiento
4	Tubo para los pedales
5	Tubo trasero de soporte inferior der.
6	Tubo trasero de soporte inferior izq.
7	Tubo trasero de soporte Superior der.
8	Tubo trasero de soporte Superior izq.
9	Tubo para telescopio del manubrio
10	Gaveta de la batería
11	Gaveta de los controles

Tabla 5.6 Partes del CPBE en explosión

#### 5.4.4. CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE LA BICICLETA

Para poner a prueba la resistencia del marco de la solución antes propuesta, se realizarán cálculos considerando una fuerza de 1200N (peso aproximado de un hombre de 120 Kg). Si bien no es el peso del mexicano promedio, de acuerdo al estudio revisado para sacar las medidas del cuadro (el cual

ronda de alrededor de 68.7kg en mujeres y en hombres 74.8kg<sup>51</sup>), consideramos que es un peso apropiado para obtener resultados evidentes dado que nos permite manejar un margen de seguridad de un 200% aproximadamente.

En primer lugar requeriremos establecer un diagrama de cuerpo libre (Figura 5.15b) tomada a partir de un imagen 2D del cuadro (Figura 5.15a). Se establecen las partes del cuadro donde se aplican las fuerzas así como también las partes fijas principales donde se absorbe la mayor parte de las fuerzas aplicadas.

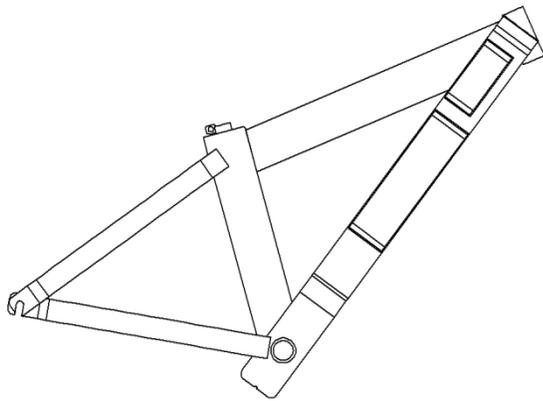


Figura 15a. Dibujo 2D del CPBE

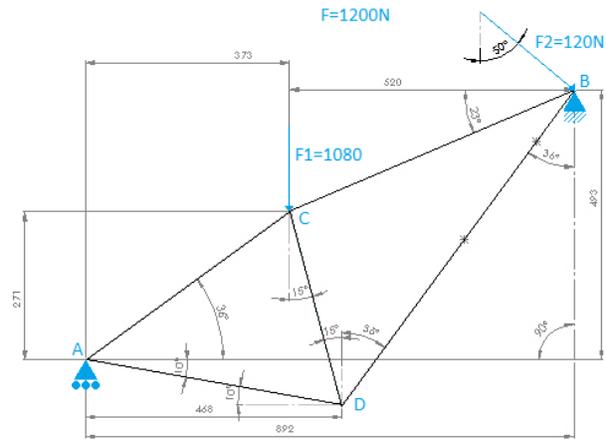


Figura 15b. Diagrama de cuerpo libre

En la figura 5.15b, en el punto A donde se encuentra la llanta, podemos considerar un apoyo de rodillo o soporte móvil y en el punto B un apoyo fijo ya que estamos tomando en cuenta para el análisis el apoyo sobre el telescopio. Cabe mencionar que estas fuerzas son las mismas mostradas más adelante en la Figura 5.6 del capítulo 5. Otro punto importante a destacar es el hecho de que en realidad las fuerzas aplicadas en los puntos A y B mostrados en el diagrama, como por ejemplo en el caso del punto C donde se encuentra el tubo para el asiento, realmente será el asiento el que reciba la fuerza. Sin embargo, es el asiento el que transmite la fuerza hacia el cuadro de la bicicleta, de igual manera el volante será la pieza que reciba la fuerza restante. También cabe mencionar que la batería y el controlador agregan un cierto peso extra, sin embargo este peso no se considera en esta ocasión ya que en promedio las baterías tiene un peso de 2 a 3.5kg por lo que como vemos, no es ni el 5% del peso que se está manejando por lo que lo consideraremos nulo así como también el peso propio de los controles. A diferencia de las otras partes principales, el Motor que es cargado por la llanta trasera por lo cual tampoco es tomado en cuenta.

A continuación se presenta el cálculo de esfuerzos y momento desarrollados en los soportes. Después mediante el método de los nodos, se puede saber cuáles son las fuerzas internas que se están desarrollando en cada uno de los elementos. Las fuerzas están dadas en Newtones (N) y las distancias en milímetros (mm) y se ha redondeado la distancia entre los componentes ya que las medidas están milímetros y el punto decimal define una diezmilésima de metro por lo cual el valor final no se ve realmente afectado y el cual será dado en metros (m), entonces:

<sup>51</sup> ¿Cuánto mide México? <http://www.canaive.org.mx/index.php>)

$$\sum F_x = 0 \quad B_x + (\text{sen}50)(120N) = 0$$

No hay fuerza  $A_x$  ya que el soporte es móvil

$$B_x = -(\text{sen}50)(120N) = -91.93N \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad A_y + B_y - (\text{cos}50)(120N) - 1080N = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$(892\text{mm})B_y - (892\text{mm})(\text{cos}50)(120N) - (493\text{mm})(\text{sen}50)(120N) + (373\text{mm})(1080N) - B_x(493) \dots\dots\dots(3)$$

$$B_y = \frac{(892\text{mm})(\text{cos}50)(120N) - (493\text{mm})(\text{sen}50)(120N) + (373\text{mm})(1080N) - (-91.93)(493)}{892\text{mm}}$$

$$B_y = 528.75N$$

Despejando  $A_y$  de 2

$$A_y = -B_y + (\text{cos}50)(120N) + 1080N = -(528.75N) + (\text{cos}50)(120N) + 1080N = 628.38N$$

$$A_y = 628.38N$$

Comprobando con  $\sum M_B$

$$\sum M_B = 0 \quad -(520\text{mm})(1080N) + (892\text{mm})A_y = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$A_y = \frac{(520\text{mm})(1080N)}{(892\text{mm})} = 629.6N \text{ son aproximadamente iguales ambos valores obtenidos}$$

Ahora mediante el método de los nodos establecemos las siguientes reacciones que se desarrollan el punto A (Figura 5.16):

$$\sum F_x = 0 \quad F_{AC}(\text{cos}36) + F_{AD}(\text{cos}10) = 0 \dots\dots\dots(5)$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{AC}(\text{sen}36) - F_{AD}(\text{sen}10) + A_y = 0 \dots\dots\dots(6)$$

Despejando  $F_{AD}$  de 5,

$$F_{AD} = \frac{-F_{AC}(\text{cos}36)}{\text{cos}10}$$

Sustituyendo  $F_{AD}$  en 6,

$$F_{AC}(\text{sen}36) - \left(\frac{-F_{AC}(\text{cos}36)}{\text{cos}10}\right)(\text{sen}10) + A_y = 0$$

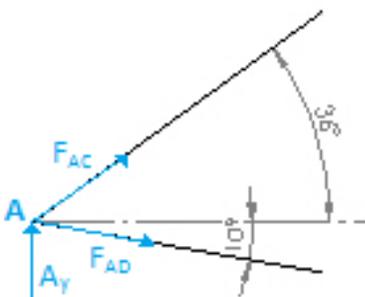


Figura 5.16 Nodo A

$$F_{AC}(\text{sen}36) - \left(\frac{-F_{AC}(\text{cos}36)}{\text{cos}10}\right)(\text{sen}10) = -A_y$$

$$0.73F_{AC} = -(628.38N)$$

$$F_{AC} = -860.79N$$

Sustituyendo  $F_{AC}$  de 5,

$$F_{AD} = \frac{-F_{AC}(\text{cos}36)}{\text{cos}10} = \frac{-(-860.79N)(\text{cos}36)}{\text{cos}10} = 707.14N$$

Ahora el siguiente punto a analizar será el punto D, y el diagrama de reacciones se muestra a continuación (Figura 5.17):

