

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA BICICLETA PARA EL DESCENSO POR  
PENDIENTES EN ASFALTO

LUIS ARTURO GIRALDO AGUIRRE  
SEBASTIAN DUQUE TORRES

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2008

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA BICICLETA PARA EL DESCENSO POR  
PENDIENTES EN ASFALTO

LUIS ARTURO GIRALDO AGUIRRE

SEBASTIAN DUQUE TORRES

Asesor

Fabio Antonio Pineda Botero

Ingeniero Mecánico

Profesor de tiempo completo Universidad EAFIT

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2008

Nota de aceptación:

-----  
-----  
-----  
-----

-----

Firma del presidente del jurado

-----

Firma del jurado

-----

Firma del jurado

Medellín, Abril 25 de 2008

## **AGRADECIMIENTOS**

A los Señores: Jorge Duarte, Wilson Bustamante y a los demás colaboradores de los talleres de la Universidad EAFIT, por su constante disposición y aporte de su experiencia para que esto fuera una realidad.

A los señores del programa SIN RODEOS de Teleantioquia, por apoyar el *Gravity Bike*, al brindarnos un espacio donde dimos a conocer el deporte en el medio, y de la misma manera obtener retroalimentación para el proyecto.

A todas las empresas que nos colaboraron por su disposición y apoyo para el desarrollo de este proyecto, especialmente, Nicolás Sierra de DOBLAMOS S.A., el señor Johnny Medina de HA BICICLETAS y el almacén de bicicletas PROLINE.

A nuestro asesor Fabio Antonio Pineda por su paciencia, interés y sentido de pertenencia a lo largo de este proceso.

Por último y especialmente a nuestras familias y amigos por su acompañamiento, apoyo e interés tanto en los buenos y difíciles momentos durante el desarrollo de este proyecto y en el largo camino de nuestro proceso de formación.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABLAS .....	11
RESUMEN .....	12
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	15
1.1 Objetivo general .....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificación.....	15
1.4 Metodología.....	17
2. MARCO TEORICO .....	20
2.1 ¿Qué es el Gravity Bike?.....	20
2.2 Partes de una bicicleta de gravity bike. ....	22
2.3 Ciencia del ciclismo .....	23
2.4 Características de las Gravity Bikes .....	24
2.5 Tipos de Gravity Bikes.....	25
2.6 Bicicletas plegables.....	28
2.6.1 Mecanismos de plegado.....	29
3. CONOCIMIENTO DEL MERCADO.....	30
3.1 Investigación de mercados.....	30
3.1.1 Análisis del documental de SIN RODEOS .....	30
3.1.2 Análisis del programa SIN RODEOS emitido por Teleantioquia .....	30

3.1.3	Necesidades.....	31
3.2	Perfil del Usuario .....	32
3.3	Estado del arte .....	33
4.	PROCESO DE DISEÑO .....	36
4.1	Análisis formal .....	36
4.1.1	Mood boards .....	36
4.1.2	Características del usuario y su estilo de vida.....	38
4.1.3	Características de la emoción que evoca el deporte: Dinamismo .....	39
4.1.4	Características de los productos que rodean al usuario.....	40
4.2	Alfabeto visual .....	41
4.2.1	Referente formal.....	41
4.2.2	Colores y texturas .....	43
4.2.3	Formas del referente .....	44
4.3	Factores humanos y ergonomía.....	46
4.3.1	Antropometría.....	46
4.3.2	Posiciones del piloto.....	47
4.4	Análisis funcional: diseño conceptual.....	50
4.4.1	Caja negra.....	50
4.4.2	Estructura funcional.....	50
4.4.3	Matriz morfológica .....	51
4.4.4	Arquitectura del producto .....	54
4.5	Especificaciones de diseño del producto (PDS).....	56
4.6	Generación y selección de alternativas.....	64

4.6.1	Alternativas de diseño .....	64
4.6.1	Matriz de evaluación.....	72
4.6.2	Diseño definitivo.....	74
4.7	Diseño de detalle.....	75
4.7.1	Modelación 3D del producto.....	75
4.7.2	Propuesta de colores.....	78
4.7.3	Mecanismo de plegado .....	79
4.7.4	Medidas básicas y planos técnicos del producto.....	80
4.8	Memorias de cálculo.....	80
4.8.1	Análisis de Elementos Finitos (FEA) .....	80
4.8.2	Cálculos manuales .....	84
4.8.3	Recomendaciones de ingeniería .....	89
5.	PROCESO DE MANUFACTURA.....	90
5.1	Artes gráficas .....	90
5.2	Construcción del prototipo funcional. ....	91
6.	PRUEBAS DEL PRODUCTO.....	93
6.1	Protocolo de pruebas. ....	93
6.2	Resultados de las pruebas.....	94
	CONCLUSIONES .....	96
	BIBLIOGRAFÍA.....	97
	ANEXOS .....	99

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> <i>Total Design Model</i> , Stuart Pugh. ....	18
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo del proceso de diseño .....	19
<b>Figura 3.</b> Imágenes del Campeonato del mundo en Suiza en el 2006.....	20
<b>Figura 4.</b> Imágenes de competencias nacionales en España. ....	20
<b>Figura 5.</b> Descenso Avenida las Palmas en Medellín. ....	21
<b>Figura 6.</b> Partes de una <i>Gravity bike</i> .....	22
<b>Figura 7.</b> <i>Gravity bike</i> a partir de una BMX comercial.....	26
<b>Figura 8.</b> <i>Gravity bike Stock</i> . ....	27
<b>Figura 9.</b> <i>Gravity bike</i> <sup>3</sup> / <sub>4</sub> , las cuales incluyen carenajes en fibra de vidrio. ....	28
<b>Figura 10.</b> Estado del arte, Gravity Bikes.....	34
<b>Figura 11.</b> Estado del arte, bicicletas plegables. ....	35
<b>Figura 12.</b> Board – Usuario y estilo de vida.....	38
<b>Figura 13.</b> Board – Emoción: Dinamismo.....	39
<b>Figura 14.</b> Board – Tema visual. ....	40
<b>Figura 15.</b> Alfabeto visual – Referente: llave multiuso (Folding tool set).....	42
<b>Figura 16.</b> Alfabeto visual – Colores y texturas .....	43
<b>Figura 17.</b> Alfabeto visual – Formas.....	44
<b>Figura 18.</b> Alfabeto visual - Exploración formal .....	45
<b>Figura 19.</b> Posiciones de pilotos de otros deportes.....	47
<b>Figura 20.</b> Diferentes posiciones adoptadas por los pilotos de <i>Gravity bike</i> . ....	48
<b>Figura 21.</b> Ángulos de la posición del piloto en el Gravity Bike .....	49



<b>Figura 22.</b> Caja negra.....	50
<b>Figura 23.</b> Estructura funcional. ....	51
<b>Figura 24.</b> Alternativa 1 .....	65
<b>Figura 25.</b> Alternativa 2. ....	65
<b>Figura 26.</b> Alternativa 3. ....	66
<b>Figura 27.</b> Alternativa 4. ....	66
<b>Figura 28.</b> Alternativa 5. ....	67
<b>Figura 29.</b> Alternativa 6. ....	67
<b>Figura 30.</b> Alternativa 7. ....	68
<b>Figura 31.</b> Alternativa 8. ....	68
<b>Figura 32.</b> Alternativa 9. ....	69
<b>Figura 33.</b> Alternativa 10. ....	69
<b>Figura 34.</b> Alternativa 11. ....	70
<b>Figura 35.</b> Alternativa 12. ....	70
<b>Figura 36.</b> Alternativa 13. ....	71
<b>Figura 37.</b> Alternativa 14. ....	71
<b>Figura 38.</b> Alternativa 15. ....	72
<b>Figura 39.</b> Alternativa de diseño definitiva.....	74
<b>Figura 40.</b> Render del prototipo en ImageStudio 2008.....	75
<b>Figura 41.</b> Render del prototipo en ImageStudio 2008.....	76
<b>Figura 42.</b> Ergonomía de la bicicleta.....	77
<b>Figura 43.</b> Propuesta de colores para la bicicleta. ....	78
<b>Figura 44.</b> Mecanismo de plegado de la bicicleta. ....	79

<b>Figura 45.</b> Medidas básicas de la bicicleta.....	80
<b>Figura 46.</b> Condiciones de frontera, vista frontal (superior) y visa en perspectiva (inferior).....	81
<b>Figura 47.</b> Desplazamiento de la estructura en el eje Y .....	82
<b>Figura 48.</b> Esfuerzo equivalente de la estructura (von-Mises) .....	83
<b>Figura 49.</b> Condiciones de frontera para el cálculo del eje.....	85
<b>Figura 50.</b> Esfuerzo equivalente de von-Mises para un eje de 10 mm de diámetro .....	87
<b>Figura 51.</b> Condiciones de frontera para los cálculos manuales de las platinas traseras.....	88
<b>Figura 52.</b> Tipografía y colores del nombre.....	90
<b>Figura 53.</b> Proceso de corte y pulido de los tubos .....	91
<b>Figura 54.</b> Proceso de soldadura marco y tijera.....	92
<b>Figura 55.</b> Proceso de ensamble. ....	92
<b>Figura 56.</b> Gráfico comparativo Velocidad vs. Tiempo. ....	94

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Partes de una <i>Gravity Bike</i> . .....	22
<b>Tabla 2.</b> Características <i>Gravity Bike</i> a partir de una BMX comercial. ....	26
<b>Tabla 3.</b> Características <i>Gravity Bike Stock</i> . .....	27
<b>Tabla 4.</b> Mecanismos de plegado. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Medidas antropométricas del usuario. ....	46
<b>Tabla 6.</b> Matriz morfológica. ....	52
<b>Tabla 7.</b> Ventajas y desventajas de las diferentes rutas. ....	55
<b>Tabla 8.</b> Especificaciones de diseño de producto - P.D.S. ....	57
<b>Tabla 9.</b> Matriz de evaluación de las alternativas de diseño ....	73
<b>Tabla 10.</b> Diámetro del eje trasero para diferentes factores de seguridad ....	87
<b>Tabla 11.</b> Altura mínima de la platina del eje trasero para diferentes factores de seguridad. ....	89
<b>Tabla 12.</b> Datos obtenidos de las pruebas de la gravity bike. ....	95
<b>Tabla 13.</b> Datos obtenidos de las pruebas de la BMX. ....	95

## RESUMEN

Este proyecto se enfoca en el estudio y diseño de una bicicleta para practicar el descenso en asfalto, basada en las necesidades y deseos del usuario objetivo.

El proyecto se inicia con un estudio de mercado, que soporta el proceso de diseño, el cual consta de cuatro etapas: diseño formal, diseño conceptual, diseño de detalle y materialización, de acuerdo a la metodología que sugiere Stuart Pugh, la cual es punto de referencia para el desarrollo de productos a nivel mundial. A su vez, se emplean variedad de métodos de diseño en cada etapa, dentro de un flujo lógico, que llevaron a una solución innovadora.

Como respaldo al diseño, se realizan análisis estructurales para comprobar la resistencia de los materiales que se emplearon para la construcción del prototipo.

Una vez fabricado el prototipo, se realizaron pruebas de desempeño, para comprobar en la práctica, los conceptos teóricos tenidos en cuenta durante todo el proceso.

Con los resultados obtenidos, se hacen una serie de recomendaciones y conclusiones que pueden ser tenidos en cuenta para un posterior desarrollo y/o mejoramiento del producto.

## INTRODUCCIÓN

El *Gravity Bike*, a pesar del desconocimiento popular de este deporte, tiene alrededor de 30 años de antigüedad (Gravity Bike @, 2007); se originó en las montañas de California (EEUU). Consiste en descender en una bicicleta modificada por una pendiente sin más impulso que el proporcionado por la gravedad, generando velocidad de vértigo acompañada de mucha diversión. La elección del terreno debe ser la adecuada, se realiza en carreteras con pendientes pronunciadas, de un sólo sentido o no transitadas. Además, todos los pilotos deben de llevar protecciones suficientes para evitar cualquier tipo de lesión. Desde su creación, ya son muchas las federaciones y asociaciones que se dedican a fomentar el *Gravity Bike* tales como la Asociación Internacional de deportes de gravedad, *Internacional Gravity Sports Association* (IGSA), la Federación de Deportes de Inercia (FDI), y sitios webs como ZonaGravedad de España, GravityBike de Estados Unidos, los cuales han organizado campeonatos mundiales. El último de ellos se celebró en Suiza en el 2006. (Ociojoven @, 2007)

Este proyecto pretende identificar todas las necesidades y requerimientos del Gravity Bike para diseñar una bicicleta especial para esta disciplina, siguiendo la metodología de “diseño total” de Stuart Pugh<sup>1</sup>, autor del libro *Total Design* (Pugh, 1991), en el cual el diseño es visto como una actividad sistemática, necesaria desde la identificación de una necesidad hasta la venta exitosa del producto que satisface esa necesidad. Esta actividad incluye: el producto, los procesos, las

---

<sup>1</sup> El Profesor Stuart Pugh es director de la División de Diseño de la Universidad de Strathclyde en Inglaterra donde enseña diseño a estudiantes de ingeniería. Trabajó muchos años en la industria antes de dedicarse a la academia. Es consultor en la implementación de métodos de diseño en numerosas compañías incluyendo General Motors.

personas y la organización (HERNÁNDEZ, 2004). En este proyecto, esta actividad sistemática consiste en partir de un estudio de mercado para conocer deseos y demandas del cliente, dando como resultado un *Brief* del proyecto, a partir del cual, se elaboraron las especificaciones de diseño del producto (PDS).

Con ellas, se creó un concepto de diseño soportado por un análisis formal y funcional y a partir de este concepto, se elaboraron varias alternativas, las cuales se evaluaron respectivamente, de donde se escogió la propuesta que mejor cumplía con los requerimientos de diseño. Luego se procedió a definir el diseño de detalle, donde se elaboraron planos, cálculos de análisis estructurales y procesos de manufactura; de este modo se pudo obtener una propuesta de diseño definitiva para continuar con la construcción del prototipo. Una vez fabricado, se hicieron pruebas de desempeño en las carreteras con otras bicicletas convencionales, evaluando velocidades máximas, velocidades medias, tiempos, seguridad del usuario, y con los resultados obtenidos se obtuvieron conclusiones y recomendaciones.

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1 Objetivo general

Diseñar y fabricar una bicicleta para el descenso por pendientes en asfalto, impulsada por la fuerza de la gravedad, que cumpla con las necesidades del mercado.

### 1.2 Objetivos específicos

- Establecer un proceso de diseño coherente con la metodología de Stuart Pugh, *Total Design Model*, para el diseño de la bicicleta.
- Obtener un conocimiento profundo de los aspectos que involucra el buen establecimiento de las especificaciones como son: el mercado, el usuario, la capacidad tecnológica, la capacidad financiera, y los elementos del *Brief*.
- Identificar los requerimientos de ingeniería y seguridad que certifiquen el mejor desempeño del artefacto en el PDS.
- Garantizar la resistencia del prototipo funcional y de los materiales utilizados, apoyándose en herramientas CAD/CAE y una serie de cálculos manuales de ingeniería.
- Construir un prototipo funcional para el descenso en asfalto.
- Probar el desempeño del prototipo funcional por medio de unas pruebas de descenso.

### 1.3 Justificación

El descenso en bicicleta por acción de la gravedad, mejor conocido como *Gravity Bike*, es un deporte que se ha venido practicando durante varios años en el país de una manera informal, pues sus seguidores organizan competencias sin reglamentación y sin tener en cuenta a las autoridades.

Colombia es un país que tiene gran potencial de mercado para este tipo de actividades, que por su localización geográfica en zona Andina cuenta con la infraestructura vial adecuada para practicar este deporte. Además, es una disciplina que a nivel regional, se podría organizar, con eventos que pueden ser patrocinados por las Alcaldías Municipales, instituciones como el Instituto para el Deporte y la Recreación (INDER) en Medellín y la empresa privada, para que se promueva una práctica adecuada de esta disciplina, como actualmente se hace con el descenso de carros de rodillos por Santa Elena, corregimiento de Medellín, en la Competencia de Aventura 7 Cerros<sup>2</sup> y el festival realizado en la feria de las flores. “Ha sido tanta la acogida de éste festival recreo-deportivo que los organizadores -Inder y corregimiento de Santa Elena con la Colaboración de la Secretaría de Transito de Medellín, reúnen cerca de 1500 participantes, en carros de rodillos y trineos, pero que a la vez se ven en acción bicicletas y patinetas, puesto que mucha gente se vincula con su máquina preferida”<sup>3</sup>. Estos festivales atraen cada vez más cantidad de espectadores, lo que demuestra que los deportes de inercia también ofrecen diversión y esparcimiento al público, los cuales se podrían aprovechar para promocionar el producto y además propiciar la inclusión de competencias de descenso en bicicleta en el calendario de éste tipo de eventos.

La bicicleta tiene un valor agregado alto, pues es especialmente diseñada para descender, ya que actualmente en el mercado colombiano no se comercializan bicicletas con estas especificaciones, lo que las convierte en un producto innovador en el mercado nacional, y a su vez puede competir con bicicletas fabricadas en el exterior.

---

<sup>2</sup> Competencia de Aventura realizada en la ciudad de Medellín, [www.7cerrosmedellin.com](http://www.7cerrosmedellin.com).

<sup>3</sup> (El Colombiano. Pasado y presente en ruedas y falda abajo. @, Octubre 2007)



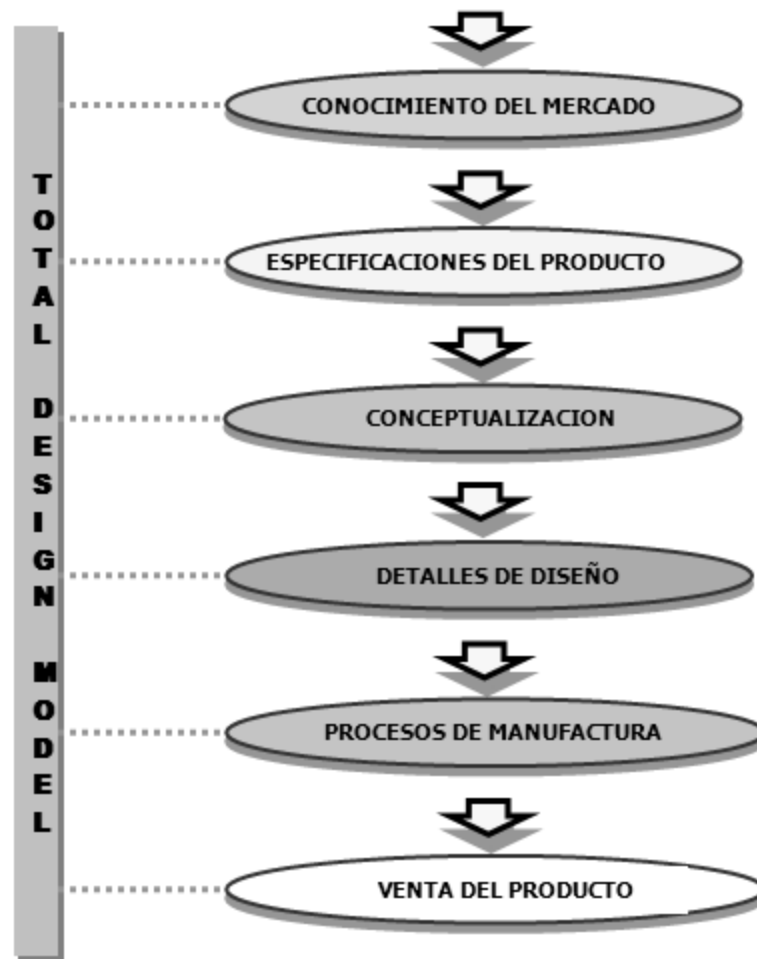
Durante años los practicantes de este deporte a nivel mundial, han fabricado sus propias bicicletas para competir, inclusive, las bicicletas más populares para practicar esta disciplina son las BMX, las cuales son adaptadas para éstas competencias, sufriendo una cantidad de cambios en su geometría y arquitectura, cada una con características y diseño diferentes de acuerdo a los gustos de cada piloto. En Colombia, simplemente sus aficionados se han limitado a bajar el asiento de la bicicleta para lanzarse por estas pendientes sin tener en cuenta el riesgo que significa descender a alta velocidad con su bicicleta convencional, ya sea una BMX o una Todoterreno, y que en muchos de los casos, ocurren accidentes por imprudencias de los pilotos al exponer sus bicicletas a condiciones para las que no están diseñadas.

Por lo tanto se puede decir que esta actividad es un nicho desatendido en el mercado, pues en la actualidad no hay una empresa en el medio que fabrique y comercialice éstos artefactos, es por esto, que se pretende aprovechar al máximo todas las necesidades y demandas de éste segmento para ofrecer un producto innovador de alto rendimiento y de excelente calidad, con las medidas de seguridad requeridas y a un precio accesible para las personas interesadas en incursionar en el deporte de manera más segura y competitiva.

#### **1.4 Metodología**

La Metodología para el desarrollo de éste proyecto se diseña a partir del modelo propuesto por Stuart Pugh en su libro *Total Design* (1991), la cual se conoce como *Total Design Model* (Figura 1). Ésta se basa en las necesidades y deseos del usuario a partir de un estudio de mercado, para obtener las especificaciones de diseño del producto. Con base en estas especificaciones continuar todo el proceso de diseño, el cual pasa por las etapas de diseño conceptual, diseño de detalle, manufactura y pruebas del prototipo. En estas etapas se acude a

diferentes métodos de diseño que consisten “en los procedimientos, técnicas, ayudas o herramientas para diseñar”(CROSS, 2002 pág. 11), y llevan el proceso de diseño dentro de un marco de referencia lógico, que tiene como objetivo ampliar el espacio de búsqueda de soluciones potenciales y también facilitar el proceso de toma de decisiones sobre el diseño del producto. A continuación se presenta el modelo a partir de cual se desarrolla el proyecto.

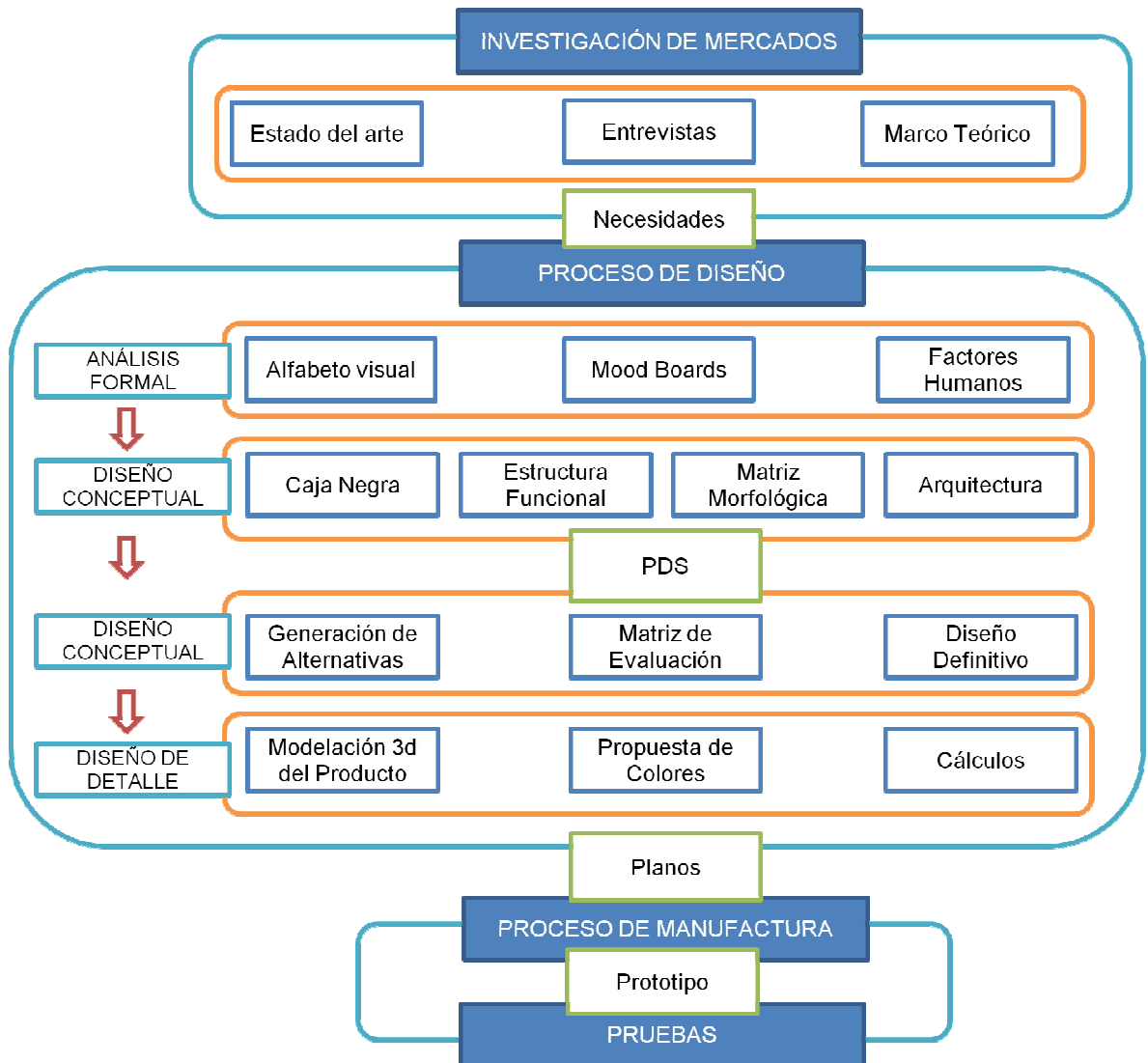


**Figura 1.** *Total Design Model*, Stuart Pugh.

Fuente: (HERNÁNDEZ, 2004)

Teniendo en cuenta el modelo de Stuart Pugh, se plantea un proceso similar siguiendo cada una de las etapas planteadas en este. “El proceso es sistemático y heurístico ya que emplea la experiencia previa, guías generales y reglas

prácticas”(CROSS, 2002 pág. 29), llevando al diseñador en la dirección correcta a una solución de un problema de manera creativa, positiva e innovadora. En la Figura 2 se representa el flujo de proceso del proyecto con las actividades o métodos desarrollados en cada etapa.