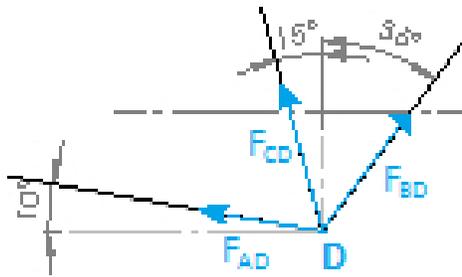


Figura 5.17. Nodo D

$$\sum F_x = 0 \quad -F_{AD}(\cos 10) - F_{CD}(\text{sen}15) + F_{BD}(\text{sen}36) = 0 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\sum F_y = 0 \quad F_{AD}(\text{sen}10) + F_{CD}(\cos 15) + F_{BD}(\cos 36) = 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

Despejando  $F_{CD}$  de 7,

$$F_{CD} = \frac{-F_{AD}(\cos 10) + F_{BD}(\text{sen}36)}{\text{sen}15}$$

Sustituyendo  $F_{CD}$  en 8,

$$F_{AD}(\text{sen}10) + \left( \frac{-F_{AD}(\cos 10) + F_{BD}(\text{sen}36)}{\text{sen}15} \right) (\cos 15) + F_{BD}(\cos 36) = 0$$

$$F_{AD}(\text{sen}10) + \left( \frac{-F_{AD}(\cos 10)(\cos 15)}{\text{sen}15} \right) + \left( \frac{F_{BD}(\text{sen}36)(\cos 15)}{\text{sen}15} \right) + F_{BD}(\cos 36) = 0$$

$$\left( \frac{F_{BD}(\text{sen}36)(\cos 15)}{\text{sen}15} \right) + F_{BD}(\cos 36) = - \left( \frac{-707.14N(\cos 10)(\cos 15)}{\text{sen}15} \right) - 707.14N(\text{sen}10)$$

$$3F_{BD} = 2476.20 \quad \mathbf{F_{BD} = 825.40N}$$

Sustituyendo  $F_{BD}$  en 7

$$F_{CD} = \frac{-F_{AD}(\cos 10) + F_{BD}(\text{sen}36)}{\text{sen}15} = \frac{-707.14N(\cos 10) + (825.40N)(\text{sen}36)}{\text{sen}15} = \mathbf{-816.16N}$$

Por último analizaremos las reacciones hechas en el punto C (Figura 5.18), entonces tenemos que:

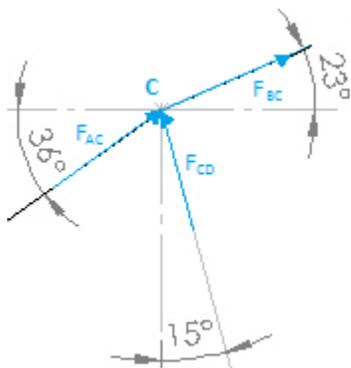


Figura 5.18. Nodo C

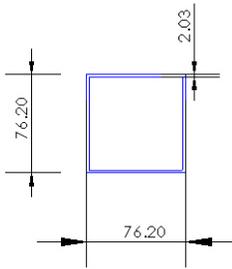
$$\sum F_x = 0 \quad F_{AC}(\cos 36) - F_{CD}(\text{sen}15) + F_{BC}(\cos 23) = 0 \quad \dots\dots\dots(9)$$

Despejando  $F_{BC}$  de 9

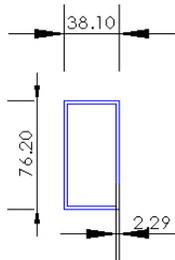
$$F_{BC} = \frac{-F_{AC}(\cos 36) + F_{CD}(\text{sen}15)}{(\cos 23)} = \frac{-(-860.79N)(\cos 36) + (-816.16)(\text{sen}15)}{(\cos 23)} = \mathbf{527.05N}$$

Con esto se han determinado las fuerzas que se encuentran dentro de la estructura así como sus direcciones. Sólo resta aplicar estas fuerzas sobre el área de la sección transversal de cada elemento de la estructura.

Primero se calcula el cuerpo principal con las medidas mostradas en la Figura 5.19.1, tenemos entonces:



a)



b)

Figura 5.19.1  
Medidas frontales  
de la estructura  
principal

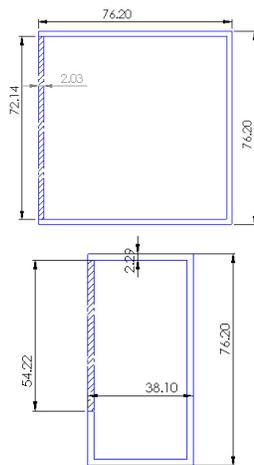


Figura 5.19.2  
Secciones críticas de  
la estructura  
principal

$$A_{CP} = A_{CP'} - A_{CP''} = (76.20 * 76.20) - (72.14 * 72.14) = 602.3 \text{ mm}^2 = 6.023 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{CP} = \frac{F_{BD}}{A_{CP}} = \frac{825.40 \text{ N}}{6.023 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.370 * 10^6 \text{ Pa}$$

Esta es el mayor esfuerzo promedio ejercido sobre el tramo BD de la estructura principal, sin embargo hay que tomar en cuenta que este tramo no es regular en toda su longitud. Ya que parte de esta misma está formado por dos diferentes medidas (Figura 5.19.1). Entonces obtendremos de igual manera el esfuerzo en esta sección.

$$A_{CP_1} = A_{CP'_1} - A_{CP''_1} = (76.20 * 38.10) - (71.62 * 33.52) = 502.5 \text{ mm}^2 = 5.025 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{CP_1} = \frac{F_{BD}}{A_{CP_1}} = \frac{825.40 \text{ N}}{5.025 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.643 * 10^6 \text{ Pa}$$

Si bien se ha comentado anteriormente que esta parte de la estructura tiene una remarcable importancia, entonces esto implica que se deba considerar las áreas críticas de esta parte en particular. Las áreas críticas que pueden tener un efecto notable de deformación serán aquellas donde exista una ausencia de material, por lo tanto, como se muestra en la figura 5.19.2 estas secciones son donde se encuentra la batería y los controles. Entonces se tiene que:

$$A'_{CP} = 602.3 - (2.03 * 72.14) = 455.9 \text{ mm}^2 = 4.559 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

El esfuerzo se calcular con la misma fuerza utilizada anteriormente por lo tanto,

$$\sigma_{CP}' = \frac{F_{BD}}{A'_{CP}} = \frac{825.40 \text{ N}}{4.559 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.810 * 10^6 \text{ Pa}$$

De la misma manera se calculara la otra zona critica de esta parte del cuadro

$$A'_{CP_1} = 502.5 - (2.29 * 54.22) = 378.3 \text{ mm}^2 = 3.783 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

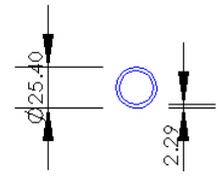
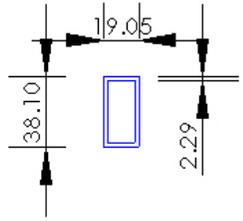
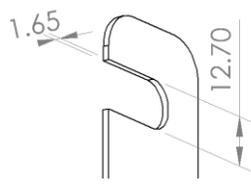
Entonces el esfuerzo sera:

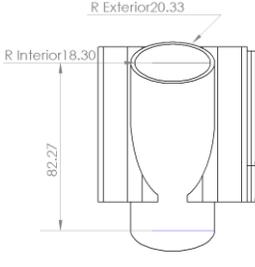
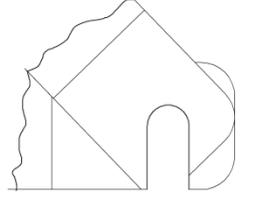
$$\sigma_{CP_1}' = \frac{F_{BD}}{A'_{CP_1}} = \frac{825.40 \text{ N}}{3.783 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 2.182 * 10^6 \text{ Pa}$$

Para el tubo del asiento y el tubo transversal podemos usar las misma área que antes ya tienen las mismas medidas por que podemos usarlo, por lo que se obtiene:

$$\sigma_{TT} = \frac{F_{BD}}{A_{CP_1}} = \frac{527.05 \text{ N}}{5.025 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.049 * 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{TA} = \frac{F_{CD}}{A_{CP_1}} = \frac{816.16 \text{ N}}{5.025 * 10^{-4} \text{ m}^2} = 1.624 * 10^6 \text{ Pa}$$

 <p>Figura 5.20. Medidas frontales del tubo circular del asiento</p>	<p>Sin embargo el tubo del asiento la mayor parte es un tubo donde se sujeta el asiento (Figura 5.20), sin embargo es una parte muy pequeña, por lo cual haremos el cálculo aparte y veremos qué tanta deformación (promedio) se presenta en esta parte en particular, por lo cual tenemos que:</p> $A_{TCA} = A_{TCA'} - A_{TCA''} = \frac{\pi(25.40)^2}{4} - \frac{\pi(20.82)^2}{4} = 166.3mm^2 = 1.663 * 10^{-4}m^2$ $\sigma_{TCA} = \frac{F_{BC}}{A_{TCA}} = \frac{1080N}{1.663*10^{-4}m^2} = 6.496 * 10^6Pa$
<p>Ahora sacaremos el esfuerzo hecho por los soportes se la llanta trasera (Figura 5.21), no obstante hay que destacar que en estas partes se deberá dividir entre dos el esfuerzo ya que cada segmento está constituido por dos soportes inferiores y dos superiores.</p>	
 <p>Figura 5.21. Medidas frontales de los soportes traseros</p>	<p>Entonces obtenemos lo siguiente:</p> $A_{ST} = A_{ST'} - A_{ST''} = (19.05 * 38.10) - (14.47 * 33.52) = 250.8mm^2 = 2.508 * 10^{-4}m^2$ $\sigma_{STs} = \frac{1}{2} \left( \frac{F_{AC}}{A_{ST}} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{860.79N}{2.508*10^{-4}m^2} \right) = 1.716 * 10^6Pa$ $\sigma_{STi} = \frac{1}{2} \left( \frac{F_{AC}}{A_{ST}} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{707.14N}{2.508*10^{-4}m^2} \right) = 1.410 * 10^6Pa$
<p>Por último sacaremos los esfuerzos en los ejes fijos, donde se encuentran los esfuerzos más importantes de la estructura. Cabe señalar que el área de donde se sostiene el eje de la bicicleta solo se tomara en cuenta la parte circular ya que este punto fijo fue considerado como un rodillo que solo presentaba reacción en el eje, por lo tanto:</p>	
 <p>Figura 5.22. Medias del punto fijo A (Eje de llanta trasera)</p>	$A_{PFA} = 2\pi r h = 2\pi(25.40)(1.65 * 2) = 526.7mm^2 = 5.267 * 10^{-4}m^2$ <p>La altura se multiplico por dos ya que el soporte superior e inferior están unidos en esta parte,</p> $\sigma_{PFA} = \frac{1}{2} \left( \frac{A_y}{A_{PFA}} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{628.38N}{5.267*10^{-4}m^2} \right) = 5.966 * 10^5Pa$ <p>Y finalmente el punto fijo B (Figura 5.23)el cual será considerado como dos esfuerzos, entonces:</p>

 <p>Figura 5.23. Medidas del punto fijo B (Tubo del Telescopio)</p>	$A_{PFBx} = \pi r h = \pi(18.30)(82.27) = 4730 \text{mm}^2 = 4.730 * 10^{-3} \text{m}^2$ <p>Se considera solo la mitad de la superficie como en caso anterior.</p> $A_{PFB_y} = A_{PFB_y'} - A_{PFB_y''} = \pi(20.33)^2 - \pi(18.30)^2 = 246.4 \text{mm}^2 = 2.464 * 10^{-4} \text{m}^2$ $\sigma_{B_x} = \frac{B_x}{A_{PFB_x}} = \frac{91.93 \text{N}}{4.730 * 10^{-3} \text{m}^2} = 1.944 * 10^4 \text{Pa}$ $\sigma_{B_y} = \frac{B_y}{A_{PFB_y}} = \frac{528.75 \text{N}}{2.464 * 10^{-4} \text{m}^2} = 2.146 * 10^6 \text{Pa}$
 <p>Figura 5.24. Vista lateral de la sección tomada para el criterio adicional</p>	<p>Como criterio adicional se analizara el caso de un esfuerzo perpendicular al área donde se soporta el eje de la llanta trasera de la bicicleta, por lo tanto el área de acción será la mostrada en la figura 5.24. Para efectos prácticos se ha obtenido el área de esta sección mediante el programa de modelado de las piezas. Por lo tanto:</p> $A_{\text{CriterioAd}} = 2929.36 \text{mm}^2 = 2.929 * 10^{-3} \text{m}^2$ <p>Y la fuerza ejercida se supondrá de <math>F_{\text{CriterioAd}} = 5000 \text{N}</math>, esto tiene como propósito predecir la reacción de un impacto fuerte de forma accidental en esta parte de la estructura. Entonces:</p> $\sigma_{B_y} = \frac{B_y}{A_{PFB_y}} = \frac{5000 \text{N}}{2.929 * 10^{-3} \text{m}^2} = 1.707 * 10^6 \text{Pa}$ <p>Podemos observar que la deformación se encuentra dentro de los límites aceptables de operación.</p>

Como podemos observar los esfuerzos promedios ejercidos en las partes involucradas no excede el límite elástico el cual es de  $2.75 * 10^8 \text{Pa}$  por lo que podría considerarse satisfactorio con respecto a un factor de seguridad de 2, sin embargo sabemos que las partes tiene ciertas modificaciones que podrían influir seriamente en el rendimiento del material aunado al hecho de que el materia está unido con soldadura.

Este hecho dio la necesidad de recurrir a un método de cálculo mas preciso para obtener resultados más concisos, el cual fue por calculo por elemento finito, el cual fue realizado mediante la ayuda de un software computacional, el cual además de ayudarnos en la modelación de la estructura también nos dio la posibilidad de obtener estos cálculos, donde de una forma amigable podíamos ingresar los datos que consideramos necesarios que se debían tomar en cuenta para la obtención de resultados.

### 5.4.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO

A continuación se presentan los resultados más relevantes que se ejercieron sobre el modelo mediante el software de diseño mencionado anteriormente y, además, en la figura 5.12, se muestran las cargas a las que se le sometió, donde las flechas moradas son las cargas y las flechas verdes son las sujeciones rígidas; y en la figura 5.13, se muestra una imagen de elemento finito (Von Mises) en la

cual se muestra la tendencia de deformación a la que tiende el cuadro con las cargas a las que fue expuesto, sin embargo, cabe mencionar que a pesar de que las cargas a las que se sometió fueron bastante exigentes la estructura no parece verse afectado por éstas.

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-3184.28	5819.04	0.284701	6633.31
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0