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de diseño

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 ¿Qué es el Gravity Bike?

El descenso en bicicleta en pendientes por acción de la gravedad (*Gravity Bike*), es una disciplina dentro de los deportes de inercia que se practica oficialmente en Estados Unidos, Australia y Europa, en campeonatos mundiales, nacionales y regionales, organizados por Ligas y Federaciones de diferentes países, como la, *Internacional Gravity Sports Association* (IGSA). En las Figuras 3 y 4 se ilustran algunas de las competencias mencionadas.



**Figura 3.** Imágenes del Campeonato del mundo en Suiza en el 2006.  
(Tomadas de: [www.zonagravedad.com](http://www.zonagravedad.com))



**Figura 4.** Imágenes de competencias nacionales en España.  
(Tomadas de: [www.zonagravedad.com](http://www.zonagravedad.com))

En Colombia, gracias a la topografía, este deporte no ha sido ajeno a competencias en sus carreteras, en las cuales también se ha venido practicando durante varios años, pues el *Gravity Bike* es una actividad que puede ser de fácil

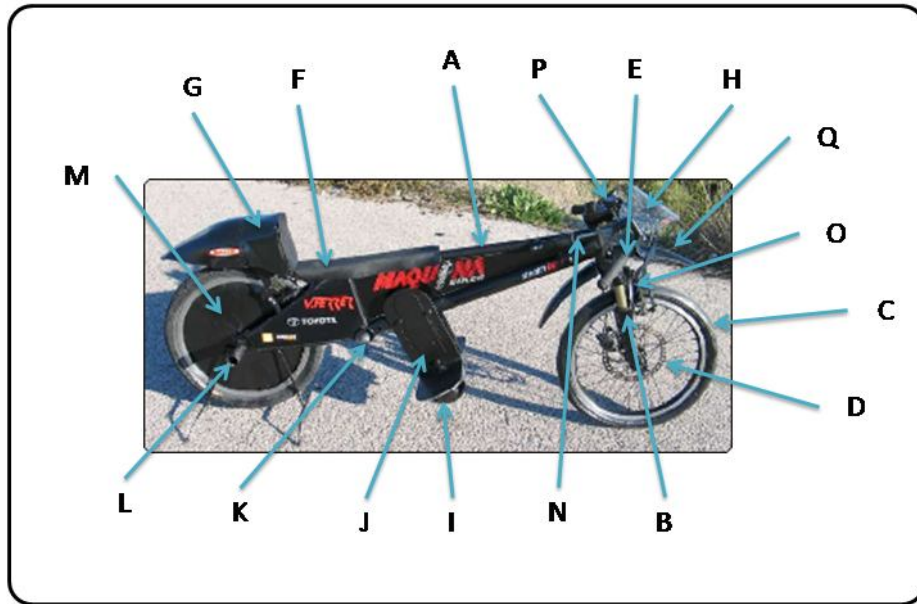
acceso a cualquier tipo de persona que se interese en practicarlo, pero que generalmente no cuentan con bicicletas que cumplan con las características necesarias para descender a altas velocidades y que en la mayoría de los casos, no cumplen con los requisitos mínimos de seguridad, lo cual pone en peligro, tanto la vida del deportista como la de los que transitan la vía. En la *Figura 5* se ilustra cómo se practica este deporte en Medellín.



**Figura 5.** Descenso Avenida las Palmas en Medellín.  
(Archivo personal)

## 2.2 Partes de una bicicleta de gravity bike.

Una *Gravity Bike* es una bicicleta a la que se le quita la transmisión y se prepara para bajar lo más rápido y seguro posible por asfalto. En la Figura 6 se muestra una *gravity bike* y se complementa la descripción de sus partes en la Tabla 1.



**Figura 6.** Partes de una *Gravity bike*.

Elaboración propia

**Tabla 1.** Partes de una *Gravity Bike*.

	Nombre		Nombre
A	Marco	J	Apoya rodillas
B	Suspensión delantera	K	Sin transmisión
C	Llantas	L	Tacos
D	Freno de disco	M	Lenticulares
E	Manubrio	N	Estabilizador de dirección
F	Sillín	O	Frenos V-brake
G	Cola guardabarros	P	Ciclo computador
H	Porta Números	Q	Guardabarros
I	Lastre		

### 2.3 Ciencia del ciclismo

Las fuerzas principales que un ciclista debe superar son la resistencia del aire y la gravedad. La resistencia del aire se incrementa exponencialmente con la velocidad. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Gravedad:** denominada también fuerza gravitatoria, fuerza de gravedad, interacción gravitatoria o gravitación, es la fuerza que experimentan entre sí los objetos con masa.

Esta fuerza equivale al peso; en este caso, la masa del objeto y la masa de la Tierra se atraen, y el objeto queda sometido a una fuerza dirigida hacia el centro de la Tierra.

Las relaciones corporales revelan que los ciclistas que tienen un mayor índice de masa/área frontal descienden más rápido, como consecuencia de leyes puramente físicas y no fisiológicas. Debido a que los ciclistas mas grandes tienen una mayor masa, la gravedad actúa sobre ellos con una mayor fuerza de lo que lo hace sobre los ciclistas mas pequeños.

- **Inercia:** es una medida de dificultad para cambiar el estado de movimiento o reposo de un cuerpo. La inercia mecánica depende de la cantidad de masa. Además, se puede considerar que la inercia es una fuerza ejercida sobre la masa, para que esta desarrolle una acción (2008).
- **Resistencia aerodinámica:** es el componente de la fuerza que sufre un cuerpo al moverse a través del aire en la dirección de la velocidad relativa entre el aire y el cuerpo. La resistencia es siempre de sentido opuesto a dicha velocidad, por lo que habitualmente se dice de ella que es la fuerza que se opone al avance de un cuerpo a través del aire (2008).

Es por esto, que es muy importante tener en cuenta el efecto de la resistencia aerodinámica en el rendimiento a la hora del posicionamiento del piloto sobre la bicicleta, ya que pequeños cambios en la posición pueden variar significativamente la resistencia aerodinámica; la resistencia aerodinámica depende de la superficie frontal (ciclista y bicicleta) y del coeficiente de penetración y ambos pueden ser modificados mediante la posición (2008).

## 2.4 Características de las *Gravity Bikes*

Las *Gravity Bikes*, en conclusión, tienen cuatro características principales:

- **Buena estabilidad:** Es necesaria para no perder el control de la bicicleta a altas velocidades. Se logra mediante:
  - Distribución de masas entre las ruedas: se requiere incrementar la distancia entre ejes (máximo 127cm.) y hacer una distribución de masas entre el eje delantero y el eje trasero, preferiblemente 40% y 60% respectivamente.
  - Postura del piloto: Debido a la estructura del sillín, el piloto debe adelantar la postura respecto al sillín, es decir adelantar el centro de gravedad del conjunto (piloto-bicicleta).
  - Apoyos de rodilla: Es indispensable para la estabilidad, debido a que evita cargar el peso en el manubrio y en el eje trasero.
  
- **Bajo centro de gravedad:** es una característica importante en deportes de altas velocidades, ya que es en éste punto, donde convergen todas las fuerzas exteriores aplicadas al cuerpo y al estar éste lo más cerca al suelo el cuerpo será más estable. Se logra de dos formas:
  - Bajando el sillín lo máximo posible, casi rozando la rueda trasera para que el cuerpo quede en una postura ergonómica y aerodinámica.



- Incrementando la masa del conjunto adicionando lastres, que permiten más estabilidad a altas velocidades, especialmente si su ubicación es muy baja, con lo cual se pierde capacidad de frenado y algo de velocidad en la salida.
- **Buena frenada:** dado las altas velocidades que se desarrollan estas bicicletas, es importante contar con un sistema confiable de frenos con la capacidad suficiente para reducir la velocidad cuando sea necesario. Se logra mediante:
  - Un sistema confiable de frenos tipo V-brake, y si se desea, se puede instalar un freno de disco delantero de emergencia.
- **Aerodinámica:** es necesario tener el menor coeficiente de arrastre posible, el cual se logra, instalando en la parte delantera un porta números con una pequeña curvatura, similar al carenaje delantero de las motos de velocidad; también se puede lograr instalando en la rueda trasera una rueda lenticular.

## 2.5 Tipos de *Gravity Bikes*

El *Gravity Bike* se encuentra dividido en tres categorías principales de acuerdo al tipo de bicicleta según las reglas oficiales de la IGSA (*Anexo N.1*), y en este reglamento también están consignadas las especificaciones técnicas de cada uno de los tipos de bicicleta.

La *BMX* de serie, es la primera de ellas; abarca las bicicletas que son modificadas por los mismos competidores a partir de una *BMX* comercial y pueden alcanzar hasta 90 Kilómetros por hora. (ZonaGravedad @, 2007) (Figura 7).



**Figura 7.** Gravity bike a partir de una BMX comercial.  
(Fuente: [www.gravitybike.com](http://www.gravitybike.com))

**Tabla 2.** Características Gravity Bike a partir de una BMX comercial.

Característica	Descripción	Efecto
Diámetro ruedas	20"	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No aplica</li> </ul>
Distancia entre ejes	Entre 95 y 100 cm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inestables a alta velocidad.</li> <li>▪ Son más fáciles de maniobrar.</li> </ul>
Tipo de frenos	V-brake	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suministran excelente frenada.</li> </ul>
Materiales	Acero, aluminio o cromolio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Marco liviano.</li> <li>▪ De alta resistencia.</li> </ul>
Centro de gravedad	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reduce estabilidad y manejo.</li> </ul>
Ergonomía	Poca casi nula	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Posición incómoda para el piloto.</li> </ul>
Adecuación	Fácil	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Más barata en relación a otras bicicletas.</li> </ul>

En segundo lugar están las *Stock*, que son bicicletas más profesionales que las anteriores e incluyen algunas características propias como la distancia entre los ejes o suspensiones. Son las más comunes en competencias internacionales. (ZonaGravedad @, 2007) (Figura 8).



**Figura 8.** Gravity bike Stock.

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

**Tabla 3.** Características Gravity Bike Stock.

Característica	Descripción	Efecto
Distancia entre ejes	Máxima de 127 cm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estables a altas velocidades.</li> </ul>
Suspensión delantera	Hidráulica o sencilla	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evita perder maniobrabilidad.</li> </ul>
Tipo de frenos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disco delantero (opcional).</li> <li>V-brake adelante y atrás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejor respuesta de frenado.</li> </ul>
Centro de gravedad	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sillín ultra bajo, a nivel de la llanta trasera</li> </ul>
Ergonomía	Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posición más cómoda para el piloto y aerodinámica.</li> </ul>
Apoya rodillas	Altura variable	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite distribuir mejor el peso entre los ejes delantero y trasero.</li> </ul>
Lastres de plomo	Redondos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustables para que el centro de gravedad quede equilibrado.</li> </ul>
Materiales	Acero o duraluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bicicletas pesadas, máximo 34 kg.</li> </ul>

Por último, están las bicicletas 3/4, que permiten alcanzar hasta 150 kilómetros por hora gracias a la utilización de un carenaje de fibra de vidrio en su construcción, ganando en aerodinámica. (ZonaGravedad @, 2007) (Figura 9).



**Figura 9.** Gravity bike  $\frac{3}{4}$ , las cuales incluyen carenajes en fibra de vidrio.

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

Características:

- En la mayoría de los casos son las mismas bicicletas *Stock* pero cuentan con un carenaje de fibra de vidrio que cubren  $\frac{3}{4}$  de la bicicleta, y por lo tanto son más aerodinámicas y veloces.
- Sólo se corre en EE.UU. no en el campeonato del mundo.
- Los carenados son muy caros, difíciles de transportar y se rompen fácilmente en las caídas.

## 2.6 Bicicletas plegables

Son aquellas que se pueden hacer más pequeñas doblándolas en dos o más partes. Están diseñadas para que cuando no estén en uso, puedan adquirir una forma que ocupe menos espacio, ya sea para fines de almacenamiento o transporte. La mayoría tienen ruedas menores que las de una bicicleta convencional, pero para casi cada tipo de bicicleta, desde una de compras, hasta de montaña, carreras, o incluso reclinada, se puede encontrar un diseño plegable.

## 2.6.1 Mecanismos de plegado

En la Tabla 4 se pueden observar tres formas de plegado de una bicicleta, todos ellos tomados en cuenta para hacer las propuestas diseño.

**Tabla 4.** Mecanismos de plegado.

Mecanismo	Ventaja	Desventaja
 <p><b>Montague:</b> Rotación en eje</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El eje de rotación desplazado lo que da una mayor seguridad y rigidez que la bisagra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja estabilidad a altas velocidades.</li> </ul>
 <p><b>Go bike:</b> Rotación en pivote</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor rigidez y estabilidad de la bicicleta.</li> <li>• Auto bloqueante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor tiempo de plegado, debido a la cantidad de procesos.</li> </ul>
 <p><b>Dahon:</b> Rotación en bisagra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fácil plegado.</li> <li>▪ Tiempo de plegado corto.</li> <li>▪ Ocupa menos volumen cuando esta plegada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja estabilidad a altas velocidades.</li> </ul>

### **3. CONOCIMIENTO DEL MERCADO.**

#### **3.1 Investigación de mercados**

La investigación de mercados se basó en el programa emitido por Teleantioquia “SIN RODEOS” en diciembre del 2007, en el cual los autores del presente proyecto junto con otros grupos de la ciudad que practican este deporte participaron en su emisión al aire (Sin Rodeos - Teleantioquia, 2007). Además, el mismo programa se encargó de elaborar un documental titulado “El Azote” en el cual entrevistaron a varios participantes de estas competencias. A partir de estas investigaciones se encontraron los siguientes hallazgos:

##### **3.1.1 Análisis del documental de SIN RODEOS**

- Estrato social entre 3 y 5.
- Gusto por las motos y la mecánica motos.
- Ganas de hacer algo diferente los domingos.
- Deseo de organizar el deporte.
- Deporte de alto riesgo, extremo; los que más gustan.
- Adrenalina y ansiedad.
- Competencia, “medirse” con los otros para saber en que nivel están.
- Ritual, ajustar la bicicleta y ponerse el uniforme.
- Guantes, casco, rodilleras son imprescindibles para la seguridad.
- Desafío: querer ser el mejor, llegar de primero.

##### **3.1.2 Análisis del programa SIN RODEOS emitido por Teleantioquia**

- Prejuicio sobre el deporte por parte de los adultos (padres).
- Preocupación por la seguridad.
- Bicicletas con características especiales para bajar a altas velocidades.
- Se ha buscado apoyo oficial del INDER.
- Vértigo.
- Habilidad mental.
- Fabricación de acuerdo a la imaginación de los pilotos.

- Personas que anteriormente practicaban una rama diferente al ciclismo.
- Deseo de ser incluidos en el clásico “El Colombiano” y otras competencias oficiales
- Interés femenino por el deporte.
- Desconocimiento de las autoridades sobre el deporte.
- Caídas sin consecuencias graves
- Tomar un taxi para ir al alto (entre 4 amigos) y evitar “pegarse” de un carro.

### **3.1.3 Necesidades**

A continuación se expresan las necesidades del usuario, de acuerdo a los hallazgos de la investigación del mercado. Estas se expresan en términos de qué tiene que hacer el producto y son la base para las especificaciones de diseño del producto (PDS) en donde se interpretan en términos de cómo debe hacerlo a manera de requerimiento de ingeniería.

- Que sea estable en las curvas y en las rectas a altas velocidades.
- Que la bicicleta tenga buen agarre en las curvas tanto en la rueda delantera como en la trasera.
- Que la dirección no vibre a altas velocidades y se libere tensión en los brazos.
- Que los golpes de los baches de las carreteras no sean transmitidos al piloto.
- Que tenga llantas adecuadas para descender a altas velocidades.
- Que la bicicleta sea aerodinámica.
- Que la bicicleta se impulse fácilmente por acción de la gravedad y logre una velocidad máxima en el menor tiempo.
- Que pueda medir la velocidad y los tiempos de descenso.
- Que las partes sean de excelente calidad
- Que el marco sea de excelente calidad.
- Que el ensamble sea ajustado, que garantice el mejor desempeño.
- Que no ocupe mucho espacio.
- Que tenga el peso adecuado para descender a altas velocidades.

- La bicicleta hay que llevarla a la cima en automóvil entonces que esta quepa en el automóvil.
- Que en ningún momento los pies interfieran con la llanta trasera.
- Que la bicicleta tenga una buena frenada.
- Que el marco no tenga ángulos y formas peligrosas
- Que se pueda ver el camino en la noche
- Que se puedan apoyar las rodillas para que el peso se distribuya mejor en la geometría del marco.
- Que el timón se pueda ajustar según las características de la pista.
- Que la posición de manejo sea lo más aerodinámica posible y a su vez cómoda.
- Que los pies se puedan apoyar para acomodarse en una postura aerodinámica
- Que la bicicleta sea más veloz que una bicicleta común.
- Que la bicicleta sea más segura para el descenso a altas velocidades que una bicicleta común.
- Que se pueda limpiar fácilmente.
- Que la bicicleta sea duradera.
- Que la bicicleta de la sensación de velocidad.
- Que sus elementos tengan coherencia formal.
- Que la bicicleta no se dañe fácilmente con las caídas.
- Que resista condiciones climáticas adversas
- Si la bicicleta se hace acá en Colombia seria más barata.
- Que tenga un precio accesible para la mayoría de los practicantes de este deporte.

### **3.2 Perfil del Usuario**

Son personas entre los 15 y 25 años, que pertenecen al estrato social medio bajo, medio y medio-alto, que han tenido contacto tanto con las diferentes ramas del ciclismo como *dirt jump*, *freestyle*, *downhill*, *flat-land* y ciclo montañismo, como



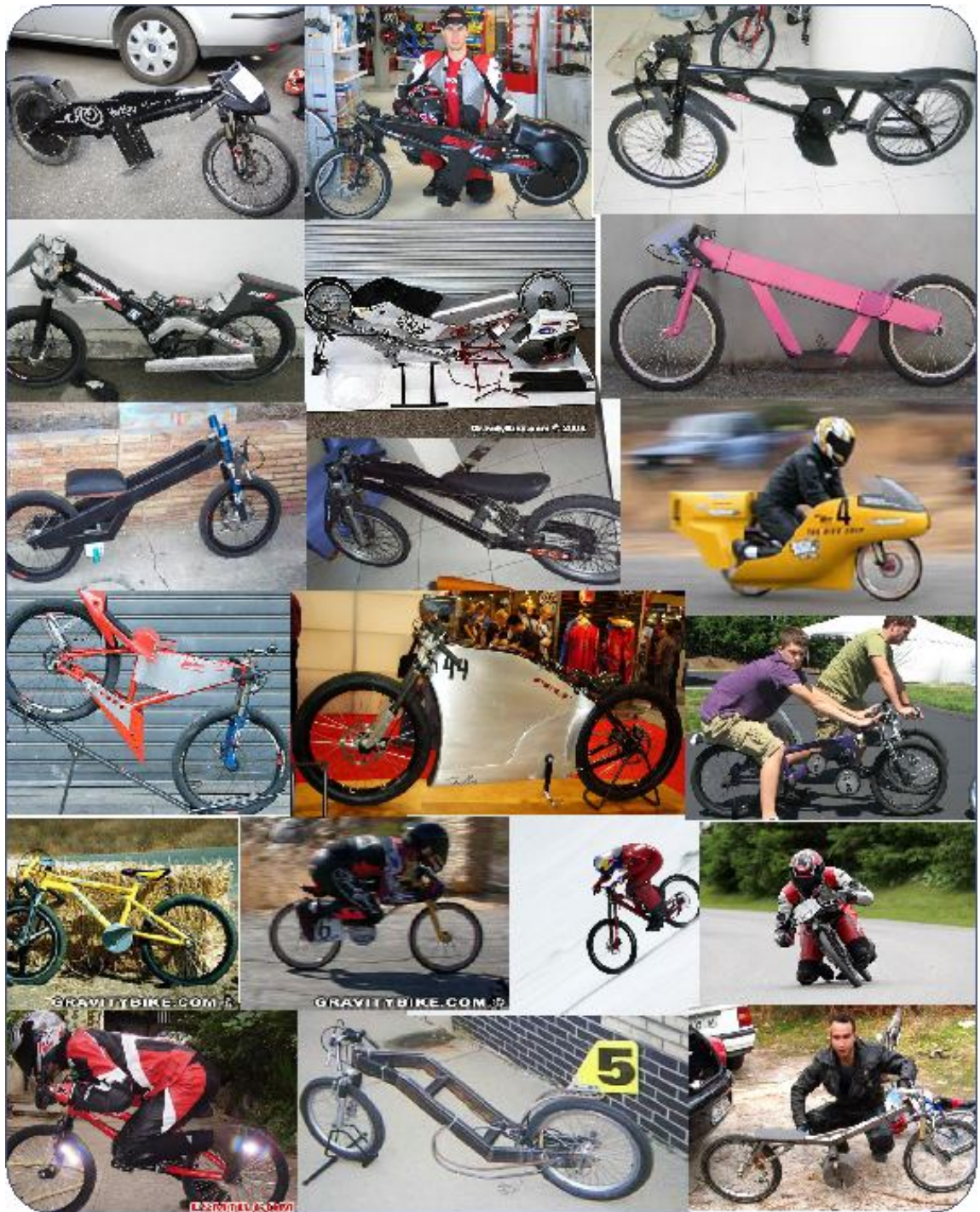
también de los deportes a motor especialmente el motociclismo. Son personas competitivas y les gusta hacer parte de eventos deportivos en los cuales puedan demostrar sus habilidades. Su afición al ciclismo se ve reflejada en sus máquinas pues las personalizan con accesorios de alto rendimiento y de la mejor calidad.

Son personas amantes de la velocidad, de la sensación de libertad, riesgo, vértigo y adrenalina. Por lo tanto encuentran en el *Gravity Bike* una forma de acercarse directamente a estas sensaciones, pero a la vez se preocupan por su integridad física, pues utilizan elementos esenciales para su seguridad como casco, guantes y rodilleras.

La mayoría de las personas que practican el deporte, son estudiantes que toman el deporte como un *hobbie*, buscando escapar de la cotidianidad. Tienen su círculo social con el cual practican el deporte, pero son abiertos y a través del *Gravity Bike* se relacionan fácilmente con personas de diferentes estratos sociales.

### **3.3 Estado del arte**

Para iniciar el proceso de diseño, es importante conocer en el medio de qué manera los pilotos adaptan sus bicicletas e identificar cuales de estas cumplen con las características necesarias para descender a altas velocidades mencionadas anteriormente. En la Figura 10, se muestran las *gravity bikes* que se utilizan en las competencias en Europa y Estados Unidos; a si mismo, en la Figura 11 se pueden apreciar los diferentes tipos de diseño para bicicletas plegables. Con este marco de referencia se tiene un punto de partida para el diseño del producto.



**Figura 10.** Estado del arte, *Gravity Bikes*.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 11.** Estado del arte, bicicletas plegables.

Fuente: Elaboración propia

## 4. PROCESO DE DISEÑO

Este proceso comprende una serie de métodos de diseño dentro de un flujo lógico que lleva a soluciones innovadoras.

Como punto de partida del diseño se realiza un análisis formal donde se investiga al usuario y a su contexto, a través de herramientas como los *mood boards* y el alfabeto visual. La ergonomía es un factor clave que debe tener en cuenta un producto que interactúa directamente con el usuario, para esto se realiza un análisis de factores humanos. Posteriormente se realiza un análisis funcional del producto, donde se identifican las diferentes funciones que debe cumplir el producto y cómo éstas condicionan su forma final. Todo esto se logra a través del diseño conceptual donde se expone la caja negra y su estructura funcional, la matriz morfológica y la arquitectura del producto. Con los análisis realizados se procede al diseño de la propuesta, exponiendo una serie de alternativas que permitan dar una solución de la mejor manera posible, evaluándolas de acuerdo a unos criterios establecidos. Teniendo la propuesta de diseño definitiva se pasa al diseño de detalle donde se definen los elementos de ensamble; se hacen análisis estructurales y se elaboran los planos para iniciar la construcción del prototipo funcional.