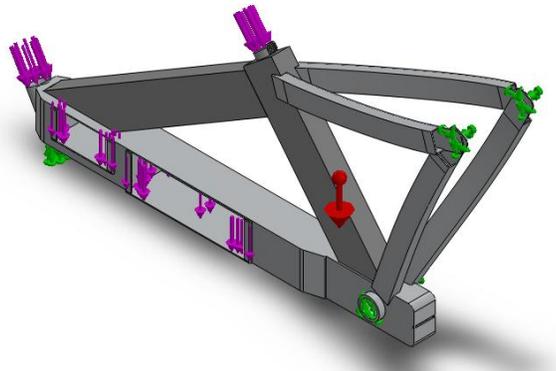


Figura 5.12 CPBE expuesto a cargas externas y sujeciones

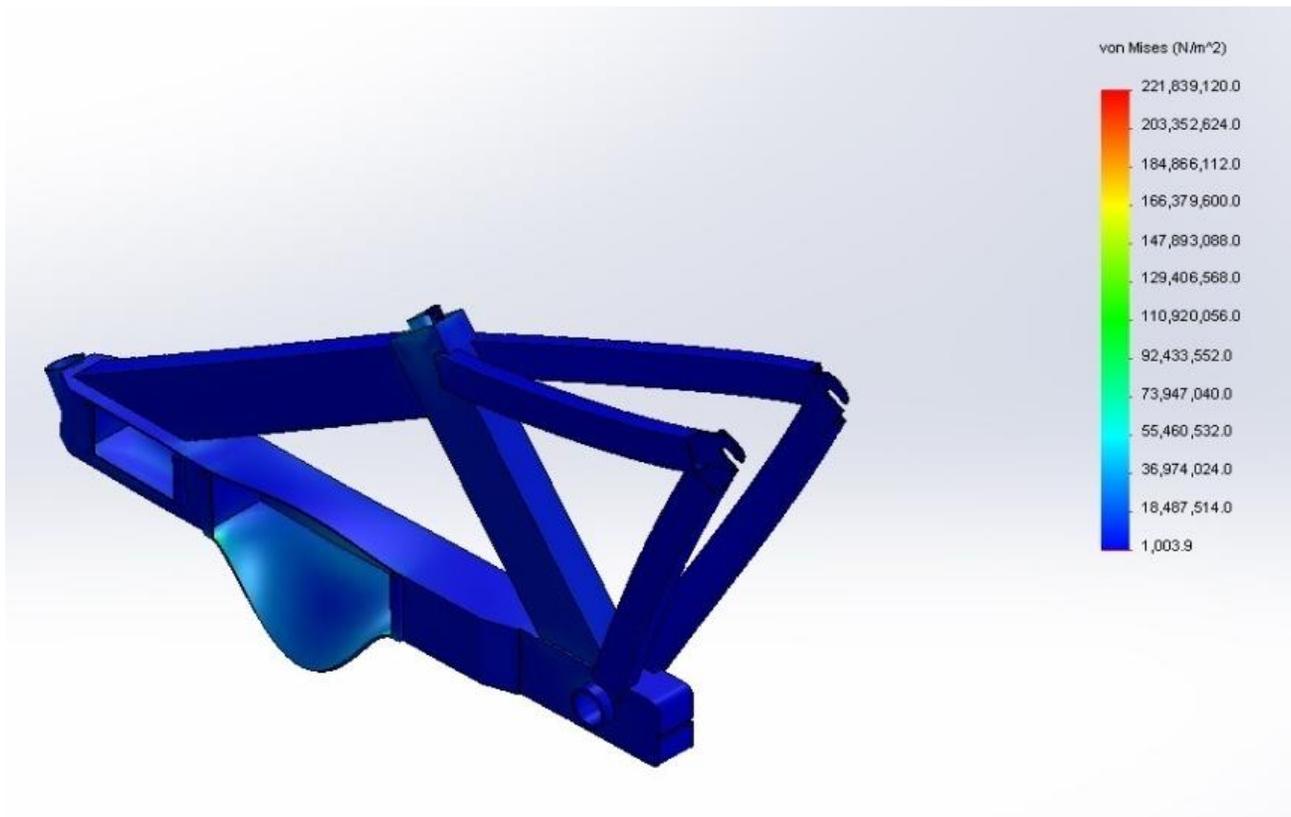


Figura 5.13 CPBE con Elemento finito (Von Misses)

## CONCLUSIONES

Con el crecimiento de las grandes ciudades, también crecieron las necesidades de transporte, aumentaron las distancias y la frecuencia de viajes. Se creyó haber solucionado este problema con lo que conocemos como el automóvil, el cual fue concebido como la solución ideal. Pero en las últimas décadas, el automóvil se ha convertido en un símbolo de ineficiencia económica, de inequidad social y fuente de contaminación a gran escala, por lo que, su utilización y abuso empiezan a ser cuestionados por diversos sectores crecientes de la sociedad.

En la actualidad circulan en la Ciudad de México cerca de “3.5 millones de vehículos, de los cuales cerca del 92% son utilizados para uso particular ocupando un 80% del total de las vialidades”<sup>52</sup>, esto provoca un incremento en la saturación vial y registra una velocidad promedio de 12<sup>km</sup>/Hr.

Actualmente existen diversos programas de movilización o estimulación para el uso de la bicicleta en el Distrito Federal y Zona Metropolitana, que van desde la implementación de su uso, hasta el mantenimiento y mecánica de la misma.

La bicicleta eléctrica puede desarrollar hasta una velocidad promedio de 35<sup>km</sup>/Hr, que es casi tres veces más del promedio de un auto en la Ciudad de México. Desde este punto de vista la e-bike es más eficiente.

Es en este punto de atención, donde se enfocó el presente trabajo. Existe una necesidad de transporte personal, la cual demanda una solución pronta y económicamente factible. Pero no hay quien la pueda satisfacer de manera amplia. Quienes la ofrecen, demandan por ello un costo excesivamente alto en lo que a dinero se refiere. En el presente trabajo hemos logrado desarrollar y sustentar un producto que logre cumplir con las expectativas sociales y al alcance de un amplio sector de la población, el cual presentamos como una solución potencial.

Cabe decir que el desarrollo de esta tecnología ya ha sido propuesto con anterioridad, sin embargo, debido a la carencia de las herramientas necesarias para su impulso y desarrollo y la ausencia de una política de gobierno que la apoye, su implementación se ha visto ralentizada de manera importante. Sin embargo, estos impedimentos no son insalvables y son hasta cierto punto figurativos. Si no se da la suficiente importancia al desarrollo de estas tecnologías, seguiremos siendo dependientes tecnológicamente de otros países en el ramo de este tipo de transporte. Como hemos visto en décadas anteriores, las consecuencias de estos errores pueden no verse reflejadas a corto plazo pero sin duda, más tarde que temprano, tendremos que enfrentarlas.

Por ende, creemos firmemente que el desarrollo de esta solución de transporte personal propuesta, como otras de la misma índole, son importantes para el desarrollo de una ciudad. Como se comentó anteriormente, debemos procurar que estas soluciones lleguen de una manera más accesible a un mayor sector de la población.

---

<sup>52</sup> Según estimaciones del Anuario Informativo 2002 - 2003 de la SETRAVI en el apartado No. 1.

## BIBLIOGRAFÍA

- Feilden ,G.B.R. (1963). Engineering design (The Feilden Report). London
- Filkenstein, L. and Filkenstein, A. C. W. (1983). Review of design methodology. IEE Procedure. Pag. 130, Part A, No. 4
- Luckman, J. (1967). An Approach to the Management of Design. In Developments in design methodology. (Ed. N . Cross). John Wiley, London. pp 83-97
- Archer, L. B. (1984). Systematic method for designers. In Developments in design methodology. (Ed. N . Cross). John Wiley, London. pp. 57-82
- Caldecote, V. (1963). Design team in relation to the individual designer. The Practice of and education for engineering design. Proc. Instn.. Mech.. Engrs. 178(3B,). pp. 16-19
- Goals and priorities for research in engineering design. American Society of Mechanicals and Engineers. (1986). American Society of Mechanical Engineers. New York
- Juster, N, P. (1985). The design process and design methodologies. Technical Report University of Leeds
- Cagan, J. and Agogino, A. M. (1991). Dimensional variable expansion – a formal approach to innovative design. Res. in Engng Des. pp 75-85
- Sriram, D. (1989). Knowledge-based system application in engineering design: research at MIT. AI Magazine., pp 79-96
- Pahl, G and Beitz, W. (1984). Engineering design. Original German Edition 1st edition(1971): English Edition (Ed. K. Wallace ). The design Council, London.
- Medland, A. J. (1994). The computer based design process. (Kogan Page, London)
- Clausing, D. P. (1994). Total quality development – the development of competitive new products. American Society of Mechanical Engineers. New York
- Mostow. J. (1985). Toward better models of the design process. AI Magazine. pp 44-57
- Broadbent, G. H. (1980). Design methods. Review in Design: science: method (Ed. R. Jacques and J. A. Powell). Guildford, Surrey pp 3-5
- Finger, S. and Dixon, J. R. (1989). A view of research on mechanical engineering design. Part 1 descriptive, prescriptive and computer- based models of design process. Res. in Engng Des., pp 51-67
- Cross, N. (1991). Engineering design methods. John Wiley, London

- Lawson, B. R. (1984) Cognitive strategies in architectural design. In Developments in design methodology. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp 209-220
- Rodenacker, W. G. (1970). Methodishes Konstruiren SpringerVerlag, Berlin
- Evboumwan, Sivaloganthan and Jebb. (1995). A survey of design philosophies, models, methods and systems. Engineering Design Centre, City University, London
- Asimow, M. (1962). Introduction to design. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice Hall
- Ullman, D. G. and Diettrich, T. A. (1986). Mechanical Design Methodology-computer in engineering. American Society of Mechanical Engineers. New York. pp 173-180
- Ullman, D. G., Stauffer, L. A. and Diettrich, T. A. (1987). Preliminary results of an experimental study of the mechanical design process. In Proceedings from the NSF \_Workshop on the design process (Ed. M. B. Waldron). Ohio State University-Oakland, California. pp145-188
- March, L. (1984). The logic of design. In Developments in design methodology. (Ed. N. Cross). John Wiley, London. pp 265-276
- Neville, G. E. (1989). Computacional models of design process. In Proceeding of the 1988 NSF Grantee Workshop on design theory and Methodology. Design Theory '88 (Eds S. L. Newsome. W. R. Spillers and S. Finger). Springer-Verlag, New York. pp 82-96
- Guo, Ziqiang, Electric Bike Market and Regulation in Mainland China, Technical Service Center of the Electric Vehicle Institute of China Electro-technical Society, 2000, p.2-5
- Tianjin E-bike Business Information Magazine, 2006 (In Chinese)
- Responses from 15 e-bike OEMs to survey question: "How many e-bike companies exist in China?" Several also noted there are many more than official estimates because many operate without a license.
- Company brochures and interviews with OEMs (Apr, 2006)
- Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo de 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo (Texto pertinente a efectos del EEE).
- INEGI. II Censo de Población y Vivienda 2005. Excluye a la población de edad no especificada. La información es censal y está referida al 17 de octubre del 2005.
- T.G. Wilson, P.H. Trickey, "D.C. Machine. With Solid State Commutation", AIEE paper I. CP62-1372, Oct 7, 1962

## MESOGRAFÍA

- <http://vehiculoselectricos.nichese.com/motorbicicleta.html>
- <http://www.mountainbike.es/front/noticia/CALCULA-TU-GEOMETRÍA-IDEAL/>
- [http://www.mardelbike.com.ar/detalle-mecanica.php?mec\\_id=30](http://www.mardelbike.com.ar/detalle-mecanica.php?mec_id=30).
- ¿Cuánto mide México? <http://www.canaive.org.mx/index.php>
- Modelo antropomórfico. <http://ergonomia2010.wordpress.com/>
- [www.easybike.fr](http://www.easybike.fr)
- [www.bronxcycles.com](http://www.bronxcycles.com)
- [www.hercules-bikes.de](http://www.hercules-bikes.de)
- [www.sparta.nl](http://www.sparta.nl)
- [www.estelle.de](http://www.estelle.de)
- [www.matra-ms.com](http://www.matra-ms.com)
- [www.gazelle.de](http://www.gazelle.de)
- [www.helkamavelox.fi](http://www.helkamavelox.fi)
- [www.smike.ch](http://www.smike.ch)
- [www.binbike.com](http://www.binbike.com)
- [www.sachs-bikes.de](http://www.sachs-bikes.de)
- [www.flyer.ch](http://www.flyer.ch)
- <http://www.ultramotor.com>
- <http://www.ego-kits.com>
- <http://www.erokit.net/>

## ANEXO

Propiedades físicas del cuadro para bicicleta eléctrica, (estos cálculos fueron hechos mediante el programa y están hecho solo sobre el CPBE sin tomar en cuenta los demás componentes externos).

Sistema de coordenadas de salida: -- predeterminado --

Masa = 3346.35 (gr)

Volumen = 1239389.11 (mm<sup>3</sup>)

Área de superficie = 1216535.04 (mm<sup>2</sup>)

Centro de masa: (mm)

X = 67.54

Y = 152.73

Z = 33.97

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gr/mm<sup>2</sup>)

Medido desde el centro de masa.

$I_x = (0.95, 0.31, -0.00)$        $P_x = 48749599.22$

$I_y = (-0.31, 0.95, -0.00)$        $P_y = 237767729.01$

$I_z = (0.00, 0.00, 1.00)$        $P_z = 278460725.29$

Momentos de inercia: (gr/ mm<sup>2</sup>)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

$L_{xx} = 66993659.84$        $L_{xy} = 55817286.05$        $L_{xz} = -209033.60$

$L_{yx} = 55817286.05$        $L_{yy} = 219524209.02$        $L_{yz} = -176683.08$

$L_{zx} = -209033.60$        $L_{zy} = -176683.08$        $L_{zz} = 278460184.66$

Momentos de inercia: (gr/ mm<sup>2</sup>)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$I_{xx} = 148908992.53$        $I_{xy} = 90336904.11$        $I_{xz} = 7467885.64$

$I_{yx} = 90336904.11$        $I_{yy} = 238650933.84$        $I_{yz} = 17182163.75$

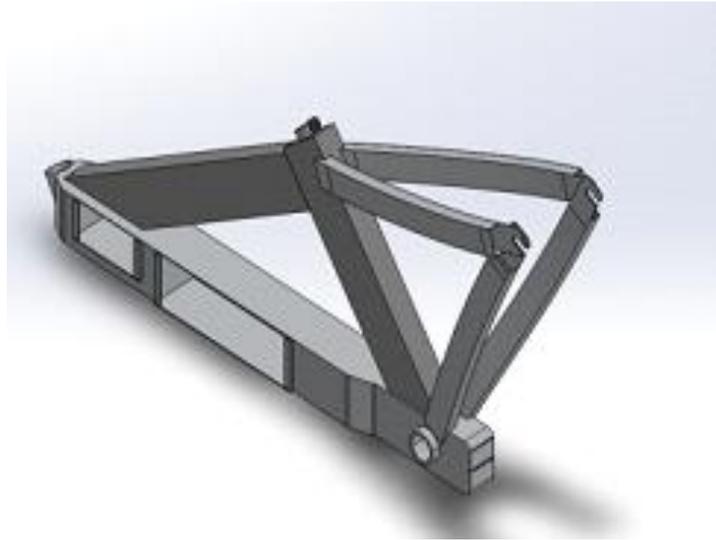
$I_{zx} = 7467885.64$        $I_{zy} = 17182163.75$        $I_{zz} = 371781272.31$

## Simulación de Cuadro para Bicicleta Eléctrica

Fecha: lunes, 13 de enero de 2013

Nombre de estudio: Simulación 3

Tipo de análisis: Estático



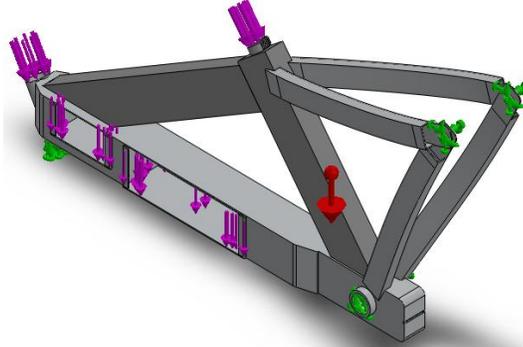
### Descripción

El presente cuadro es una estructura diseñada para la inserción de los dispositivos que se requieren para el funcionamiento de una bicicleta eléctrica, con el propósito de integrar todos los componentes dentro de la estructura sin que se dejen a la vista dichos elementos. El material con el que está hecho esta estructura es una aleación de aluminio denominada **6061-T6 (SS)**, **esta aleación es la más adecuada para la fabricación de la presente estructura, ya que ésta tiene propiedades que le proporcionan una mayor tenacidad, así como una mayor elasticidad, con lo cual se garantiza que cumplirá con las necesidades planteadas.**

### Suposiciones

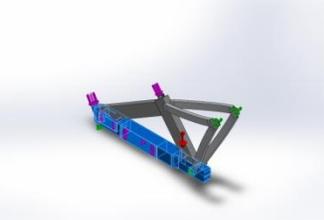
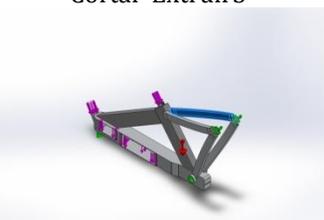
Para comprobar que el cuadro cumple con las necesidades planteadas anteriormente, hemos supuesto las cargas más importantes, a las que pudiese estar expuesta la estructura, sin embargo, como sabemos, puede haber ciertas cargas de otra índole impuestas sobre esta estructura, sin embargo, las más representativas son las que se muestran a continuación.