### 4.1 Análisis formal

#### 4.1.1 *Mood boards*

Un *mood board* es una herramienta innovadora que representa visualmente lo hallado en el estudio del mercado, y se usa como fuente de inspiración para iniciar la etapa creativa del diseño del producto. Para sustentar el proceso de diseño se elaboraron tres *boards*.

En el primer *board* (Figura 12) se representa al usuario y su estilo de vida, en este se muestran imágenes del mundo que rodea al usuario y las actividades que realizan.

En la Figura 13 se muestra el *board* de emoción, este ilustra las emociones que despierta el producto como rapidez y dinamismo, las cuales se tienen en cuenta en la etapa de formalización del producto para transmitir las al usuario a través de su forma.

Por último se elabora el *board* de tema visual (Figura 14), este muestra los productos con los que el usuario interactúa a diario, son los objetos que usan y prefieren sobre otros por su diseño y funcionalidad y a su vez evidencian la emoción de dinamismo.

Como resultado, de estos *mood boards* se obtienen elementos importantes para iniciar la etapa de formalización y enfocar el producto al usuario y a sus necesidades, permitiendo identificar aquellos detalles íntimos que solo a través de las imágenes se pueden descubrir, tales como tendencias de colores, formas y emociones.

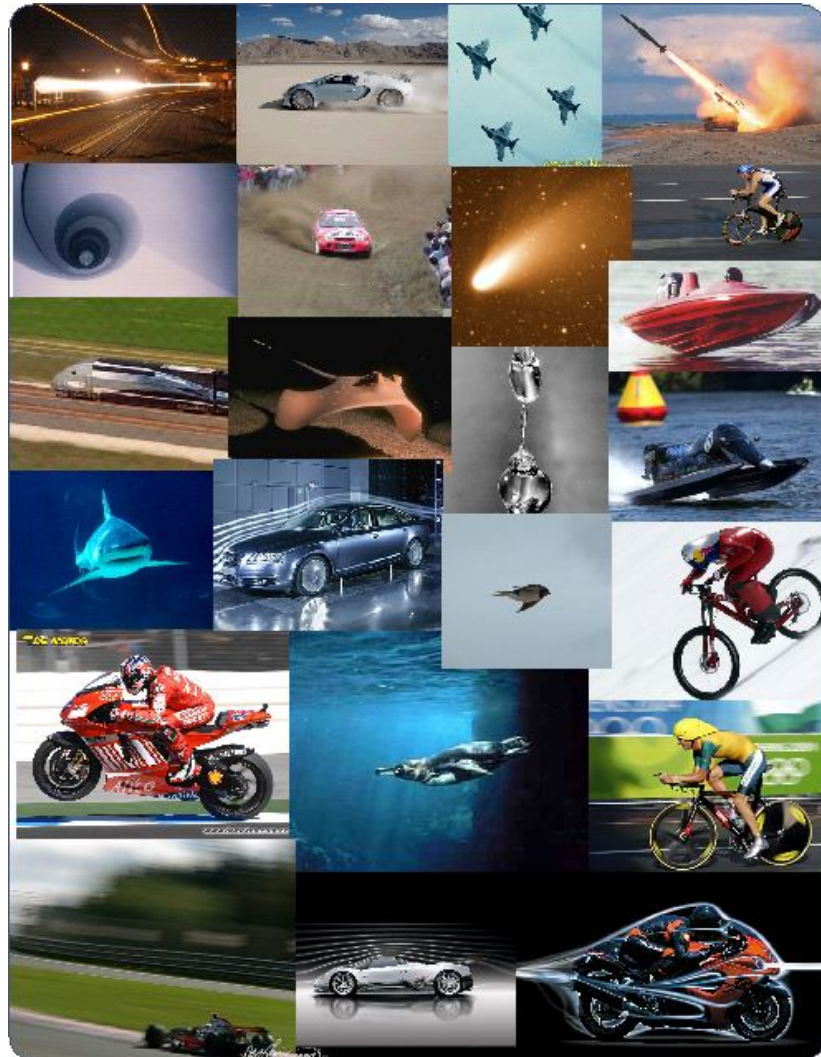


Figura 12. *Board* – Usuario y estilo de vida.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Características del usuario y su estilo de vida

- Es arriesgado, le gusta el peligro.
- Le gusta experimentar emociones fuertes.
- Es competitivo, le gusta ganar
- Es habilidoso.
- Es una persona deportista, por salud y recreación.
- Le gusta destacarse en las actividades que realiza.
- Son egocéntricos,



**Figura 13.** Board – Emoción: Dinamismo.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.3 Características de la emoción que evoca el deporte: Dinamismo**

- Fluidez
- Formas ovaladas
- Armonía
- Rapidez
- Simplicidad
- Limpieza
- Ergonómico



**Figura 14.** Board – Tema visual.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.4 Características de los productos que rodean al usuario**

- Formas aerodinámicas
- Productos de tecnología
- Prácticos
- Resistentes
- Alto rendimiento, poderosos
- Colores agresivos y llamativos: rojo, naranja y amarillo.
- Funcionales



## **4.2 Alfabeto visual**

Para complementar el proceso de investigación de las necesidades del usuario, realizadas a través de herramientas como estado del arte y *mood boards*, se continúa el análisis formal a través del alfabeto visual donde se extraen las formas, colores y texturas que debe llevar el producto. Este método es la guía base de la formalización en la generación de alternativas, ya que condiciona las formas a un referente formal y funcional.

### **4.2.1 Referente formal**

Como se ilustró en los *mood boards* en la Figura 14, el juego de llaves multiuso (*Folding Tool set*) hace parte de la vida cotidiana de cualquier ciclista. Es un objeto que siempre acompaña al usuario cuando realizan estas actividades, es por esto que se tomó como referente formal y funcional para el diseño de la bicicleta.

La llave multiuso es un objeto que expone diversidad de formas y colores pero a su vez muy acordes con el usuario y su estilo de vida. A nivel funcional este objeto se relaciona directamente con las características de la bicicleta, pues como se mencionó en la investigación de las necesidades del usuario, la bicicleta debe ser plegable para facilitar su transporte, atributo que cumple a cabalidad esta herramienta.

En la Figura 15 se muestra una serie de imágenes del referente; en ellas se pueden identificar colores, texturas y formas como factores estéticos para el diseño.

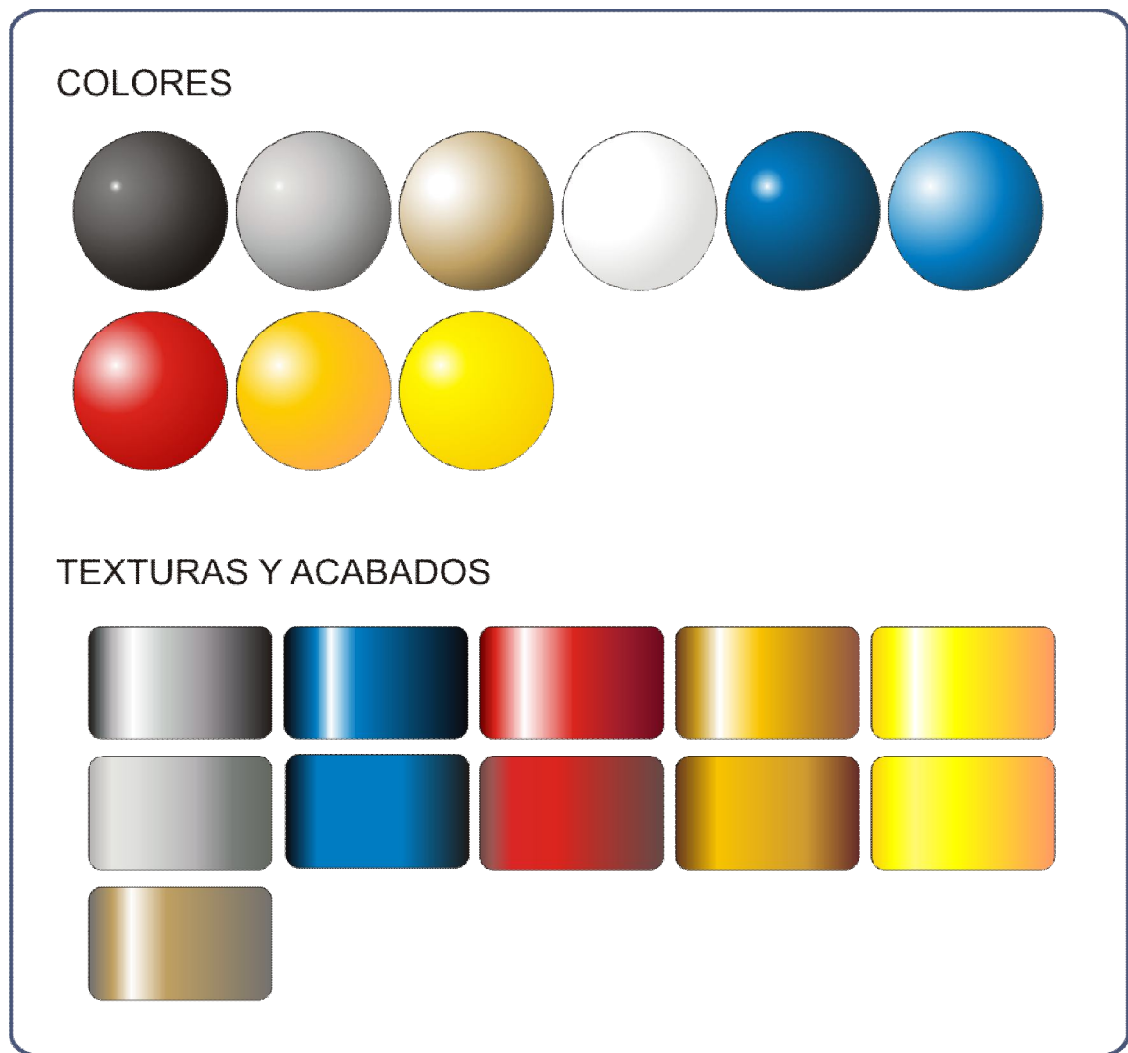


**Figura 15.** Alfabeto visual – Referente: llave multiuso (Folding tool set).

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Colores y texturas

En la Figura 16 se presentan los colores, texturas y acabados extraídos del referente formal, los cuales se utilizaron para elaborar la propuesta definitiva de la bicicleta. Se destaca el contraste entre colores vivos como el rojo y el amarillo, con colores grises metalizados.

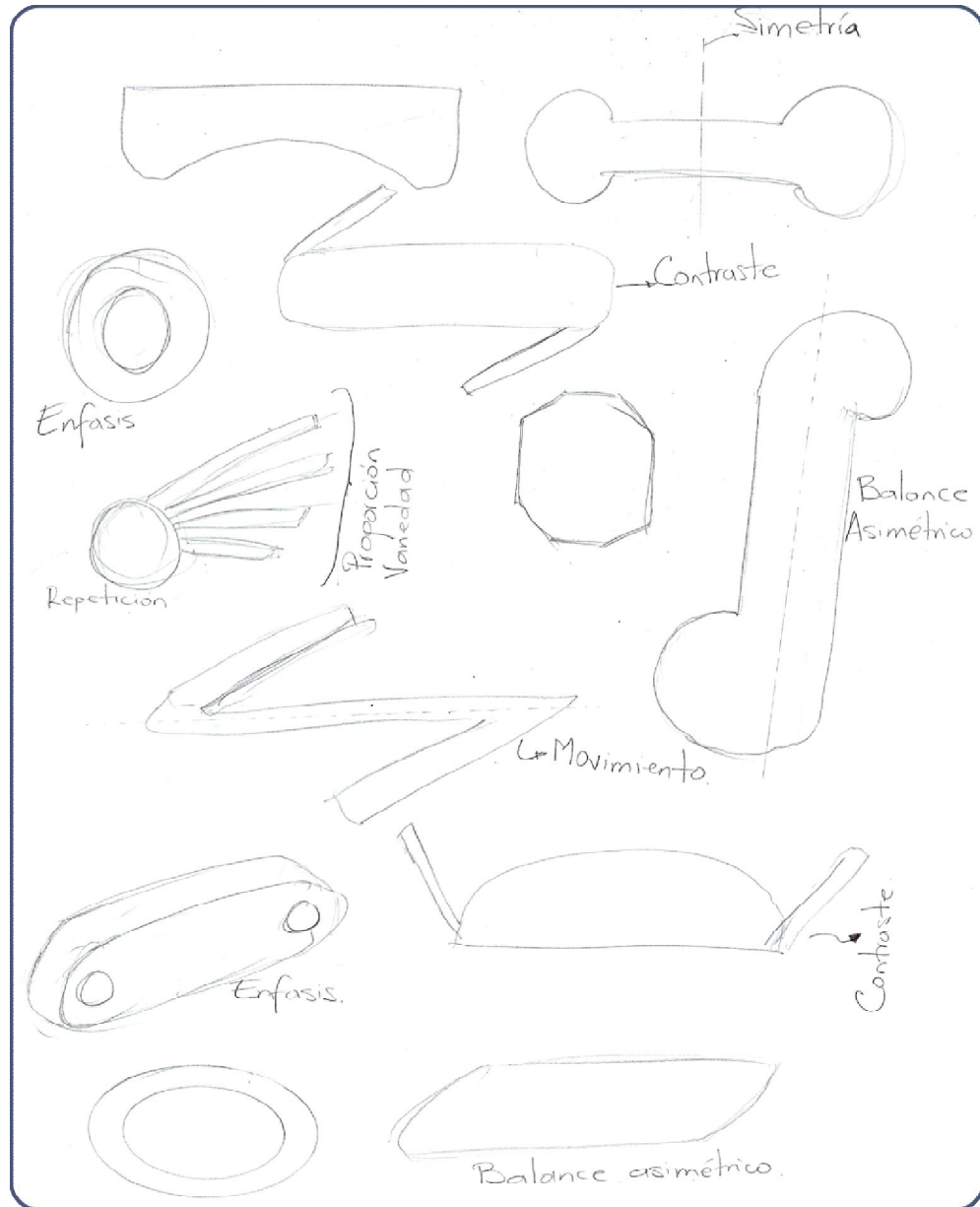


**Figura 16.** Alfabeto visual – Colores y texturas

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Formas del referente

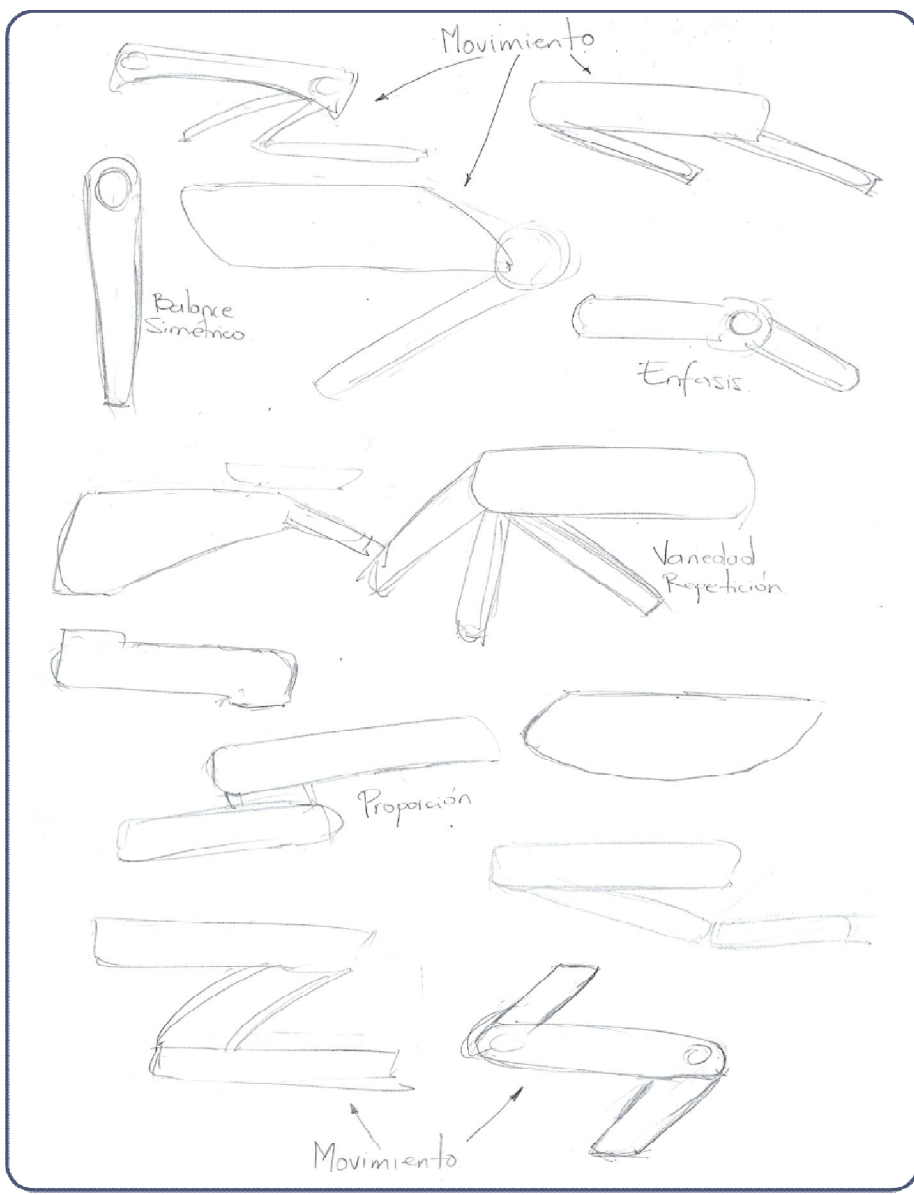
Con dibujo a mano alzada se tomaron las formas predominantes del referente como se aprecia en la Figura 17, en las cuales se destacan elementos de diseño como énfasis, simetría, contraste, repetición, proporción, variedad, movimiento y balance asimétrico.



**Figura 17.** Alfabeto visual – Formas

Fuente: Elaboración Propia

A partir de estas formas se llevó a cabo una exploración formal para obtener nuevas formas, teniendo en cuenta los mismos elementos de diseño mencionados. En la Figura 18 se observa cómo se jugó con las nuevas formas. Este procedimiento condujo a plantear el diseño preliminar de la bicicleta en las alternativas de diseño.



**Figura 18.** Alfabeto visual - Exploración formal

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 Factores humanos y ergonomía

#### 4.3.1 Antropometría

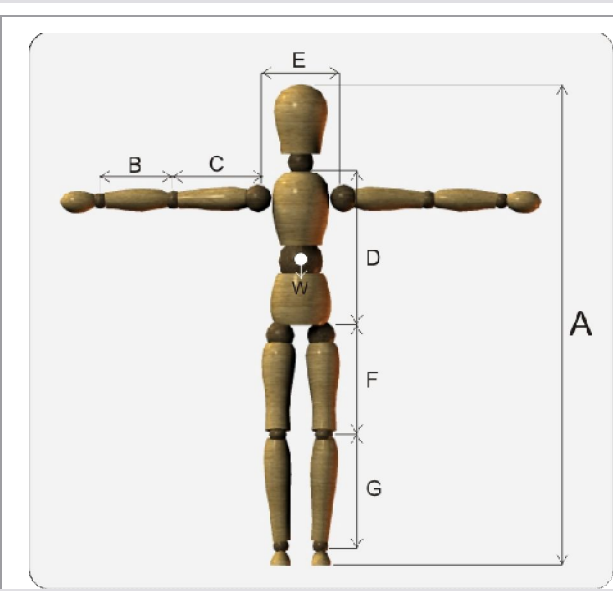
Para obtener un diseño ergonómico de la bicicleta, se tuvieron en cuenta las medidas antropométricas, tales como, estatura, brazo, antebrazo, tronco, muslo y pierna a la altura de la rodilla.

Según investigaciones realizadas sobre la estatura de los colombianos, se encontró que la estatura promedio de los colombianos nacidos entre 1980 – 1984 es de 1.70 m.(ROCA, 2004).

Para la estatura promedio del colombiano, de acuerdo a estadísticas y estudios realizados en una edad de 8 a 24 años, se tienen las siguientes medidas antropométricas (PANERO, 2002). Tabla 5.

**Tabla 5.** Medidas antropométricas del usuario.

Medida	Dimensión antropométrica	Valor
<b>A</b>	Talla	170 cm
<b>B</b>	Antebrazo	28,2 cm
<b>C</b>	Brazo	37,8 cm
<b>D</b>	Tronco	55,8 cm
<b>E</b>	Hombros	44,5 cm
<b>F</b>	Muslo	57,7 cm
<b>G</b>	Pierna	52,8 cm
<b>W</b>	Peso	65,8 kg.



### 4.3.2 Posiciones del piloto

Desde el punto de vista ergonómico, la posición que adopta el piloto es decisiva para garantizar el mejor desempeño de este en una competencia, pues una buena posición en el *Gravity Bike*, no solo mejora la aerodinámica, reduciendo la resistencia del aire, sino que garantiza la comodidad del piloto, y no se vea afectado por dolencias durante o después de practicar el deporte.

Como punto de referencia en la Figura 19, se pueden observar las posiciones de los pilotos en disciplinas que exigen posturas aerodinámicas como la moto velocidad y el ciclismo contra reloj. De estas imágenes se destaca la posición inclinada del tronco con la columna lo mas recta posible para evitar lesiones musculares en la región lumbar. Como resultado los pilotos logran integrarse a sus máquinas para que éstas desarrollen toda su velocidad.



**Figura 19.** Posiciones de pilotos de otros deportes.

Fuente: [www.google.com/images](http://www.google.com/images)

A partir de estas disciplinas de alta competencia, el *Gravity Bike* adopta el concepto de aerodinámica ligada a la posición del piloto, pues ésta juega un papel importante al complementar la fuerza impulsora de la gravedad, evitando la mayor pérdida de energía causada por el viento en contra del movimiento. En la Figura 20 se ilustran las posiciones más comunes tomadas por pilotos de *Gravity Bike* en competencias internacionales.



**Figura 20.** Diferentes posiciones adoptadas por los pilotos de *Gravity bike*.

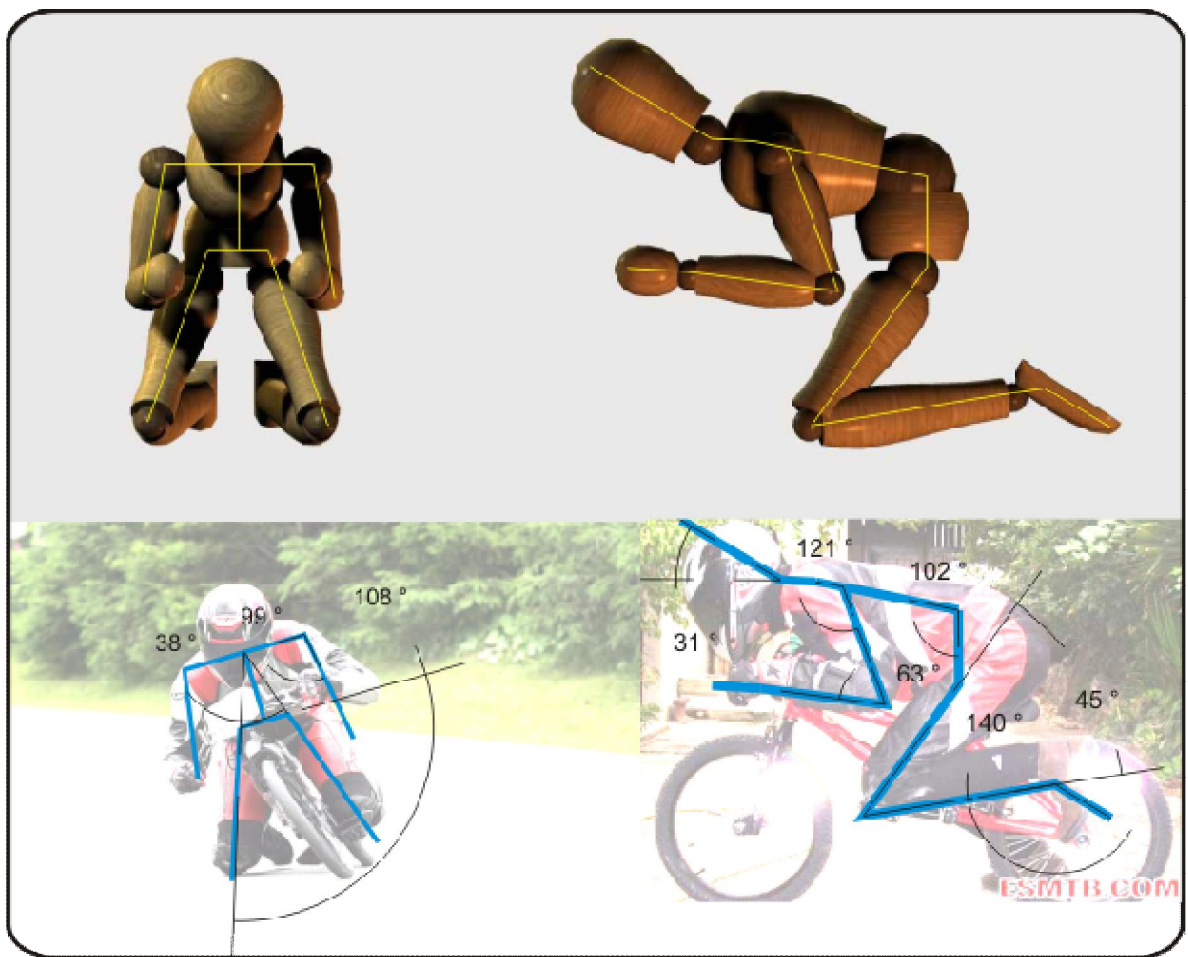
Fuentes: [www.gravitybike.com](http://www.gravitybike.com)

[www.zonagravedad.com](http://www.zonagravedad.com)

[www.esmtb.com](http://www.esmtb.com)



Tomando como referencia las posiciones adoptadas por los pilotos en el *Gravity Bike* ilustradas anteriormente, se posicionó un humanoide ergonómico virtual (*Modu-lord*), en una postura ergonómica y aerodinámica para el descenso. En la Figura 21 se pueden observar los ángulos a los cuales se articulan los diferentes miembros del cuerpo conformando un esqueleto. Este sirvió como guía para la generación de alternativas, pues condicionó el dimensionamiento y la arquitectura del diseño definitivo.



**Figura 21.** Ángulos de la posición del piloto en el *Gravity Bike*

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4 Análisis funcional: diseño conceptual

El diseño conceptual es un método que permite hacer un análisis del producto desde su función, generando soluciones amplias en forma de esquemas o conceptos, dejando de lado las formas, colores y materiales y destacando lo general, lo esencial y lo necesario que debe hacer el producto.

##### 4.4.1 Caja negra

Para entender el producto desde su funcionamiento, se consideró su función principal como **transportar**. En la Figura 22 se ilustra la “caja negra” que consiste en definir las entradas y la transformación de estas en salidas, estas son materia, energía e información que ingresan y salen del sistema.

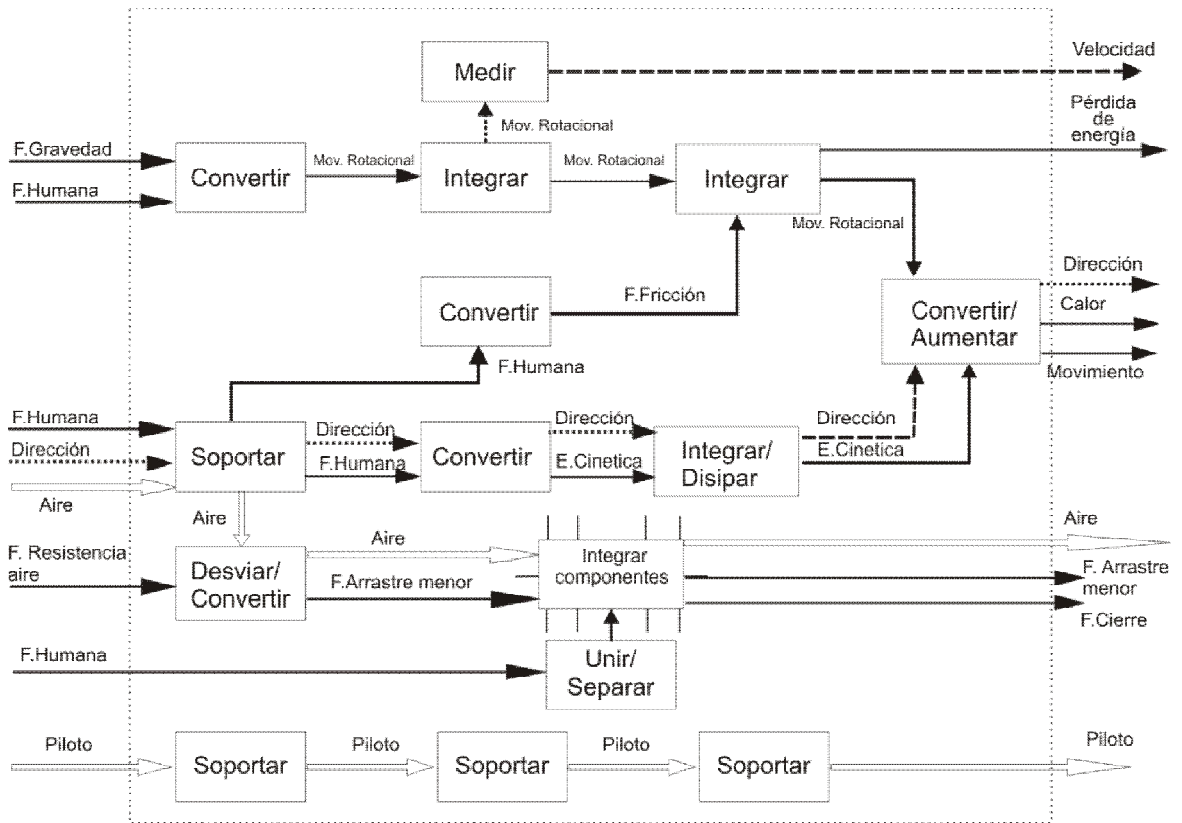


Figura 22. Caja negra.

##### 4.4.2 Estructura funcional

Una vez identificados los procesos se hace una desagregación de la función principal en un conjunto de subfunciones esenciales; éstas comprenden todas las tareas que tienen que realizarse dentro de la “caja negra”.

En la Figura 23 se ilustra todo el sistema de funciones secundarias del producto, con su respectivo flujo de materia, energía e información.






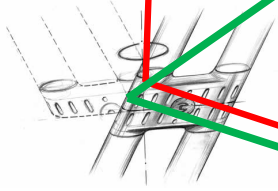
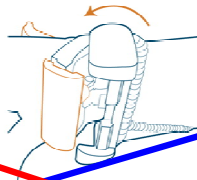











**Figura 23.** Estructura funcional.







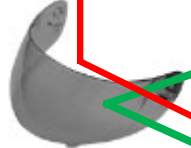



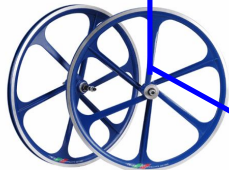
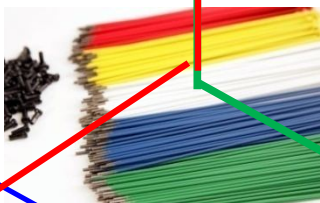



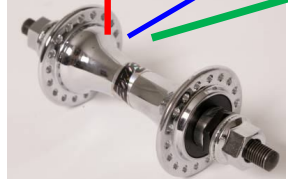
#### 4.4.3 Matriz morfológica





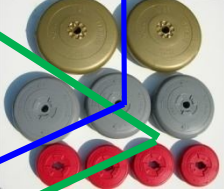

Con las funciones secundarias ya identificadas con sus respectivos flujos se asignaron diferentes componentes físicos para cada función y cuyas interacciones le dieron estructura al diseño.

En la Tabla 6 se muestra la matriz morfológica, donde se exponen los portadores para cada función de manera gráfica. A su vez, se trazaron diferentes rutas que representan la arquitectura o configuración de la bicicleta.

Tabla 6. Matriz morfológica.

Función	Portador 1	Portador 2	Portador 3
Integrar			
Unir / Separar			
Soportar			
Soportar			
Soportar			
Integrar / Disipar			

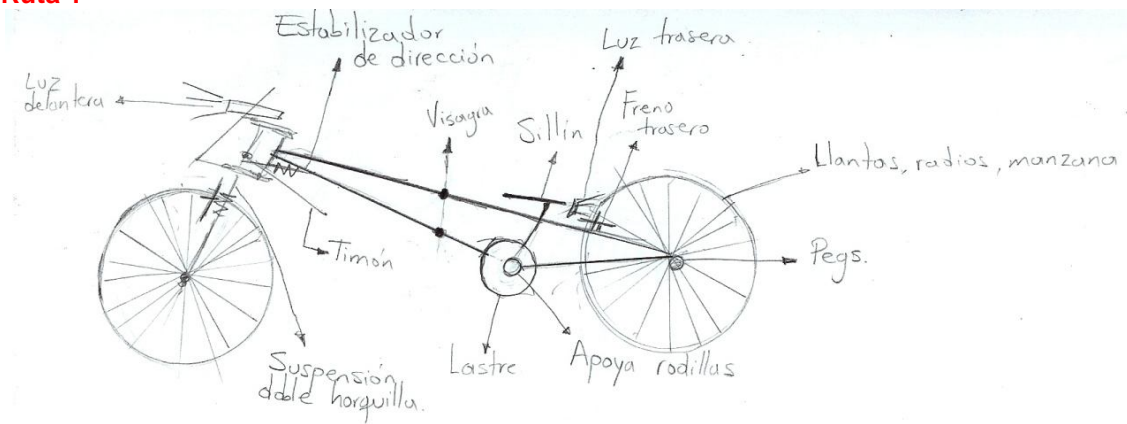
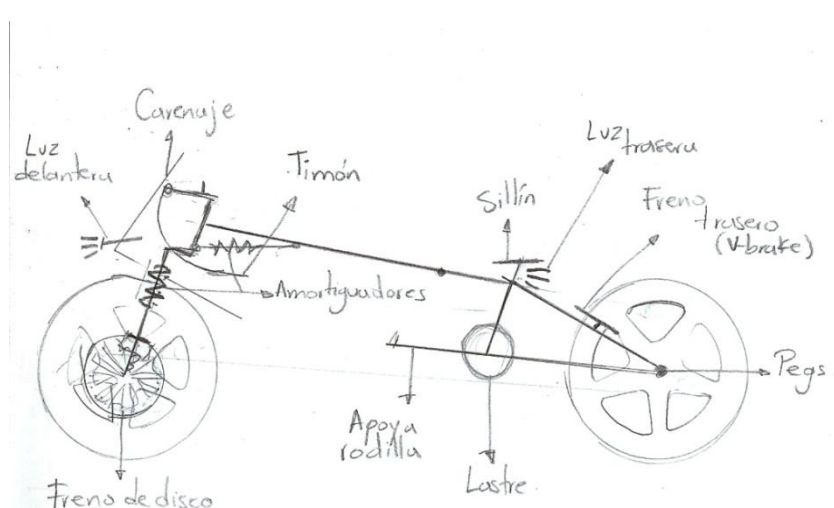
Función	Portador 1	Portador 2	Portador 3
Convertir			
Soportar			
Desviar / Convertir			
Convertir / Aumentar			
Integrar			
Integrar			
Convertir			

Función	Portador 1	Portador 2	Portador 3
Medir			
Convertir			
Estabilizar			
Iluminar			

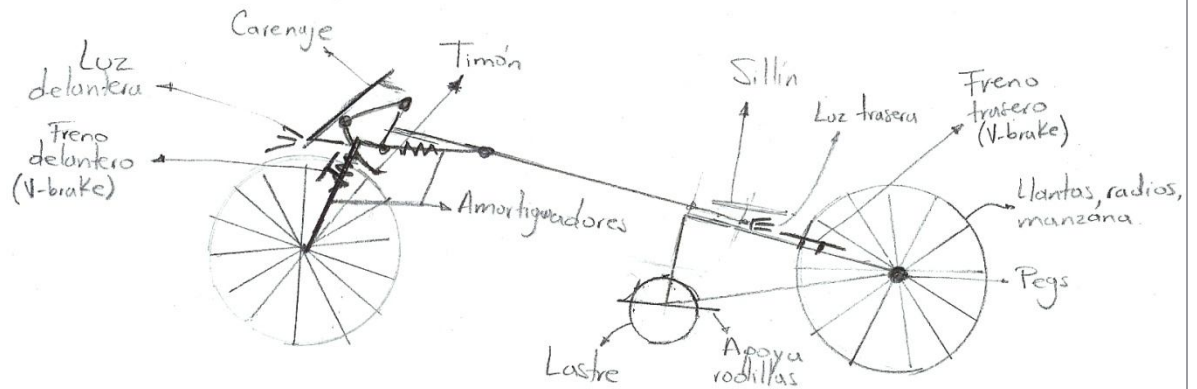
#### 4.4.4 Arquitectura del producto

De las rutas descritas anteriormente, se elaboró la Tabla 7 con las ventajas y desventajas de cada una y se ilustra como es la configuración del producto para cada ruta.

**Tabla 7.** Ventajas y desventajas de las diferentes rutas.

<p><b>Ruta 1</b></p> 	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena frenada</li> <li>• Manubrio ajustable a la posición deseada.</li> </ul>	<p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de plegado más complejo de fabricar.</li> <li>• Apoyo de rodillas incomodo.</li> <li>• Lastre en acero.</li> </ul>
<p><b>Ruta 2</b></p> 	
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de plegado más simple.</li> <li>• Frenada muy eficaz.</li> </ul>	<p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sillín incomodo.</li> <li>• Apoya rodillas ocupa mucho espacio y dificulta el plegado.</li> <li>• Manubrio fijo.</li> </ul>

### Ruta 3



#### Ventajas

- Configuración más sencilla.
- Marco más fácil para plegar.
- Sistemas ajustables en altura y longitud para una adecuada posición.
- Rines en pirámide más aerodinámicos.
- Más aerodinámica.

#### Desventajas

- Es más difícil de cambiar de dirección para tomar las curvas.

Como resultado de este análisis, se optó por la ruta tres ya que cuenta con las mejores ventajas con respecto a las demás y el mínimo de desventajas. Este esquema se caracteriza por ser una solución práctica, enfocada a las necesidades identificadas.

#### 4.5 Especificaciones de diseño del producto (PDS)

Con las necesidades del mercado identificadas se hizo una interpretación de estas a través de requerimientos técnicos de diseño, teniendo en cuenta una amplia gama de parámetros investigados con sus respectivas medidas y rangos de valores necesarios, como se observa en la Tabla 8.



**Tabla 8.** Especificaciones de diseño de producto - P.D.S.

Elemento	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Desempeño	Que sea estable en las curvas y en las rectas a altas velocidades.	D	Bajo centro de gravedad de la bicicleta	El asiento ha de estar lo más bajo posible, casi rozando la cubierta trasera, para que el cuerpo quede en la mejor posición.  Altura del sillín entre 400 – 600 mm. Con respecto al suelo.
				Se deben colocar entre 4 y 8 Kg. de plomo.
			Que no vibre en las rectas durante el descenso.	Distancia entre ejes entre 1050-1150 mm.
	Que la bicicleta tenga buen agarre en las curvas tanto en la rueda delantera como en la trasera.	D	Distribución de pesos entre los ejes delantero y trasero.	Distribuir el peso 50-50% o 60-40% en los ejes trasero y delantero, respectivamente.
			Que el lastre se pueda variar de posición dependiendo de las características de la pista.	Soporte de lastres de plomo ajustable en altura y longitud.  Altura del lastre entre 150 – 300 mm respecto al suelo.  Longitud del lastre entre 0 – 100 mm.
	Que la dirección no vibre a altas velocidades y se libere tensión en los brazos.	D	Que la dirección tenga una especie de amortiguación.	Instalar un amortiguador de dirección de moto.(estabilizador)

	<b>Necesidades (Voz del usuario)</b>	<b>Demanda (D) / Deseo (d)</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>Desempeño</b>	Que los golpes de los baches de las carreteras no sean transmitidos al piloto.	d	Que tenga suspensión delantera.	Instalar una suspensión delantera para llantas de 20", anclaje para V-Brake y Disco, Dirección 1 1/8".
	Que tenga llantas adecuadas para descender a altas velocidades.	D	Que las llantas tengan un buen agarre.	Llantas con compuesto para buen agarre y baja resistencia a la rodadura. Poco o Ningún Gravado.  Dimensiones 20" x 1.95"  Presión óptima entre 12 -14 lbs.
	Que la bicicleta sea aerodinámica.	D	Que tenga un visor o placa que desvíe el flujo de aire por encima del piloto	Placa en Acrílico montado en el timón inclinada en un ángulo de 20°.
	Que la bicicleta se impulse fácilmente por acción de la gravedad y logre una velocidad máxima en el menor tiempo.	D	Que tenga bastante inercia.	Sección tubular de masa considerable.  Tubería: Ovalada / Elíptica
			Poca resistencia a la rodadura.	Manzanas de rodamientos sellados. Eje 10 mm para delantera. Eje 12 mm para la trasera.
			Prestaciones requeridas.	Velocidad mínima: 80 Km/h.
Que pueda medir la velocidad y los tiempos de descenso.	d	Dispositivo para medir tiempos y velocidad.	Cateye para ruedas 20" y capacidad de lectura de velocidad mayor a 100 Km./h.	
<b>Calidad y confiabilidad</b>	Que las partes sean de excelente calidad	d	Partes de bicicletas estándar de reconocidos fabricantes.	Frenos, suspensión, llantas, manzanas; éstas partes deben cumplir con especificaciones de alto rendimiento.

Elemento	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Calidad y confiabilidad	Que el marco sea de excelente calidad.	D	Procesos de manufactura con mano de obra calificada.	Procesos como soldadura, corte, fresado, taladrado y torneado realizados por operarios calificados.
			Que la soldadura no tenga defectos.	Cordones de soldadura libres de grietas y escoria.
Instalación	Que el ensamble sea ajustado, que garantice el mejor desempeño.	D	Que el marco esté fabricado a medida para las partes estándares.	Tener en cuenta las tolerancias dimensionales para el adecuado ensamble de éstas. Tolerancias entre $\pm 0.05$ mm.
Tamaño	Que tenga llantas según la norma de la IGSA.	D	Que tenga llantas de 20".	Diseño para Ruedas de 20".
	Que no ocupe mucho espacio.	D	Volumen máximo	Ancho: 700 mm; Alto: 700 mm; Largo: 1550 mm.
Peso	Que tenga el peso adecuado para descender a altas velocidades.	D	Peso máximo permitido por la IGSA	Peso máx.: 34 Kg. Sin piloto
Almacenamiento Transporte	La bicicleta hay que llevarla a la cima de la "pista" en automóvil.	D	Que se pueda meter en un automóvil para un fácil transporte.	Dimensiones máximas de la bicicleta: Alto: 700 mm Ancho: 700 mm Largo: 1550 mm
				Sistema desmontable de las ruedas y otras partes.
				Sistema de plegado del marco.

Elemento	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Seguridad	Que en ningún momento los pies interfieran con la llanta trasera.	d	Que la llanta trasera tenga láminas protectoras que impidan la interferencia.	Instalar láminas en ambos lados de la llanta para proteger radios.
	Que la bici tenga avisos de precaución.	d	Que tenga advertencias de seguridad.	Advertencias de seguridad presentes en partes visibles del marco.
	Que la bicicleta tenga una buena frenada.	D	Que tenga sistema de frenos confiable y de excelente calidad.	La bicicleta debe tener un sistema de frenos tipo <i>V-brake</i> en ambas ruedas.
				La bicicleta debe tener un freno auxiliar.
	Que el marco no tenga ángulos y formas peligrosas	D	No aristas vivas, ni ángulos filosos.	Tubería Redondeada, uniones de tubos en ángulos entre 120° - 180°
Que se pueda ver el camino en la noche	d	Luz trasera y delantera	Lámpara delantera de buen alcance.	
			Stop intermitente trasero.	
Ergonomía	Que se puedan apoyar las rodillas para que el peso se distribuya mejor en la geometría del marco.	d	Que tenga apoya rodillas.	Instalar apoya rodillas (desmontable), el cual no debe exceder 150 mm de ancho cada uno, según la IGSA.
	Que el timón se pueda ajustar según las características de la pista.	d	Timón ajustable en alto y ancho.	El timón se debe poder cerrar o abrir fácilmente con una llave hexagonal.

	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Ergonomía	Que la posición de manejo sea lo más aerodinámica posible y a su vez cómoda.	D	Que el piloto tenga una posición similar a la de los pilotos de moto-velocidad.	Tomar como referente la geometría de éstas motos, así mismo las medidas antropométricas de un colombiano promedio.
				Consultar libros de ergonomía.
				Asiento con altura variable entre 400 y 600 mm. Con respecto al suelo.
			Que en los puntos de apoyo sean blandos.	Adhesivos de goma en el marco para los puntos de apoyo del torso y las rodillas.
	Que los pies se puedan apoyar para acomodarse en una postura aerodinámica	D	Que tenga <i>pegs</i> para apoyar las puntas de los pies.	2 <i>pegs</i> en la llanta trasera desmontables.
Competencia	Que la bicicleta sea más veloz que una bicicleta común.	d	La bicicleta debe cumplir con ciertas características para que descienda más rápido.	Peso: 35 Kg. Coeficiente aerodinámico bajo:
	Que la bicicleta sea más segura para el descenso a altas velocidades que una bicicleta común.	D	La bicicleta debe cumplir con ciertas características para que sea más estable.	Bajo Centro de Gravedad: 200 - 400 mm del suelo Mayor distancia entre ejes: 1100 mm
Aspectos legales	Es un artefacto de competencia y debe tener algunas restricciones y reglamentos estipulados por la federación.	D	Se deben cumplir las normas de la IGSA	Normas para <i>Gravity bikes</i> de competencia por la IGSA. Anexo 01.

Elemento	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Ambiente	Que se pueda limpiar fácilmente	D	Debe ser de fácil limpieza	Materiales con acabados superficiales y diseño adecuado para una fácil limpieza
Vida en servicio	Que la bicicleta sea duradera	D	Vida útil mínima con mantenimiento preventivo	Vida útil mínimo de 10 años
Apariencia estética	Que la bicicleta de la sensación de velocidad.	d	Formas, colores y texturas que permitan establecer una buena relación con el usuario, y el entorno. Y que respondan a un mismo concepto de diseño	Formas: geométricas y curvas. Colores: Negro, gris, rojo, azul, naranja, amarillo, metal Texturas: acabados brillantes y mate
	Que sus elementos tengan coherencia formal.	d	Que la bicicleta tenga un diseño integral. Accesorios coherentes con la forma	Diseño coherente, establecer una línea de diseño para todos los elementos.
Materiales	Que la bicicleta no se dañe fácilmente con las caídas.	D	Los materiales deben ser resistentes al impacto.	Acero cold rolled estructural ASTM A-1008 para marcos de bicicleta.
			Los materiales deben ser resistentes a la fatiga.	

Elemento	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Procesos de manufactura	Si la bicicleta se hace acá en Colombia sería más barata.	d	Que la totalidad de la bicicleta pueda ser fabricada en Colombia.	Utilización de procesos como: Soldado, taladrado, corte, roscado, fresado.
	Garantizar la alineación de las ruedas.	d	Llevar un adecuado proceso de manufactura del marco que garantice la alineación.	Construir matriz de soldadura, que garantice la correcta alineación del marco en el momento de soldarlo.
Facilidades de manufactura	Que el prototipo se pueda fabricar en su totalidad en un taller de metal-mecánica.	d	Que pueda ser fabricado en las instalaciones de la universidad EAFIT.	Taller de prototipos, de modelos, soldadura y de maquinas y herramientas.
	Que los operarios con los planos de las partes las puedan construir fácilmente.	D	Elaboración de planos técnicos de las piezas no estandarizadas.	Planos técnicos de acuerdo con el sistema ISO.
Partes estándar	Consecución de tubos, tornillos y piezas en el mercado y que sean reemplazables fácilmente.	D	Tubos, tornillos, y piezas de consecución estándar y de diferentes especificaciones.	Todos los elementos de sujeción deben ser en sistema internacional.
				Entre 60% y 70% de partes estándar.
Tiempo de desarrollo	Que el prototipo esté listo en el tiempo planeado.	D	El producto debe estar construido al final del semestre académico 2008-1.	Duración del proyecto: 17 semanas.
				Entrega de modelo: Junio de 2008.

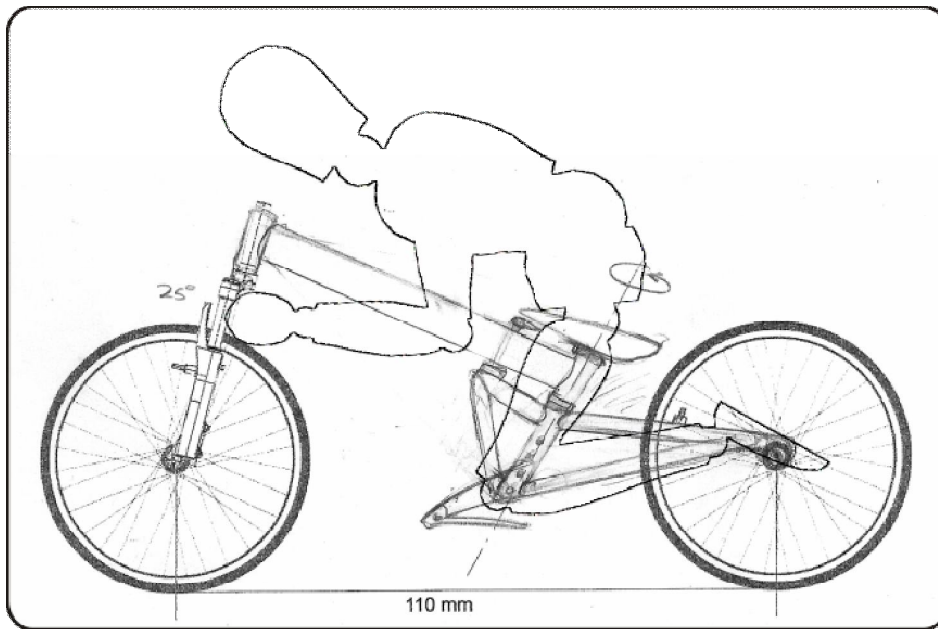
Elemento	Necesidades (Voz del usuario)	Demanda (D) / Deseo (d)	Interpretación	Requerimiento
Mantenimiento	Que el usuario pueda hacer el mantenimiento.	D	Que el mantenimiento preventivo lo realice el usuario fácilmente.	Entregar con el producto una guía de mantenimiento.
			Que el ensamble y desensamble de algunas piezas se pueda hacer fácilmente.	Herramientas requeridas: llaves hexagonales, destornilladores, llave mixta.
				Ensamble bicicleta: mediante tornillos sockets tuercas y agujas.
Precio	Que tenga un precio accesible para la mayoría de los practicantes de este deporte.	D	Calcular un precio base que incluya los costos de producción.	La bicicleta se puede comercializar por un precio básico del marco entre \$200 mil - \$300 mil pesos  El precio varía según los accesorios que se le instalen a la bicicleta. (Suspensión, Frenos, Ruedas, etc.)

## 4.6 Generación y selección de alternativas

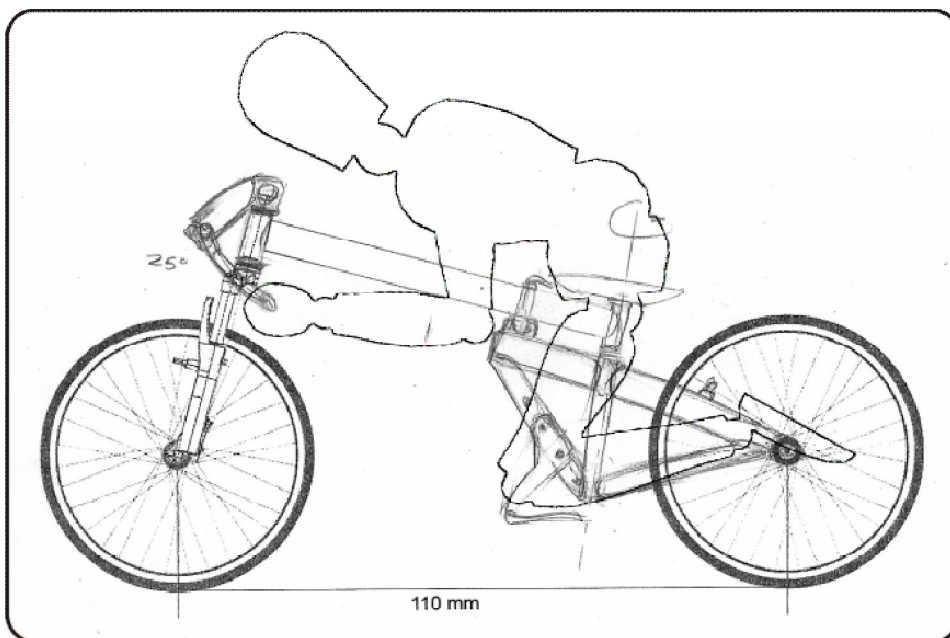
### 4.6.1 Alternativas de diseño

A continuación, en las Figuras 24 – 38, se ilustran las diferentes alternativas de diseño consideradas como posibles soluciones para el diseño de la bicicleta, para las cuales se tuvieron en cuenta todos los requerimientos establecidos en el PDS, como también los aspectos formales y los factores humanos analizados previamente.

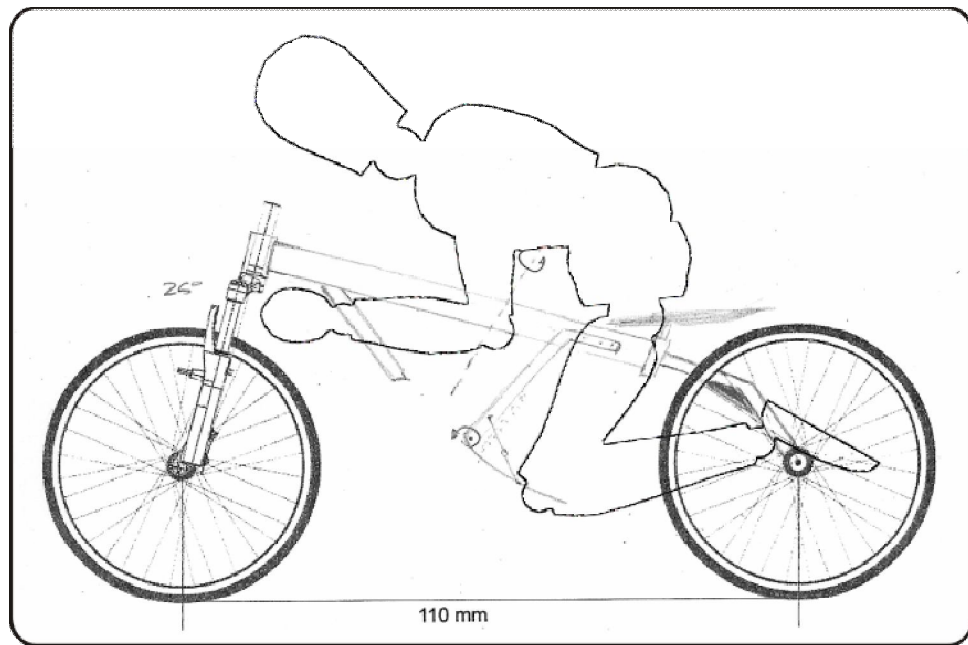




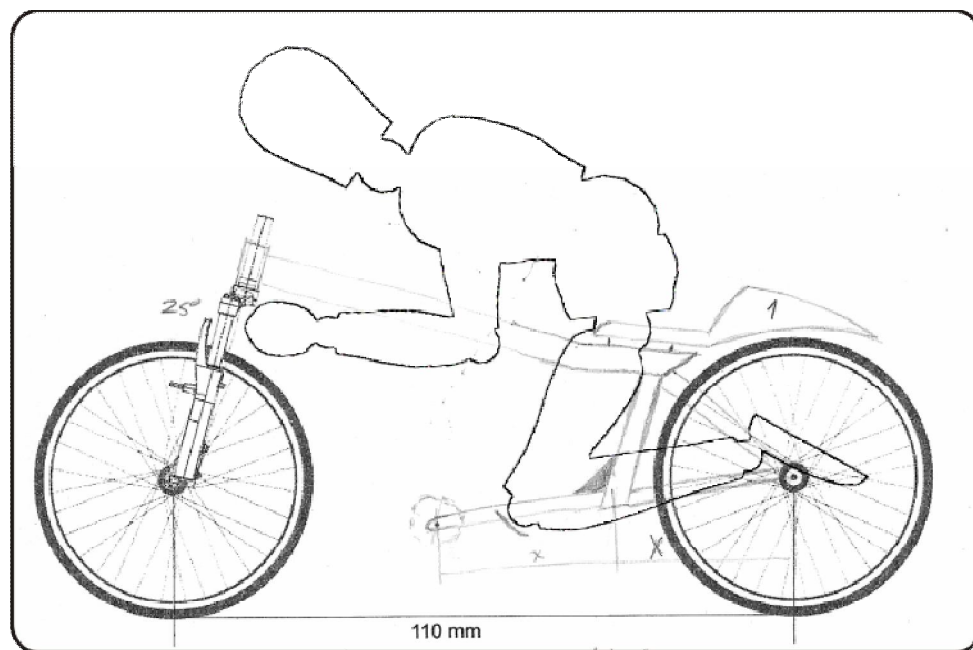
**Figura 24.** Alternativa 1



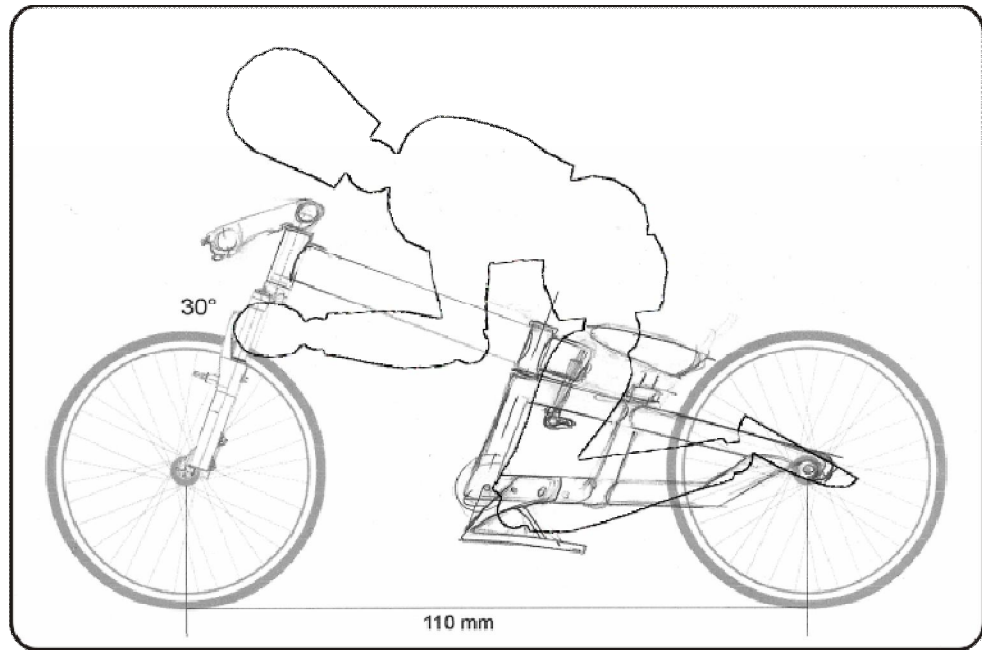
**Figura 25.** Alternativa 2.



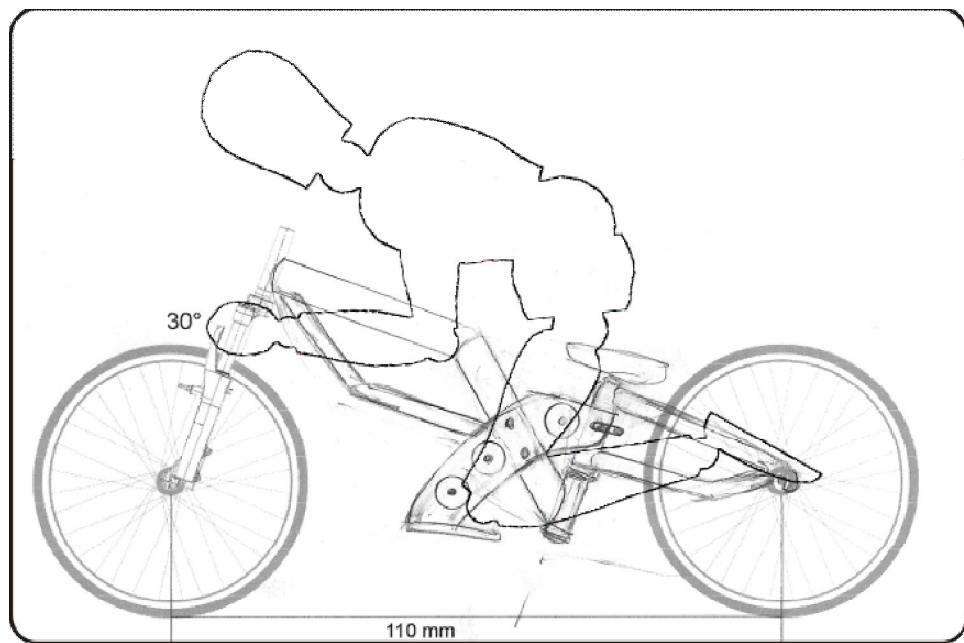
**Figura 26.** Alternativa 3.



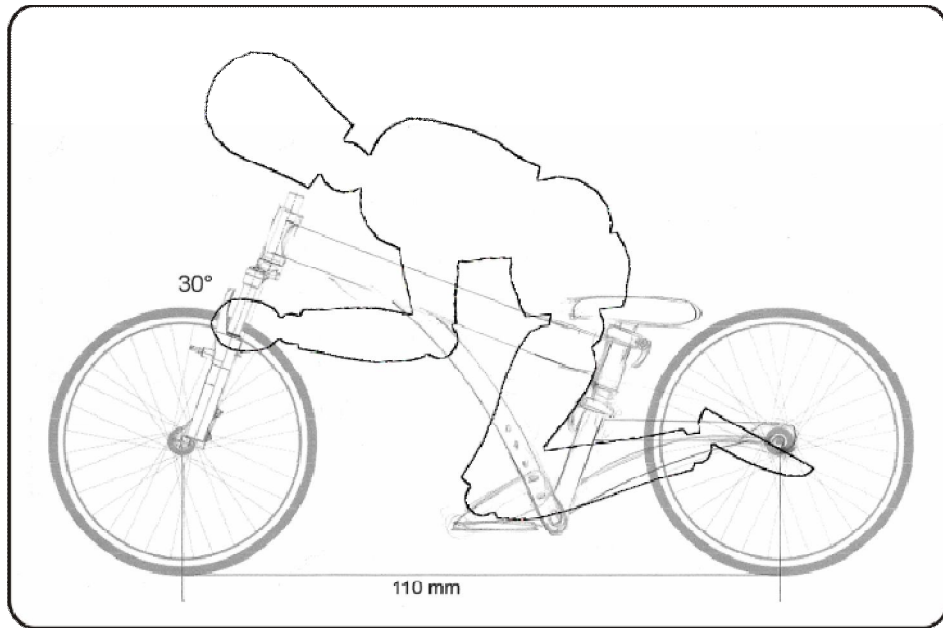
**Figura 27.** Alternativa 4.



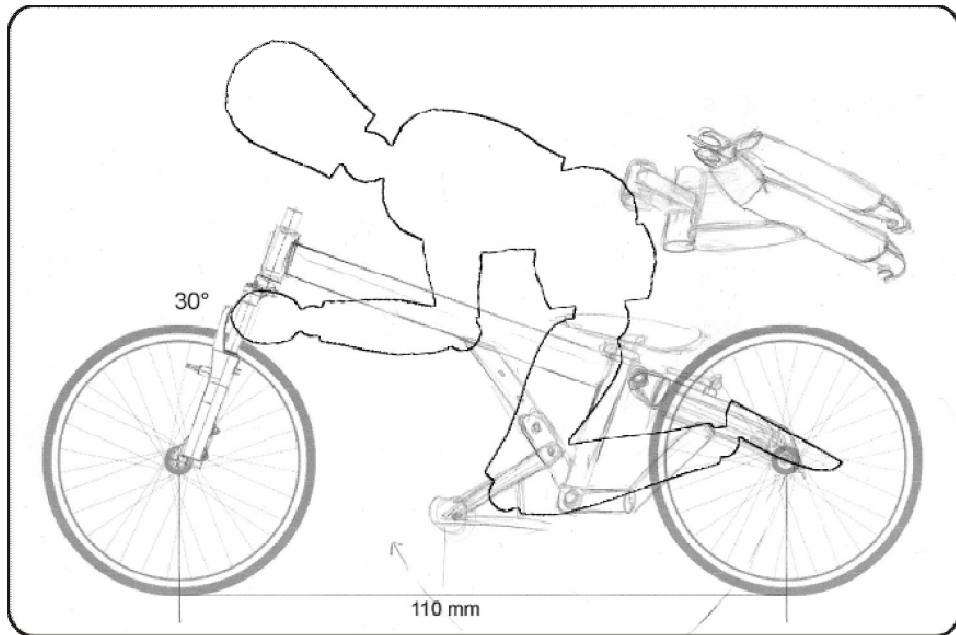
**Figura 28.** Alternativa 5.



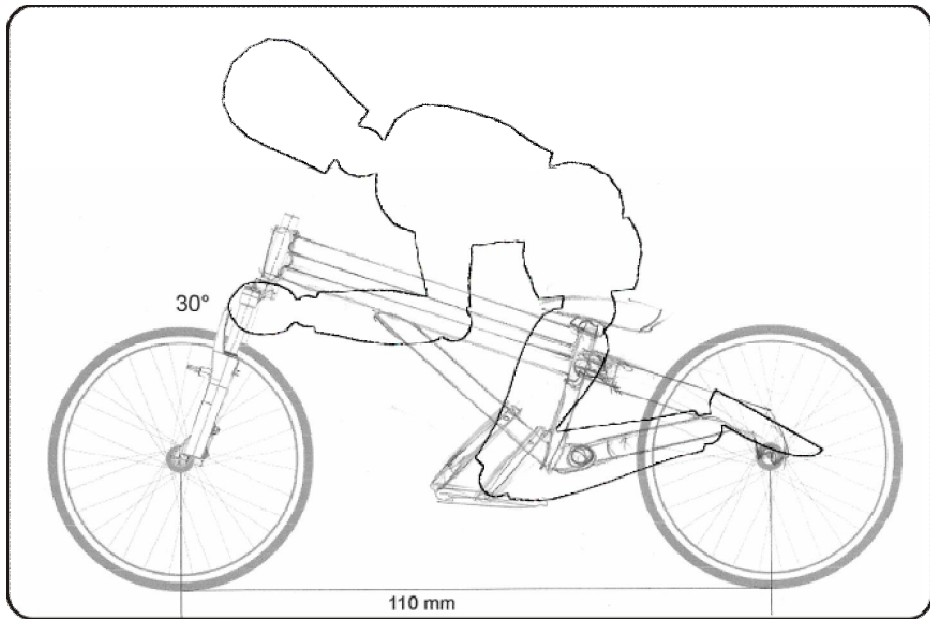
**Figura 29.** Alternativa 6.



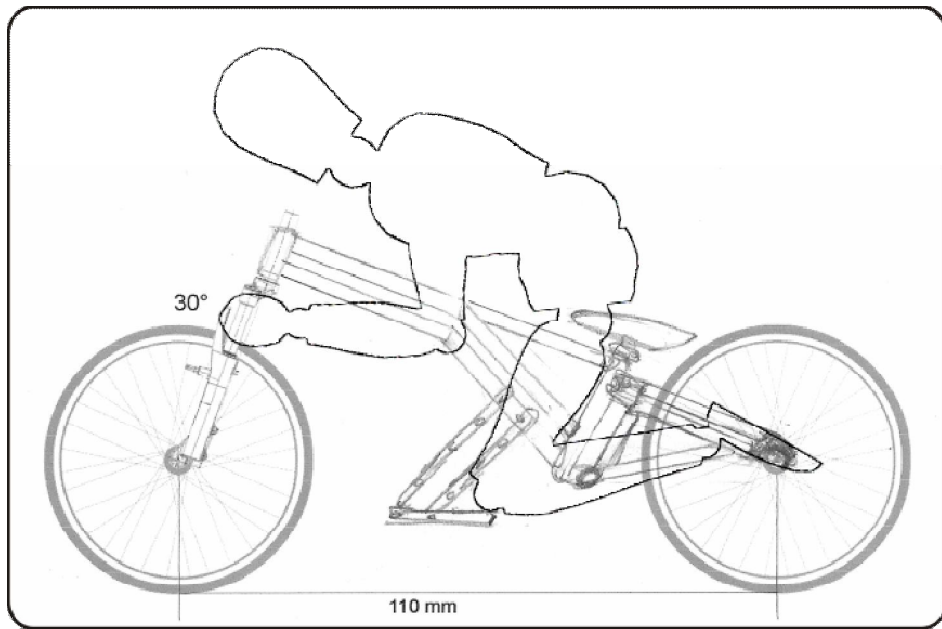
**Figura 30.** Alternativa 7.



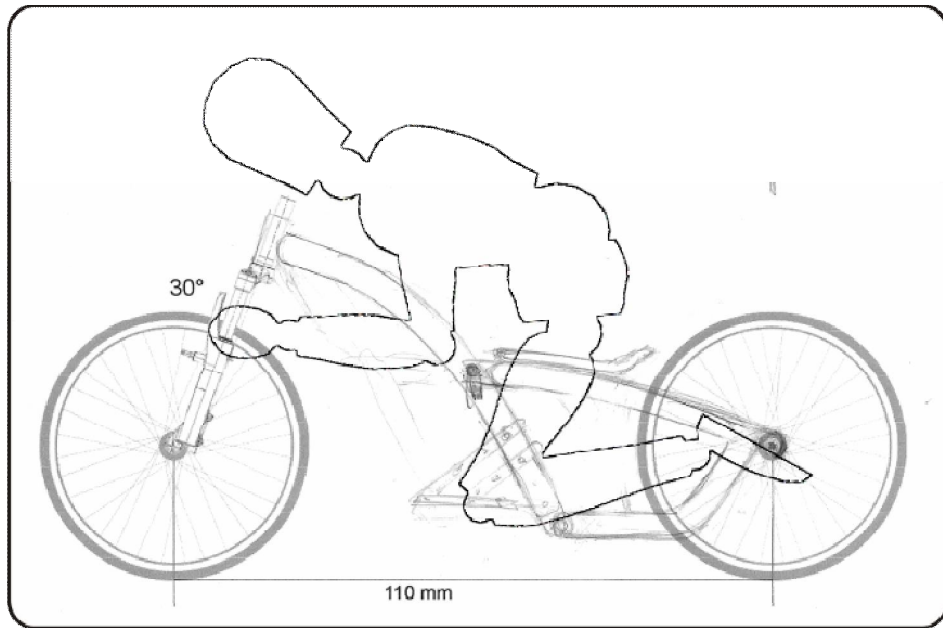
**Figura 31.** Alternativa 8.



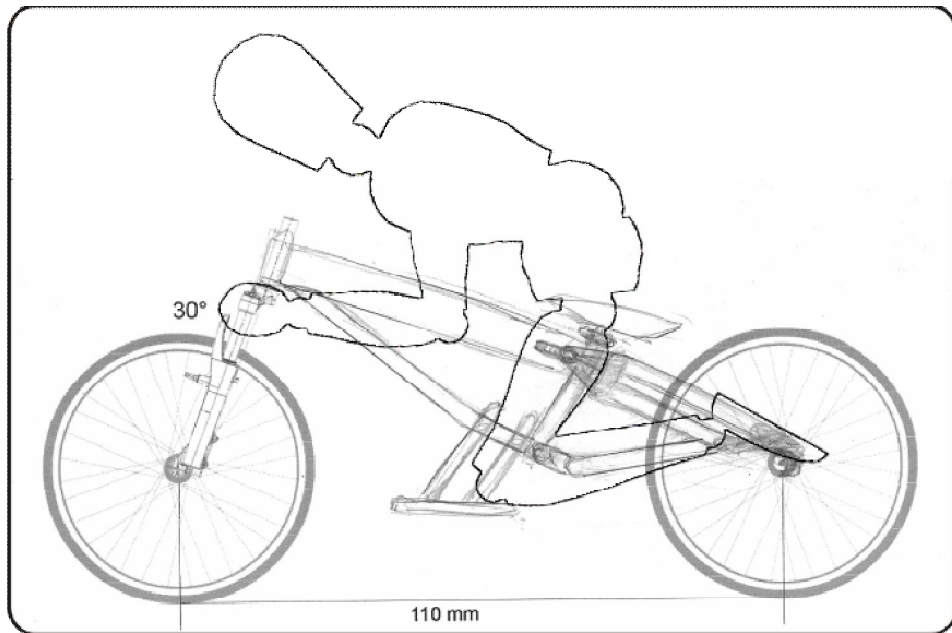
**Figura 32.** Alternativa 9.



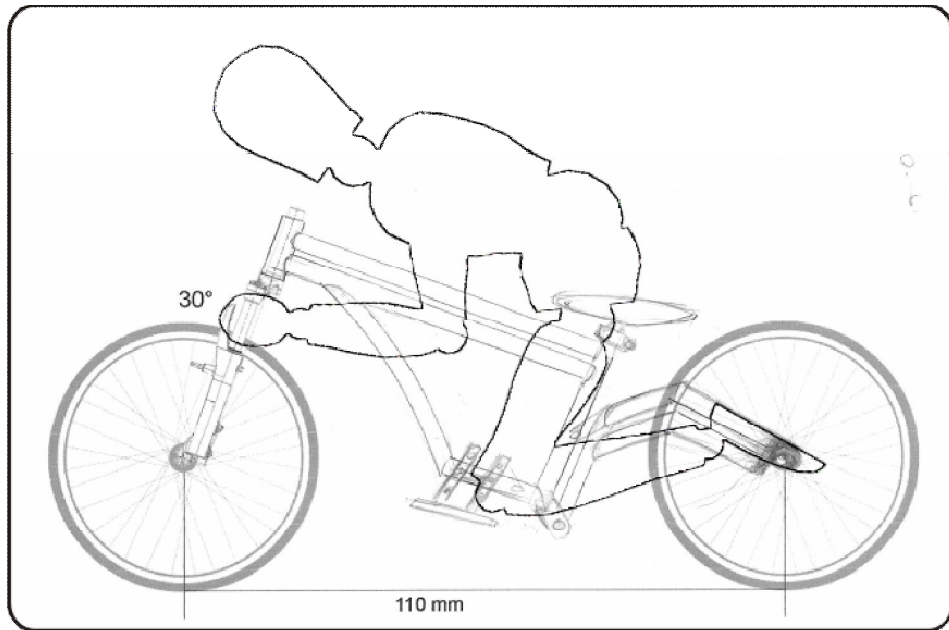
**Figura 33.** Alternativa 10.



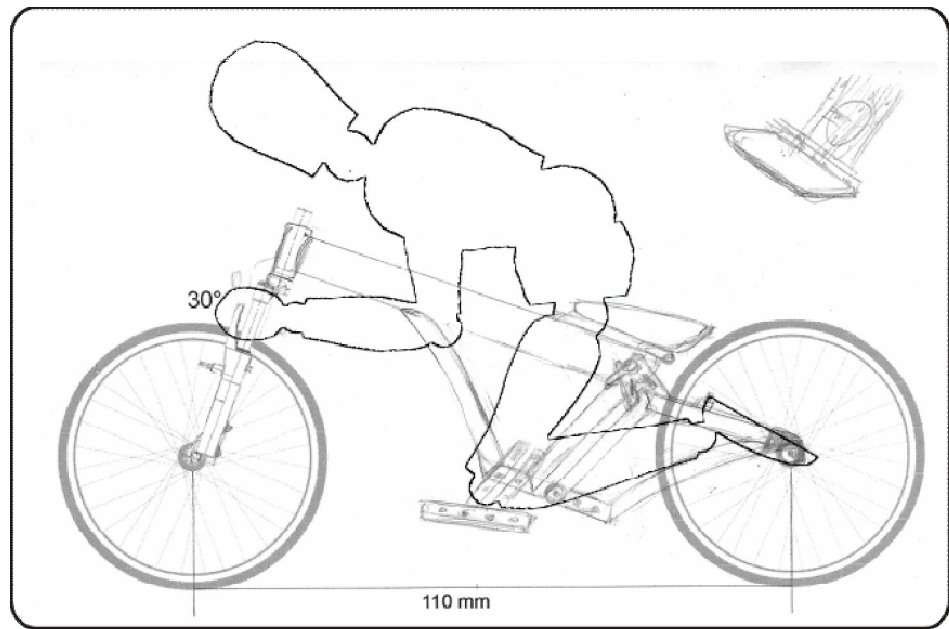
**Figura 34.** Alternativa 11.



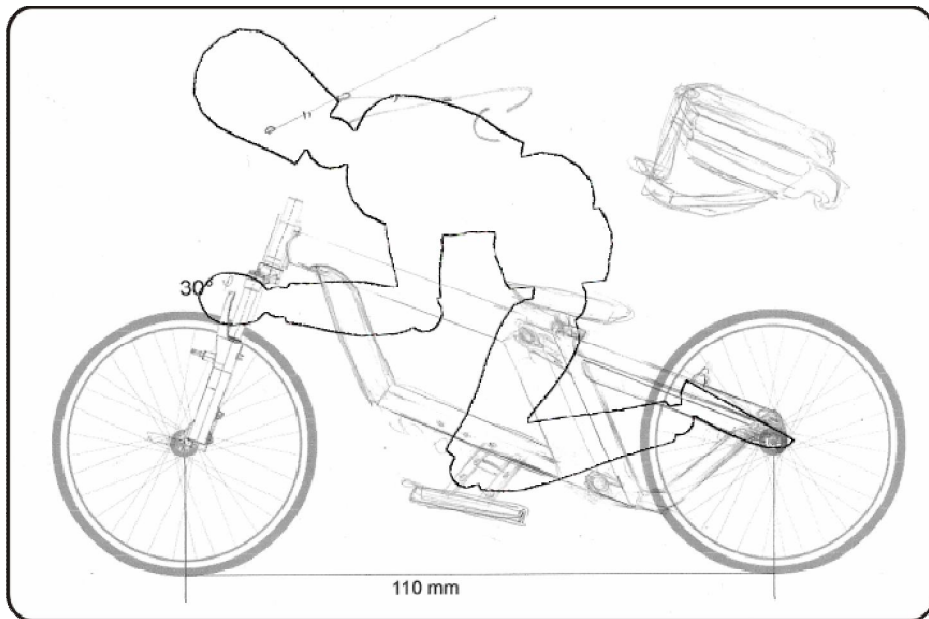
**Figura 35.** Alternativa 12.



**Figura 36.** Alternativa 13.



**Figura 37.** Alternativa 14.



**Figura 38.** Alternativa 15.

#### **4.6.1 Matriz de evaluación**

Las alternativas de diseño fueron evaluadas teniendo en cuenta los objetivos más importantes que debe cumplir el producto y los cuales se desagregaron en diferentes criterios de evaluación, basados en los requerimientos del PDS. Cada objetivo y sus respectivos criterios fueron ponderados de acuerdo a su nivel de importancia, teniendo como referencia la investigación del usuario y las características de las *gravity bikes* identificadas anteriormente. La evaluación fue subjetiva de acuerdo a la experiencia y la práctica con este tipo de bicicletas, se examinaron en detalle los dibujos a escala 1:10 de cada alternativa, ya que no existen parámetros estandarizados de evaluación por ser un producto sin antecedentes.

La alternativa mejor calificada en la matriz de evaluación en la Tabla 9 fue la base para desarrollar el diseño definitivo del prototipo.



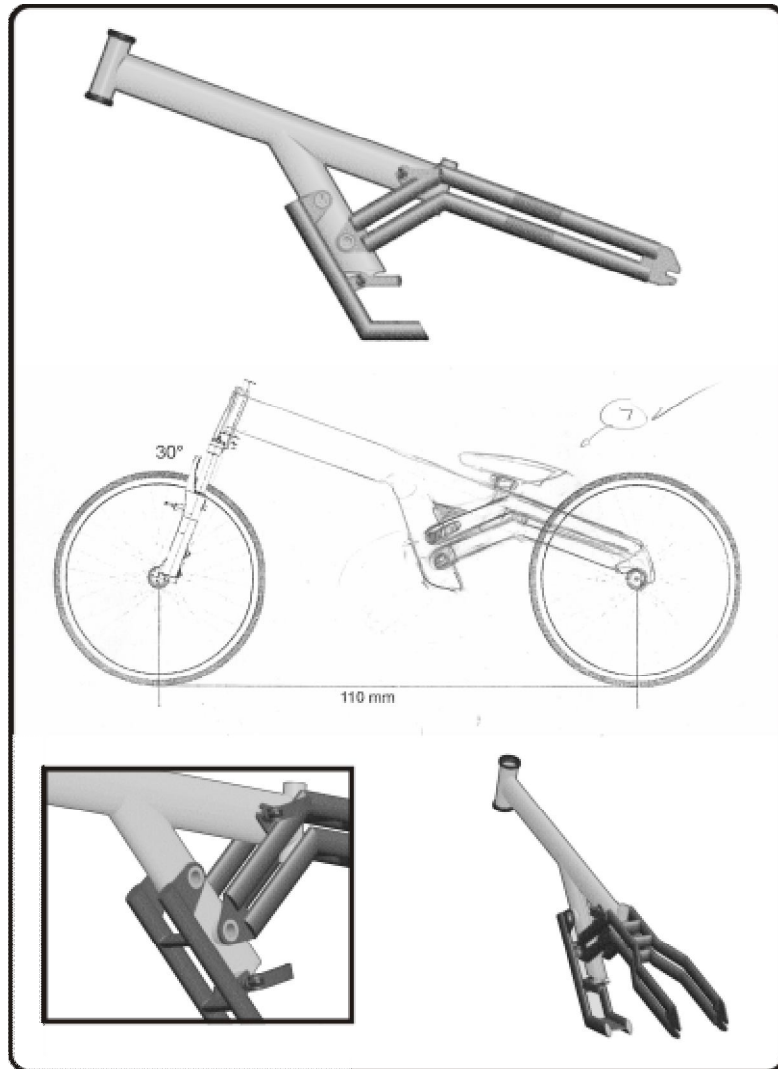
**Tabla 9.** Matriz de evaluación de las alternativas de diseño

Objetivo	Peso	Criterio	Pond.	ALTERNATIVAS														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Desempeño	0,35	Bajo centro de gravedad	0,3	3	8	6	8	7	8	6	7	6	7	10	6	6	8	7
		Estabilidad	0,2	5	6	7	6	6	7	3	6	10	10	8	8	6	9	7
		Distribución de masa en los ejes	0,1	4	6	5	6	7	8	3	6	7	8	8	8	4	5	10
		Aerodinamismo	0,15	7	8	7	7	8	8	6	7	5	5	5	6	5	7	10
		Peso	0,25	7	5	3	4	7	9	4	7	8	8	6	8	7	7	10
Subtotal			100%	<b>1,79</b>	<b>2,33</b>	<b>1,93</b>	<b>2,19</b>	<b>2,43</b>	<b>2,82</b>	<b>1,61</b>	<b>2,35</b>	<b>2,54</b>	<b>2,68</b>	<b>2,68</b>	<b>2,49</b>	<b>2,07</b>	<b>2,63</b>	<b>2,98</b>
Seguridad	0,25	Frenado	0,5	3	5	7	6	8	1	6	3	2	2	4	2	3	3	1
		Ajuste mecanismo de plegado	0,5	6	6	4	6	3	1	8	10	10	10	10	10	5	8	9
Subtotal			100%	<b>1,13</b>	<b>1,38</b>	<b>1,38</b>	<b>1,50</b>	<b>1,38</b>	<b>0,25</b>	<b>1,75</b>	<b>1,63</b>	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	<b>1,75</b>	<b>1,50</b>	<b>1,00</b>	<b>1,38</b>	<b>1,25</b>
Manufactura	0,2	Soldadura	0,3	6	6	7	4	4	4	7	4	2	1	8	6	6	7	4
		Cantidad de procesos	0,3	3	3	7	4	4	3	8	3	2	1	5	7	6	3	4
		Alineación	0,4	4	4	6	7	3	3	8	6	4	3	8	4	8	6	7
Subtotal			100%	<b>0,86</b>	<b>0,86</b>	<b>1,32</b>	<b>1,04</b>	<b>0,72</b>	<b>0,66</b>	<b>1,54</b>	<b>0,90</b>	<b>0,56</b>	<b>0,36</b>	<b>1,42</b>	<b>1,10</b>	<b>1,36</b>	<b>1,08</b>	<b>1,04</b>
Diseño	0,2	Coherencia con el referente	0,25	4	4	6	6	5	7	7	8	8	9	4	9	9	7	10
		Mecanismo de plegado	0,3	7	7	6	6	3	4	9	10	10	10	10	10	9	10	9
		Ergonomía	0,35	8	8	5	5	7	9	6	8	7	9	3	8	7	9	10
		Desensamble	0,1	6	6	7	6	4	3	8	8	8	8	10	8	9	9	6
Subtotal			100%	<b>1,30</b>	<b>1,30</b>	<b>1,15</b>	<b>1,13</b>	<b>1,00</b>	<b>1,28</b>	<b>1,47</b>	<b>1,72</b>	<b>1,65</b>	<b>1,84</b>	<b>1,21</b>	<b>1,77</b>	<b>1,66</b>	<b>1,76</b>	<b>1,86</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>			<b>5,07</b>	<b>5,86</b>	<b>5,77</b>	<b>5,86</b>	<b>5,53</b>	<b>5,01</b>	<b>6,37</b>	<b>6,59</b>	<b>6,25</b>	<b>6,38</b>	<b>7,06</b>	<b>6,86</b>	<b>6,09</b>	<b>6,84</b>	<b>7,13</b>

#### 4.6.2 Diseño definitivo.

Según la evaluación de las alternativas, el concepto ganador fue la alternativa 15, Figura 38, pues ésta fue la que mejor resultados obtuvo en el cumplimiento del objetivo de mayor peso que era el desempeño, y a su vez, logró equilibrar la funcionalidad con su forma, procesos de manufactura y seguridad.

A partir del concepto ganador, se hizo una combinación de éste con los mejores calificados, tomando las fortalezas de cada uno para llegar al diseño definitivo, mostrado en la Figura 39.



**Figura 39.** Alternativa de diseño definitiva

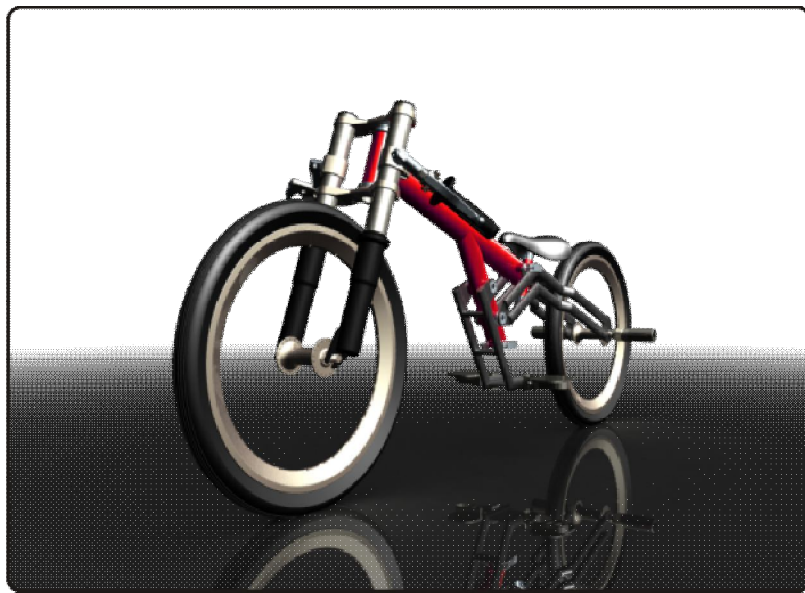
#### **4.7 Diseño de detalle.**

En esta etapa del proceso de diseño, se definieron los detalles del producto dimensionándolo de acuerdo a especificaciones técnicas, sistemas de ensamble y accesorios comerciales.

Esta fase permitió acercar el producto a la realidad, pues se trabajó con un modelo virtual con las medidas exactas de sus elementos, lo que ayudó a tomar decisiones sobre problemas de ingeniería, diseño y ergonomía del producto, teniendo la posibilidad de hacer las modificaciones pertinentes antes de llevar el prototipo a su construcción.

##### **4.7.1 Modelación 3D del producto.**

Esta fase consistió en la modelación 3d del producto a través del software de ingeniería y diseño *Pro Engineer Wildfire 4 (Pro/E)* con sus medidas reales. Paralelamente se trabajó con el software de visualización *Autodesk ImageStudio 2008*, en el cual se hizo la simulación de los materiales y el ambiente para obtener un acercamiento del diseño en realidad virtual, como se observa en las Figuras 40 y 41.

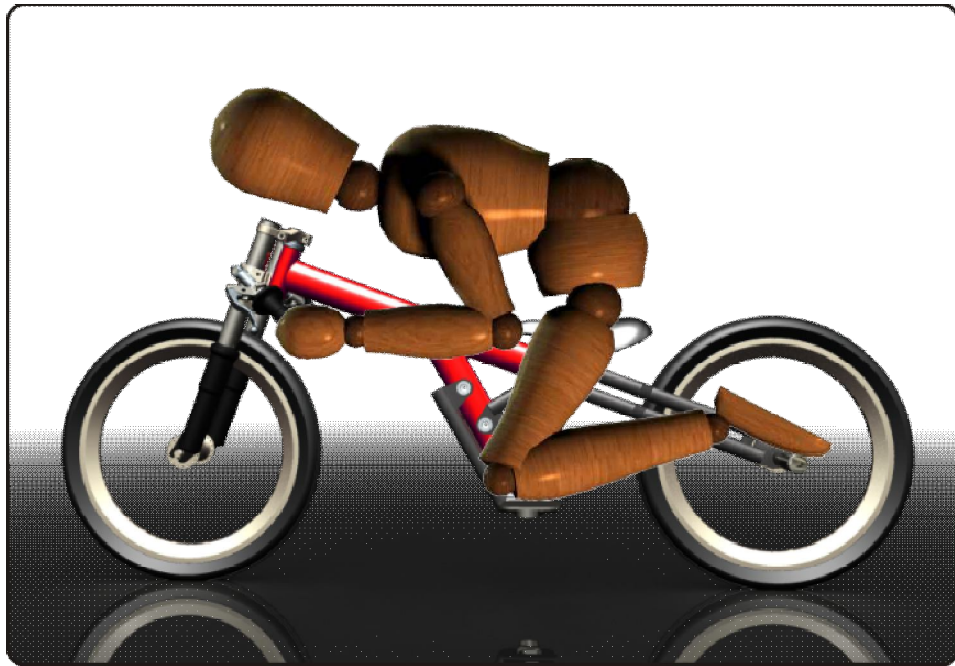


**Figura 40.** Render del prototipo en *ImageStudio 2008*.



**Figura 41.** *Render del prototipo en ImageStudio 2008.*

En la Figura 42, se muestra cómo va montado el piloto en el prototipo. En ella, se puede observar un equilibrio en la posición del piloto, pues tiene cuatro puntos de apoyo, distribuyendo su peso equitativamente en ambos ejes de la bicicleta, dejando que el mayor peso lo soporten las rodillas en el centro de gravedad de la bicicleta y liberando los brazos y los pies de cargas excesivas para evitar su fatiga durante el descenso.



**Figura 42.** Ergonomía de la bicicleta.

El resultado fue un concepto con un diseño innovador, acorde con el referente formal y funcional definido en el alfabeto visual de la Figura 15, en el cual se resuelven la mayoría de los requerimientos definidos en el PDS y configura cada uno de sus elementos de una manera simple, conformando un marco basado en figuras geométricas, que lleva una línea aerodinámica y de aspecto veloz a simple vista, y por consiguiente, arrojando como resultado una propuesta llamativa para el usuario objetivo, que habla de su funcionalidad a través de su diseño.

#### 4.7.2 Propuesta de colores

Las alternativas del color del prototipo presentadas en la Figura 43 son tomadas a partir del análisis formal realizado anteriormente, y que a través del alfabeto visual en la Figura 16, se distinguieron diferentes colores acordes con el usuario y el referente. Esta propuesta de combinación de colores se basa en el contraste entre colores como el rojo, amarillo, verde y azul, con oscuros como el negro y el gris. Como resultado se de este juego de contrastes se logra reforzar el aspecto visual y hablar de la funcionalidad del producto.



Figura 43. Propuesta de colores para la bicicleta.

### 4.7.3 Mecanismo de plegado

El hecho de que la bicicleta no tenga transmisión y que sus dimensiones dificulten su almacenamiento en vehículos para transportarla, como se observa en la Figura 5, llevó a considerar durante todo el proceso de diseño, un sistema de plegado, que diera solución a esta necesidad sin comprometer el desempeño de la bicicleta y por lo tanto convertir esta característica en factor diferenciador del producto. En la Figura 44 se puede observar una simulación de la bicicleta plegada, donde se detallan los elementos de ensamble del mecanismo.

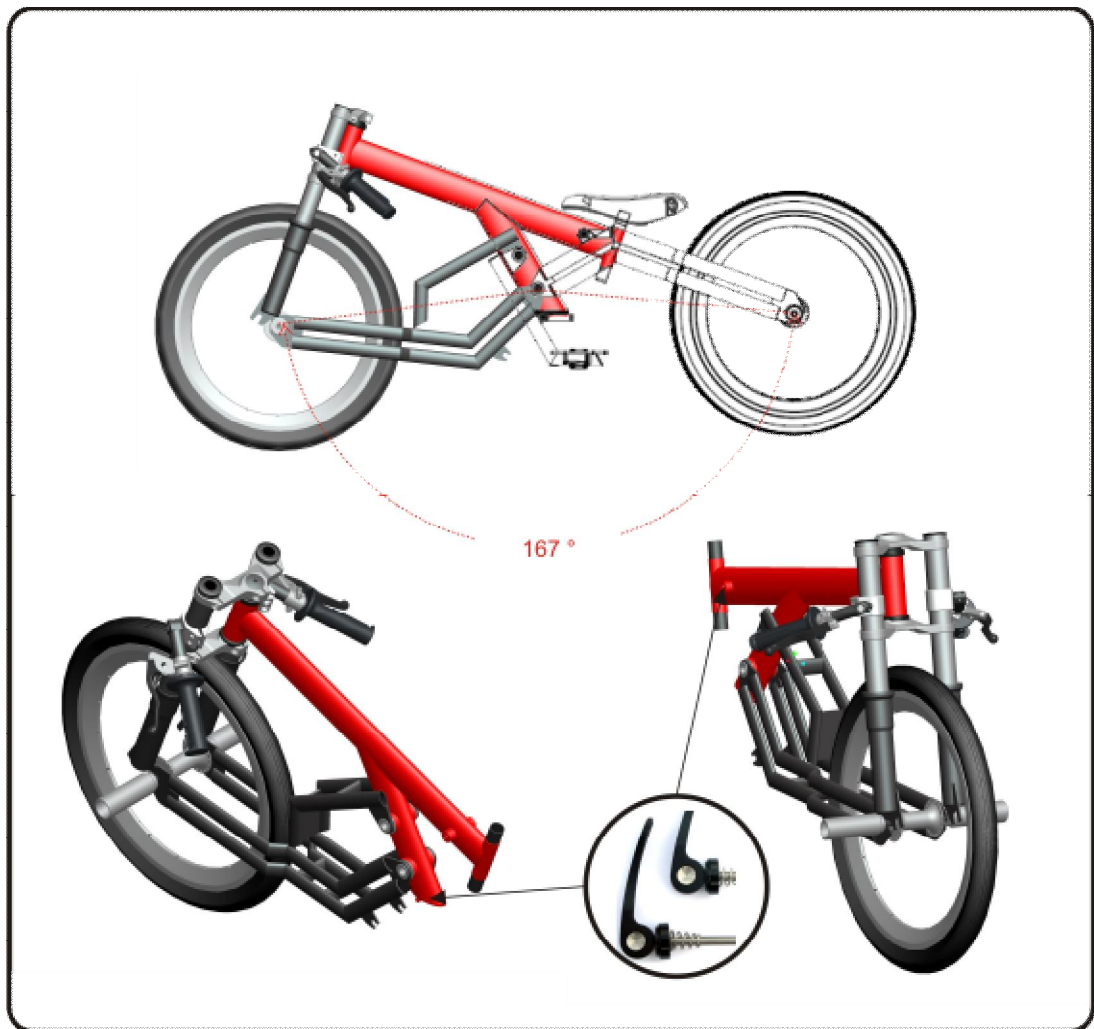


Figura 44. Mecanismo de plegado de la bicicleta.

#### 4.7.4 Medidas básicas y planos técnicos del producto.

En la Figura 45 se muestran las medidas generales de la bicicleta, las cuales se encuentran dentro de los rangos requeridos en las especificaciones de diseño (PDS). Además en el Anexo N. 4 se pueden detallar las demás medidas del prototipo.

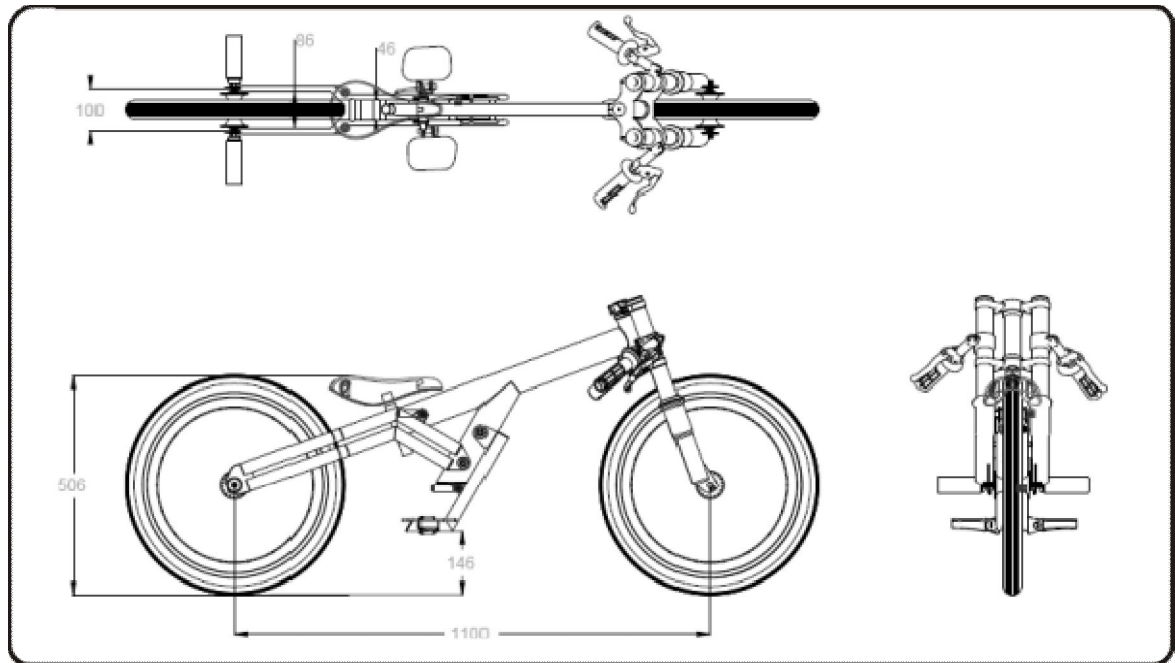


Figura 45. Medidas básicas de la bicicleta

#### 4.8 Memorias de cálculo.

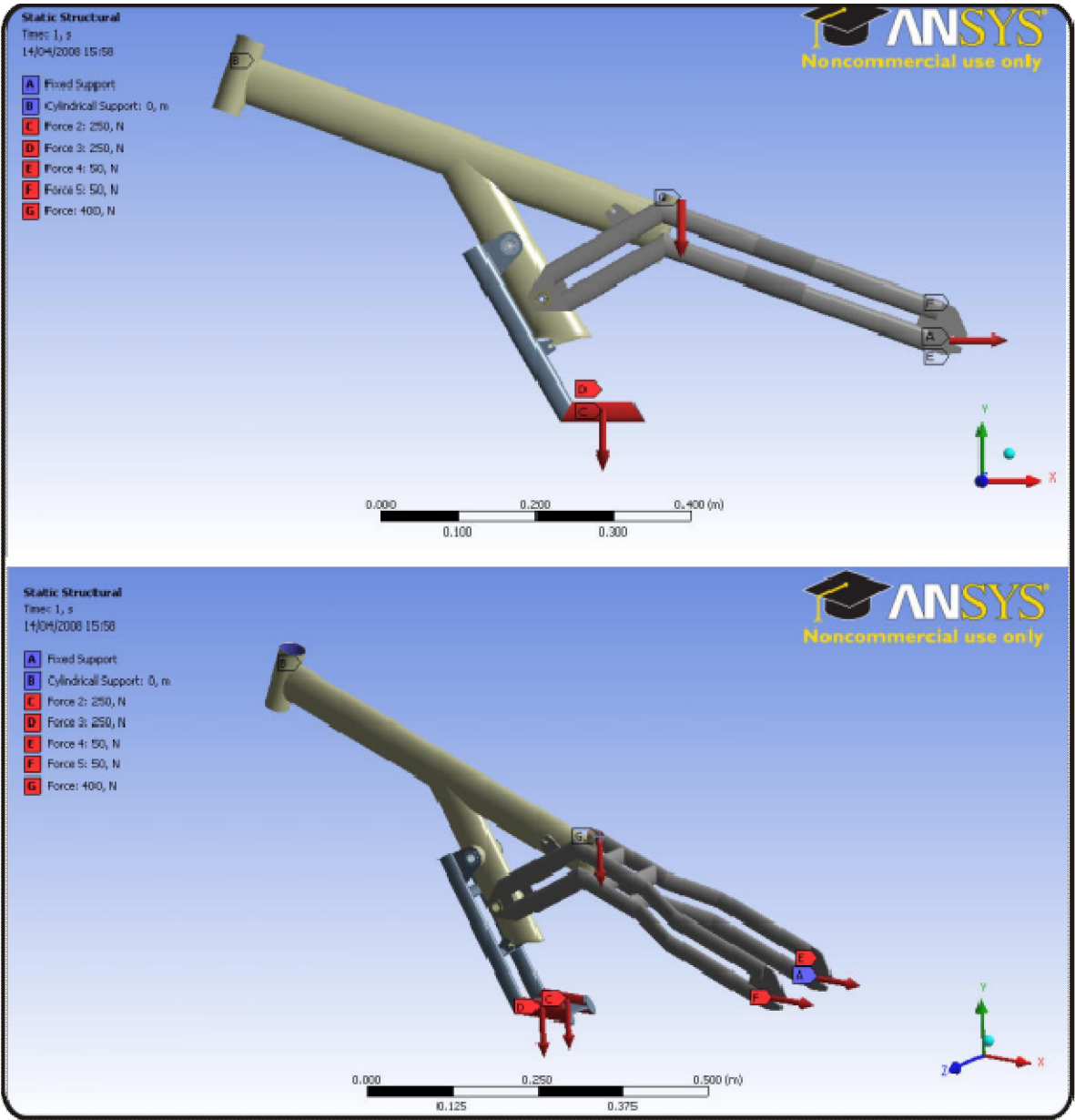
##### 4.8.1 Análisis de Elementos Finitos (FEA)

Para la realización del estudio de elementos finitos, se exportó la geometría de la modelación del prototipo hecho en Pro/e a *ANSYS Workbench 11*, donde se definieron las condiciones de frontera y el posterior análisis.

En la Figura 46 se pueden ver las restricciones y cargas aplicadas al modelo; una restricción cilíndrica en el cabezote y una restricción en todos los grados de libertad en la parte cilíndrica de las patinas donde ensambla la llanta trasera. Así

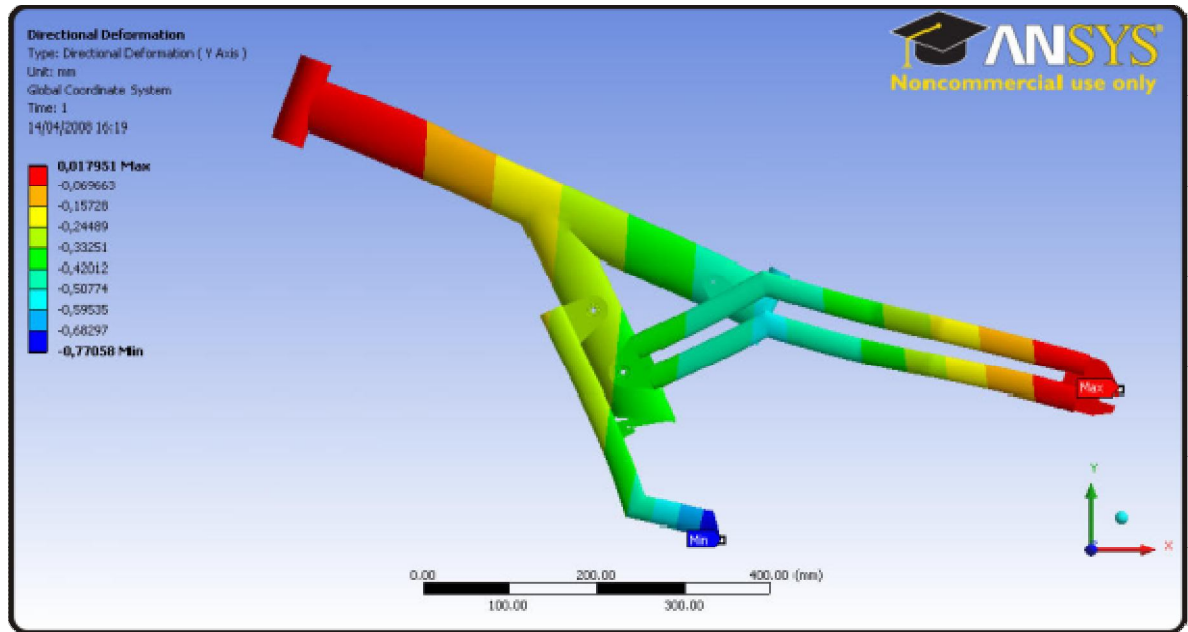


mismo, se aplican cargas en donde el piloto estaría sentado, el apoyo de las rodillas y una carga adicional en las patillas simulando el apoyo de los pies en los tacos o *pegs* que realiza el piloto durante el descenso.



**Figura 46.** Condiciones de frontera, vista frontal (superior) y vista en perspectiva (inferior).

En la Figura 47 se muestra el resultado del desplazamiento en el eje, donde se puede observar que la estructura solo se desplaza menos de 1 mm, resultado que resulta satisfactorio tratándose de un diseño de marco de bicicleta sin precedentes.



**Figura 47.** Desplazamiento de la estructura en el eje Y

En la Figura 48 se muestran los resultados del análisis, en los cuales se evaluó el esfuerzo equivalente (von-Mises); allí se puede ver que el marco no está sometido a grandes esfuerzos, tal como se aprecia en las zonas color azul rey que representa el esfuerzo mínimo. Así mismo, las zonas rojas, que representan el esfuerzo máximo, solo son encontradas donde hay ensambles mediante tornillos, que por efecto de simplificación del modelo de estudio, no se tuvieron en cuenta, convirtiéndose en concentradores de esfuerzos.

Por otro lado, cerca del ensamble de la tijera con el marco, se pueden apreciar las zonas que soportan la mayor carga de la estructura, la cual se encuentra entre 40 y 113 MPa, que no sobrepasan el esfuerzo de fluencia para el acero estructural, al

que corresponde uno de 205 MPa, utilizado en la solución; con esto se obtiene un factor de seguridad de 1.81, con lo que se puede concluir que la estructura está sobredimensionada, lo que le permitirá soportar cargas mayores.

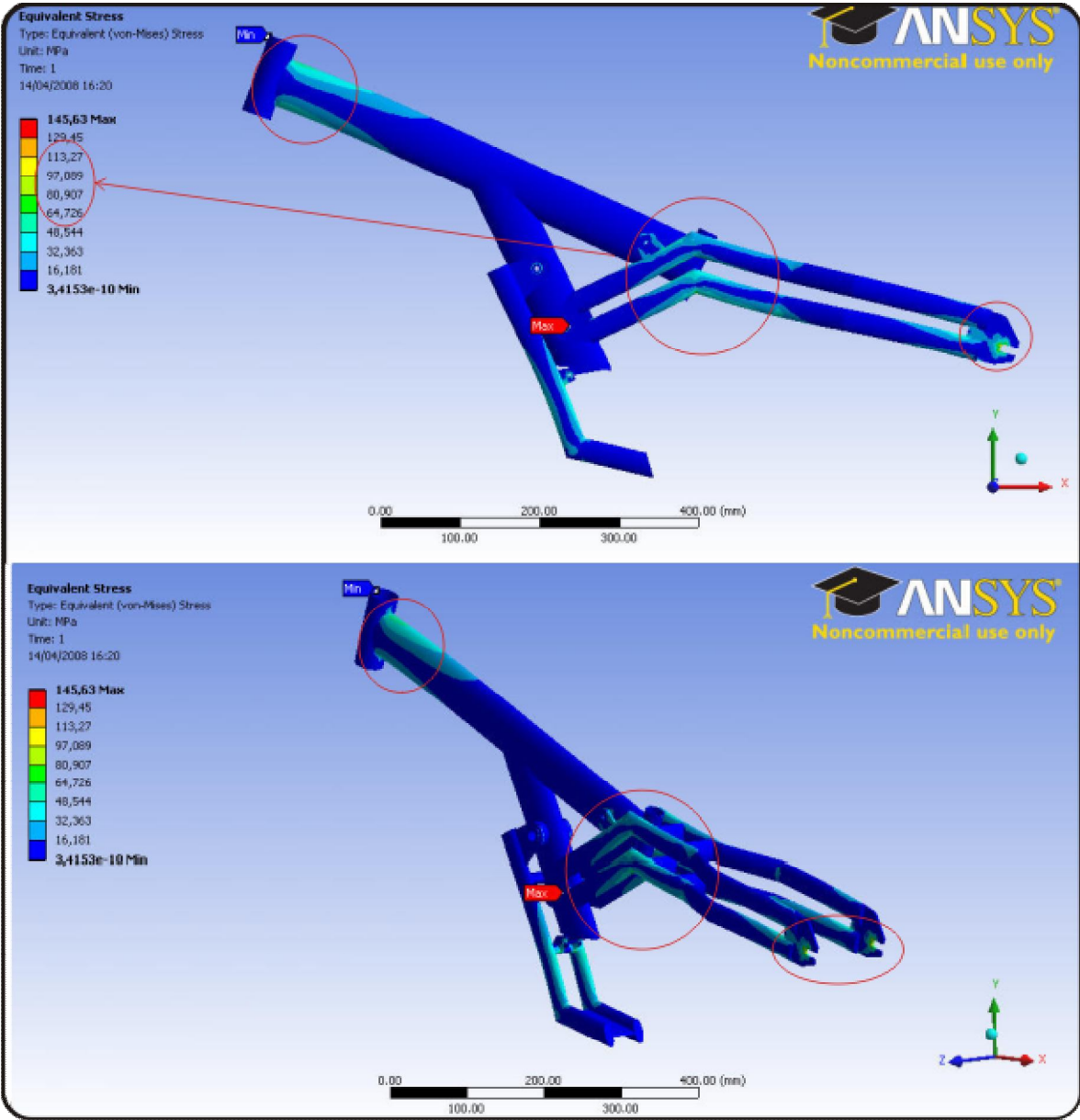


Figura 48. Esfuerzo equivalente de la estructura (von-Mises)

## 4.8.2 Cálculos manuales

### 4.8.2.1 Estática

Para este análisis, se toma el centro de gravedad del sistema especificado por Pro/e en la modelación del producto, con el fin de encontrar la distribución de masas en los ejes.

Los cálculos se realizaron para un piloto de 100 Kg y una bicicleta de 25 Kg. de peso, que representan un factor de seguridad de 1.81.

$$W_{bicicleta} = 25 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 245.25 \text{ N}$$

$$W_{piloto} = 100 \text{ kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 981 \text{ N}$$

$$W_{Total} = W_{bicicleta} + W_{piloto} = 1226.25 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_D + R_T = W_{Total} \quad (1)$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$546 \text{ mm} * W_{Total} - 1100 \text{ mm} * R_D = 0 \quad (2)$$

$$R_D = \frac{546 \text{ mm} * 1226.25 \text{ N}}{1100 \text{ mm}}$$

$$R_D = 608.67 \text{ N}$$

$$\text{De (1)}$$

$$R_T = 617.58 \text{ N}$$

Con estos resultados se encuentra que la distribución de masas entre los ejes es aproximadamente 50 – 50 %, como se requirió en el PDS.

#### 4.8.2.2 Cálculo del eje trasero

Para hacer el cálculo del eje trasero, se supone éste como una viga simplemente apoyada en sus extremos, tal como se muestra en la Figura 49 a continuación:

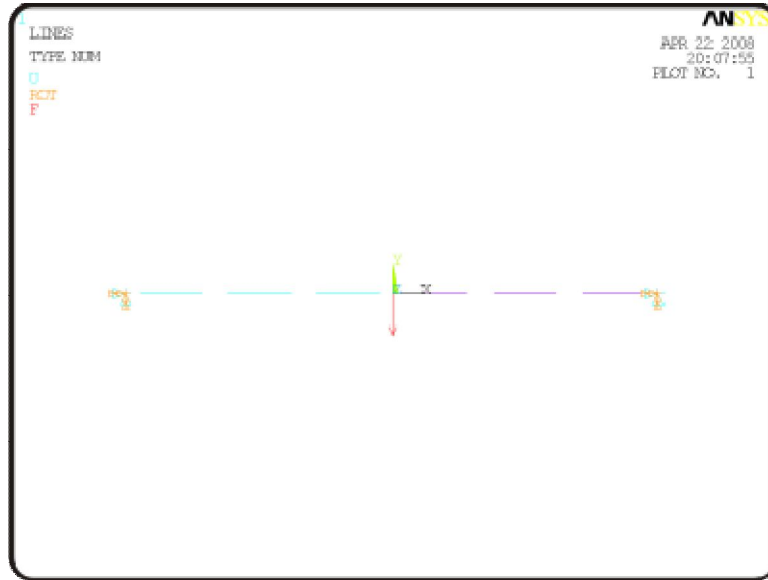


Figura 49. Condiciones de frontera para el cálculo del eje

Donde,

$$V = \frac{P}{2}$$

$$M = \frac{P}{2} * x$$

El momento flector máximo ocurrirá cuando  $x = \frac{L}{2}$ , entonces

$$M_{\max} = \frac{PL}{4}.$$

Sabiendo esto podemos calcular el diámetro adecuado del eje para soportar dichas cargas estáticas.

Partiendo de la ecuación

$$\frac{\sigma_y}{n} = \frac{M c}{I}$$

Donde,

$n$  : factor de seguridad, en este caso se toma un factor de 4.

$M$  : momento flector.

$c$  : distancia desde el eje neutro al extremo más alejado, en este caso

$$c = \frac{D}{2}$$

$I$  : momento de inercia, para el caso de un círculo

$$I = \frac{\pi D^4}{64}$$

De donde,

$$D = \sqrt[3]{\frac{8nPL}{\pi\sigma_y}}$$

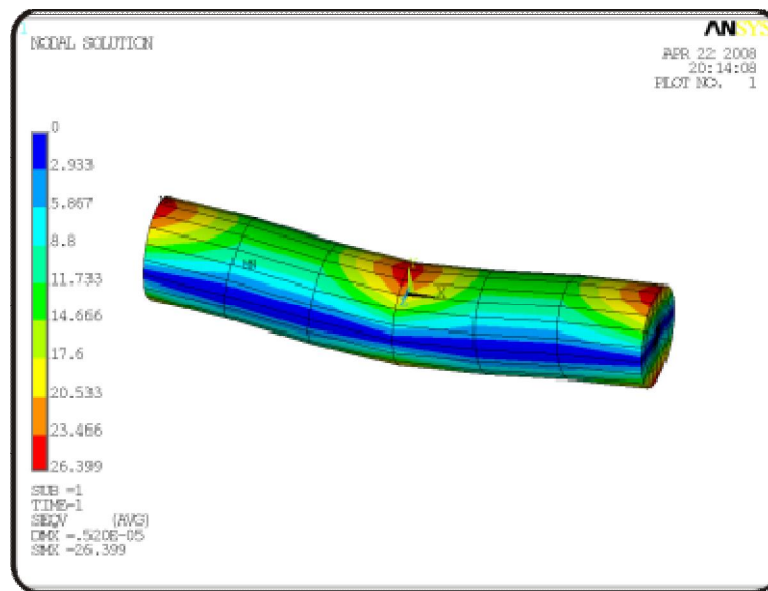
A partir de la última ecuación se obtuvo la siguiente tabla de resultados para diferentes factores de seguridad.

**Tabla 10.** Diámetro del eje trasero para diferentes factores de seguridad

n	P	L	$\sigma$	D
2	617	50	2,00E+08	9,227097171
3	615	50	2,00E+08	10,55096457
4	615	50	2,00E+08	11,61283913

De esta Tabla 10 se concluye que un diámetro de 10 mm para el eje trasero es aceptable, teniendo en cuenta que éste es el que se consigue comercialmente en el medio.

Igualmente se corrobora la resistencia del eje con la herramienta de elementos finitos ANSYS 11. Como se observa en la Figura 50, dicho eje soporta adecuadamente las cargas estáticas resultantes de su distribución entre ejes.



**Figura 50.** Esfuerzo equivalente de von-Mises para un eje de 10 mm de diámetro

### 4.8.2.3 Cálculo de las platinas traseras

Para el cálculo de estas, se supone la parte superior como una viga simplemente empotrada con una fuerza aplicada en el extremo, tal como se muestra en la Figura 51.

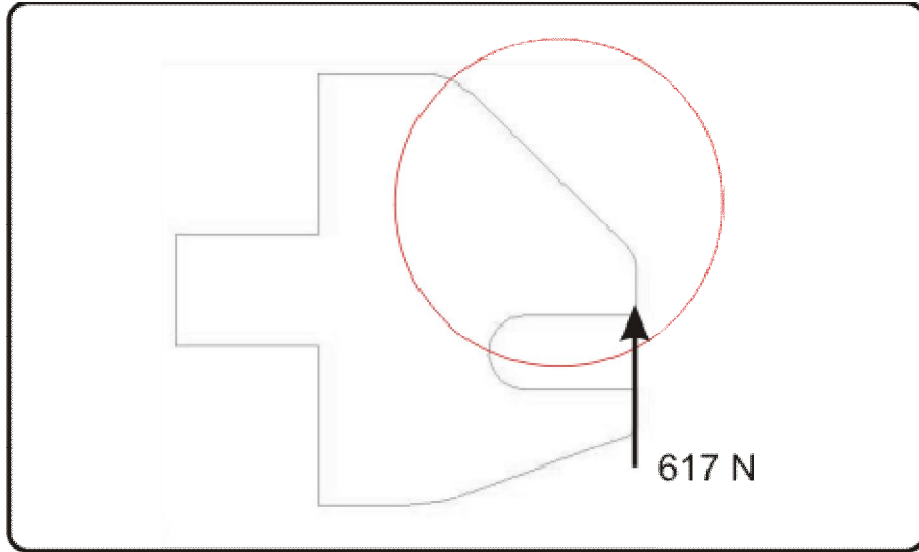


Figura 51. Condiciones de frontera para los cálculos manuales de las platinas traseras.

Para la cual el momento máximo ocurre cuando  $x=L$  entonces  $M=PL$ .

Ahora con la ecuación, 
$$\frac{\sigma_y}{n} = \frac{M c}{I}$$

Donde,

$$c = \frac{h}{2}$$
$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

Con todo lo anterior podemos encontrar  $h$ , así:

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 n M c}{b \sigma_y}}$$



**Tabla 11.** Altura mínima de la platina del eje trasero para diferentes factores de seguridad.

n	P (N)	L (mm)	b (mm)	$\sigma$ (Pa)	h (mm)
2	617	30	4.5	2,00E+08	15.71
3	617	30	4.5	2,00E+08	19.24
4	617	30	4.5	2,00E+08	22.22

De la Tabla 11, se concluye que la geometría de las platinas del eje trasero diseñadas tienen las dimensiones necesarias para cumplir su función.

#### 4.8.3 Recomendaciones de ingeniería

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis anteriores se tuvieron en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Poner un refuerzo en la estructura de la tijera en la zona donde se presentaron los mayores esfuerzos, soldando una platina en la cara interior de esta con el fin de no interferir con la línea del diseño.
- Completar la estructura de la tijera conectando mediante barras verticales sus dos vigas principales.
- Agregar platinas de refuerzo en el cabezote para distribuir las cargas en más área, y así liberar esa zona de concentración de esfuerzos.
- Para la construcción de las platinas no utilizar material con un espesor inferior a 4 mm, pues así se garantizamos la resistencia de estas es necesario darle una apariencia visual robusta.
- Según los resultados obtenidos es importante no usar ejes de diámetros menores a 10 mm. Esto con el fin de garantizar una mayor vida útil de las manzanas.

## 5. PROCESO DE MANUFACTURA.

### 5.1 Artes gráficas

Con el fin de darle personalidad al producto, se desarrolló un nombre con su respectivo logo, y con base en las propuestas de colores, se hizo una exploración de tipografías. El producto se denominó con la palabra *dessendo* que en lengua latina significa bajar o descender. En la Figura 52 se ilustran las propuestas diseñadas.



Figura 52. Tipografía y colores del nombre.

## 5.2 Construcción del prototipo funcional.

A continuación se ilustran los procesos por los que tuvo que pasar el prototipo para su materialización.

El proceso se inició con la impresión de un plano en escala 1:1 el cual sirvió de guía durante todo el proceso.

Como se observa en la Figura 53 la primera etapa del proceso fue el corte y perforación de los tubos en los ángulos requeridos y su posterior pulido para obtener el ensamblaje entre estos, previo al proceso de soldadura, lo que garantizó la alineación de la estructura.



**Figura 53.** Proceso de corte y pulido de los tubos

Una vez cortados los tubos, se procedió a aplicar puntos de soldaduras entre ellos y así ir conformando la estructura del marco, como se puede ver en la Figura 54, verificando en todo momento su correcta alineación.



**Figura 54.** Proceso de soldadura marco y tijera

Finalmente, con la estructura completa se hizo un ensamble preliminar para una última verificación de la alineación y proceder así a la aplicación de la soldadura definitiva, tal como se evidencia en la Figura 55.



**Figura 55.** Proceso de ensamble.

## 6. PRUEBAS DEL PRODUCTO.

Con el prototipo construido se pudo comprobar su funcionalidad en la práctica, haciendo varias sesiones de pruebas de su desempeño, siguiendo el protocolo que se describe a continuación.

### 6.1 Protocolo de pruebas.

- Objetivo:

Comprobar el rendimiento del prototipo en la práctica; para esto se tuvieron en cuenta variables como velocidad máxima, velocidad media, tiempo de descenso y distancia recorrida.

- Instrumentos necesarios:

Ciclo computador de 13 funciones marca *Topeak* con capacidad para medir por encima de 100 km/h y configuración para rueda de 20" de diámetro.

- Procedimiento:

1. Pesar el prototipo.
2. Subir a la cima de loma donde se iniciará el descenso.
3. Ajustar el prototipo de acuerdo a las preferencias del piloto tales como altura del sillín, altura y apertura del manubrio y presión de las llantas.
4. Poner el ciclo computador en su posición inicial en todas las funciones.
5. Cerciorarse de que el ciclo computador esté configurado para el diámetro de rueda de 20".
6. Comenzar el descenso sin ayuda de una fuerza exterior, dejar que actúe solamente la fuerza de la gravedad sobre el prototipo.
7. El ciclo computador se encarga de tomar los datos necesarios durante el descenso para una distancia de 850 m.
8. Una vez finalizada la prueba extraer los datos almacenados por el ciclo computador.
9. Repetir este procedimiento, tanto de la *gravity bike* como de la BMX, 10 veces para soportar el análisis.

10. Con los datos obtenidos realizar un análisis de los resultados a través de un gráfico Velocidad vs. Distancia de la *gravity bike* y de la BMX.

## 6.2 Resultados de las pruebas.

Las pruebas de desempeño realizadas el 21 de abril del 2008 demuestran que el prototipo diseñado con las características requeridas en el PDS es más veloz que una bicicleta BMX convencional, como se evidencia en la Figura 56, construida a partir de los datos recopilados en las Tablas 12 y 13, durante la sesión de pruebas de ambas bicicletas.

- Peso del prototipo *gravity bike* = 15 Kg.
- Peso de la bicicleta BMX = 7 Kg.
- Peso del piloto = 85 Kg.

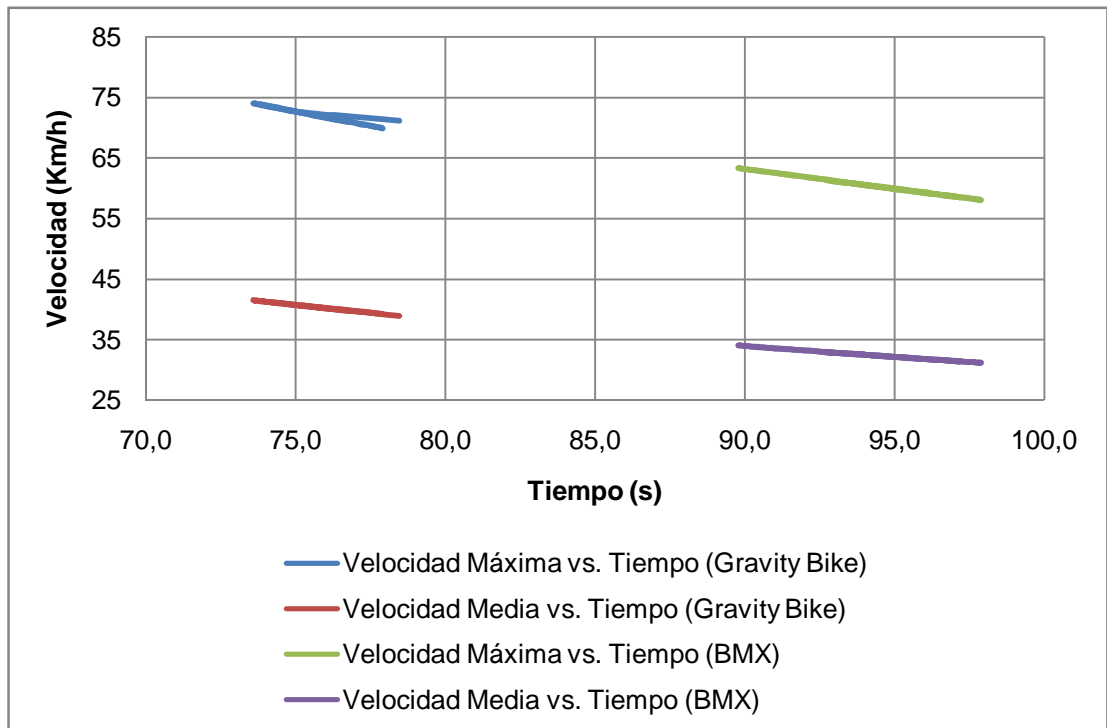


Figura 56. Gráfico comparativo Velocidad vs. Tiempo.

**Tabla 12.** Datos obtenidos de las pruebas de la *gravity bike*.

<b>Prueba</b>	<b>Distancia (m.)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Velocidad máx. (km/h)</b>	<b>Velocidad promedio (km/h)</b>
1	850	78,5	71,2	39
2	850	75,0	72,7	40,8
3	850	74,5	73,2	41,1
4	850	73,7	74	41,5
5	850	77,9	70	39,3
6	850	75,2	72,5	40,7
7	850	76,8	71	39,8
8	850	73,9	73,8	41,4
9	850	75,6	72,1	40,5
10	850	76,0	71,7	40,2

**Tabla 13.** Datos obtenidos de las pruebas de la BMX.

<b>Prueba</b>	<b>Distancia (m.)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Velocidad máx. (km/h)</b>	<b>Velocidad promedio (km/h)</b>
1	850	92,7	61,4	33
2	850	93,8	60,7	32,6
3	850	97,2	58,6	31,5
4	850	91,4	62,3	33,5
5	850	89,8	63,4	34,1
6	850	90,8	62,7	33,7
7	850	95,5	59,6	32,0
8	850	97,8	58,2	31,3
9	850	92,9	61,3	32,9
10	850	95,4	59,7	32,1

## CONCLUSIONES

- El *Gravity Bike* en Colombia, aunque no es un deporte que cuente con el apoyo oficial, tiene buena cantidad de aficionados y puede ser un mercado atractivo para el desarrollo de nuevos productos.
- La metodología aplicada al proceso de diseño del producto, ayudó a interpretar adecuadamente las necesidades del usuario, traduciéndolas en requerimientos técnicos que llevaron a una solución innovadora, la cual logró combinar exitosamente su funcionalidad con el aspecto visual.
- Un diseño robusto y pesado para alcanzar mayor velocidad final no es la decisión óptima desde el punto de vista de desempeño. Se prefiere buscar un diseño que combine su masa con características de maniobrabilidad y frenado, y de esta manera lograr tiempos de descenso menores.
- La *gravity bike* resultó ser más veloz que una bicicleta convencional tipo BMX, ya que puede alcanzar una velocidad final superior, debido a sus características, dando como resultado un mayor rendimiento durante el descenso.
- El sistema de plegado como solución al transporte y almacenamiento del prototipo es una característica con cual se le da valor agregado al producto, y que a su vez, no le resta rigidez garantizando la seguridad del piloto y el buen desempeño del producto al momento de practicar el deporte.
- El producto diseñado resulta ser una opción económica asequible para el usuario objetivo, ya que por su simplicidad, no resulta costoso adquirir materiales y accesorios para fabricarlo.



## BIBLIOGRAFÍA

**2008.** Biolaster@. *Apoyo Científico y tecnológico para el Deporte*. [En línea] 2008. [Citado el: 15 de Marzo de 2008.] [http://www.biolaster.com/ciclismo/posicion\\_ciclista\\_bicicleta/posicion\\_ciclista\\_a\\_erodinamica](http://www.biolaster.com/ciclismo/posicion_ciclista_bicicleta/posicion_ciclista_a_erodinamica).

**CROSS, Nigel. 2002.** *Métodos de diseño*. Segunda edición. México : Limusa Wiley, 2002. pág. 11. 968-18-5302-4.

**2007.** GravityBike. *About G-Bikes Bike*. [En línea] 2007. <http://www.gravitybike.com/Gbikes/Wht.html>.

**HERNÁNDEZ, Maria Cristina. 2004.** *Product Design Specifications*. Medellín : Universidad EAFIT, 2004.

**2008.** International Gravity Sports Association. *Rule Books*. [En línea] 2008. <http://www.igsaworldcup.com>.

**JAVIERLO. 2004.** OcioJoven. *Conoce el Gravity Bike*. [En línea] OcioJoven Networks s.l., 26 de Agosto de 2004. <http://www.ociojoven.com/article/articleview/872520>.

**Montague, David G. (Newton, MA). 1999.** freepatentsonline. *Folding frame bicycle* . [En línea] 11 de Febrero de 1999. [Citado el: 20 de Febrero de 2008.] <http://www.freepatentsonline.com/5975551.html>.

**PANERO, Julius. 2002.** *Las dimensiones humanas en los espacios interiores: estándares antropométricos*. 10. México : s.n., 2002. 968-387-328-4.

**Pugh, Stuart. 1991.** *Total design*. Reino Unido : Addison Wesley, 1991. 978-0201416398 .

**ROCA, Adolfo Meisel. 2004.** REPORTE DEL EMISOR. *¿Cuánto crecieron los colombianos en el siglo XX? Un estudio de antropometría histórica, 1910-2002*. [En línea] Departamento de Comunicación Institucional del Banco de la

República., Marzo de 2004. [Citado el: 9 de Febrero de 2008.]  
www.banrep.gov.co. ISSN 0124-0625.

**Sin Rodeos - Teleantioquia. 2007.** *El Azote*. [ed.] Julián Velez. Medellín : s.n.,  
17 de Diciembre de 2007.

**2008.** Wikipedia@. *La Enciclopedia libre*. [En línea] 21 de Marzo de 2008.  
[Citado el: 10 de Abril de 2008.]  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia\\_aerodin%C3%A1mica](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_aerodin%C3%A1mica).

**2008.** Wikipedia@. *La Enciclopedia libre*. [En línea] 21 de Abril de 2008.  
[Citado el: 22 de Abril de 2008.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Inercia>.

**2005.** ZonaGravedad. *ZonaGravedad*. [En línea] Francisco Burzi, 2005.  
<http://www.zonagravedad.com>.

**ANEXOS**  
**ANEXO N.1**  
**IGSA**  
**INTERNATIONAL GRAVITY SPORTS ASSOCIATION**  
**2007 COMPETITION**  
**RULES AND REGULATIONS**

**GRAVITY BIKE SPECIFICATIONS**

- **FRAME:** Bike frame must be free of any cracks or rust. All welds must be in good condition.
- **WEIGHT:** Total weight of the bike, rider and all protective gear in racing configuration cannot exceed one-hundred-thirty-two kilograms (132kg / 290lbs). The complete bike cannot exceed thirty-four kilograms (34kg / 75lbs). Soft ballast added to the rider's body cannot exceed ten kilograms (10kg / 22lbs). If a heavyweight rider is unable to comply with the maximum combined weight rule (132kg / 290lbs), they will still be allowed to compete if their bike does not exceed sixteen kilograms (16kg / 35lbs). No added ballast will be permitted on either the bike or the body of overweight riders. A 1kg allowance will be given for variances in the accuracy of scales.
- **LENGTH:** Wheel base (axle to axle) must not exceed one hundred twenty-seven centimeters (127cm / 50").
- **FAIRINGS:** Small fairings to accommodate numbers are allowed on the front and rear.
  1. Front: A small fairing of any size or shape that can be designed to fit inside a box with the dimensions twenty-three centimeters (23cm / 10") by thirty-one centimeters (31cm / 12") is allowed.

2. Rear: A small fender like tailpiece can extend a maximum of ten centimeters (10cm / 3 15/16") beyond the rear tire. It cannot exceed fifteen centimeters (15cm / 6") in width.

- FRONT END: No part of the bike can protrude past the front tire.
- BRAKES: Bikes must have working front and rear brakes. Brakes must be adequate to stop the bike in one hundred meters (100m / 300') from a speed of one hundred kilometers per hour (100kph / 62mph) or the rider will be disqualified. Disc type brakes are recommended.
- WHEELS: Wheel size cannot exceed fifty-one centimeters (51cm / 20"). Disk wheels will be allowed on the rear only.
- TIRES: Tires must be in good condition with no visible cracks in the sidewall or tread. If a particular tire proves to have a significant performance advantage and is not made commercially available\* for a reasonable price, it could be specifically banned in the future.

\*Commercially available means the product must have been distributed to at least 24 people outside the company.

- FOOT PEGS / KNEELER BOARDS: Foot pegs at or near the rear axle or kneeler boards are required. Foot pegs must be at least three centimeters (3cm / 1 3/16") in diameter. Kneeler boards must not have any sharp corners.
- HANDLEBARS: Width of handlebars cannot exceed sixty-one centimeters (61cm / 24"). Grips are required and must be in good condition.
- SEAT: A seat is required and must be securely mounted to the bike. No tape or zip ties.
- NUMBER AREA: All bikes are required to have three number areas. The IGSA assigned numbers must be a minimum of ten centimeters (10cm / 4") tall. The numbers must be visible on the front and both sides of the bike when the rider is in place. The number and background must be of contrasting colors and highly

visible from six meters (6m / 20') away. (For number assignments see section XVIII.A)

- BALLAST: Ballast is allowed on both the bike and the rider to reach the maximum weight limit. Any weight added to the bike must be securely fastened to the frame. Tape, tie wraps or fasteners other than bolts or hose clamps are not legal for attaching weight. Ballast weight on bikes must be fastened with either a minimum six-millimeter (6mm / ¼") through bolt or double hose clamps. Ballast weights in excess of one kilogram (1kg / 2.2lbs) will require a minimum of thirteen-millimeter (13mm / ½") through bolt. Bolt and nut installations must be either cotter keyed or safety wired. Ballast added to the rider must be soft weights only and cannot exceed ten kilograms (10kg / 22lbs). Only shot or sand will be accepted and must be securely contained to avoid spillage on the racecourse. Body weights must be worn under leathers. Tech inspectors are charged to make thorough inspections of weight installation to make sure they meet all safety requirements.

Copyright © 1996-2007 International Gravity Sports Association (IGSA). All rights reserved.

## ANEXO N.2

Guía general para la preparación del PDS según Stuart Pugh:

- El PDS es un documento de control. Éste representa los requerimientos de lo que se quiere lograr con el producto.
- Ya que es un documento útil para muchas personas a la vez, debe ser escrito de una manera breve y clara.
- Nunca se debe escribir el PDS a manera de ensayo. Se deben utilizar frases cortas bajo cada uno de los parámetros que se están considerando.
- Desde el comienzo se debe tratar de cuantificar parámetros en cada una de las áreas por ejemplo el peso. En caso de no poderse establecer claramente, se puede estimar.
- Como el PDS es único para cada situación de diseño, la relación entre los distintos parámetros establecidos siempre varía. Es recomendable establecer un punto de partida diferente cada vez que se diseña, esto permite desarrollar una forma de pensamiento flexible, condición esencial para preparar un buen PDS.
- El PDS debe contener: nombre del producto, una fecha y debe estar numerado.

Tomado de: "Total Design", Stuart Pugh

Product Design Specifications - PDS

Ingeniería de Diseño de Producto – EAFIT

Archivo: María Cristina Hernández

## ANEXO N.3

### INVESTIGACIÓN SOBRE LAS GRAVITY BIKES

A continuación se presentan los hallazgos de la investigación sobre las características de las Gravity Bikes realizada en diferentes foros, Páginas Web, videos de entrevistas a competidores profesionales y entrevistas con los usuarios directos.

En conclusión una buena Gravity Bike tiene 4 características principales:

- Buena estabilidad
- Bajo centro de Gravedad
- Buena Frenada
- Aerodinámica

#### 1. Buena Estabilidad

**1.1 Aumentar la distancia entre ejes:** Desplazaremos el eje trasero hacia atrás en las punteras de entrada horizontal para hacer la bici lo más estable posible.

La modificación más importante es el aumento de la distancia entre ejes:

- El reglamento permite hasta 127 cm.
- Una distancia de 125 cm. (por si añadimos una horquilla de suspensión en el futuro, que puede aumentar ligeramente esta distancia), es adecuada para pilotos muy altos, pues el manillar queda muy lejos...
- Una distancia de unos 115 cm. es un buen estándar para un piloto de 1'75-1'80 m. pues gana estabilidad y manejabilidad.

#### 1.2. Reparto de masas entre el eje trasero y delantero:

Debido a la postura sobre la bici, cargamos más peso en el eje trasero que en el delantero. Notarás que en horquillas amplias la cubierta trasera empieza a perder adherencia antes que la delantera. Para compensar esto y añadir carga al tren delantero podemos hacer:

- a. Llenar la horquilla con plomo: Agrandamos los agujeros de respiración de las soldaduras de la parte inferior de la horquilla e introducimos plomo granulado (también lo encontrarás en tu tienda de buceo) hasta llenar las barras. Luego tapamos los orificios con masilla de 2 componentes. En una horquilla Unicrown típica caben unos 3Kg. de plomo.
- b. Desplazar el lastre del pedalier hacia delante. Inclinando la varilla roscada en la dirección adecuada. Eso sí, necesitarás reforzar la sujeción porque, al estar la varilla en ángulo, se puede partir por la fuerza que hace sobre ella el lastre.
- c. Adelantar nuestra postura en el sillín cuando sea necesario. Esto hay que hacerlo con cuidado porque al adelantarnos generalmente también elevamos el cuerpo, disminuyendo la estabilidad.

Normalmente, el peso se distribuye al 50-50 o 60-40 % entre las ruedas trasera y delantera. Sin embargo, hay algunos ajustes que hay que considerar.

- Si llueve (sí, las competiciones no se paran si llueve) conviene quitar peso para que en las curvas no le exijamos tanto agarre al neumático.
  - Si el tramo inicial no tiene mucha pendiente, a veces compensa quitar peso porque hay menos lastre que empujar en la salida.
- d. Los apoyos de rodillas: Son opcionales en las bicis de serie e imprescindibles en las largas para no cargar tanto peso en los brazos. Debe tener 2 características:
    - Son regulables, en altura y longitud. , lo que permite adaptarse a distintas alturas de piloto.
    - Se pueden reemplazar si se doblan.

La distribución de peso ha de ser aproximadamente 50 % en el trasero y 50 % en las rodillas.

- Si llevas los apoyos de rodilla muy altos, irás más inestable y se te cansarán las piernas al no ir sobre el asiento.
- Si llevas los apoyos de rodillas muy bajos, casi no los alcanzarás y llevarás casi todo el peso en el trasero, dificultando el control.



## 2. Bajo Centro de Gravedad

2.1 **Bajar el centro de gravedad:** Esto lo lograremos de dos formas:

a. El asiento ha de estar lo más bajo posible, casi rozando la cubierta trasera, para que nuestro cuerpo quede en la mejor posición.

- **Sillín ultra bajo:** Para ganar estabilidad y velocidad de paso por curva, debemos de bajar más la postura de nuestro cuerpo.

b. **Lastrado:** El lastre nos ofrece más estabilidad a altas velocidades, especialmente si lo colocamos muy bajo. Como contrapartida perdemos frenada y algo de velocidad en la salida.

Debemos colocar normalmente entre 5 y 8 Kg. de lastre de plomo (pregunta en las tiendas de buceo) bajo el pedalier para bajar al máximo el centro de gravedad. Por cierto, hay pastillas de plomo recubiertas de goma negra: más estéticas, no rayan la bici y no se mueven.

La diferencia es clara, sin lastre la bici es más nerviosa y se frena más en los tramos con poca pendiente. Comprobarás que, cronómetro en mano, la bici lastrada es más rápida.

## 3. Buena Frenada

Doble V-Brake obligatorio: la frenada con V-Brake suele ser más que suficiente y la ventaja que aporta es que no calienta las llantas al frenar, lo que puede provocar reventones si utilizamos cámaras de baja calidad (kenda) y bajamos puertos largos y/o con frenadas constantes (por ejemplo si hay tráfico y hay que frenar constantemente).

#### 4. Aerodinámica:

- a. aprovechando la placa para el dorsal, le hemos dado un poco de curvatura y una forma curva en la parte inferior para crear una mini cúpula que, además de mejorar el aspecto de nuestra bici, nos desviará ligeramente el aire por encima del casco, mejorando nuestro coeficiente aerodinámico.

La cúpula la hemos hecho con una pantalla de protección para trabajo que encontramos en las ferreterías y la sujetamos mediante bridas.

- b. Rueda lenticular (sólo se permite la trasera). Se hace así.
  - Consigue dos planchas de plástico.
  - Coge una aguja de coser, hilo y al otro extremo enrollas un bolígrafo.
  - Tomas la distancia del centro del eje a la llanta y dibujas un círculo en el plástico.
  - Lo recortas (en la duda, deja más plástico, siempre estás a tiempo de recortarlo).
  - Haces el agujero adecuado para que pase el lateral del buje y un corte del centro al borde en línea recta. Esto es para que se pueda enrollar ligeramente y coja la forma de cono, si no, saldrían arrugas.
  - Vas probando y poco a poco vas recortando hasta que encaje perfecto. Con el bolígrafo usas esa plancha como plantilla para hacer la otra.
  - Dale la forma de cono y, con cinta adhesiva de doble cara pegas a lo largo del corte.
  - Luego colocas cinta de doble cara enrollada en los radios y pegas las planchas a los radios. Si lo haces bien no se mueven nada.
- c. Colín trasero. Pequeño, para colocar detrás nuestro a modo de porta números. Construcción artesanal.

#### 5. Para hacer la Gravity Bike más competitiva

1. **Fuera la transmisión:** Quitamos cadena, platos y bielas.
2. **Cambio de manillar:** Lo ideal es un manillar de moto ajustable de 5 piezas, para poderlo adaptar a nuestro gusto.

3. **Sillín Ultra bajo:** Para ganar estabilidad y velocidad de paso por curva, debemos de bajar más la postura de nuestro cuerpo.
4. **Pegs o Tacos:** La mejor postura para los pies es con el empeine apoyado en el peg y apretando muslos y botas contra la bici
5. **Lastrado:** El lastre nos ofrece más estabilidad a altas velocidades, especialmente si lo colocamos muy bajo. Como contrapartida perdemos frenada y algo de velocidad en la salida.
6. **Horquillas de suspensión:** No son necesarias en general aunque, a medida que cogemos nivel y nos atrevemos con puertos con más pendiente y, generalmente, peor asfalto, marcan la diferencia (en diversión, seguridad y cronos).  
En esta ocasión le hemos colocado la mejor horquilla de suspensión que podemos encontrar. Se trata de la MEKS AC Carbon:
  - Botellas en fibra de carbono (en realidad nos dá un poco igual... ;)
  - Muelle + elastómero + amortiguación hidráulica por aceite.
  - Regulación externa de precarga y rebote.
  - Anclaje para V-Brake y disco.
  - Cuello de aluminio de 1 1/8"
7. **Amortiguador de dirección:** Lo compramos en las tiendas de motos.  
  
Su misión es la de eliminar los bandazos en la dirección que podemos recibir por encima de los 70 Km/h. Funcionan igual que el hidráulico de una horquilla y son fácilmente ajustables para que actúen con más o menos intensidad. Eso sí, comprueba que te restrinja el movimiento del manillar lo menos posible.
8. **Eje trasero de 14 mm:** Debido a que cargamos mucho peso en el eje trasero, los ejes estándar de 10 mm. de grosor se pueden acabar doblando ligeramente.

Por ello, es conveniente agenciarse un par de ejes de repuesto (los tendrán de desguace en tu tienda de confianza), que puedes cambiar tranquilamente en casa con un par de llaves de conos. Mejor aún es que consigas un buje o rueda trasera con eje de 14 mm., como usan en las bicis buenas de BMX para darte jumo, Freestyle, etc.

9. **Cubiertas lisas:** te darán más velocidad, frenada y agarre en curva.

Las ruedas de BMX (y de las Gravity Bikes), siempre son de 20". La anchura más utilizada es 1.95". Las dos marcas más utilizadas son:

- Decathlon: Muy blandas, se gastan antes. Buen agarre aunque no permiten hincharlas más de 4 bar, por lo que son algo menos rápidas en recta. Baratas y fáciles de comprar.
- Maxxis hookworn: Muy populares en competición. Perfil muy redondo y carcasa muy dura. Buen agarre, poco rozamiento y larga duración.

Elección de cubiertas: Las más adecuadas y polivalentes son las de BMX de Freestyle de anchura 1,95" lisas con un poco de dibujo. Absorben bien por su buen balón y tienen muy buen agarre en curvas, permitiendo buenas tumbadas.

En puertos de montaña rápidos y sin curvas muy cerradas puedes intentar colocar cubiertas de bici de paseo de 1,75". Aumentan ligeramente la velocidad punta aunque la conducción es algo más delicada y el agarre en curva disminuye un poco. Sin embargo, en trazados de mucha pendiente, piso irregular o curvas cerradas son más lentas.

En cualquier caso, hay que hincharlas a una buena presión para evitar flaneos y aumentar la velocidad.

10. **Ciclo computador (Cateye):** Asegúrate de que admita ruedas de 20" y que pueda marcar velocidades superiores a los 100 Km/h.

**11. Carenado del cuadro (opcional):** Normalmente, una Gravity Bike gana mucho en estética si le hacemos un carenado al cuadro para lograr el aspecto de un monocasco, mejorar ligeramente la aerodinámica y, de paso, tener espacio para los adhesivos de los patrocinadores.

El carenado no puede, en ningún caso, desviar el aire del piloto, ya que nos iríamos a la categoría 3/4, sólo puede cubrir la bicicleta. Hay varias maneras:

- Fibra de vidrio. Con un poco de maña, o la ayuda de alguien que la trabaje, puedes hacer trabajos espectaculares.
- Chapa metálica. En un taller la cortan con la forma del cuadro, la sueldan, liman los bordes y ya puedes pintarla con el diseño que prefieras.
- Plástico, del utilizado para rótulos. No es muy recomendable porque siempre se rompe en las caídas o en los remotes.

## ANEXO N.4

**ANEXO N.5**