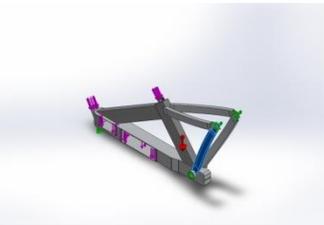
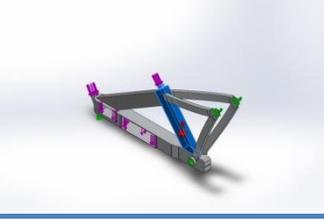
## Información de modelo



Nombre del modelo: ensamble tipo 1  
Configuración actual: Predeterminado

### Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir81 	Sólido	Masa:1.44838 kg Volumen:0.000536438 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:14.1942 N	C:\Users\Cesar\Desktop \archivos solid mas recientes\Cuadro CPBE.SLDPRT Dec 05 20:05:07 2012
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:0.202268 kg Volumen:7.49123e-005 m <sup>3</sup> Densidad:2700.07 kg/m <sup>3</sup> Peso:1.98223 N	C:\Users\Cesar\Desktop \archivos solid mas recientes\Soporte superior con doblez derecho CPBE.SLDPRT Jan 22 19:20:34 2013
Cortar-Extruir8 	Sólido	Masa:0.20086 kg Volumen:7.43925e-005 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:1.96843 N	C:\Users\Cesar\Desktop \archivos solid mas recientes\Soporte superior con doblez izquierdo CPBE.SLDPRT Jan 22 19:20:33 2013
Cortar-Extruir8 	Sólido	Masa:0.587727 kg Volumen:0.000217677 m <sup>3</sup> Densidad:2700 kg/m <sup>3</sup> Peso:5.75973 N	C:\Users\Cesar\Desktop \archivos solid mas recientes\Tubo transversal CPBE.SLDPRT Dec 05 20:47:44 2012

<p>Cortar-Extruir3</p> 	Sólido	<p>Masa:0.201646 kg  Volumen:7.46836e-005 m<sup>3</sup>  Densidad:2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso:1.97613 N</p>	<p>C:\Users\Cesar\Desktop  \archivos solid mas  recientes\soporte trasero  con doblez derecho  3.SLDPRT  Jan 22 19:20:33 2013</p>
<p>Saliente-Extruir5</p> 	Sólido	<p>Masa:0.202879 kg  Volumen:7.51402e-005 m<sup>3</sup>  Densidad:2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso:1.98821 N</p>	<p>C:\Users\Cesar\Desktop  \archivos solid mas  recientes\soporte trasero  con doblez izquierdo  CPBE 2.0.SLDPRT  Jan 22 19:20:34 2013</p>
<p>Cortar-Extruir9</p> 	Sólido	<p>Masa:0.502593 kg  Volumen:0.000186145 m<sup>3</sup>  Densidad:2700 kg/m<sup>3</sup>  Peso:4.92541 N</p>	<p>C:\Users\Cesar\Desktop  \archivos solid mas  recientes\tubo de asiento  CPBE.SLDPRT  Dec 05 20:47:44 2012</p>

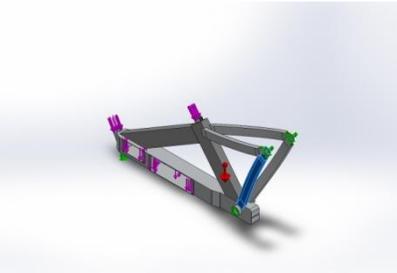
### Propiedades del estudio

<b>Nombre de estudio</b>	Estudio 1
<b>Tipo de análisis</b>	Estático
<b>Tipo de malla</b>	Malla sólida
<b>Efecto térmico:</b>	Activar
<b>Opción térmica</b>	Incluir cargas térmicas
<b>Temperatura a tensión cero</b>	298° K
<b>Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation</b>	Desactivar
<b>Tipo de solver</b>	FFEPlus
<b>Efecto de rigidización por tensión (Inplane):</b>	Desactivar
<b>Muelle blando:</b>	Desactivar
<b>Desahogo inercial:</b>	Desactivar
<b>Opciones de unión rígida incompatibles</b>	Automática
<b>Gran desplazamiento</b>	Desactivar
<b>Calcular fuerzas de cuerpo libre</b>	Activar
<b>Fricción</b>	Desactivar
<b>Utilizar método adaptativo:</b>	Desactivar
<b>Carpeta de resultados</b>	Documento de SolidWorks (C:\Users\Cesar\Desktop\archivos solid más recientes)

## Unidades

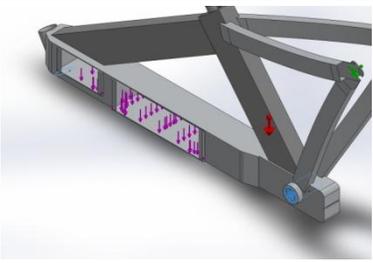
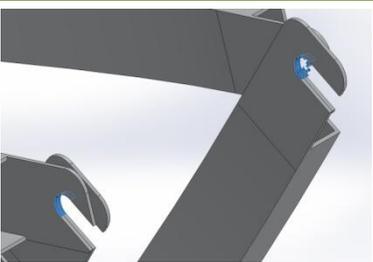
<b>Sistema de unidades:</b>	Métrico (MKS)
<b>Longitud/Desplazamiento</b>	mm
<b>Temperatura</b>	°K
<b>Velocidad angular</b>	Rad/seg
<b>Presión/Tensión</b>	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

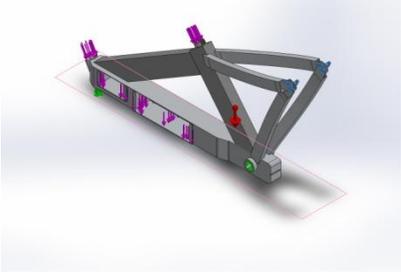
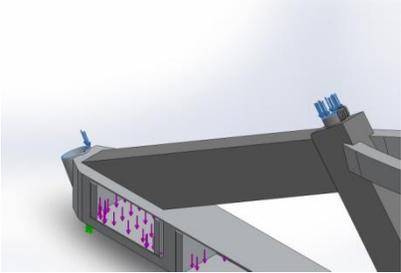
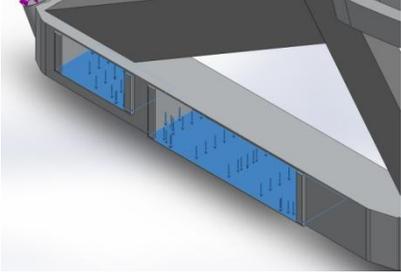
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: <b>6061-T6 (SS)</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Desconocido</b>                      Límite elástico: <b>2.75e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>3.1e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>6.9e+010 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.33</b>                      Densidad: <b>2700 kg/m<sup>3</sup></b>                      Módulo cortante: <b>2.6e+010 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de dilatación térmica: <b>2.4e-005 /°Kelvin</b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir81)(Cuadro CPBE-1), Sólido 1(Cortar-Extruir3)(Soporte superior con doblez derecho CPBE-1), Sólido 1(Cortar-Extruir8)(Soporte superior con doblez izquierdo CPBE-1), Sólido 1(Cortar-Extruir8)(Tubo transversal CPBE-1), Sólido 1(Saliente-Extruir5)(soporte trasero con doblez izquierdo CPBE 2.0-1), Sólido 1(Cortar-Extruir9)(tubo de asiento CPBE-1)</b></p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: <b>6061-T6 (SS)</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b>                      Criterio de error predeterminado: <b>Tensión máxima de von Mises</b>                      Límite elástico: <b>2.75e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>3.1e+008 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>6.9e+010 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.33</b>                      Densidad: <b>2700 kg/m<sup>3</sup></b>                      Módulo cortante: <b>2.6e+010 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de dilatación térmica: <b>2.4e-005 /°Kelvin</b></p>	<p><b>Sólido 1(Cortar-Extruir3)(soporte trasero con doblez derecho 3-1)</b></p>
Datos de curva:N/A		

## Cargas y sujeciones

### Sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>	
Fuerza de reacción(N)	-3184.28	5819.04	0.284701	6633.31	
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0	
Fijo-2		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
<b>Componentes</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Resultante</b>	
Fuerza de reacción(N)	-69.5981	1.6333	-0.349898	69.6181	
Momento de reacción(N-m)	0	0	0	0	

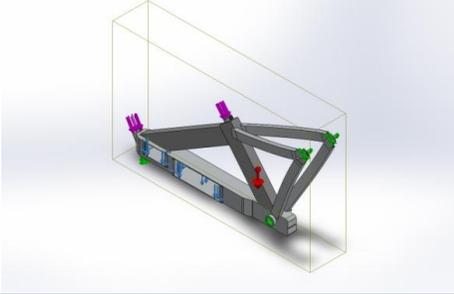
## Cargas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		<b>Referencia:</b> Planta <b>Valores:</b> 0 0 -9.81 <b>Unidades:</b> SI
Fuerza-1		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal <b>Valor:</b> 3000 N
Fuerza-2		<b>Entidades:</b> 2 cara(s) <b>Tipo:</b> Aplicar fuerza normal <b>Valor:</b> 500 N

### Definiciones de conector

Debido a ciertos problemas con la configuración del programa utilizado para esta simulación, los puntos de unión con soldadura, no están siendo tomados en cuenta, por lo que se supondrá que existe una mayor carga sobre estos elementos, o que la soldadura se está haciendo por fusión por penetración completa.

## Información de contacto

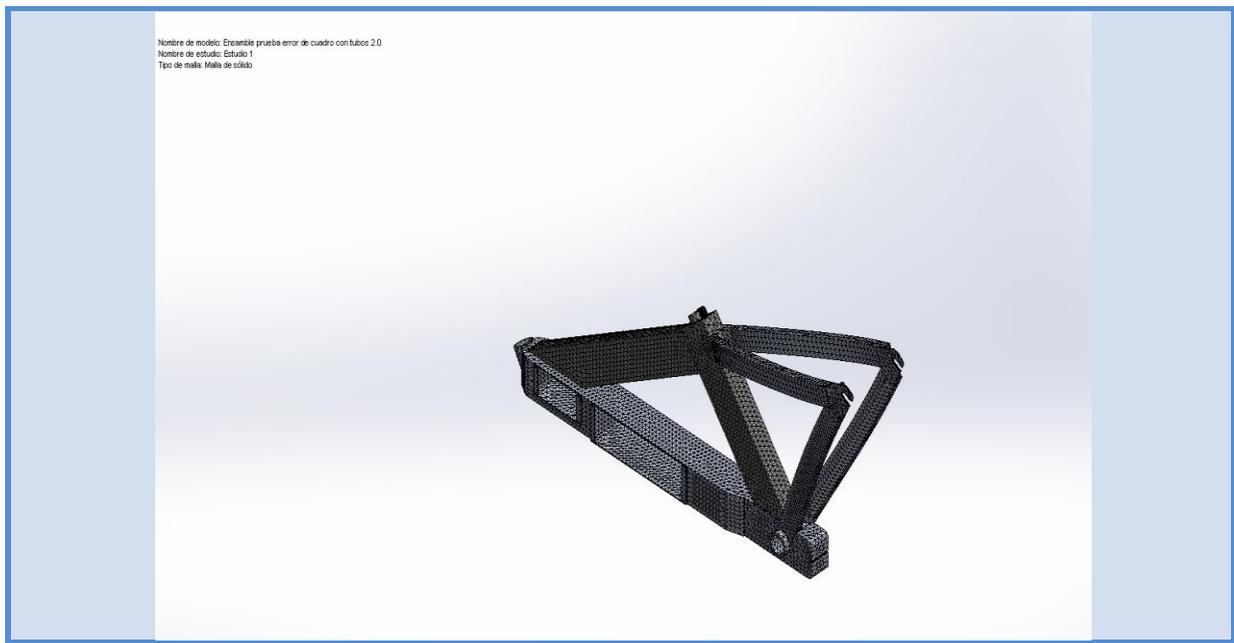
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		<p>Tipo: Unión rígida</p> <p>Componentes: 1 componente(s)</p> <p>Opciones: Mallado compatible</p>

## Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	29 Puntos
Tamaño de elementos	9.22657 mm
Tolerancia	0.461329 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

## Información de malla - Detalles

Número total de nodos	93803
Número total de elementos	47268
Cociente máximo de aspecto	65.689
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	7.32
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.43
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:40
Nombre de computadora:	RAGNAROK



### Detalles del sensor

Las cargas a las que fue sometido de forma normal, las caras de la estructura fueron de 9000N en cada una de las parte, con una fuerza resultante máxima de 24000 N, lo cual equivaldría aproximadamente a soportar una masa de alrededor de 2400 Kg, y como se pudo observar en el modelo, tanto la máxima tensión así como la deformación llegaban al límite de deformación elástica de la estructura, aunado a esto el factor de seguridad mínimo en la estructura fue de 2.4, lo cual nos garantiza que la estructura no sufrirá de deformación plástica.

### Fuerzas resultantes

#### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-3253.88	5820.67	-0.0651955	6668.43

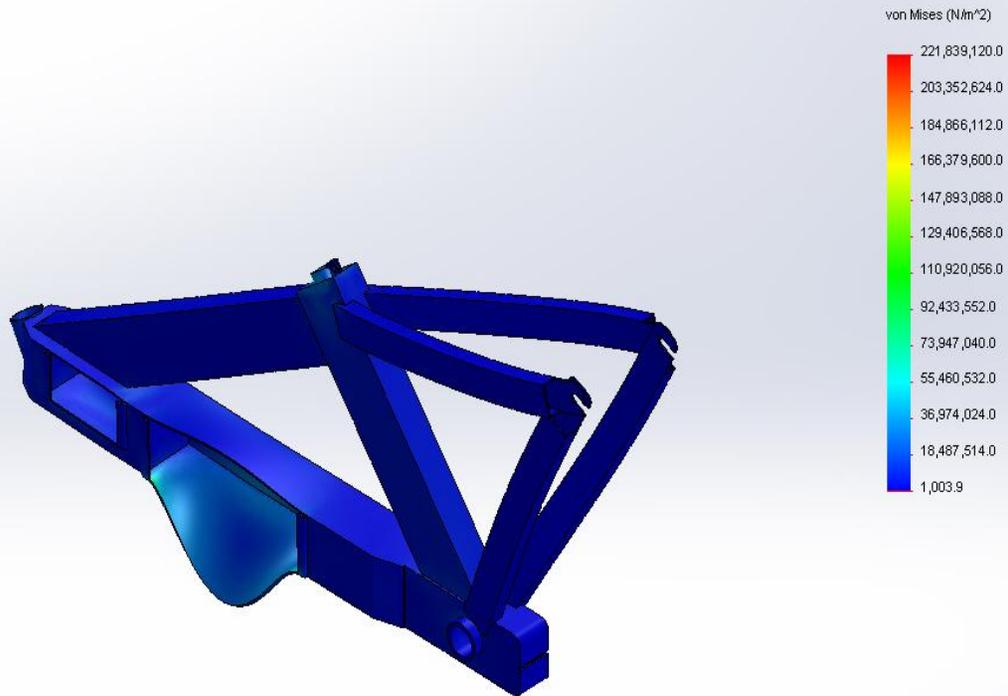
#### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N-m	0	0	0	0

## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1003.87 N/m <sup>2</sup> Nodo: 71458	2.21839e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 84842

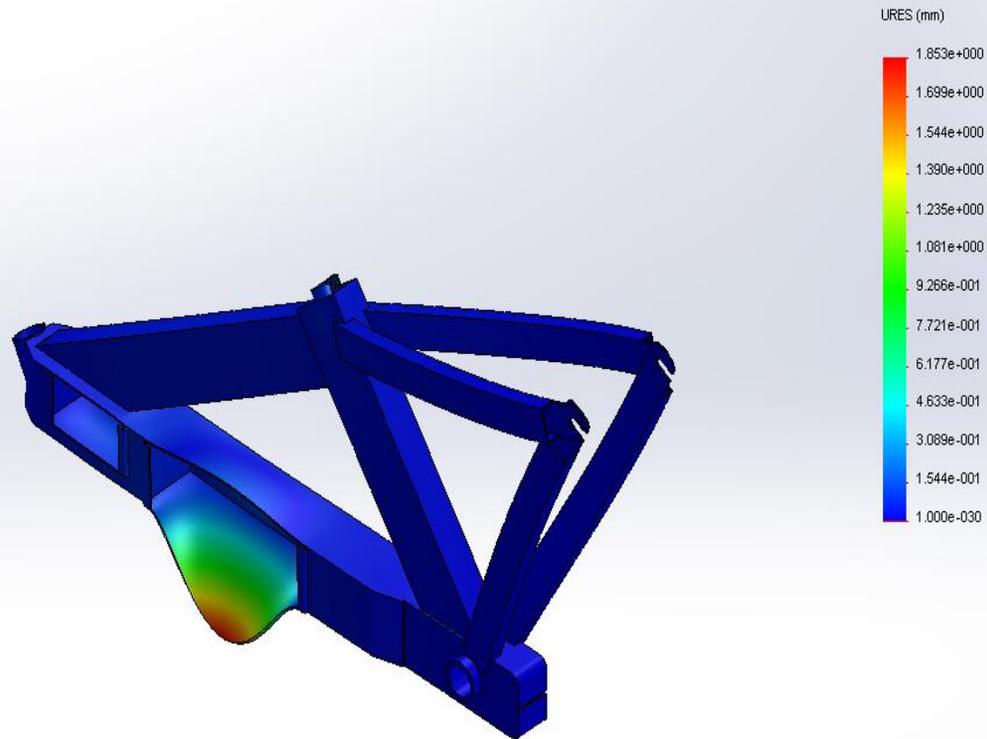
Nombre de modelo: Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 52.8963



Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0-Estudio 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1335	1.85312 mm Nodo: 16799

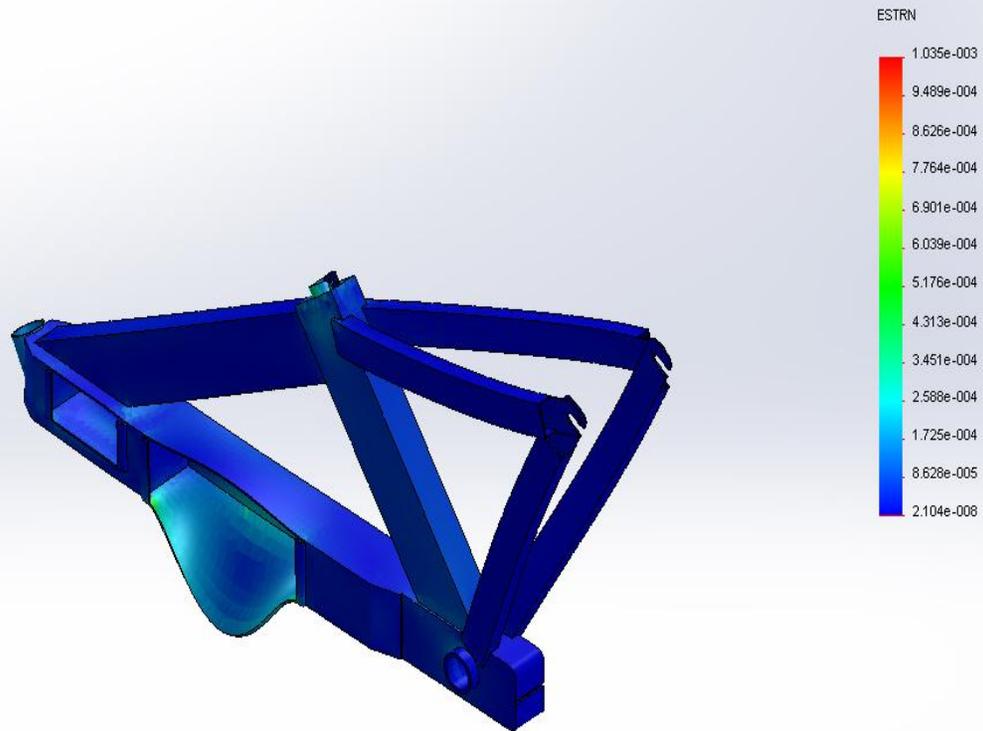
Nombre de modelo: Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 52.8963



Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0-Estudio 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.10435e-008 Elemento: 39161	0.00103516 Elemento: 45056

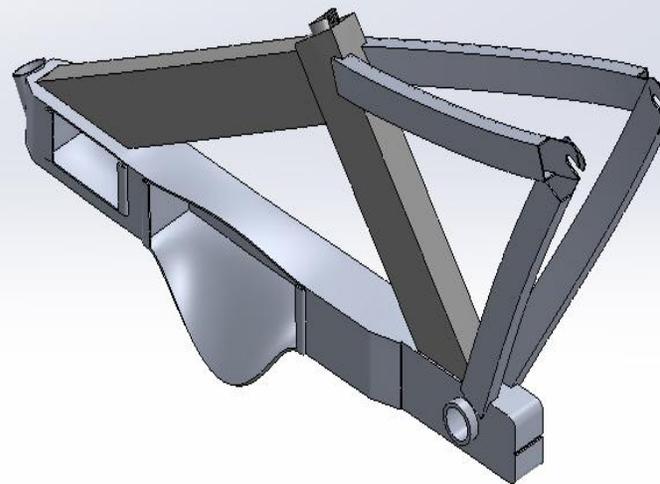
Nombre de modelo: Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 52.8963



Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0-Estudio 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada

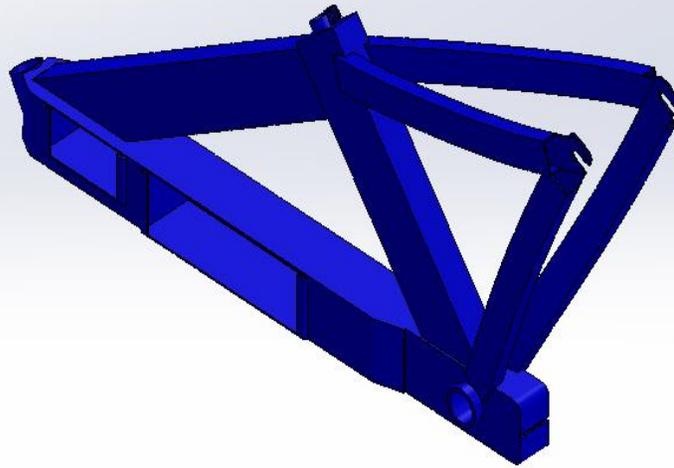
Nombre de modelo: Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Forma deformada Desplazamientos1{1}  
Escala de deformación: 52.8963



Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0-Estudio 1-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	6.19819 Nodo: 84842	1.3697e+006 Nodo: 71458

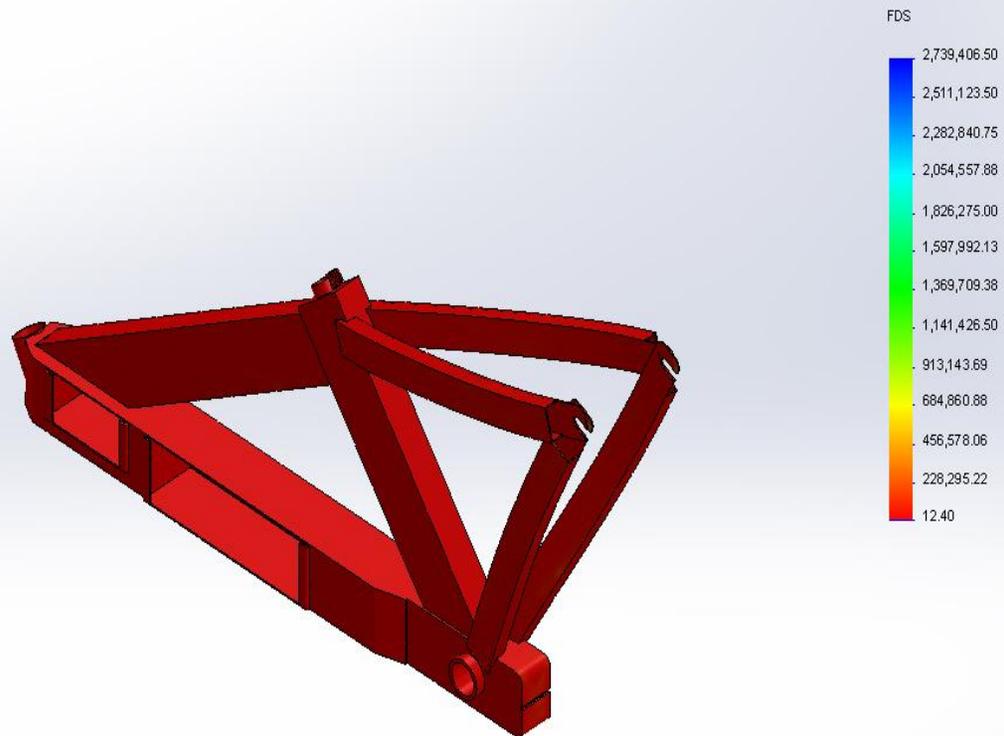
Nombre de modelo: Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0  
 Nombre de estudio: Estudio 1  
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
 Criterio: Tensiones von Mises máx.  
 Rojo < FOS = 1 < Azul



Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0-Estudio 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad2	Automático	12.3964 Nodo: 84842	2.73941e+006 Nodo: 71458

Nombre de modelo: Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad2  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 12



Ensamble prueba error de cuadro con tubos 2.0-Estudio 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad2