

DISEÑO DE UN MARCO EN MADERA PARA BICICLETA DE RUTA

DAVID FELIPE FONSECA PULIDO  
JULIO CESAR PARRA SALAZAR

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.019

DISEÑO DE UN MARCO EN MADERA PARA BICICLETA DE RUTA

DAVID FELIPE FONSECA PULIDO  
JULIO CESAR PARRA SALAZAR

Proyecto integral de grado para optar el título de  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.019

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Daniel Eduardo Villalobos Correa

---

Ing. Oscar Chamarraví Guerra

Bogotá D.C. Agosto de 2019

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente institucional y Rector del Claustro

**DR. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**DR. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrados

**DRA. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Decano de la Facultad de Ingenierías

**ING. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

**ING. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL**

Las directivas de la Universidad América los jurados calificadores y el cuerpo de docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

El trabajo realizado lo dedico con mucho cariño para mi mama y mis abuelos, que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos ya que, con su ejemplo y amor profundo, me encaminaron a seguir día a día, siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí. A mis amigos que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

David Felipe Fonseca Pulido

Este trabajo lo dedico a cada una de las personas que me ayudaron y acompañaron durante todo el proceso de mi formación profesional. Mi madre que siempre me animó a cumplir cada una de mis metas que he tenido hasta ahora. Mi padre que me acompaña y guía en los pasos que doy. A mi hermano quien siempre ha sido mi guía, modelo a seguir y consejero en mis decisiones.

Quiero agradecer a mis compañeros porque ellos directa o indirectamente aportaron para que pueda ser un profesional competente dentro de la industria.

Julio Cesar Parra Salazar

Agradecemos especialmente al ingeniero Ubainer Acero quien nos acompañó y orientó durante todo el proceso del desarrollo de este proyecto brindándonos consejos, acompañamiento y guía. Gracias a él logramos tener un norte en el proyecto y definir cada uno de los parámetros que usaríamos para lograr cumplir con los objetivos.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL</b>	<b>17</b>
<b>1.1 EVOLUCION DE LOS MATERIALES DEL MARCO</b>	<b>18</b>
<b>1.2 BICICLETAS EN ALUMINIO</b>	<b>18</b>
<b>1.3 BICICLETAS EN CARBONO</b>	<b>19</b>
<b>1.4 BICICLETAS EN MADERA</b>	<b>20</b>
<b>1.5 GEOMETRIA DE UN MARCO</b>	<b>21</b>
<b>2. PARÁMETROS BÁSICOS</b>	<b>28</b>
<b>2.1 ESPECIFICACIONES</b>	<b>28</b>
<b>2.2 PARAMETROS SEGÚN NORMA</b>	<b>28</b>
<b>2.3 REFORESTACIÓN DE LA MADERA</b>	<b>30</b>
<b>3. SELECCIÓN TIPO DE MADERA</b>	<b>32</b>
<b>3.1 TIPOS DE MADERA</b>	<b>32</b>
3.1.1 Maderas blandas	36
3.1.2 Maderas Duras	36
<b>3.2 ESPECIFICACIONES DE MATERIAL</b>	<b>38</b>
<b>4. DISEÑO DETALLADO</b>	<b>42</b>
<b>4.1 MODELO DEL MARCO</b>	<b>43</b>
<b>4.2. CARGA EN EL TENEDOR (TELESCOPIO)</b>	<b>44</b>
<b>4.3 EL MARCO</b>	<b>52</b>
<b>4.4 CARGAS POR MOMENTO PEDALEO</b>	<b>56</b>
<b>4.5 ANALISIS ADICIONALES AL MARCO</b>	<b>60</b>
4.5.1 Fuerzas aerodinámicas	60
4.5.2 Fuerzas al frenar	62
4.5.3 Soldadura y adhesivos en los empates	64
<b>5. SIMULACIÓN MEDIANTE MEF</b>	<b>70</b>
<b>5.1 RESTRICCIÓNES</b>	<b>70</b>
<b>5.2 CARGAS EN EL MARCO</b>	<b>71</b>
<b>5.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN</b>	<b>74</b>
<b>5.4 PESO OBTENIDO DEL MARCO</b>	<b>76</b>
<b>6. MANUAL DE ENSAMBLE</b>	<b>79</b>
<b>7. MANUAL DE ENSAMBLE CON PERIFERICOS</b>	<b>82</b>
<b>8. EVALUACION FINANCIERA</b>	<b>86</b>
<b>8.1 COSTOS DE INGENIERIA</b>	<b>86</b>
<b>8.2 COSTO DE MADERA</b>	<b>87</b>
<b>8.3 COSTO DE ADITAMENTOS O INCRUSTACIONES</b>	<b>88</b>

<b>8.4 COSTOS POR MANO DE OBRA</b>	<b>89</b>
<b>8.5 COSTOS TOTALES</b>	<b>93</b>
<b>8.6 COSTOS CON RESPECTO A OTROS MATERIALES</b>	<b>94</b>
<b>9. CONCLUSIONES</b>	<b>95</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Especificaciones del Pino Caribe	39
Cuadro 2. Especificaciones Pino Radiata	39
Cuadro 3. Especificaciones Pino Amarillo	40
Cuadro 4. Especificaciones Teca	40

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes 1	57
Tabla 2. Porcentajes 2	58
Tabla 3. Fuerza y potencia aerodinámica	62
Tabla 4. Medidas marco	68
Tabla 5. Comparación de pesos	77
Tabla 6. Costos del proyecto	86
Tabla 7. Volumen de madera a usar para el marco	87
Tabla 8. Costos por cada madera	88
Tabla 9. Adicionales al marco	89
Tabla 10. Costos por mano de obra	89
Tabla 11. Factor corrección	90
Tabla 12. Consumo pintura	93
Tabla 13. Costos totales	94
Tabla 14. Comparación entre marcos	94

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1 Evolución de las bicicletas	17
Imagen 2. Fibra de carbono	20
Imagen 3. Bicicleta en madera	21
Imagen 4. Postura ciclista	22
Imagen 5. Marcos según época	23
Imagen 6. Disposición del Stack y el Reach	24
Imagen 7. Talla mediana para diferentes estaturas	25
Imagen 8. Tipos de marcos	27
Imagen 9. Tipos de soldaduras	27
Imagen 10. Dimensiones según norma	30
Imagen 11. Forest for all forever	31
Imagen 12. Fibras de la madera	33
Imagen 13. Desviación por grano	34
Imagen 14. Nudos de la madera	34
Imagen 15. Defecto por maquinado y por secado	35
Imagen 16. Marco predeterminado	43
Imagen 17. Ejemplo de unión de radios, guía.	44
Imagen 18. Ubicación de cargas zona frontal	45
Imagen 19. Empotramientos	46
Imagen 20. Esquemas flexión, torsión, cortante.	47
Imagen 21. Producido por fuerzas en manubrio	48
Imagen 22. Esfuerzos en dirección	49
Imagen 23. Diagrama cuerpo libre frontal	50
Imagen 24. Diagrama cuerpo libre marco	52
Imagen 25. Barras en marco	53
Imagen 26. Ensayo fatiga	54
Imagen 27. Propulsión Bicicleta	56
Imagen 28. Distancia pedal biela	57
Imagen 29. Prueba de aerodinámica	61
Imagen 30. Aluminio 6061	64
Imagen 31. Materiales 1	64
Imagen 32. Materiales 2	65
Imagen 33. Zona de soldadura	65
Imagen 34. Factores geométricos para el análisis de soldaduras	66
Imagen 35. Zona soldadura inferior	68
Imagen 36. Dropout	70
Imagen 37. Telescopio	71
Imagen 38. Fuerza en el telescopio	72

Imagen 39. Fuerza en el empate del sillín	72
Imagen 40. Fuerza en el centro	73
Imagen 41. Fuerzas en los Dropout	73
Imagen 42. Deformación del material	74
Imagen 43. Punto de máxima deformación	75
Imagen 44. Esfuerzo máximo von mises	75
Imagen 45. Imagen para manual ensamble	80
Imagen 46. Aditamentos centro	81
Imagen 47. Manual de periféricos	82
Imagen 48. Caña	83
Imagen 49. Tenedor	83
Imagen 50. Sillín	84
Imagen 51. Bielas	84
Imagen 52. Manzana trasera	85

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ficha técnica Afix PU montaje pegamento	100
Anexo B. Cotización madera, aluminio y mano de obra	104
Anexo C. Fichas Técnicas	106
Anexo D. Propiedades aluminio 6061	110
Anexo E. Planos Técnicos	112

## RESUMEN

Se desarrolló y realizó el proyecto que tiene como nombre “Diseño de un marco en madera para bicicleta de ruta”. Inicialmente se generó un diagnóstico de la situación actual de los diseños teniendo en cuenta la normativa bajo la cual se deben registrar cada fabricante a nivel competitivo. Ya con esta información se procedió a plantear alternativas de maderas gracias a la información encontrada en los laboratorios de la universidad Distrital Francisco José de Caldas y páginas de internet con las cuales se podría llevar a cabo éste proyecto para poder así seleccionar la más calificada para nuestros objetivos.

Se procedió a la selección del material óptimo para realizar el diseño, teniendo en cuenta la información recopilada y los estándares deseados. Luego se procede a la elaboración base del diseño teniendo en cuenta la selección de madera y así iniciar el cálculo y generación virtual del marco.

Adicionalmente se realiza un análisis del diseño por medio de MEF (método de elementos finitos) para corroborar los resultados deseados.

Por último, se realizó la evaluación financiera del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, marco de bicicleta, madera.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se basa en el diseño de un marco de bicicleta que cumpla con las necesidades del usuario teniendo en cuenta el peso y la geometría, a su vez debe cumplir con la seguridad y la buena experiencia del mismo al momento de utilizar el marco, teniendo esto en cuenta como la *importancia* del desarrollo del proyecto.

Inicialmente los marcos de bicicleta eran construidos con madera de la época la cual era muy pesada y poco práctica. En la actualidad a pesar de los avances tecnológicos, este diseño no se ha dejado a un lado ya que presenta un gran atractivo visual para el cliente así mismo se ha logrado mejorar los diseños antiguos para evitar el exceso de peso y mejorar su practicidad.

Este trabajo da *origen* en la búsqueda de realizar un marco de bicicleta en madera que pueda cumplir con la normativa estipulada por la UCI (Unión Ciclista Internacional) teniendo en cuenta el peso y la geometría del mismo.

La mayoría de los marcos que se utilizan en las bicicletas de ruta están fabricados en aleaciones de aluminio junto con otros materiales que ayudan en su resistencia. En la actualidad los fabricantes buscan alternativas de materiales en las cuales puedan incursionar para mejorar las garantías de sus diseños o generar atractivo para los consumidores finales, una de estas alternativas de gran aporte puede llegar a ser bicicletas en madera.

El *objetivo* de este proyecto es “Diseñar un marco de madera para bicicleta de ruta”, que cumpla con las especificaciones que se presenta en este proyecto, para lograr este objetivo se plantearon unos objetivos específicos los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto, estos son;

- Diagnosticar la situación actual de los diseños para marcos de bicicleta
- Establecer los parámetros básicos y requerimientos funcionales
- Evaluar y seleccionar el tipo de madera a usar
- Realizar el diseño detallado
- Simular mediante MEF el funcionamiento del marco
- Elaborar planos de fabricación, ensamble
- Elaborar un manual de ensamble del marco con los demás componentes de la bicicleta
- Evaluar financieramente el diseño

Este proyecto está enmarcado exclusivamente en el diseño de un marco en madera para bicicleta de ruta buscando plantear una alternativa de material para una bicicleta en el ámbito competitivo.

No obstante, debido a que este diseño es netamente teórico, se intenta dejar lo más cercano posible a sus condiciones reales, tomando como referencia las geometrías y medidas de longitud de diseños ya existentes.

Se desea generar un diseño óptimo que cumpla con las normativas internacionales de competencia y a su vez mostrar alternativas funcionales dentro de las más altas categorías.

La *aplicación* de este proyecto será para la industria del ciclismo enfocándonos principalmente en un diseño para categorías de ciclismo competitivo a nivel internacional.

Su enfoque principal será el diseño del marco teniendo como guía el libro “La ingeniería de la bicicleta” de la fundación Esteyco. Se va a desarrollar un diseño evaluado por sistemas de simulación y modelamiento.

No se construirá prototipo, no se aplicará la máquina para una empresa específica sino como oportunidad de negocio de los autores solo del diseño y la simulación que consiste en realizar un documento que contenga el diseño. Esto se debe a la *limitación* de tiempo y presupuesto lo que no hace posible la construcción del prototipo.

## 1. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

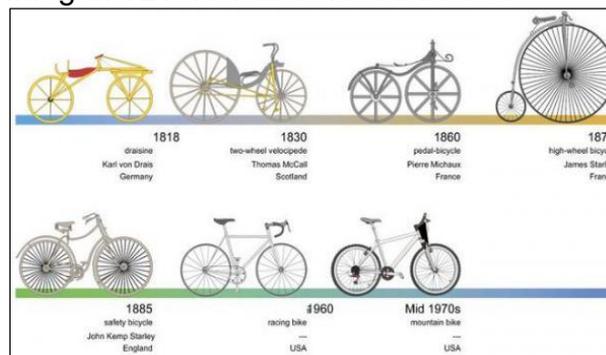
La primera bicicleta<sup>1</sup>, fabricada con madera, se llamaba draisina ya que su inventor fue Karl Drais en 1.817. No tenía pedales y había que empujarla con los pies en el suelo. Un herrero escocés llamado Kirkpatrick Macmillan creó la primera máquina con pedales y dos ruedas en 1.839. Sin embargo, esta rudimentaria bicicleta aún no tenía correa de transmisión.

En 1.861, al francés Ernest Michaux se le ocurrió una original mejora: ubicar los pedales en la rueda delantera. No triunfó porque se necesitaba mucho equilibrio para manejarla, pero la idea de los pedales conectados a la rueda abrió el camino para llegar a la bicicleta tal y como la usamos actualmente. Para resolver el problema de la falta de equilibrio, en 1.873, un inventor inglés llamado James Starley propuso una máquina con la rueda delantera mucho más grande que la trasera. En enero de 1.887, el norteamericano Thomas Stevens comenzó el primer viaje en bicicleta alrededor del mundo. Partió de San Francisco y no llegaría hasta tres años después. Toda una aventura.

En 1.885, John Kemp Starley crea la “bicicleta de seguridad” o Safety Bicycle, muy parecida a una bicicleta actual. Tenía frenos y la postura era mucho más cercana al suelo, de ahí su nombre, después, se añadieron las ruedas con cámara de aire y la cadena de transmisión conectada a la rueda de atrás. Es la bicicleta moderna.

A continuación se muestra brevemente las evoluciones más significativas que se registraron en el paso de los años desde el año 1.818 hasta la actualidad, iniciando con el diseño de Karl Drais hasta la “safety bike” o bicicleta de seguridad de Jhon Kemp.

Imagen 1 Evolución de las bicicletas



Fuente: COCHES.NET(foros de debate Historia de la bicicleta) [online]. Toledo (España): Retrieved from <http://debates.coches.net/forum/off-topics/124696-historia-de-la-bicicleta>. [Citado el 07/05/2018]

<sup>1</sup> COCHES.NET(foros de debate Historia de la bicicleta) [online]. Toledo (España): Retrieved from <http://debates.coches.net/forum/off-topics/124696-historia-de-la-bicicleta>. [Citado el 07/05/2018]

## 1.1 EVOLUCION DE LOS MATERIALES DEL MARCO

La industria metalúrgica desarrolló en su momento tecnologías muy eficientes para fabricar tubos de acero y poder atender la enorme demanda de un producto que tenía infinidad de aplicaciones prácticas. Por ello, los primeros fabricantes de bicicletas, y cuantos les siguieron después, fabricaron con este material<sup>2</sup> los marcos de la bicicleta.

En tiempos mucho más cercanos, el progreso en la metalurgia impulsó la utilización generalizada del aluminio. Su obtención, a partir de un mineral muy abundante, la bauxita, requería un consumo energético considerable, lo que conllevaba un precio elevado y poco competitivo en relación con el del acero. Con el paso del tiempo la industria del aluminio fue optimizando sus procesos de producción. La energía necesaria para fabricar un kilogramo de este metal se redujo con la consiguiente reducción de precios.

La bicicleta acabó por beneficiarse, también, de estos progresos, hasta el punto que, en la actualidad, para la fabricación de marcos y otros componentes, los aluminios aleados se han hecho los principales protagonistas desplazando al acero.

Además, al progreso en los materiales se han unido los avances tecnológicos que permiten transformar los tubos, por hidroformado, prensado o forjado u otros procedimientos y configurar sorprendentes marcos con tubos de muy variadas geometrías con paredes conificadas de espesor variable, que permiten optimizar su comportamiento aerodinámico y su capacidad resistente.

En la actualidad se desarrollan diseños con distintos materiales un poco más avanzados como la fibra de carbono, sin embargo, estos diseños logran elevar el precio considerablemente lo que afecta al consumidor.

Teniendo en cuenta el mercado de la industria el material más utilizado por los usuarios por sus prestaciones y costo es la aleación de aluminio ya que, aunque tenga una vida útil relativamente corta cumple con la necesidad del cliente y con un costo bajo.

## 1.2 BICICLETAS EN ALUMINIO

Dentro del mercado<sup>3</sup> de las bicicletas se encuentra gran variedad de diseños y materiales, los cuales son usados para diferentes actividades, con el fin de proporcionar al usuario más seguridad al usar el producto. Cuando se habla de la

---

<sup>2</sup> Carrilo Carmen. Materiales de la bicicleta. Retrieved from <https://prezi.com/51w54knp55bn/materiales-de-la-bicicleta/> [Citado el 20/09/2019]

<sup>3</sup>Tuvalum. La guía definitiva de cuadros de bicicleta; ¿qué material es mejor? (). Retrieved from <https://tuvalum.com/blog/guia-materiales-cuadros-bicicleta/> [Citado el 15/09/2018]

situación actual de los marcos se dice que se están utilizando variadas geometrías y aleaciones con composiciones distintas para llamar su atención, brindar propiedades mecánicas y alargar su tiempo de vida útil.

Uno de los materiales más usados para la fabricación de marcos de bicicletas por su baja densidad, economía es el aluminio y sus aleaciones, que comúnmente son Aluminio 6061 y Aluminio 7005, los cuales se componen de Magnesio y Zinc respectivamente. No obstante, la calidad del marco depende también de los acabos y tratamientos que ha este se le den. Su primera aparición en la industria del ciclismo fue en 1970 y gracias a esto las principales marcas cuentan con modelos en sus gamas fabricados mayoritariamente en este material.

Al ser comparado con el acero, el aluminio es un material de una densidad muy baja, teniendo en cuenta esto se puede afirmar que el aluminio es más maleable que el acero, menos sensible a la corrosión y además ligero, por lo tanto, resulta más fácil de manejar en la fabricación de los marcos con diferentes geometrías, adicional a esto es más económico que la fibra de carbono y requiere menos tiempo de fabricación.

Los tubos en aluminio pueden tener diferentes diámetros, esto ayuda a los fabricantes en la elaboración de marcos con una excelente combinación entre rigidez y ligereza por lo que permiten que los tubos horizontales puedan ser más gruesos en los extremos que en la parte central favoreciendo así la rigidez del marco sin afectar en un incremento de peso.

Por otro lado, el aluminio es un metal propenso a sufrir fatiga o desgaste estructural por el paso del tiempo y el uso, además es un material difícil de reparar en comparación al acero.

Los marcos en aluminio pueden ser una de las mejores opciones en términos de presupuesto y tipo de uso para la mayoría de ciclistas, sin embargo, su vida útil sigue siendo mejor que los marcos de otros materiales.

### 1.3 BICICLETAS EN CARBONO

Debido a su configuración y las resinas termoestables para crearla<sup>4</sup>, la fibra de carbono es mucho más rígida que los materiales tradicionales como el aluminio o el acero aportando a evitar la absorción de la fuerza generada por el ciclista y así ayudar a lograr mayores velocidades. De hecho, es 10 veces más fuerte que el acero y 8 veces más que el aluminio. Por esta razón, los fabricantes han apostado cada vez más por marcos de este compuesto para modalidades más exigentes.

---

<sup>4</sup> Bicoscope. Bicicletas en fibra de carbono. Retrieved from <https://www.bicoscope.com/las-ventajas-la-fibra-carbono-bicicleta/> [Citado el 11/06/2018]

Los marcos conocidos como en material carbono no son 100% en este material, realmente se componen de resina epoxi junto con la fibra de carbono, ahora dado que este material tiene una elevada dureza, suele ser susceptible a impactos. Eso significa que se pone en juego de alguna forma la integridad del compuesto, el marco podría necesitar reparación o en el peor de los casos, tendría que ser reemplazado ya que debido a su alta dureza no genera gran deformación antes de su falla.

Debemos reconocer que aún hay modelos de bicicletas de aluminio o acero en modalidades cotidianas como todo terreno, carretera, gran fondo o paseo con excelente terminación y conducción, así que la fibra de carbono no lo es todo en el futuro del ciclismo. Además, debido a la calidad del módulo de fibra de carbono, la bicicleta podría ser susceptible a sufrir mayores daños en caso de colisión, a diferencia de sus contrapartes hechas con otros materiales.

Como dato adicional se debe tener en cuenta su elevado costo de fabricación y por consiguiente de venta lo que se traduce a un material relativamente exclusivo para algunos ciclistas que desean incursionar en nuevos materiales para sus marcos.

Imagen 2. Fibra de carbono



Fuente: Biscscope. Bicicletas en fibra de carbono. Retrieved from <https://www.biscscope.com/las-ventajas-la-fibra-carbono-bicicleta/> [Citado el 11/06/2018]

#### 1.4 BICICLETAS EN MADERA

Gracias a los avances tecnológicos y la búsqueda de nuevos materiales para marcos de bicicletas se han logrado generar grandes avances dentro de los diseños en madera. Existen grandes fabricantes dentro de la industria que llevan años trabajando y perfeccionando sus diseños.

Sin embargo, dentro de los diseños existentes se encuentran prácticamente los mismos inconvenientes, al no ser un material isotrópico no posee propiedades mecánicas iguales en todas las direcciones lo que puede generar múltiples zonas en las que puede ocurrir un fallo del material. Algunos fabricantes han buscado

solucionar dicho inconveniente combinando maderas duras junto con maderas blandas para así generar mayor resistencia y disminuir la probabilidad de fallo del material, pero esto no logra confirmar que evita por completo el fallo del material.

Gracias a las fibras en la madera se podría afirmar que logran absorber las vibraciones con una eficiencia mayor al aluminio o el carbono, sin embargo al ser un material que da lugar a la anisotropía las fibras no logran soportar cargas eficientemente, ubicando sus fallas principales en las zonas en las que se generan cargas de tracción y compresión paralelas a sus fibras.

Imagen 3. Bicicleta en madera



Fuente: Giovanetti. Retrieved from <http://www.bicicletasgiovannetti.com> [Citado el 02/07/2018]

Como se puede evidenciar en la imagen algunas de las bicicletas fabricadas 100% en madera presentan una única dirección en las fibras, aunque algunos fabricantes han logrado modificar estas zonas fabricando piezas en otras direcciones no se podría confirmar que suplen dicho inconveniente.

### 1.5 GEOMETRIA DE UN MARCO

El diseño de cada marco (geometría) de las bicicletas está basado en dar una óptima respuesta a los diferentes usos que los usuarios puedan darle. Teniendo en cuenta esto tanto el material como la geometría que el marco presente dará respuesta a las necesidades del mercado, por esto existen variedades de modelos

que buscan tener un estilo óptimo para cada tipo de cliente, además la estética y las modas que existan harán el resto del trabajo.

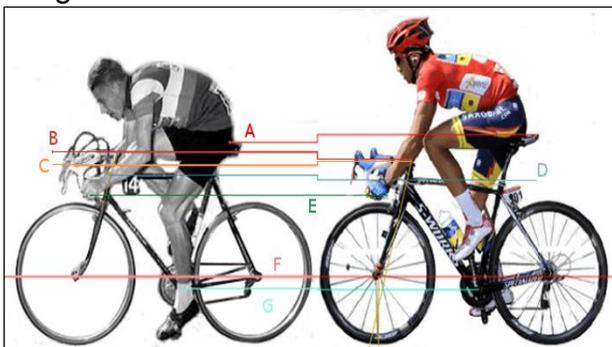
Esto también podría conllevar que clientes con medidas diferentes o necesidades particulares pueden necesitar un marco a medida o un diseño un poco diferente.

La evolución de la geometría de los marcos ha venido generándose por más de un siglo debido a que existen factores que intervienen en su manejo tales como ángulos de los tubos, diámetros, las diferentes rigideces, distancias entre puntos alturas, ubicación de centros de gravedad, etc.

En el pasado era más frecuente ver ciclistas en competencia sujetar el manubrio abajo<sup>5</sup>, ahora esta posición se reserva a los descensos, sprints y fugas en solitario.

En la imagen 4 se muestra Jacques Anquetil y Alberto Contador, se ven las diferencias en estilos de conducción y en el fitting del corredor- Ambos tienen las mismas estaturas.

Imagen 4. Postura ciclista



Fuente: Miguel Angel Davila. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 19/07/2018]

Según la imagen anterior con la disponibilidad de cambios más cortos en el piñón, de 23 hasta 30 dientes y la aparición de platos pequeños de 39 y 38 dientes, el ciclista de ahora corre con más revoluciones de pedal. Antes los corredores utilizaban una posición más baja del sillín (A) pues aplicaban más fuerza que revoluciones, esto último requiere un sillín más alto para no lastimar las rodillas y ser más ágil.

La potencia en la actualidad (B) es más baja y el manubrio moderno tiene menos profundidad y avance, para que el ciclista se acomode al agarre a los pasamanos

---

<sup>5</sup>Mazón Carlos. Diseño de cuadros (geometrías). Retrieved from <http://www.biziosona.com/2016/02/05/disenno-de-cuadros-geometrías/> [Citado el 11/08/2018]

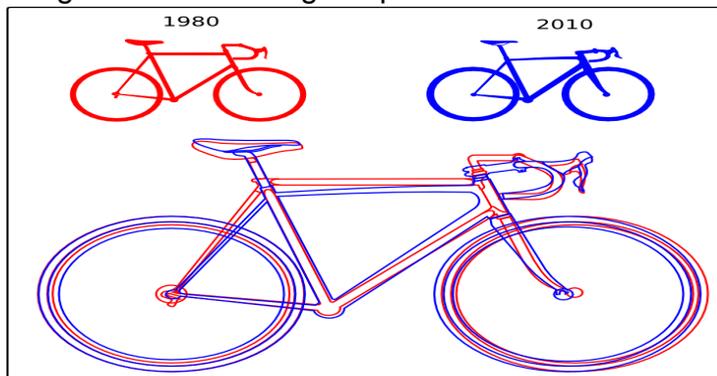
de las palancas de freno. En las bicicletas antiguas los pasamanos de los frenos quedan más bajos (C).

En general, esto deriva en que se utilizan cuadros (marcos) más pequeños<sup>6</sup> en la actualidad (D). Si yo antes usaba un cuadro 58, ahora el fitting pide un 56.

En los años 70's y 80's existían demasiadas tallas para los marcos de bicicleta debido a que cada ciclista quería tener su marco a la medida lo que generaba un desorden de mercado en general, todas estas décadas de desarrollo han logrado que los fabricantes de marcos realicen geometrías estandarizadas en tallas pequeñas, medianas y grandes como las actuales. Geometrías que tienen medidas estandarizadas como por ejemplo de 48 a 60 mm en la distancia entre el centro y el poste del sillín, adicional a esto equilibrios entre pesos, eficiencias, maniobrabilidad y confort.

En la siguiente gráfica se muestra la superposición de los dos marcos, el antiguo de acero con tubos estándar y uno moderno de aluminio oversized.

Imagen 5. Marcos según época



**Fuente:** Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

Permite ver los cambios en el diseño de los marcos desde 1.980 —que se había mantenido probablemente desde los 50— a 2.010. Aunque la geometría básica, que consigno más arriba, es la misma, hay variantes muy importantes, no solo en el ancho de los tubos y la posición resultante de las manetas de freno. En los marcos modernos aparece la inclinación del tubo superior o sloping (en adelante se usará el término inglés por sencillez), de la que hablaré a continuación.

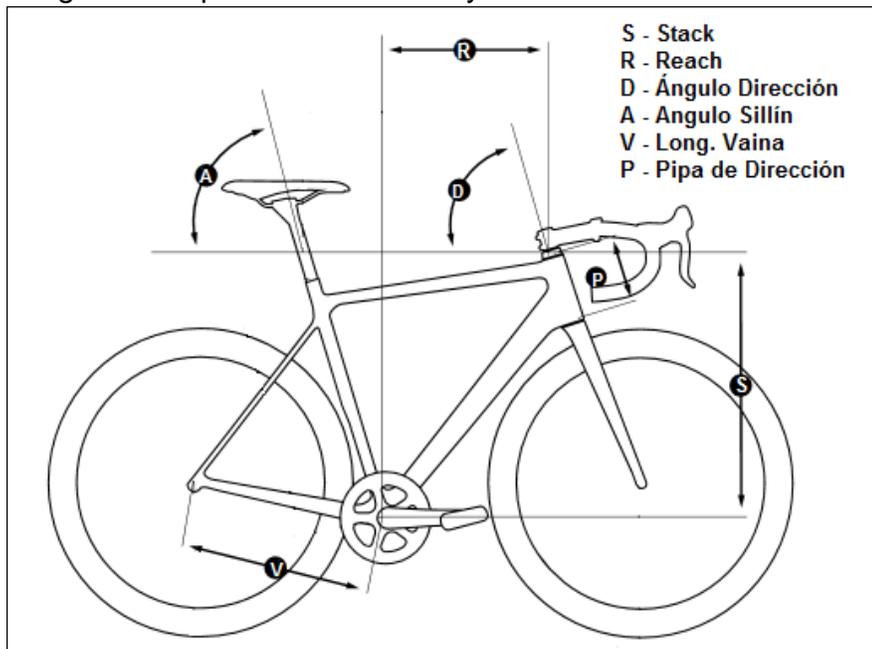
Actualmente se tiende a tratar los diseños basándose en el Stack y el Reach (medida entre el centro del marco y el sector de la unión con el manubrio en

---

<sup>6</sup> Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

horizontal y vertical), estas medidas son fundamentales ya que se realizan con respecto a la biomecánica del usuario sobre la bici y generan una idea tanto de la talla del marco como de la posición final que llevará sobre la bici en general. Son geometrías que logran que se puedan comparar geometrías, ángulos, tallas y tamaños entre diferentes marcos.

Imagen 6. Disposición del Stack y el Reach



Fuente: Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

El Stack y el Reach no se categorizan específicamente como medidas que afecten la geometría del marco, sin embargo, son medidas para comparar diseños con diferentes geometrías. En general es lo que define la posición y el tamaño del ciclista, así como el tipo de conducción que llevará sobre toda la bicicleta ya sea relajada y erguida o un poco más de competencia.

Si se desea que la postura del ciclista sea más de competencia se necesita que la proporción entre el Stack y el Reach ( $S/R$ ) sea más pequeño ya que el ciclista estaría más agachado y estirado con lo que buscaría aerodinámica y rendimiento. Los valores del Stack y el Reach se encuentran alrededor de 1,35cm a 1,55cm.

Cuando se comparan modelos con  $S/R$  similares las diferencias que se identifican entre ellos son principalmente los ángulos en las zonas del sillín y donde se ensambla el tenedor de la bicicleta ya que estos afectan la maniobrabilidad, adicional puede variar la distancia entre los ejes de las ruedas.

La distancia entre ejes afecta la conducción, ya que el centro de gravedad se distribuye según la necesidad teniendo en cuenta si se desea que tenga una mayor maniobrabilidad (corta distancia) o un mayor alcance de velocidad estable (larga distancia).

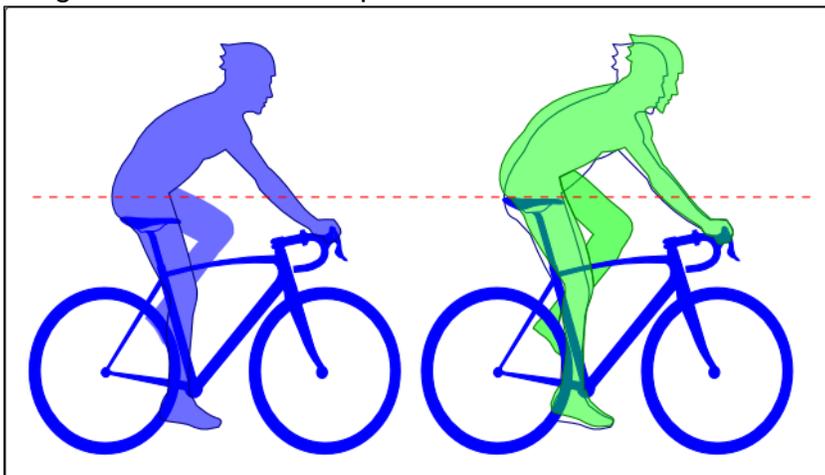
Adicionalmente la sección del marco encargado de la rigidez y la absorción de energía es la zona de los tirantes superior e inferior que se conectan directamente con la rueda trasera de la bicicleta. En menor medida se tiene en cuenta la inclinación del orificio frontal por el cual se ensambla el tenedor, esto con el fin de brindar una idea clara de los espesores y diámetros variables que se deben tener en cuenta al momento de la fabricación como sus geometrías circulares ya que se encargara de soportar los esfuerzos en la parte delantera para que no sea solamente un marco rígido y resistente sino también cómodo sin incrementar el peso.

Si bien el uso, rendimiento y estilo de la conducción serán en gran medida debido a las aptitudes del ciclista y no específicamente de la geometría diseñada para la bicicleta.

Además, la UCI impone reglas específicas y límites de medidas que las bicicletas deben seguir para competencias sancionadas por esta organización.

Cada uno de los fabricantes determina sus diseños dentro de estos parámetros ya sean milímetros de más o menos y así luego anunciar sus nuevos diseños como últimos modelos y con mejores resultados en las pruebas. Debido a que los marcos vienen en diferentes tallas no es posible afirmar en cuál de estas tallas sucede dicho resultado extraordinarios o si el peso y el tamaño del ciclista llegan a afectar su funcionalidad.

Imagen 7. Talla mediana para diferentes estaturas



Fuente: Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

En caso que un marco sea mal diseñado puede ser lento para atacar una curva e incluso no ser suficientemente rígidos lo que produciría un desprestigio de la marca incluyendo afectaciones en la seguridad del ciclista. Sin embargo, un diseño óptimo lograría una gran diferencia positiva en el rendimiento del ciclista con respecto a los demás.

Para lograr esto en las bicicletas de ruta se recurrió a modificar los diseños para las bicis de montaña decidiéndose por inclinar el tubo superior hacia atrás y acortando el del asiento, con esto propusieron que la altura del sillín fuera adaptada a los ciclistas de tallas intermedias.

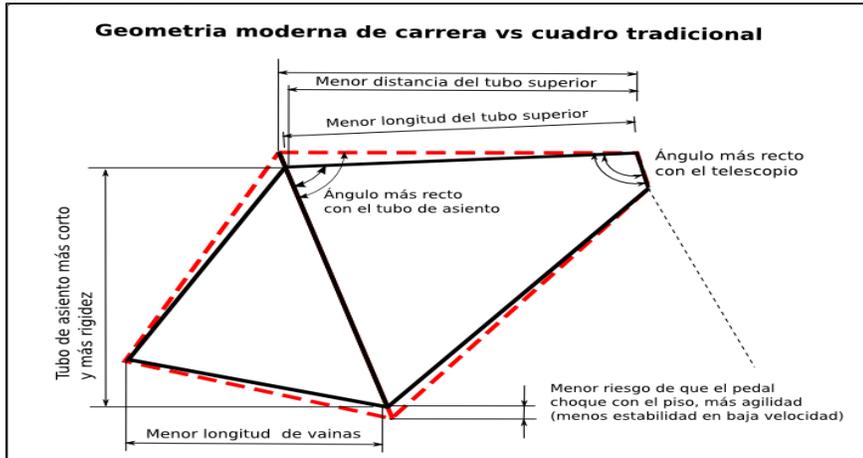
Un posible problema al realizar este ajuste puede ser que entre dos ciclistas con diferentes estaturas clasifiquen dentro de una talla de las tres elegibles uno de ellos quedará con una leve desventaja ya que quedaría con una posición más erguida con respecto al otro y posibilidades de lesionarse, igual existen métodos con los cuales se puede ayudar a suplir dichos inconvenientes. En algunos países decidieron reducir las tallas por cuestiones de producción y costos, ya que el promedio de personas que practica este deporte maneja una talla media debido a sus estaturas.

En la actualidad Giant y otros siguen clavados en tres tallas, pero los fabricantes de bicicletas de gama alta han expandido la variedad de medidas disponibles, unos ejemplos: Focus: 7 tallas, de 48 a 61 cm; Cervélo: 6 tallas, de 48 a 61 cm; Cannondale: 8 tallas, de 46 a 61cm. Trek 7 tallas, de 50 a 62 cm. Pinarello 10 tallas en gamas para competencia. Esto implica una mejor situación para el comprador. Durante muchos años, los corredores profesionales acudían a fabricantes artesanales como Sarto Antonio en Italia para hacerse bicis a la medida imitando el diseño de la de su patrocinador.

Trek fabrica dos tipos de geometría la H1 de competencia y la H2, más relajada, ésta es la que generalmente se ofrece al público. Es apta para quienes quieren pasear con una bici de ruta o por fitness, pero son inconvenientes para quien desea participar en carreras seriamente.

Existen algunas ventajas con el uso del sloping, esta palabra proviene del inglés "slop" que significa "caída", si se aplica a la industria del ciclismo se puede decir que es una diferencia de ángulo en el travesaño tubular superior (horizontal) produciendo una menor medida en el largo del tubo del sillín. En un enfoque dinámico se tiene en cuenta que debido al que el triángulo que se forma en la parte trasera del marco es más compacto por lo que se reduce la flexión y por lo tanto se aumenta la rigidez, además utiliza menos material por lo que reduce el peso. Estos diseños suelen ser más compactos, resistentes y manejables pero un poco inestables al momento de realizar curvas rápidas;

Imagen 8. Tipos de marcos

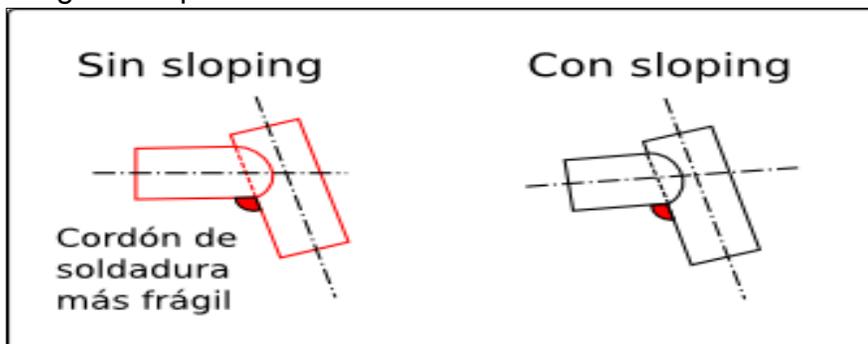


Fuente: Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

Un marco con sloping teóricamente es más rígido, lo que representa menor desperdicio de la fuerza que imprime el ciclista al pedalear. Además, se maneja tubos más cortos por lo que al tener en cuenta la expansión de las tallas disponibles, esta característica se convierte en una ventaja al momento de realizar un diseño nuevo.

Gracias a esto desaparecen los acoples de las soldaduras ya buscaron tener ángulos menos agudos en las uniones para que estas fueran más resistentes y más fáciles de soldar.

Imagen 9. Tipos de soldaduras



Fuente: Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

## 2. PARÁMETROS BÁSICOS

### 2.1 ESPECIFICACIONES

El marco soportará las cargas provocadas por los periféricos ensamblados a sus extremos, así mismo el peso del ciclista el cual se obtuvo al realizar un percentil entre alturas y pesos de usuarios de marcos talla mediana obteniendo un dato de 80kg, el uso y la posición que el mismo asuma sobre su bicicleta. Dentro de ellas se encuentra las fuerzas en la cadena al momento de pedalear, cargas en las zonas de las uniones con llantas y el centro de la bicicleta, fuerzas ocasionadas al momento de un impacto o incluso en la modificación de la postura del ciclista.

Como es sabido deberá soportar fatiga, rotura de las fibras, pandeo de fibras por esfuerzos de compresión, tensiones y cargas; siendo estas las que más esfuerzos provocaran al momento de entrar en uso el marco.

El diseño cumplirá con requerimientos ergonómicos y estéticos además de cumplir con la normativa internacional (UCI) teniendo en cuenta las medidas de los periféricos que ya vienen estandarizadas para cualquier marca.

Para el diseño se deberá tener en cuenta variables las cuales pueden afectar el funcionamiento y la ergonomía del marco tales como la inclinación del slooping, diámetros y espesores de cada elemento, longitud de los tirantes y por último el material a utilizar.

El tamaño más relevante es el del tubo horizontal con el slooping también conocido como el tubo superior efectivo, según el diseño no puede ser de más de 58 cm, y el tubo vertical o del asiento de no más de 56 cm teniendo en cuenta que esta medida es la que determina la talla del marco.

Se espera que el marco logre soportar las mismas condiciones de uso que un marco de aleación de aluminio, adicional evitar la corrosión y lograr una vida útil mayor gracias al material usado y la protección implementada.

### 2.2 PARAMETROS SEGÚN NORMA

Art. 1.3.013 La punta del sillín debe situarse como mínimo 5 cm detrás de una vertical que pase por el eje del pedalier<sup>7</sup> (según con respecto a esto para saber el ángulo de inclinación).

---

<sup>7</sup>Unión Ciclista Internacional. Guía de aclaración del reglamento técnico de la UCI. Retrieved. from [https://static.rfec.com/documentos/smartweb/menu/68/doc\\_5a01740b3e1d30.67693929\\_guia\\_de\\_aclaracion\\_2.pdf](https://static.rfec.com/documentos/smartweb/menu/68/doc_5a01740b3e1d30.67693929_guia_de_aclaracion_2.pdf) [Citado el 25/08/2018]

La punta del sillín puede ser adelantada hasta la vertical que pasa por el eje del pedalier en la medida que sea necesaria por causas morfológicas; se entiende por “causa morfológica” lo que se refiere a la talla o la longitud de los miembros del corredor.

La distancia entre la vertical que pasa por el eje del pedalier y la extremidad de la extensión no podrá rebasar el límite fijo de 75 cm.

Para las competiciones en carretera, la distancia de 75 cm puede ser llevada a 80 cm en la medida en que sea necesario por causas morfológicas; se entiende por “causa morfológica” lo que corresponda a la talla o a la longitud de los segmentos corporales del corredor. El corredor que por estos motivos estime debe utilizar una distancia comprendida entre 75 y 80 cm debe informar de ello al colegio de los comisarios en el momento de la revisión de la bicicleta.

Para los corredores que miden 190 cm o más, la distancia horizontal entre la línea vertical que pasa a través del eje pedalier y el extremo de la extensión, todos los accesorios incluidos, puede ampliarse a 85 cm.

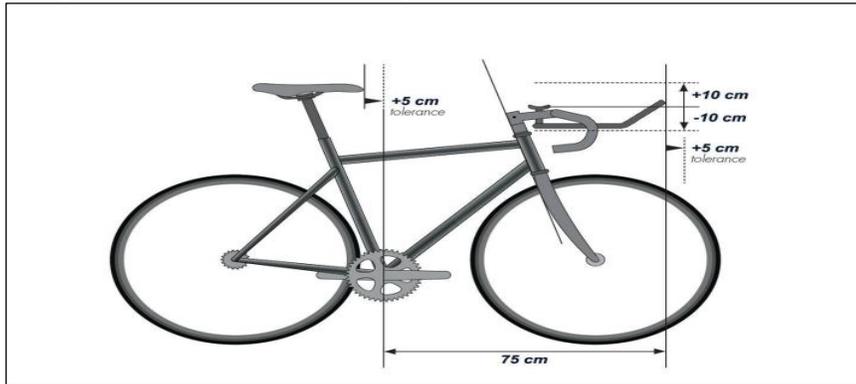
Únicamente una excepción por razones morfológicas será autorizada, sea que la extensión de la dirección pueda ser movida hacia adelante o que la punta del sillín pueda ser movida hacia adelante de acuerdo con el artículo 1.3.013.

Art. 1.3.014 El plano que pasa por los puntos más elevados de la delantera y trasera del sillín puede tener un ángulo máximo de 9 grados desde su horizontal. La longitud del sillín será de 24 cm mínimo y 30 cm máximo. Una tolerancia de 5 mm será permitida. (Texto modificado a 1.12.15).

Art. 1.3.017 La distancia entre las extremidades interiores de los tirantes o triangulo trasero, no sobrepasará 14,5 cm. (Texto modificado a 1.01.16).

Art: 1.3.019 El peso de la bicicleta no puede ser inferior a 6,8 kilogramos.

Imagen 10. Dimensiones según norma



Fuente:Nuestro ciclismo. Retrieved from <http://nuestrociclismo.com/wp-content/uploads/2017/-convoatorias/nacionales17-convo.pdf> [Citado el 29/09/2018]

### 2.3 REFORESTACIÓN DE LA MADERA

Teniendo en cuenta que la madera seleccionada debe cumplir con normativa de reforestación para que así mismo pueda ser legal su distribución y no afecte el medio ambiente, se deben considerar maderas que cumplan con dicha normativa.

La norma a seguir será la de FSC<sup>8</sup> (Forest for all forever) que es una organización internacional sin ánimo de lucro que establece los estándares sobre lo que es un bosque manejado de forma responsable, tanto ambientalmente como socialmente. Cuando se extrae madera de un bosque con certificación FSC, se aseguran de que las empresas que se encuentran a lo largo de la cadena de suministro también cumplan los estándares de mejores prácticas, de forma que cuando un producto lleve el logotipo FSC, puedas estar seguro de que ha sido fabricado con fuentes sostenibles. De este modo, la certificación FSC ayuda a que los bosques sigan siendo entornos prósperos para las generaciones venideras.

Pero, no establecen estos estándares solos. Consultan con su red global de miembros ambientales, sociales y económicos para garantizar que los estándares forestales representan las necesidades de todo el mundo, desde los Pueblos Indígenas hasta las especies de fauna en peligro.

Entre los miembros del FSC se encuentran algunos de los grupos medioambientales líderes de todo el mundo (WWF y Greenpeace), organizaciones sociales (la National Aboriginal Forestry Association de Canadá), empresas (Tetra Pak y Mondi PLC) y propietarios y administradores forestales, empresas de procesamiento, activistas y particulares.

---

<sup>8</sup>Forest for all forever. ¿Qué es el FSC? Y norma. Retrieved from <https://ic.fsc.org/es/what-is-fsc> [Citado el 06/10/2018]

Asimismo, Forest For All Forever es miembro de la Alianza ISEAL, una asociación global de sistemas de estándares sociales y ambientales que incluye a Fairtrade, el Marine Stewardship Council (MSC), Rainforest Alliance, y algunas otras compañías.

Imagen 11. Forest for all forever



Fuente: Forest for all forever. ¿Qué es el FSC? Y norma. Retrieved from <https://ic.fsc.org/es/what-is-fsc> [Citado el 06/10/2018]

### 3. SELECCIÓN TIPO DE MADERA

#### 3.1 TIPOS DE MADERA

Las principales fracciones químicas<sup>9</sup> que forman cualquier especie de madera son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, cada una de las cuales poseen características propias.

La celulosa constituye aproximadamente el 50% de la masa anhidra de la madera. Es un polímero compuesto por entre 500 y 15000 unidades de glucosa. Las cadenas de celulosa se enlazan entre si mediante puentes de hidrogeno y, a su vez, se agrupan constituyendo las denominadas microfibras que confieren a la madera su elevada rigidez y se encuentran embebidas en una matriz formada por hemicelulosa y lignina.

Las hemicelulosas constituyen aproximadamente la quinta parte de la masa anhidra de la madera. Son heteropolimeros constituidos por un pequeño grupo de azucares y de algunos de sus derivados. Su función dentro de la madera es la de unión entre las microfibras celulósicas y la lignina.

La lignina constituye aproximadamente el 25% de la masa anhidra de la madera. Es un polímero tridimensional compuesto por unidades de fenilpropano unidas entre si mediante enlaces carbono-carbono. Es la sustancia encargada de la cohesión de las células, reforzándolas mecánicamente, proporcionándoles elasticidad y protegiéndolas de las pérdidas de agua y de ataques de agentes xilófagos.

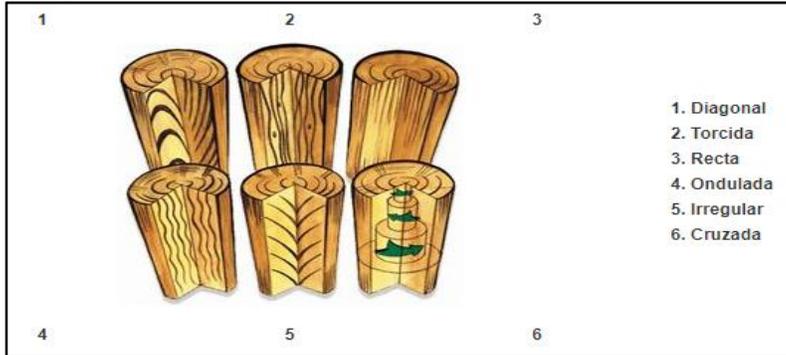
Cabe aclarar que en este material su característica más importante son la fibras formadas ya que de como esté formada y la cantidad de ellas depende casi todo el comportamiento de la madera al someterse a esfuerzos.

A la hora de analizar la fibra se tiene en cuenta la dimensión celular, su situación, aspecto y orientación, esto nos puede dar información importante como la dureza del material ya que si se encuentra una gran cantidad de fibras la madera será dura y si por el contrario es una cantidad inferior la madera puede clasificarse como blanda. En algunas maderas, la fibra es muy visible. Pueden clasificarse en función de su posición y apariencia: alternas, compactas, diagonales, irregulares, rectas, torcidas, etc.

---

<sup>9</sup>Clustermadeira. Propiedades de la madera, Retrieved from [http://www.clustermadeira.com/pdf/4\\_propiedades\\_madera.pdf](http://www.clustermadeira.com/pdf/4_propiedades_madera.pdf) [Citado el 12/11/2018]

Imagen 12. Fibras de la madera



Fuente: Euzko Jaurlaritz. Retrieved from <http://normadera.tknika.net/es/content/nudos> [Citado el 23/11/2018]

Desde un punto de vista comercial<sup>10</sup> es habitual presentar valores únicos para las propiedades que puede tener la madera. No obstante, al valorar las cifras, es importante tener en cuenta que estas sufren importantes variaciones tanto por influencias externas como por las peculiaridades internas de la anatomía de sus células.

Por un lado, la madera de cualquier especie forestal presentará características distintas de acuerdo con la calidad del ambiente donde está situada, la tierra, adicionales aplicados, etc. Además, dentro de un mismo árbol las propiedades de su madera varían considerablemente tanto a lo largo del eje del tronco como, dentro de una misma sección, en sentido radial.

Cada año el tejido de cambium, situado en la periferia del tronco, genera un nuevo conjunto de células hacia el interior del tronco que da lugar a un anillo de crecimiento.

Los nuevos anillos formados por células jóvenes forman la madera de albura. Con el paso de los años estos anillos van desplazándose hacia el interior del tronco como consecuencia a la formación de nuevos anillos y las células que los forman sufren un proceso físico-químico mediante el cual la madera de albura se transforma en duramen.

En las maderas se pueden encontrar defectos o deformaciones que generan grandes problemas tanto en los trabajos de mecanizado (en el aserrado, clavado, atornillado, encolado, lijado y barnizado), como mecánicamente. Por ello se pierde mucha madera y el trabajo se hace incómodo.

<sup>10</sup> Clustermadeira. Propiedades de la madera, Retrieved from [http://www.clustermadeira.com/pdf/4\\_propiedades\\_madera.pdf](http://www.clustermadeira.com/pdf/4_propiedades_madera.pdf) [Citado el 12/11/2018]

Dentro de los defectos que se pueden encontrar se tiene gran cantidad de clasificaciones y subclasificaciones, las más comunes son; Defectos por grano desviado, nudos y defectos relacionados ya sea al proceso de secado o maquinado.

Para identificar el defecto por grano desviado en la madera se debe entender que éste ocurre cuando el alineamiento de las fibras en una pieza de madera no coincide con el eje longitudinal de la pieza, se dice que la madera tiene grano desviado.

Imagen 13. Desviación por grano



Fuente:Almamater.Retrieved from <http://www.almamater.edu.co/Memorias.PDF/3.Defectos.de.Madera> [Citado el 23/11/2018]

El nudo es el inicio y punto de partida de una rama incrustada. Los nudos no son singularidades desde el punto de vista de la fisiología del árbol; pero a la hora de elaborar la madera crean problemas ya que en dicha zona se interrumpen las fibras y algunas otras se modifican en su dirección, y es por ello por lo que se consideran singularidades o defectos.

Imagen 14. Nudos de la madera



Fuente: Euzko Jaurlaritz. Retrieved from <http://normadera.tknika.net/es/content/nudos> [Citado el 23/11/2018]

Se pueden encontrar defectos en la madera que no se generan naturalmente durante su crecimiento tales como grietas o deformaciones, estos defectos son generados ya sea en su proceso de secado o en maquinado. En la Imagen 15 se muestran algunos ejemplos;

Imagen 15. Defecto por maquinado y por secado



Fuente: Almamater. Retrieved from <http://www.almamater.edu.co/Memorias.PDF/3.Defectos.de.Madera> [Citado el 23/11/2018]

Para poder iniciar con el proyecto se debe aprender a reconocer los diferentes tipos de maderas que existen, como utilizarlas y que se debe tener en cuenta al momento de definir cual se va a seleccionar según el uso que se le va a dar.

Cuando se habla de los distintos tipos de madera que se pueden utilizar también tenemos que hacer referencia al tipo de proyecto que se está planeando.

El tipo de madera que se utilizará dependerá de diversos factores tales como el peso, durabilidad, estabilidad, fortalezas del material y el color.

Aunque existen varios tipos de madera solo unas pocas poseen características aconsejables para ser utilizadas a nivel industrial.

Para obtener la madera es necesario tener en cuenta los siguientes pasos en su orden específico; talado del árbol, descortezado y eliminación de las ramas, despiece y troceado del árbol, secado de la madera.

En este material se encuentran presentes bastantes tipos de clasificaciones ya que es un material con una gran variedad de propiedades, procedencias y usos. Entre las formas de clasificación de las maderas la que más posee extensión es la referente a las características de dureza que depende de la densidad o cantidad de

fibras del material por la que se referencian en dos grandes grupos: Las maderas blandas y las maderas duras.

3.1.1 Maderas blandas. Los arboles de crecimiento rápido como los perennes y coníferas tienen un gran porcentaje dentro de las maderas blandas.

El término blando no equivale a que la madera sea menos resistente; algunas pueden serlo y otras no tanto. En realidad, se refiere a que se pueden trabajar fácilmente y son bastante dúctiles.

Estos tipos de madera son más baratas, ligeras y las que más se encuentran en muebles y estructuras.

Además, el atractivo estético de las maderas blandas<sup>11</sup> es mucho menor al de las maderas duras, y casi siempre son tratadas con pinturas, barniz o tintes para mejorar su atractivo. Por lo general son muy abundantes y tienen un costo bajo para su adquisición.

Algunos ejemplos de los tipos de maderas blandas son;

- Pinos. Posee una textura uniforme, es ampliamente utilizado en carpintería, paneles, muebles y molduras. Aunque se consideran maderas blandas es conocido que los pinos también se consideran maderas intermedias ya que poseen propiedades tanto de maderas duras como de maderas blandas.
  - Cedro. Es de color rojizo, ampliamente utilizado en cajoneras, cubiertas y tejas. Se encuentra mucho en la construcción, para forrar muebles, etc
  - Abeto. Esta madera es comparable con el pino, tiene un peso relativamente bajo con buena resistencia y elasticidad, es más resistente que la mayoría de maderas y se encuentra libre de resinas, se utiliza en la construcción de revestimientos de pared y techos para el interior
  - Álamo. Poco resistente a la humedad y a la carcoma (Insecto coleóptero muy pequeño y de color casi negro cuya larva roe y talla la madera)
  - Abedul. Elástica, no duradera, se emplea en la fabricación de pipas, cajas, zuecos, etc. Su corteza se emplea para fabricar calzados, cestas, cajas, etc
- 3.1.2 Maderas Duras. Son normalmente más resistentes y costosas que las maderas blandas. El trabajo con este tipo de madera es más complicado debido a que son irregulares y menos lisas, sin embargo, el maquinado suele ser sencillo.

---

<sup>11</sup>Arquigráfico. Clasificación y tipos de madera. (2017). Retrieved from <https://arquigrafico.com/tipos-de-maderas-para-la-construccion-y-ebanistera/> [Citado el 24/11/2018]

Son utilizadas para la construcción y ebanistería, con lo que producen muebles de gran calidad y excelentes acabados. Poseen un buen poder visual, dureza, y resistencia al paso del tiempo.

Uno de los factores que hacen que el precio de las maderas duras sea mayor es que debido a que provienen de árboles de crecimiento prolongado la espera a la altura óptima para ser taladrado es mayor lo que se traduce a un mayor costo en su adquisición.

Algunos de sus ejemplares son;

- Granadillo. Es bastante dura y por esta misma razón es realmente difícil inmunizarla. No obstante, tiene una durabilidad natural bastante alta, pues es resistente contra los hongos, insectos y a las inclemencias del clima. Se encuentra principalmente en la región andina
- Guáimaro. Es una madera medianamente pesada<sup>12</sup> debido a su densidad y dureza, con buena estabilidad dimensional y propiedades mecánicas de medianas y altas. Se encuentra en zonas como Amazonia, Magdalena medio, Choco y Arauca
- Roble. Se encuentra dentro de las maderas duras, sin embargo, no posee grano fino como la caoba o el cerezo. Posee excelentes cualidades de flexión por lo que sus mayores usos se encuentran en pisos de madera junto con algunos muebles y gabinetes
- Nazareno. Es una madera extremadamente durable a la intemperie, a los ataques de insectos y hongos, además es realmente pesada, esto es debido a su alta densidad. En Colombia se encuentra más que todo en lugares como sucre, Bolívar y Cesar
- Cerezo. Inicialmente es de color marrón rosado, aunque con el paso del tiempo va oscureciendo tornándose en un tipo de rojo. Es delicada por lo que debe ser bien secada ya que tiende a torcerse
- Fresno. Se emplea en ebanistería y carpintería, con frecuencia en la fabricación de esquís, elementos deportivos, muebles y artículos curvos, ya que se trata de una madera muy elástica y nerviosa. Es de color blanco ligeramente rosado o agrisado
- Teca. Nativa del sudeste de Asia, pero se puede cultivar en América del Sur. La teca es conocida por su impresionante resistencia a la humedad, estabilidad

---

<sup>12</sup>InfoMaderas.com.Tipos de Maderas y Maderas colombianas. Retrieved from <http://infomaderas.com/2013/06/20/maderas-de-colombia/> [Citado el 24/11/2018]

dimensional, robustez y durabilidad; es de color amarillo a marrón oscuro y el grano de madera dura también es único, con figuras traseras rectas. Debido a su alto valor, la teca es uno de los tipos de madera más populares para diseños de madera de calidad

### 3.2 ESPECIFICACIONES DE MATERIAL

Para la selección de posibles materiales se debe tener en cuenta principalmente que la madera es un material de tipo anisotrópico lo cual significa que sus propiedades son direccionalmente dependientes.

Se debe considerar su densidad pues ésta ayuda a definir qué tan duro puede ser el material y el comportamiento que puede tener a distintos esfuerzos gracias a que es proporcional a la cantidad de fibras de la madera.

Así mismo la madera no debe tener una densidad alta ya que puede llegar a fallar con facilidad a un impacto directo, y una madera con densidad baja puede absorber la fuerza que imprima el ciclista por lo que se debe escoger una madera intermedia.

Adicional a esto se debe considerar una madera que cumpla con la norma FSC siendo una madera reforestada.

A su vez las tres propiedades mecánicas (módulo de elasticidad, resistencia a la flexión y resistencia a la compresión) están bien correlacionadas entre sí, particularmente el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión.

Por ello la determinación del módulo de elasticidad<sup>13</sup> podría ser suficiente para conocer el comportamiento mecánico de las muestras a ensayar de cada madera. Para nuestro caso son las características que necesitamos conocer para seleccionar la madera a usar.

Las siguientes propiedades se tienen en cuenta con un porcentaje de humedad del 12% y la información de las maderas se encuentra en el anexo C;

---

<sup>13</sup> Clustermadeira. Propiedades de la madera, Retrieved from [http://www.clustermadeira.com/pdf/4\\_propiedades\\_madera.pdf](http://www.clustermadeira.com/pdf/4_propiedades_madera.pdf) [Citado el 12/11/2018]

Cuadro 1. Especificaciones del Pino Caribe

Propiedades Mecánicas	Descripción
Densidad: 480 Kg/m <sup>3</sup>	La madera <sup>14</sup> es muy fácil de tratar mediante los sistemas de vacío presión o inmersión, Presentando gran retención de inmunizante. Es fácil de trabajar con herramientas manuales y en las diferentes operaciones de Maquinado. Da excelentes acabados y se deja encolar fácilmente.
Módulo de elasticidad: 114.500 Kg/cm <sup>2</sup>	

“Fuente: Elaboración propia en base a fichas técnicas proporcionadas por la Universidad Francisco José de Caldas”

Cuadro 2. Especificaciones Pino Radiata

Propiedades Mecánicas	Descripción
Densidad: 459 Kg/m <sup>3</sup>	El secado <sup>15</sup> al aire libre, es un proceso lento, pero con buenos resultados, aunque puede presentar leves deformaciones. Una de las ventajas de esta madera, es que es muy fácil trabajarla, tanto con herramientas manuales como con maquinaria.  Sin embargo, su lado negativo es que no es resistente frente a las inclemencias del clima, ni al ataque de insectos y hongos  además de fabricar muebles, también se pueden hacer pisos, construcción de puentes
Módulo de elasticidad: 110.200 Kg/cm <sup>2</sup>	

“Fuente: Elaboración propia en base a fichas técnicas proporcionadas por la Universidad Francisco José de Caldas”

<sup>14</sup> Ensayo Propiedades Físico Mecánicas Laboratorio Tecnología de Maderas Universidad Distrital 2005.

<sup>15</sup>InfoMaderas.com.Tipos de Maderas y Maderas colombianas. Retrieved from <http://infomaderas.com/2013/06/20/maderas-de-colombia/> [Citado el 24/11/2018]

Cuadro 3. Especificaciones Pino Amarillo

Propiedades Mecánicas	Descripción
Densidad: 580 Kg/m <sup>3</sup>	La <sup>16</sup> madera es homogénea con algunas ligeras variaciones de partes de albura y partes de duramen, albura tiene un color que varía desde el blanco amarillento y el duramen es marrón-rojizo o marrón claro. Los anillos de crecimiento se distinguen fácilmente. Tiene una fibra recta y un grano bastante grueso. Permanece un fuerte olor a resina, aunque la madera esta seca. Tiene nudos, bolsas y rajas de resina.
Módulo de elasticidad: 100.000 Kg/cm <sup>2</sup>	

“Fuente: Elaboración propia en base a fichas técnicas proporcionadas por la Universidad Francisco José de Caldas”

Cuadro 4. Especificaciones Teca

Propiedades Mecánicas	Descripción
Densidad: 561 Kg/m <sup>3</sup>	Es una madera <sup>17</sup> ideal para uso interno y externo, ebanistería, construcciones pesadas sometidas a la intemperie. Es excepcionalmente apropiada para tanques, bañeras (debido a su resistencia a los ácidos), armazones de casas y chapas decorativas. Esta madera no corroe los metales cuando se utiliza en contacto con ellos.
Módulo de elasticidad: 103.900 Kg/cm <sup>2</sup>	

“Fuente: Elaboración propia en base a fichas técnicas proporcionadas por la Universidad Francisco José de Caldas”

Teniendo en cuenta que la madera seleccionada no puede tener una densidad muy alta o muy baja por las razones anteriormente mencionadas, se decide seleccionar una densidad cercana a 500 Kg/m<sup>2</sup> ya que es necesario aprovechar las características que pueden brindar las densidades altas y bajas. Adicional se tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material ya que proporcionará información relacionada al esfuerzo que podría soportar el material.

Adicional a esto se debe tener en cuenta la facilidad de adquisición, legalidad y reforestación de ésta madera para así contribuir a la conservación de la especie.

<sup>16</sup> Inmunizadora de maderas Serrano Gomez S.A

<sup>17</sup> Ensayo Propiedades Físico Mecánicas-Laboratorio Tecnología de Maderas Universidad Distrital 2005

La madera seleccionada es el Pino Caribe, una madera con una densidad de 480 Kg/m<sup>3</sup> acercándose así a la densidad óptima para el diseño y cumpliendo con normas de reforestación mencionadas en el numeral 2.3 de éste mismo proyecto.

Se descartan las otras opciones ya que poseen una densidad muy alta o muy baja dentro de las maderas, sin embargo, debido a que se realizará el análisis por medio MEF no se descarta la posibilidad que las otras maderas logren cumplir los requerimientos. El pino caribe logra un equilibrio entre densidad y peso lo que dentro de las opciones se encuentra como la más óptima, adicionalmente posee un módulo de elasticidad mayor al de las demás opciones.

#### 4. DISEÑO DETALLADO

Se desarrollará el diseño con base en medidas de marcos existentes ya que dentro del mundo de las bicicletas no se encuentran mayores variables geométricas que se puedan modificar para lograr un cambio significativo en los resultados.

Debido a que la madera al ser un material con anisotropía formada por la naturaleza, no se comporta exactamente igual en toda su extensión, por ejemplo, si una tabla de madera mide 3 metros de largo se podría sacar comportamientos mecánicos diferentes por cada metro dentro de ella. Esto produce que, aunque existen modelos matemáticos y teorías de falla aplicables para la madera ninguno es 100% acertado.

Si se desea definir las propiedades mecánicas<sup>18</sup> de la madera es necesario tener en cuenta su anisotropía ya que hay que distinguir siempre entre la dirección perpendicular y la dirección paralela a la fibra. Si la madera se somete a tracción y compresión en dirección paralela a las fibras así como a flexión sus resistencias son elevadas, sin embargo si se somete a tracción o compresión perpendicular a la fibra su resistencia es mínima. Adicional a esto se encuentra uno de los fallos más comunes en los marcos 100% en madera, el fallo por esfuerzo cortante ya que éste origina tensiones tangenciales que actúan en diversos modos sobre las fibras de la madera, algunos de éstos son;

- Tensiones tangenciales de cortadura, las fibras son cortadas transversalmente por el esfuerzo. El fallo se produce por aplastamiento
- Tensiones tangenciales de deslizamiento, el fallo se produce por el deslizamiento de unas fibras con respecto a otras en la dirección longitudinal
- Tensiones tangenciales de rodadura, el fallo se produce por rodadura de unas fibras sobre las otras

Debido a estas consideraciones la alternativa planteada para la solución de dichos inconvenientes que se pueden presentar es dejar las uniones en aluminio 6061 pero con el restante del marco en madera siendo las partes en madera las encargadas de transmitir la energía por sus fibras, y aplicar teoría de falla para el aluminio ya que éste si es un materia isotrópico y posee su teoría aplicable, siendo esta análisis de falla por el método de Von Mises.

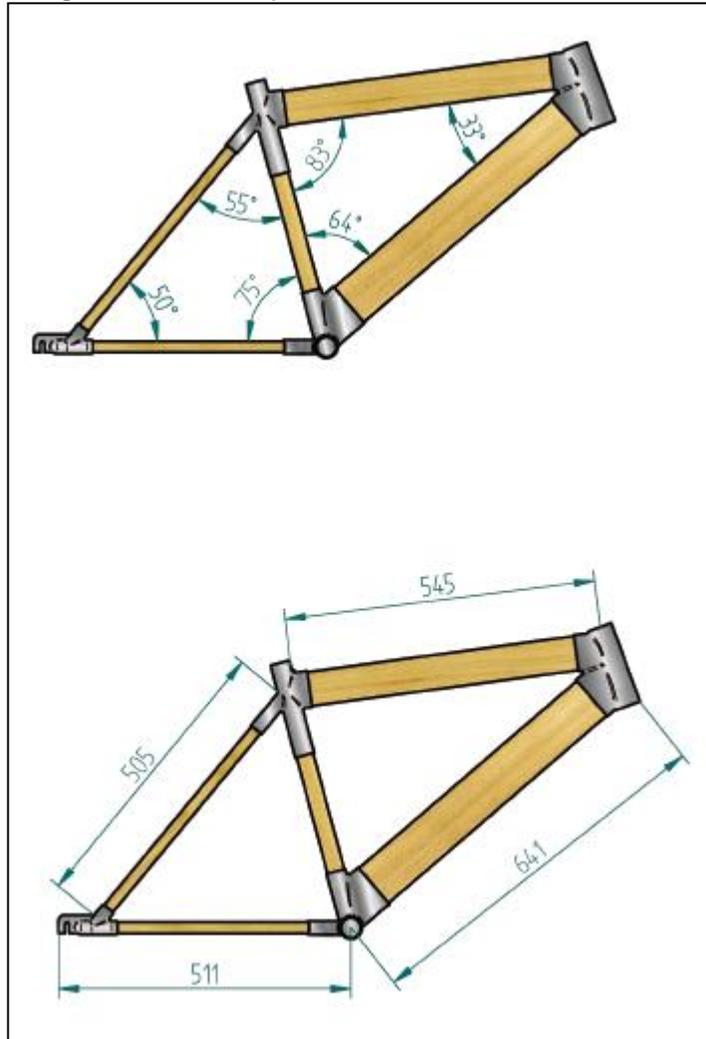
---

<sup>18</sup> Infomadera. Mecánica estructura. Retrieved from [http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_40\\_mecanicaEstructural.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf) [Citado el 23/12/2018]

#### 4.1 MODELO DEL MARCO

Para el desarrollo de esta sección se utilizara un diseño de un marco predeterminado siendo este basando en los diseños estándar para el ciclismo de ruta profesional.

Imagen 16. Marco predeterminado



“Fuente: Elaboración propia”

Este modelo será usado para la posterior selección de la madera óptima a utilizar teniendo en cuenta las 4 opciones predefinidas en el capítulo anterior. Las uniones que no serán en madera se decidió utilizar el aluminio para bicicleta 6061 T6<sup>19</sup> teniendo en cuenta que es el más utilizado para los marcos de bicicleta estándar.

<sup>19</sup>Alacermas. Propiedades aluminio 6061. Retrieved from [http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa\\_6061\\_aluminio\(1\).pdf](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio(1).pdf) [Citado el 12/1/2019]

La información de sus propiedades tanto mecánicas como físicas se encuentra en el Anexo D del presente documento.

Así como en los radios de las llantas, los puntos de unión en el marco en donde se aplican las cargas principales (telescopio, sillín, dropout) deben tener un diámetro mayor al de las partes en madera y así dicha zona deja de ser el punto crítico en el que se alcanzará la tensión máxima que limitaría la capacidad de resistencia y deformación lo que significa que el comportamiento de las piezas en madera será dúctil, resolviendo así posibles fragilidades eliminando roturas inesperadas y haciéndolos tolerantes a imperfecciones. A continuación se muestra una imagen de donde se generó dicha guía para la generación del diseño combinando madera y aluminio.

Imagen 17. Ejemplo de unión de radios, guía.



Fuente: Elaboración propia basado en <http://www.planetatriatlon.com/plus-seguridad-bici-lamina-reflectante-radios/>

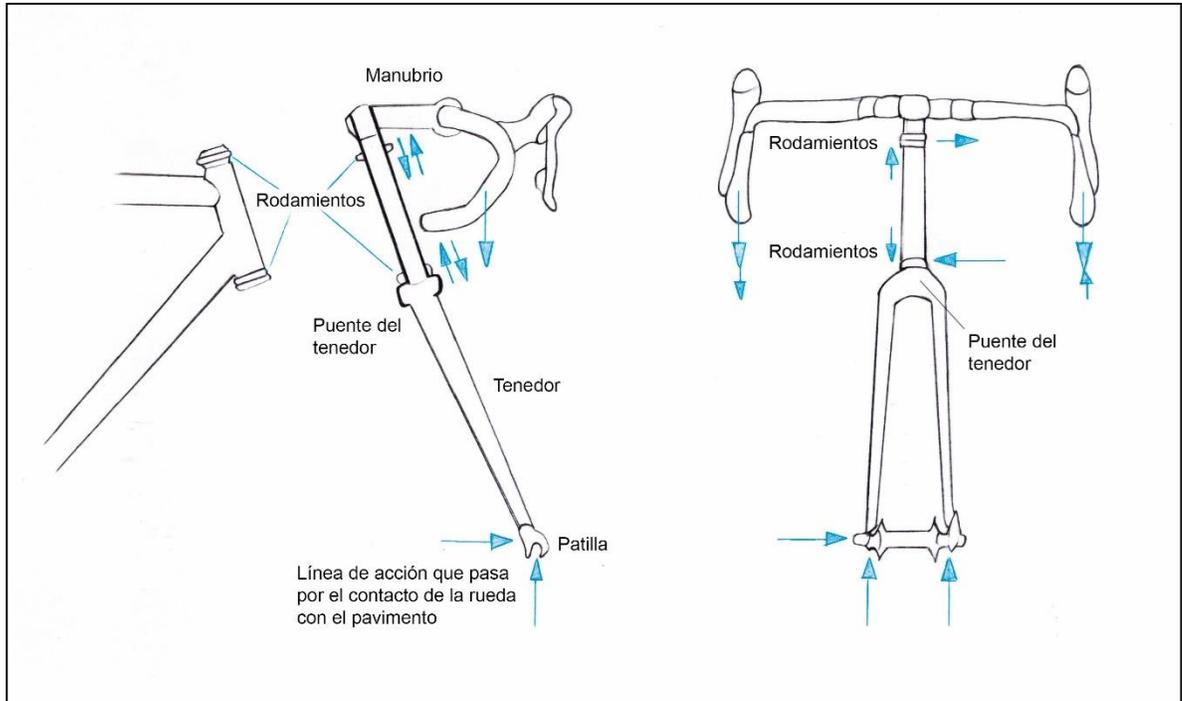
#### 4.2. CARGA EN EL TENEDOR (TELESCOPIO)

Para entender que cargas aplican en la zona del telescopio es necesario entender a qué cargas se somete el elemento principal con el cual se encuentra en contacto, el tenedor.

Teniendo en cuenta esto se procederá a realizar el análisis de las cargas bajo las cuales se encuentra sometido el tenedor dentro de su funcionamiento para poder así determinar la carga y en qué zona es transmitida a la zona del telescopio del

marco. A continuación se muestra una imagen con una muestra de donde se pueden ubicar las cargas en la zona frontal de la bici.

Imagen 18. Ubicación de cargas zona frontal

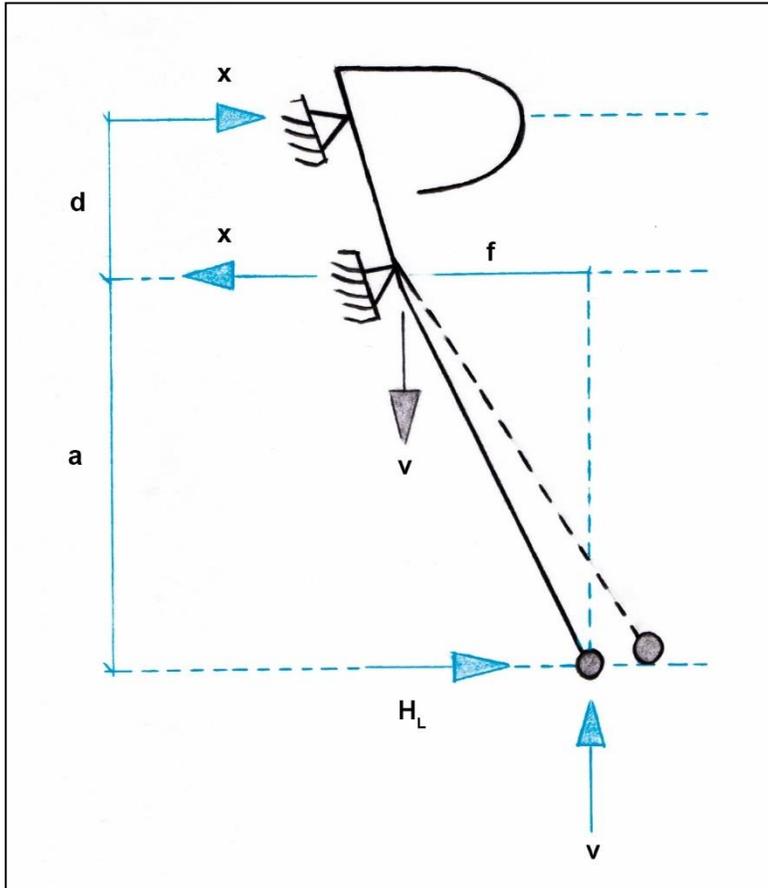


Fuente: Elaboración propia

Debido a que históricamente esta zona presenta fallas por golpes o cargas se escogió como inicio de análisis de cargas y esfuerzos.

Se entiende que la estructura no está compuesta específicamente de una sola pieza teniendo en cuenta que la transmisión inicia desde la rueda delantera pasando por el tenedor, luego los rodamientos y por último el marco. Utilizaremos como referencia inicial los rodamientos que al ser los transmisores directos de la carga al marco equivalen a los apoyos utilizados estructuralmente y por ello pueden representarse con el símbolo que representa las articulaciones fijas que permiten giros pero no desplazamientos.

Imagen 19. Empotramientos



Fuente: Elaboración propia

Las fuerzas externas que actuarán sobre la estructura serán las localizadas en la parte inferior del tenedor proveniente del contacto con el pavimento y aquellas provocadas por las manos del ciclista. En los esquemas se ha supuesto que, transversalmente, las fuerzas se reparten por igual entre las dos barras del tenedor y los dos laterales del manubrio, lo que en la realidad no será siempre así porque, por ejemplo, para girar la bicicleta el ciclista aplicará fuerzas diferentes, de escasa magnitud en general, en uno y otro brazo del manubrio.

Para iniciar se evaluará los esfuerzos verticales y horizontales que actual en la punta del tenedor, para esto se tendrá en cuenta las leyes de momento flector, esfuerzo cortante y axiales.

La componente vertical,  $V$ , ascenderá por las barras de las horquillas, flexionándolas debido a la excentricidad asociada a su geometría ligeramente curvada. Continuará, después, por la barra de dirección hasta alcanzar el rodamiento superior en el que concluirá su peregrinaje estructural. La excentricidad,  $f$ , de dicha componente vertical, generará un momento  $V_f$ , al que se añadirá el

debido a la fuerza longitudinal que valdrá  $H_a$ , siendo a la distancia vertical al rodamiento inferior. Para equilibrar la suma de estos dos momentos  $Vf + H_a$ , aparecerán, en los rodamientos inferior y superior que están separados una distancia vertical,  $d$ , dos reacciones de apoyo,  $X$ , iguales y contrarias, de valor de;

$$X = \pm \frac{Ha + Vf}{d}$$

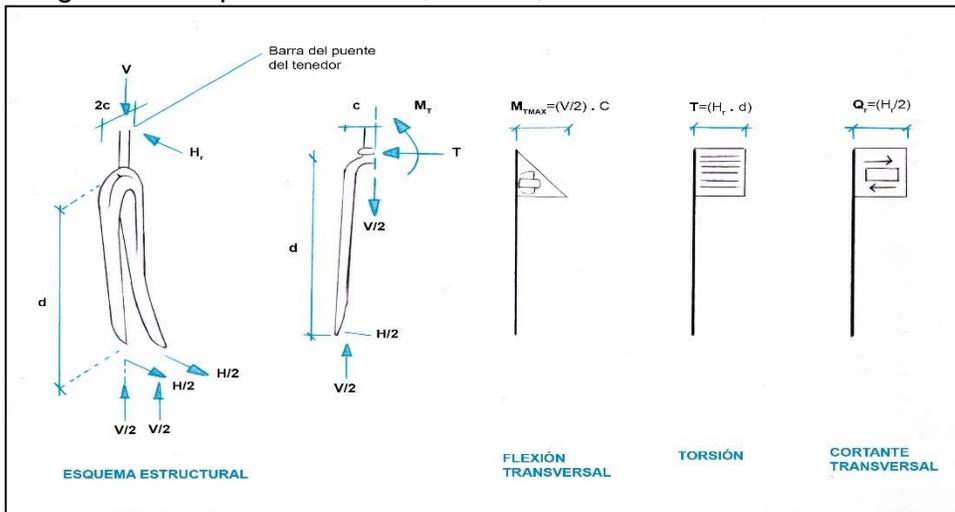
Ahora, gracias a la ley de momentos flectores los valores dentro del conjunto crecerán hasta alcanzar su valor máximo siendo éste dado por;

$$M_{max} = Vf + Ha = Xd$$

El esfuerzo cortante tendrá por valor  $H$  en el tramo de la horquilla y  $X$  entre los dos rodamientos.

Ahora, la barra horizontal presente en el tenedor de la bicicleta, aunque no es una estructura rectangular funciona como dintel al pórtico o estructura horizontal encargada de unir y salvar un espacio entre dos apoyos. Esto producirá que la flexión de las dos barras laterales de la horquilla se traducirá aquí a torsión antes de volver a hacerse flexión en la barra vertical de dirección. Los esquemas de esfuerzos debidos a las fuerzas  $V$  y  $H_L$  son los siguientes;

Imagen 20. Esquemas flexión, torsión, cortante.



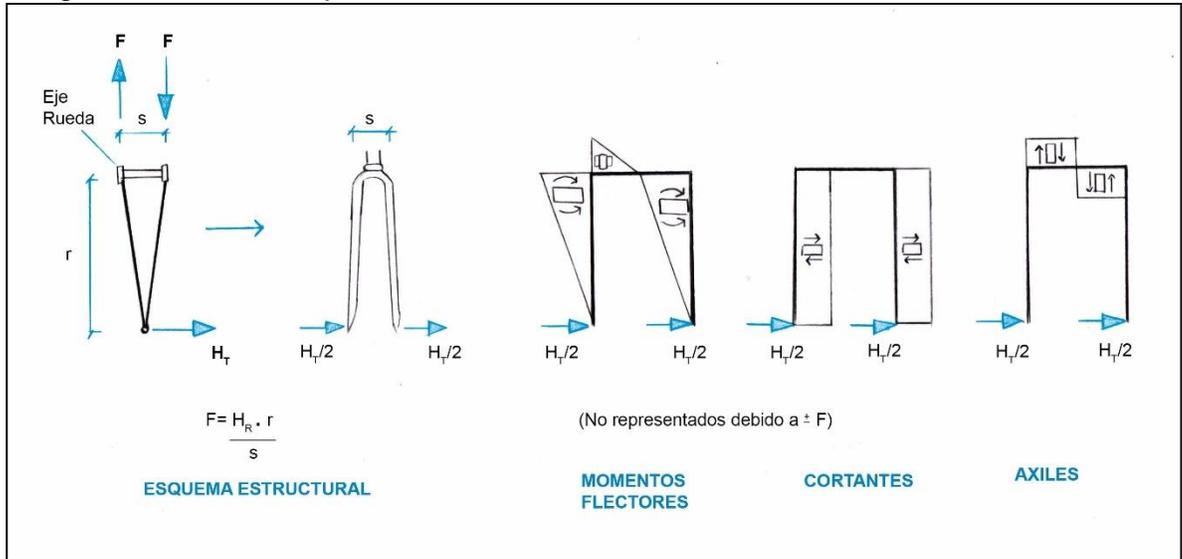
Fuente: Elaboración propia

Además, dicha barra horizontal permite la transferencia de cargas hacia los rodamientos de la reacción de apoyo transversal. Los radios inclinados dentro de la rueda provocarán en las puntas del tenedor un par de fuerzas verticales iguales y contrarias que equilibrarán el momento  $H_t \cdot r$  siendo  $r$  el radio de la rueda y se

sumarán o restarán los valores de  $V$ . Se generarán además esfuerzos adicionales en el plano transversal a la barra horizontal como los mostrados en la imagen anterior.

Ahora considerando los esfuerzos que se pueden producir como consecuencia de la fuerza generada por el ciclista al aferrarse a la parte inferior del manubrio o manillar de una bici de ruta.

Imagen 21. Producido por fuerzas en manubrio



Fuente: Elaboración propia.

Las fuerzas provocadas por cada mano, asumiendo que son iguales debido a que no es posible obtener un valor de su magnitud independiente por cada brazo, tendrán una componente vertical  $V_m$  hacia abajo y otra horizontal  $H_m$  hacia afuera.

Para que se cumpla una condición de equilibrio es necesario que en cada rodamiento existan unas reacciones en los apoyos que neutralicen las fuerzas aplicadas.

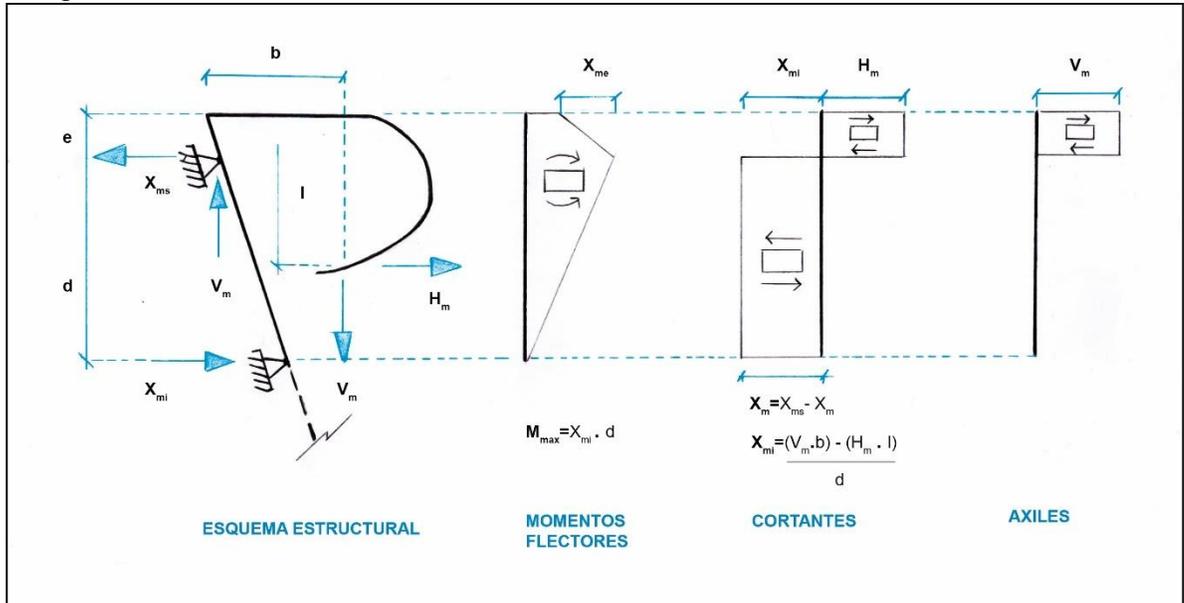
Ambos rodamientos como consecuencia de las fuerzas  $H_m$  y  $V_m$  provocadas por la presión de las manos sobre el manillar tendrán que transmitir, además, las reacciones horizontales  $X_{m,s}$ , en el superior y  $X_{m,i}$  en el inferior, que asegurarán el cumplimiento de las siguientes condiciones de equilibrio;

$$\begin{aligned} Y_{m,s} &= V_m ; Y_{m,i} = 0 \\ X_{m,i} \cdot d &= V_m \cdot b - H_m \cdot l \\ X_{m,i} + H_m &= X_{m,s} \end{aligned}$$

Las reacciones totales que deben soportar los rodamientos que unen el marco con el sistema de dirección serán la suma de los provocados por las fuerzas aplicadas en las puntas del tenedor y las producidas por el ciclista al apoyarse en el manubrio. Conociendo esto se podrían determinar esfuerzos en la estructura en la parte frontal de la bicicleta.

En consecuencia, los esquemas de los esfuerzos en el tubo de dirección son;

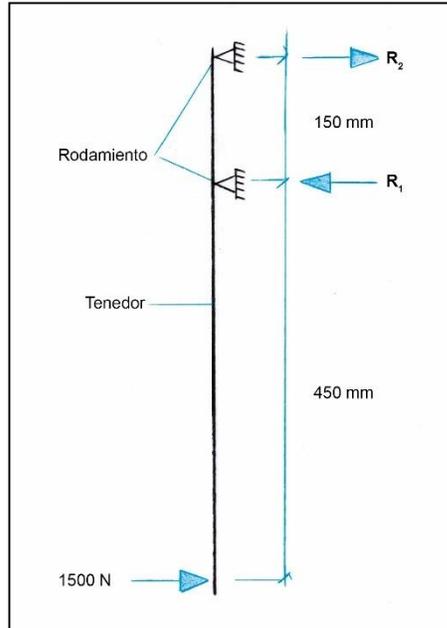
Imagen 22. Esfuerzos en dirección



Fuente: Elaboración propia

Ahora con esto se podría asumir que establecer las reacciones máximas que llegan a los dos rodamientos es posible de determinar teóricamente, aunque realmente es imposible. Para esto existe un ensayo diseñado bajo la norma ASTM A370 que aunque es específicamente para aceros debido a que deseamos que la estructura cumpla con las condiciones de los marcos en distintos tipos de aceros se decide realizar la misma prueba. Teniendo esto en cuenta se plantea una carga transversal de 1.500 N en las puntas del tenedor, éste es un ensayo aplicable para las bicicletas completamente en acero, aleación de aluminio o fibra de carbono, por esto mismo se decide utilizar la misma carga ya que se busca demostrar que el marco en madera logra cumplir con los mismos objetivos que los realizados en otros materiales. Suponiendo que la distancia de la carga al primer rodamiento sea de 450mm y la separación entre ellos de 150mm tendríamos el siguiente diagrama de cuerpo libre;

Imagen 23. Diagrama cuerpo libre frontal



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta esto las reacciones en los rodamientos serán;

$$R_i = 1500N * \frac{450 + 150}{150} = 6000N$$

$$R_s = -6000N + 1500N = -4500N$$

Ahora, el momento máximo en la zona del rodamiento inferior sería;

$$M_{max} = 1500N * 0,45m = 675Nm$$

Estos valores aunque no son los únicos reales son relevantes ya que los 1.500 N utilizados en el ensaño incorpora sin duda factores de seguridad por lo que podemos decir que el ensaño corresponde a un estado de limite que busca verificar la capacidad máxima del tenedor, rodamientos, y la transferencia al marco. Solo en casos de impactos pueden alcanzarse valores próximos a los 1.500 N.

Ahora pasando a la parte superior de la estructura buscando que todo el conjunto del tenedor supere el ensayo de flexión estática el manubrio debe estar dimensionado para recibir un momento flector de 675 Nm y un esfuerzo cortante de 4.500 N.

Suponiendo que las dimensiones del manubrio son un tubo con diámetro de 30mm y un espesor de 2mm en las paredes sus características mecánicas serían;

$$A = \pi * 30 * 2 = 180mm^2$$

$$I \cong \rho Avv' \cong 0,50 * 188 * \left(\frac{30}{2}\right)^2 = 21.150mm^4$$

$$W = \frac{I}{v} = \frac{21.150 mm^4}{15} = 1.410mm^3$$

Ahora, la tensión máxima debida a la flexión elástica sería;

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} = \frac{675.000 Nmm}{1.410mm^3} = 478 N/mm^2$$

Y la tensión máxima debida al cortante;

$$\tau \cong 1,5 * \frac{Q}{A} = 1,5 * \frac{4.500 N}{188 mm^2} \cong 36 N/mm^2$$

Este último valor es prácticamente despreciable pero para que la tensión máxima de flexión se aceptable el manubrio deberá ser fabricado en aluminios aleados (como el usado para este proyecto) o aumentar el espesor de sus paredes lo que conllevaría a un aumento de peso. Sin embargo para el diseño del marco en cuestión no es un periférico con el cual entraremos en detalle.

Ahora como adicional sería interesante evaluar la deformación que podría llegar a tener el tenedor experimentado anteriormente;

$$f_{max} = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{1.500 N * (450)^3 mm^3}{3 * 70.000 N/mm^2 * 21.150 mm^4} \cong 30mm$$

Teniendo en cuenta la norma la deformación remanente tras eliminar la carga no debe superar los 5mm mientras que en este ensayo podría incluso llegar a alcanzas más de 40mm.

El análisis realizado pone en evidencia que el rodamiento inferior es el que se encuentra sometido a mayor esfuerzo todo el tiempo, de hecho en la realidad suele ser el que debe sustituirse más frecuentemente por lo que se debe disponer de un rodamiento con mayor capacidad en la zona inferior.

### 4.3 EL MARCO

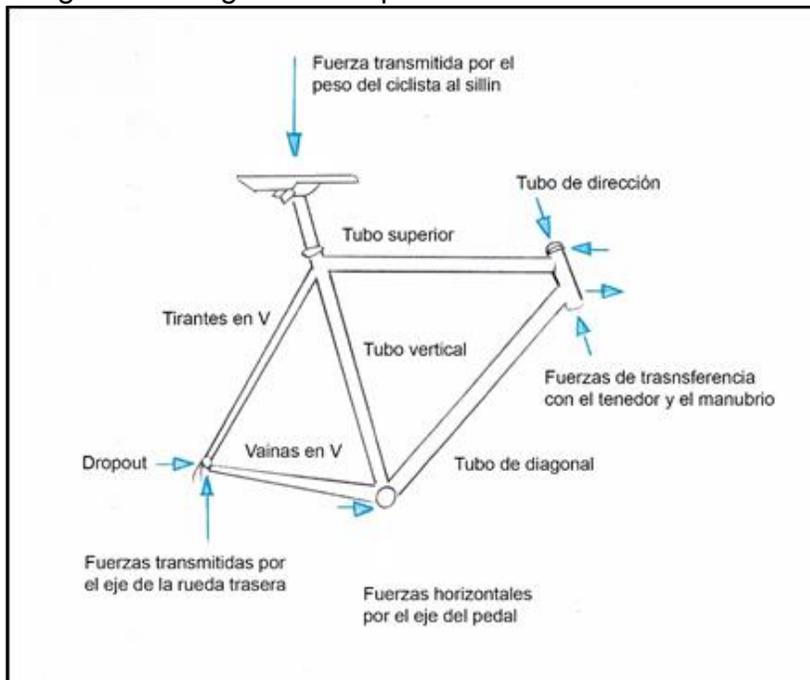
Analizando únicamente el marco se puede evidenciar una geometría denominada como doble diamante o doble triángulo. El triángulo de mayor tamaño forma la parte delantera del marco, mientras que la trasera está formada por tirantes y vainas que se encuentran con una separación entre las paralelas de ellas para poder acomodar ahí la llanta trasera de la bicicleta.

Las fuerzas que actúan en el marco teniendo en cuenta los análisis anteriores son:

- El peso del ciclista en el sillín y la carga transmitida a través de los pedales en el centro del marco
- La carga transferida por la rueda trasera por el contacto con el pavimento
- Las transmitidas por los rodamientos en la zona frontal del marco

Teniendo en cuenta esto el diagrama de cuerpo libre quedaría de la siguiente manera;

Imagen 24. Diagrama cuerpo libre marco



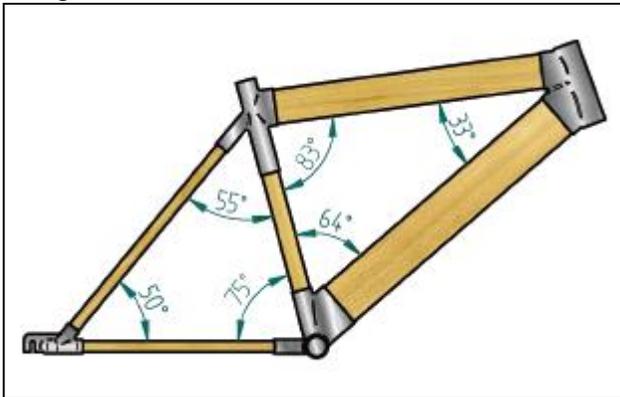
Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que aunque los tubos paralelos superiores del triángulo más pequeño se llaman tirantes, estos se encuentran sometidos a compresión. Por el contrario las vainas traseras que también se encuentran en el triángulo más pequeño se encuentran sometidas a tracción.

Todo marco de bicicleta está constituido por un conjunto de tubos que se interconectan entre sí que sostienen cargas generalmente en las uniones entre ellos, con excepción claro está de la generada por su propio peso.

Las barras por lo general con diámetros entre 15 y 45 mm aislados que constituyen un marco de bicicleta y que se encargan de transmitir la carga absorbida en las uniones se encuentran demostradas en la siguiente imagen.

Imagen 25. Barras en marco

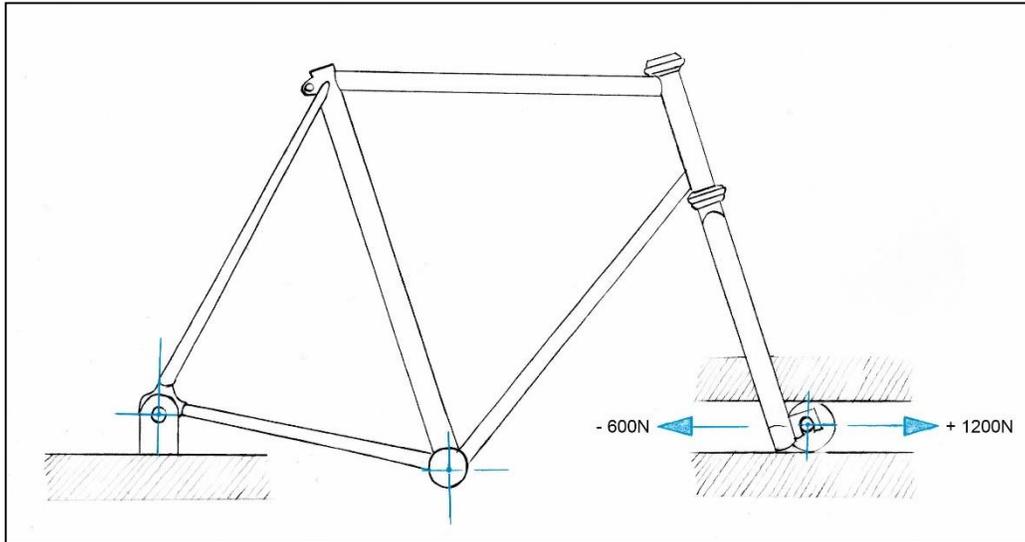


Fuente: Elaboración propia

En el diseño desarrollado en este proyecto se utilizará el mismo principio de transmisión de cargas para generar el modelo en el cual las barras aisladas serán en madera.

Para obtener magnitudes de los esfuerzos a los cuales podrían someterse las barras en el marco se tomará como referencia uno de los ensayos de fatiga de la norma ASTM, cabe aclarar que esta norma no especifica la máquina ni el acabado del material para realizar el ensayo por lo que se toma como guía para el desarrollo del mismo. Las cargas máximas aplicadas en las puntas del tenedor son de 1200 N, hacia afuera y de 600 N hacia adentro. Como lo muestra la siguiente imagen.

Imagen 26. Ensayo fatiga



Fuente: Elaboración propia

Por consecuencia las barras traseras o vainas de la bicicleta estarían siendo sometidas a una tracción de aproximadamente 1.200 N mientras que por otra parte la compresión de 600 N tendería a generar un pandeo en las mismas barras.

Si quisiéramos realizar la búsqueda del valor de la Tensión crítica de pandeo para así generar un análisis de si las vainas logran soportar la compresión de 600 N bajo la cual se encontraría sometida, podríamos realizar el siguiente análisis;

Iniciamos con el valor de la Longitud de pandeo, para este caso al ser una barra con empotramiento en los dos extremos<sup>20</sup> y con inclinación se toma como valor de la constante "K" el número 1;

$$\text{Longitud de Pandeo} = k * L$$

Siendo K el factor de pandeo y L la longitud de la barra.

Para nuestro caso la longitud de pandeo se muestra de la siguiente forma;

$$\text{Longitud de Pandeo} = 0.5 * 360\text{mm} = 180\text{mm}$$

Como dato adicional para poder proceder es necesario obtener el valor del momento de inercia<sup>21</sup> que produciría la barra, siendo así;

<sup>20</sup>Nieves Ruiz Calderon. Longitud de Pandeo. Retrieved from <https://slideplayer.es/slide/10587434/> [Citado el 23/02/2019]

<sup>21</sup>Angel Franco Garcia. Momentos de inercia. Retrieved from [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm) [Citado el 23/02/2019]

$$I = \frac{1}{4} \pi * r^4$$

Donde r el radio del cilindro. Por lo que remplazando con la información que ya se tiene en el pre diseño se obtiene;

$$I = \frac{1}{4} \pi * (10mm)^4 = 7853.981mm^4$$

Una vez obtenida la longitud de pandeo y el momento de inercia de la barra podemos proceder a iniciar con el proceso de la obtención del pandeo de Euler dada por la fórmula;

$$P_{cr} = 4 * \frac{\pi^2 * E * I}{L_e^2}$$

Donde E es el módulo de elasticidad del material que en nuestro caso es la madera Pino Caribe, I es el momento de inercia previamente obtenido y  $L_e$  la longitud efectiva de pandeo que en este caso es igual a la longitud de la barra;

$$P_{cr} = 4 * \frac{\pi^2 * (11,22861425 \text{ N/mm}^2) * (7853.981mm^4)}{(180mm)^2} = 107,455 \text{ N}$$

Ahora podemos proceder a calcular la Tensión Critica de Euler dada por;

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

Donde A es el área de sección transversal de la barra, por lo tanto;

$$\sigma_{cr} = \frac{107.455 \text{ N}}{\pi (10)^2} = 0.342 \text{ Mpa}$$

Buscando que una sobre carga que conlleve a fractura se presentase en la zona de las vainas y los tirantes traseros desde el pre diseño se decidió que los empates en aluminio se encontraran con una buena longitud en la zona donde se ensamblan con las barras de madera para que así logaran absorber la mayor cantidad de carga y las barras de madera únicamente se encarguen de terminar la transmisión de energía.

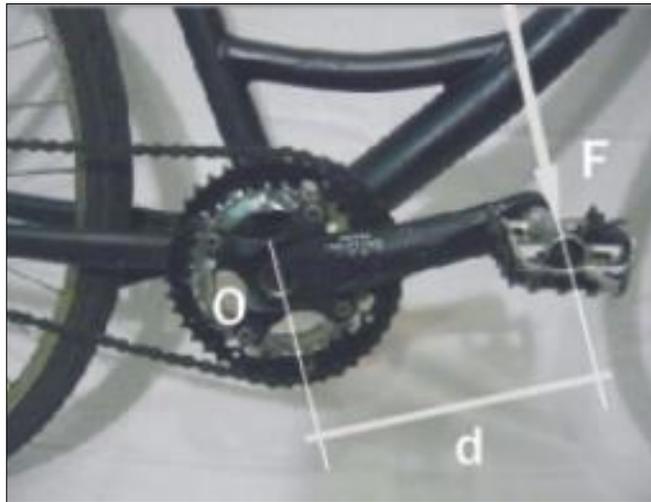
Por esto se decide realizar la comprobación de la transmisión de la energía y la resistencia que puedan presentar estas barras realizando la simulación con las cargas correspondientes.

El diseño se realizó buscando que el flujo de fuerzas o cargas se realice direccionalmente gracias al trabajo que puede realizar la madera al momento de transmitir energía por medio de sus fibras.

#### 4.4 CARGAS POR MOMENTO PEDALEO

La imagen que se ve a continuación, muestra el punto y ángulo mas cercano donde el ciclista generará el mayor esfuerzo al momento de propulsar la bicicleta.

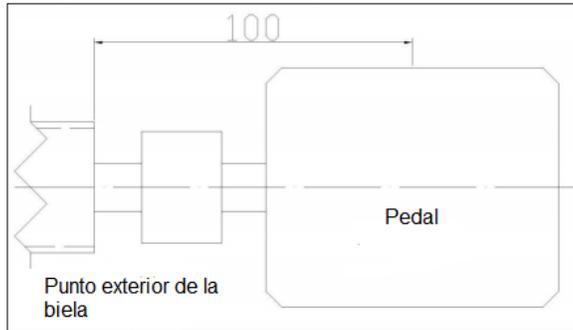
Imagen 27. Propulsión Bicicleta



Fuente:Fing. Retrieved from:  
[https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/fpr/wiki/index.p  
hp/Introducci%C3%B3n\\_y\\_Fundamentos](https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/fpr/wiki/index.php/Introducci%C3%B3n_y_Fundamentos) [Citado el  
24/03/2019]

Posteriormente se calculará los momento de giro por un ciclista con una fuerza ejercida sobre los pedales en las diferentes situacion como, si se encuentra sentado y/o de pie; para eso se tendra en cuenta la distancia entre el centro del pedal y el exterior de la biela.

Imagen 28. Distancia pedal biela



Fuente: Fing. Retrieved from: [https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/fpr/wiki/index.php/Introducci%C3%B3n\\_y\\_Fundamentos](https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/fpr/wiki/index.php/Introducci%C3%B3n_y_Fundamentos) [Citado el 24/03/2019]

Para el estudio de la fuerza se le imprime al pedal según la postura optada por el ciclista, se tendrán en cuenta el sillín y el manillar, puntos donde recae gran parte del peso. Para dicho estudio se buscaron en<sup>22</sup> los coeficientes dinámicos y porcentajes de cada punto. Así mismo cada vez que se ejerce la fuerza a uno de los pedales, el peso imprimido en el sillín disminuirá por un lapso de tiempo corto.

Sentado;

En esta primera situación hay que recordar que el ciclista al estar pedaleando ejercerá gran parte del peso a los pedales y un restante al manillar.

No obstante, los porcentajes promedio de cada componente se determinaron teniendo en cuenta el centro de masa y la ubicación donde recae la mayor parte del peso del ciclista.

Tabla 1. Porcentajes 1

	Porcentaje	Peso (N)	Coefficiente dinámico	Carga (N)
Pedal	50%	392,4	1,6	627,84
Sillín	37,5%	294,3	1	294,3
Manillar	12,5%	98,1	1	98,1

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos anteriormente (peso), al ser aplicados en el pedal se comportará de forma negativa para los momentos por su sentido de giro. El peso en los pedales está repartido por igual, 196,2 N;

<sup>22</sup> Miguel Naranjo Hipolito. Estudio a Fatiga. Retrieved from [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25623/PFC\\_MiguelAngel\\_Naranjo\\_Hipolito.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25623/PFC_MiguelAngel_Naranjo_Hipolito.pdf) [Citado el 24/03/2019]

$$M_{\text{pedal}} = 192,6 \text{ N} * 0,1 \text{ m}$$

$$M_{\text{pedal}} = 19,62 \text{ Nm}$$

De pie;

El peso que se originaba en el sillín , ahora recaerá mas en los pedales y manillar por la posición del ciclista.Sin embargo el porcentaje de fuerza maxima que se puede llegar a alcanzar es del 310% en los pedales, teniendo en cuenta la masa corporal del ciclista, con un valor proximo de 2.432,88 N.

Tabla 2. Porcentajes 2

	Porcentaje	Peso (N)	Coefficiente dinámico	Carga (N)
Pedal	90%	706,33	3,4444	2.432,88
Sillín	0%	0	1	0
Manillar	10%	78,48	1	78,48

Fuente: Elaboración propia

$$M_{\text{pedal}} = F * L_{\text{biela}}$$

$$M_{\text{pedal}} = 1.216,44 \text{ N} * 0,1 \text{ m}$$

$$M_{\text{pedal}} = 121,64 \text{ Nm}$$

Por último, los momentos hallados anteriormente son bastante variables según la situación a la que se expondrá.

El comportamiento en cuanto de platos y piñones se trata, se hará el cálculo pertinente para conocer las diferentes relaciones de transmisión de dos situaciones donde el ciclista pasa por un terreno llano y un terreno ascendente.

Los datos para determinar de cuanto se transmite a los piñones son:

$Z_1$  = Número de dientes del plato mayor (50 dientes);

$Z_4$  = Número de dientes del plato menor (11 dientes);

Caso 1;

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} ; i = \frac{(11 \text{ dientes})}{(50 \text{ dientes})}$$

$$i = 0,22$$

Con relación al dato obtenido, el piñón menor dará 0,22 vueltas por cada una del plato mayor.

Caso 2;

$Z_2$  = Número de dientes del plato menor (34 dientes);

$Z_3$  = Número de dientes del piñón mayor (28 dientes);

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} ; i = \frac{(28 \text{ dientes})}{(34 \text{ dientes})}$$

$$i = 0,82$$

Con relación al dato obtenido, el piñón mayor dará 0,82 por cada una del plato menor.

Si el elemento motriz es de mayor tamaño (diámetro) que el elemento conducido la velocidad va a aumentar

Para determinar la potencia ejercida en los platos y piñones que se generan en una bicicleta, se debe tener en cuenta la cadencia del ciclista al momento de enfrentar una pendiente o el recorrido que hará en terreno llano. Las cadencias pueden variar según el terreno y condiciones en las que se encuentra el ciclista.

Para dar un ejemplo de aclaración dicho anteriormente; un ciclista en forma responde con una cadencia entre 90 y 120 rpm en llano y de 30 a 50 rpm en ascendiendo.

En el caso llano, cuando se tiene la relación de transmisión en el piñón (11 dientes) y en el plato (48 dientes), con sus respectivos diámetros de cada componente;

$$RPM_2 = \frac{D_1 * RPM_1}{D_2}$$

$$RPM_2 = \frac{68 \text{ mm} * 100 \text{ rpm}}{49 \text{ mm}} = 138,77 \text{ rpm}$$

En el caso ascendiendo;

$$RPM_2 = \frac{D_1 * RPM_1}{D_2}$$

$$RPM_2 = \frac{110 \text{ mm} * 40 \text{ rpm}}{104 \text{ mm}} = 42,30 \text{ rpm}$$

Finalmente, estos datos serán utilizados para observar el comportamiento de los momentos en dichos elementos

#### 4.5 ANALISIS ADICIONALES AL MARCO

4.5.1 Fuerzas aerodinámicas, al desplazarse sobre la bicicleta el ciclista debe atravesar un espacio ocupado por el aire que se opone a su paso. El flujo distorsionado del aire que alcanza al ciclista y su montura ejerce, por una parte, presiones perpendiculares a las superficies de contacto y, por otra, tensiones de rozamiento paralelas a dichas superficies. La resultante del conjunto de las presiones perpendiculares y de las tensiones tangenciales, es la fuerza aerodinámica.

Dicha fuerza aerodinámica tiene por expresión;

$$F_D = \frac{1}{2} C_V * \rho * A * V^2$$

En donde  $C_V$  es un coeficiente adimensional que depende de la geometría del obstáculo y  $\rho$  es la densidad del aire que para nuestro caso será la de Bogotá, A es el área de la sombra proyectada por el cuerpo del ciclista y de la bicicleta sobre un plano perpendicular a la dirección del movimiento y V es la velocidad relativa del aire que en caso de ausencia del mismo se puede considerar igual a la velocidad del ciclista.

Imagen 29. Prueba de aerodinámica



Fuente:Velove. Retrieved from:<http://www.velovecycling.com/aerodinamica-es-importante-ir-a-rueda/> [Citado el 25/04/2019]

Para obtener un valor aproximado de fuerza aerodinámica para este caso se utilizará una velocidad de  $5 \text{ m/s}^2$ , un área  $0,45 \text{ m}^2$  siendo valores característicos de un ciclista circulando en posición erguida y la densidad del aire en Bogotá<sup>23</sup> siendo  $\rho = 0,895 \text{ Kg/m}^3$  obteniendo el resultado;

$$F_D = \frac{1}{2} * 0,90 * 0,895 \text{ Kg/m}^3 * 0,45 \text{ m}^2 * (17 \text{ m/s})^2 = 52,4 \text{ N}$$

Luego de tener el resultado de la fuerza aerodinámica se procede a calcular el valor de la potencia aerodinámica para este caso;

$$P = F_D * V = \frac{1}{2} C_V * \rho * A * V^3$$

$$P = 52,4 \text{ N} * 17 \text{ m/s} = 890,8 \text{ W}$$

---

<sup>23</sup> Unilibre. Análisis del recurso energético eólico para la ciudad de Bogotá DC para los meses de diciembre y enero, Colombia 2015. Retrieved from <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/14/analisis-del-recurso-energetico-eolico-para-la-ciudad-de-bogota.pdf> [Citado el 28/03/2019]

Debido a que éste es uno de tantos casos posibles a continuación se presenta una tabla variando la velocidad para mostrar el aumento de estas fuerzas y potencias según aumenta la velocidad;

Tabla 3. Fuerza y potencia aerodinámica

Velocidad (m/s)	$F_D$ (N)	P(W)
5	4,5	22,7
8	11,6	92,8
11	22	242
14	35,52	497,28
17	52,4	890,8

“Fuente: Elaboración propia”

En este cuadro muestra diferentes velocidades que puede alcanzar un ciclista de ruta en distintas circunstancias ya sea una velocidad alta al ser un sprinter en su último kilómetro o un ciclista en descenso, sin dejar de lado unas velocidades menores tales como las conseguidas en un ascenso o en terreno llano teniendo en cuenta que los parámetros supuestos para esta ocasión son los casos de mayor esfuerzo generado.

4.5.2 Fuerzas al frenar, Si se considera un frenado luego de que el ciclista se encuentre a una velocidad de  $17 \text{ m/s}$  la fuerza aerodinámica sería aproximadamente  $52,4 \text{ N}$ . Añadiendo  $8 \text{ N}$  por rozamientos equivalentes siendo estos el conjunto de pérdidas ocasionadas por las deformaciones elásticas de los componentes de la bicicleta, rozamientos internos de los mecanismos móviles y rozamiento entre los neumáticos y el pavimento. Obtenemos la fuerza motriz del sistema.

$$\text{Fuerza motriz } (H_m) = \text{Fuerza aerodinámica}(F_a) + \text{Rozamientos equivalentes}$$

$$H_m = 52,4 \text{ N} + 8 \text{ N} = 60,4 \text{ N}$$

Considerando que se realiza un frenado para que la bicicleta se detenga en un segundo (caso ideal), buscando generar el momento de mayor esfuerzo en la estructura, la desaceleración sería;

$$a = \frac{\text{Velocidad}}{\text{tiempo}}$$

$$a = \frac{17 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = 17 \text{ m/s}^2$$

Por lo tanto, para obtener la velocidad de frenado es necesario utilizar a formula de movimiento uniforme acelerado;

$$V_f^2 = V^2 + (2 * a * l)$$

$$l = \frac{V^2}{2a}$$

Por consiguiente, la longitud de frenado sería;

$$l = \frac{(17 \text{ m/s})^2}{2(17 \text{ m/s}^2)}$$

$$l = 8,5\text{m}$$

Por lo tanto, si se cumple la siguiente igualdad se generaría volcamiento de la bicicleta provocando así el punto de mayor esfuerzo dentro del marco;

$$\text{Fuerza de frenado} - \text{fuerza motriz} = \frac{\text{Peso total}}{\text{gravedad}} * \text{Desaceleración}$$

Reemplazando cada uno de los valores que ya se tienen podemos buscar la fuerza de frenado necesaria para generar dicho punto de esfuerzo máximo;

$$\text{Fuerza de frenado} = \frac{\text{Peso total}}{\text{gravedad}} * \text{Desaceleración} + \text{fuerza motriz}$$

$$\text{Fuerza de frenado} = \frac{852,6 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} * 17 \text{ m/s}^2 + 60,4 \text{ N} = 1.539,4 \text{ N}$$

Por consiguiente, la potencia de frenado sería equivalente a;

$$P = \text{Fuerza de frenado} * \frac{1}{2} \text{ velocidad}$$

$$P = 1539,4 \text{ N} * 8,5 \text{ m/s} = 13.084,9 \text{ W}$$

La energía absorbida por el marco sería de  $E = 13.084,9 \text{ W} * 1\text{s} = 13.084,9 \text{ Joules}$ .

4.5.3 Soldadura y adhesivos en los empates, para este cálculo se siguió el procedimiento general para diseñar uniones soldadas, expuesta en varios libros de dicho tema. En la tabla se muestra la composición del aluminio 6061 y su aplicabilidad, que será usado para el ensamblaje del marco.

Imagen 30. Aluminio 6061

Designaciones de la aleación (por el principal elemento de aleación)	
1xxx	Contenido de aluminio de 99.00% o más
2xxx	Cobre
3xxx	Manganeso
4xxx	Silicio
5xxx	Magnesio
6xxx	Magnesio y silicio
7xxx	Zinc

Fuente: Jorge Gonzales. Retrieved from: [https://jorgegonzalezconeo.files.wordpress.com/2010/11/disec3b1o\\_mecanico\\_mott\\_4ed.pdf](https://jorgegonzalezconeo.files.wordpress.com/2010/11/disec3b1o_mecanico_mott_4ed.pdf) [Citado el 24/03/2019]

Para la designación del tipo de tratamiento termino que tendrá esta aleación de aluminio 6061 T4.

Imagen 31. Materiales 1

Materiales	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
AA6061 (T4)	0,40	0,70	0,30	0,15	1,2	-	0,25	-	bal
AA7020 (T6)	0,35	0,45	0,2	0,15	2,5	0,35	4,65	0,15	bal

Fuente: *Revistademetalurgia*. Retrieved from: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:\\_bw4VEF3qnAJ:revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/753/765+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_bw4VEF3qnAJ:revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/753/765+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co) [Citado el 29/04/2019]

Condiciones respecto al método de soldadura TIG o MIG que puede someterse el material al momento de formar la pieza.

La soldadura TIG<sup>24</sup> emplea un electrodo no consumible de tungsteno y, para la protección del arco, un gas inerte que puede ser argón, helio o una mezcla de ambos.

<sup>24</sup> Miguel Naranjo Hipolito. Estudio a Fatiga. Retrieved from [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25623/PFC\\_MiguelAngel\\_Naranjo\\_Hipolito.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25623/PFC_MiguelAngel_Naranjo_Hipolito.pdf) [Citado el 24/03/2019]

La soldadura MIG consiste en mantener un **arco de electrodo**<sup>25</sup> consumible de hilo sólido y la pieza que se va a **soldar**. El arco y el baño de **soldadura** están protegidos mediante un gas inerte.

Imagen 32. Materiales 2

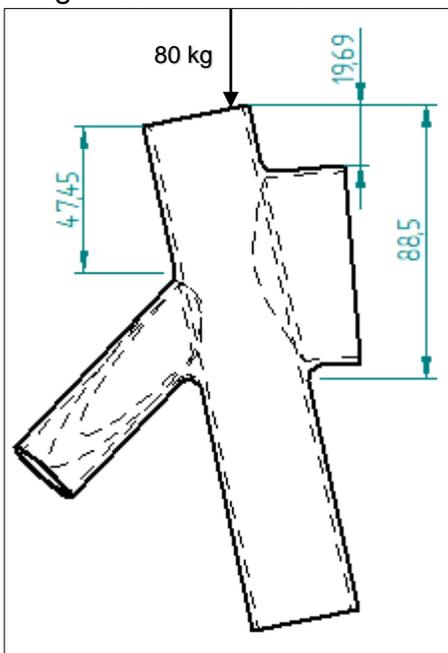
Materiales	Proceso	V (V)	I (A)	Vel. (mm/min)	EBA(kJ/cm)	ENA(kJ/cm)
AA6061	TIG	16	190	150	12,2	4,9
	MIG	25	160	150	16	11,2
		23,5	150	150	14,1	9,9

Fuente: Revista de metalurgia. Retrieved from:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bw4VEF3qnAJ:revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/download/753/765+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co> [Citado el 05/04/2019]

Los 80 kg es el peso del ciclista y la distancia que hay desde la soldadura hasta el punto donde está situado el sillín, que son de 19,69 mm, 47,45 mm y 88,5 mm.

Imagen 33. Zona de soldadura



Fuente: Elaboración propia

Los tipos de carga que actúan sobre la soldadura son cortante y de flexión, a dichas cargas se les hace el cálculo de fuerza sobre la soldadura mediante las siguientes ecuaciones:

Cortante vertical directa  $f_{\text{CORTANTE}} = V/A_w$

<sup>25</sup> Soldadura MIG. Retrieved from

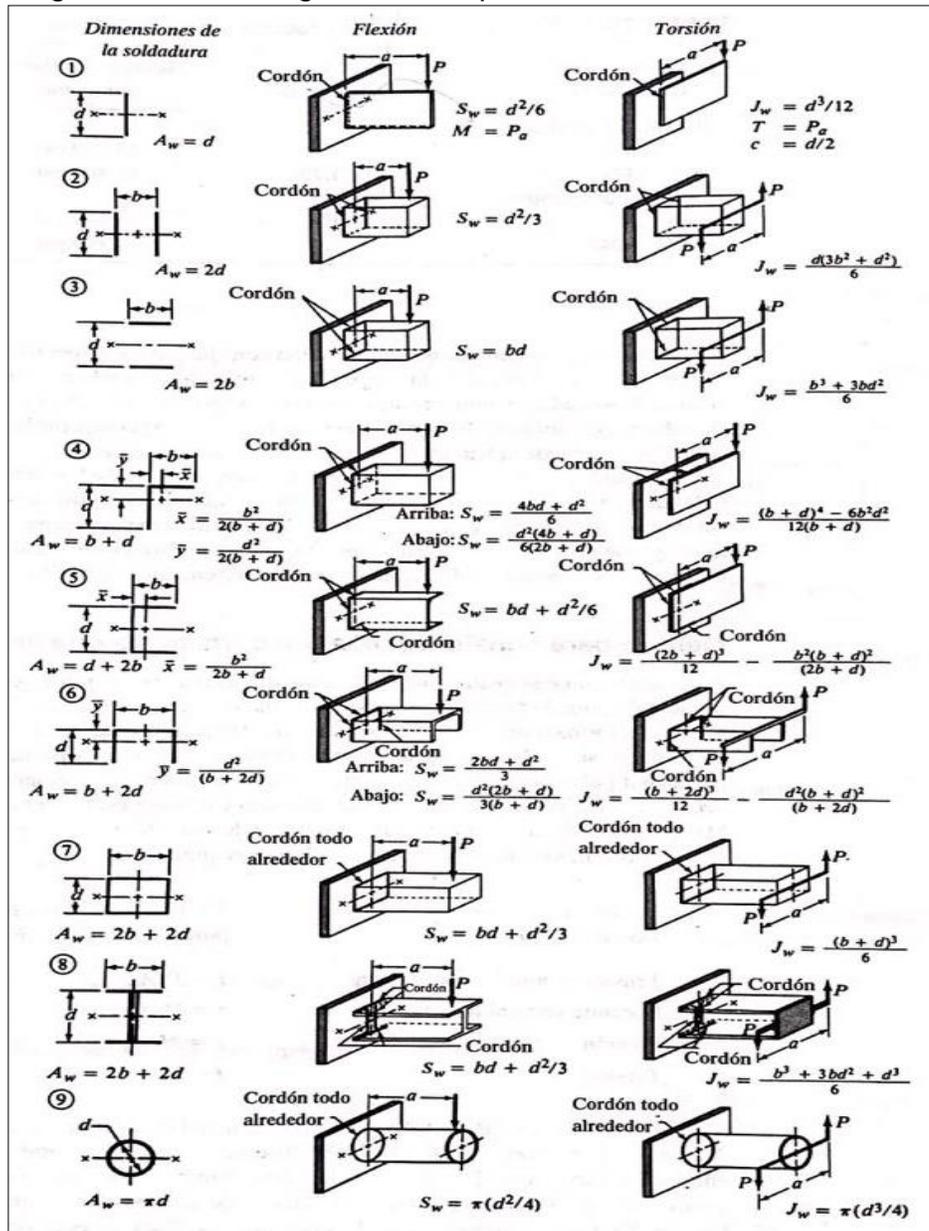
<https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-mig>

Flexión

$$f_{\text{FLEXIÓN}} = M/S_w$$

Enseguida, se escogerá el tipo de electrodo a utilizar, en el caso de la estructura, se cuenta con un aluminio 6061, el tipo de electrodo será el E60.

Imagen 34. Factores geométricos para el análisis de soldaduras



Fuente: Robert L. Mott, Diseño de elementos de máquinas. [Citado el 09/04/2019]

Como se pudo apreciar, la soldadura va en los alrededores y según la imagen 32 el factor geométrico que sirve es el número nueve y la forma de encontrar  $A_w$  y  $S_w$  es la siguiente, antes hay que recordar que el perfil es circular de 30 mm:

$$A_w = \pi * d$$

$$S_w = \pi * \left(\frac{d^2}{4}\right)$$

Donde

$$d = 30 \text{ mm} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0,03 \text{ m}$$

$$A_w = \pi * (0,03 \text{ m}) = 0,094 \text{ m}$$

$$S_w = \pi * \frac{(0,03 \text{ m})^2}{4} = 7,068 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Fuerza cortante:

$$V = 784,8 \text{ N}$$

$$f_{\text{CORTANTE}} = \frac{784,8 \text{ N}}{0,094 \text{ m}} = 8.348,93 \text{ N/m}$$

Fuerza de flexión:

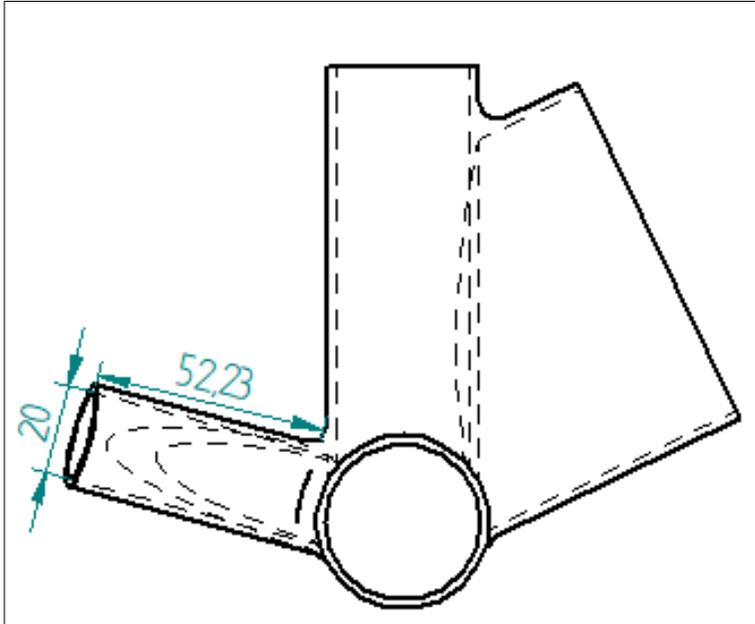
$$f_{\text{FLEXIÓN}} = \frac{(784,8 \text{ N}) * (0,247 \text{ m})}{7,068 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 2,7424 \times 10^5 \text{ N/m}$$

Fuerza resultante,  $f_R$ :

$$f_R = \sqrt{f_{\text{CORTANTE}}^2 + f_{\text{FLEXIÓN}}^2}$$

$$f_R = \sqrt{(8.348,93)^2 + (2,7424 \times 10^5)^2} \text{ N/m} = 274.362,48 \text{ N/m}$$

Imagen 35. Zona soldadura inferior



Fuente: Elaboración propia

Para determinar las cargas a las que somete la soldadura que se utiliza en los marcos de bicicletas convencionales; se tuvo en cuenta los diámetros, distancia y propiedades del material.

Tabla 4. Medidas marco

	Centro	Dropout	Telescopio
Diámetro (m)	0,02	0,02	0,038
Distancia (m)	0,03787	0,01029	0,02488
$A_w$ (m)	0,0628	0,0628	0,119
$S_w$ (m <sup>2</sup> )	0,000314	0,000314	0,00113
V (N)	706,33	600	4500
$F_{\text{Cortante}}$ (N/m)	11.247,29	9.549,296	37.694,591
$F_{\text{Flexión}}$ (N/m)	85.143,811	19.652,452	98.720,151
$F_{\text{Resultante}}$ (N/m)	85.770,177	21.849,667	105.671,901

Fuente: Elaboración propia

Al momento de escoger el proceso de soldadura entre MIG y TIG, aunque las dos tiene buenas propiedades y ventajas una con respecto a la otra. La MIG conlleva en un cordón de hilo continuo que se trabaja en su mayoría con espesores delgados. No obstante, hay mayor productividad al eliminar los tiempos muertos, la gran

ventaja de soldar en cualquier posición y por último se da un buen acabado. Por tema de costos es más económico y no menos importante que la soldadura TIG

La soldadura TIG se caracteriza por un material de aporte de tungsteno y otros materiales aleados. La calidad de la soldadura es buena en comparación con la MIG. Se recomienda para espesores muy delgados, no se producen salpicaduras y es una buena opción para la optimización del proceso y desperdicio.

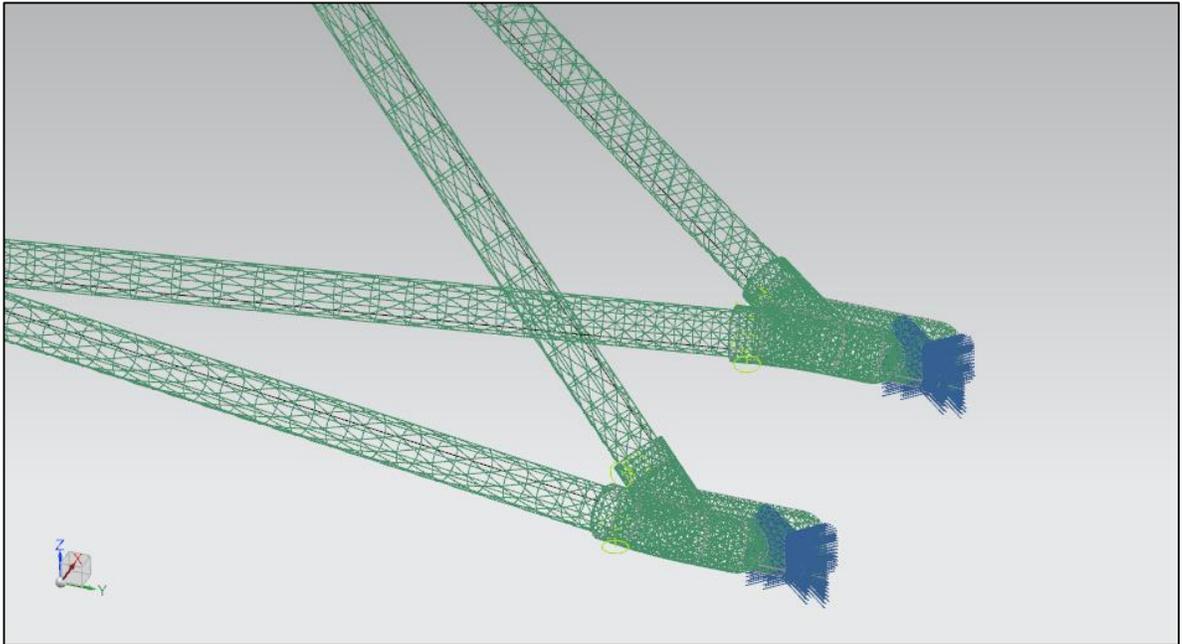
Teniendo en cuenta las diferencias entre las dos soldaduras mencionadas anteriormente, se seleccionó la MIG por sus ventajas de maniobrabilidad y economía

## 5. SIMULACIÓN MEDIANTE MEF

Para la siguiente simulación se tendrá en cuenta tanto las cargas estáticas generadas por el peso del ciclista como la carga dinámica más relevante que actúa sobre el marco, la fuerza de frenado ya que ésta contempla la mayoría de cargas dinámicas que actúan sobre la estructura.

### 5.1 RESTRICCIONES

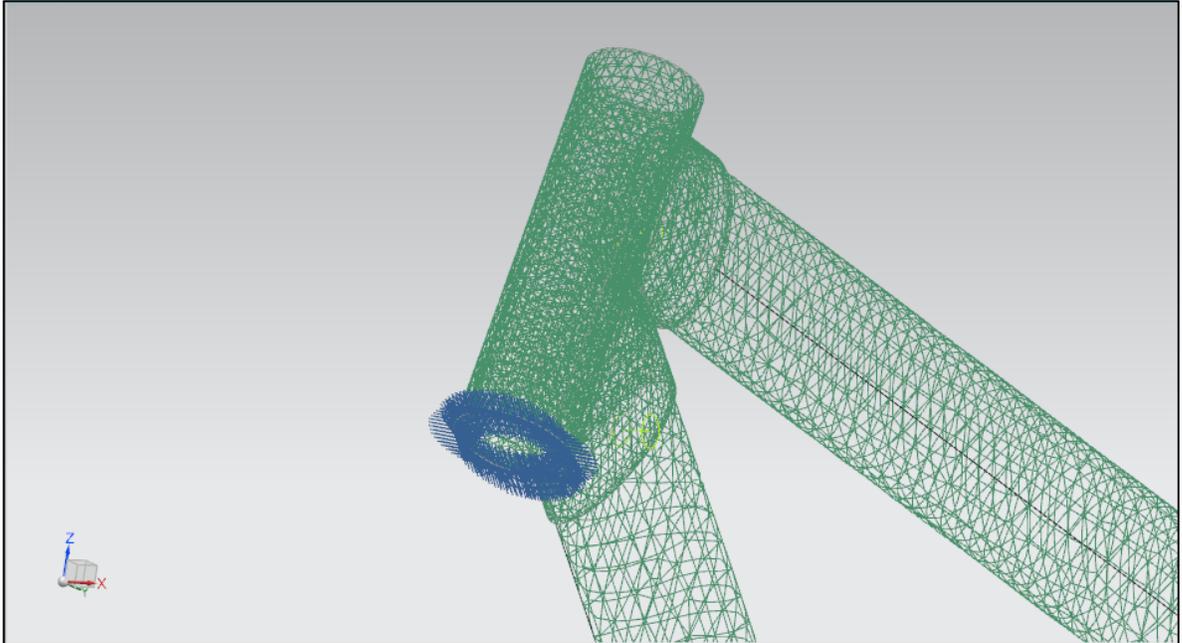
Imagen 36. Dropout



“Fuente: Elaboración propia”

La restricción en la zona de los dropout se ubica debido a que allí es donde se encuentra la manzana de la rueda trasera que ésta en contacto con el suelo, se asume sin movimiento.

Imagen 37. Telescopio



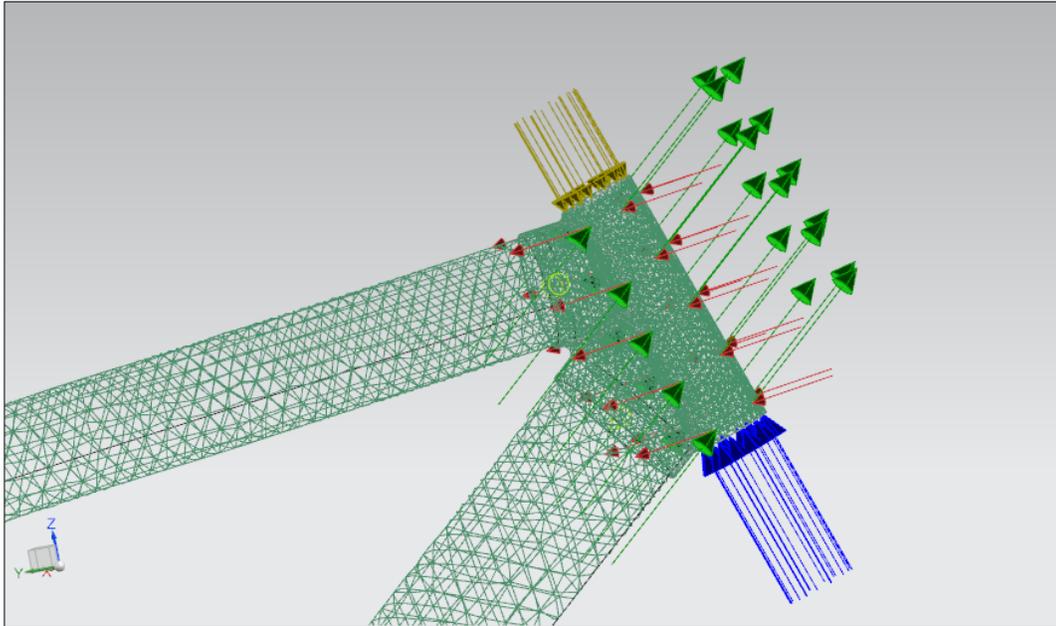
“Fuente: Elaboración propia”

La restricción ubicada en la parte inferior del marco es debido a que en esta zona se encuentra la mayor superficie de contacto de transmisión de cargas entre la rueda delantera, tenedor y el marco actuando, así como contacto con el suelo, se asume sin movimiento.

## 5.2 CARGAS EN EL MARCO

Las cargas en el marco se ubicarán buscando generar el mayor esfuerzo en la estructura.

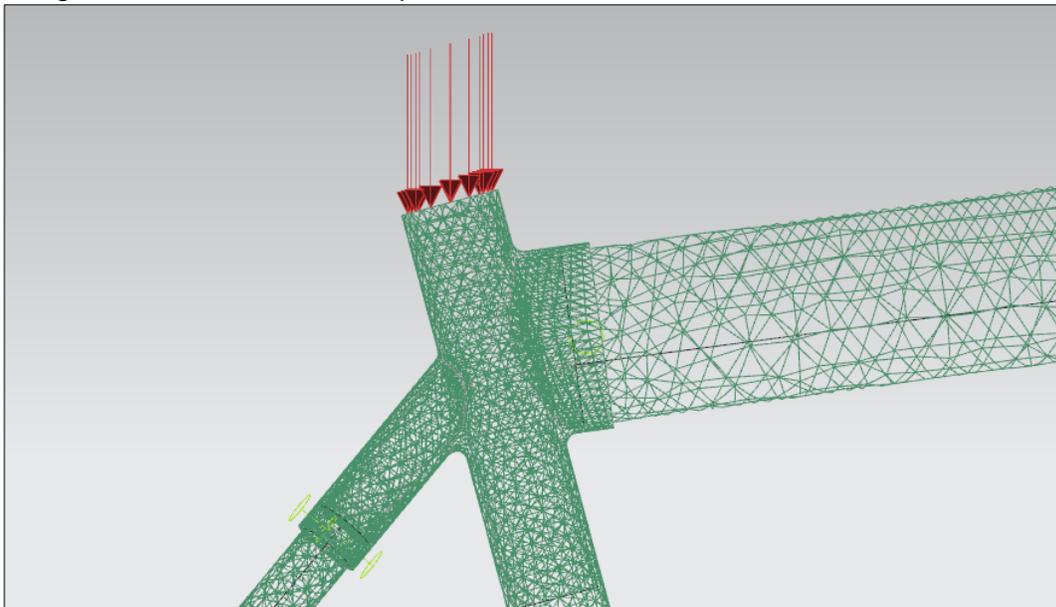
Imagen 38. Fuerza en el telescopio



“Fuente: Elaboración propia”

Las cargas de fuerza de frenado, apoyo del ciclista se ubica en la parte superior e inferior del telescopio ya que es una de la zona que sufre mayor concentración de esfuerzos debido a la carga generada. Esta carga es la hallada anteriormente en el diseño detallado.

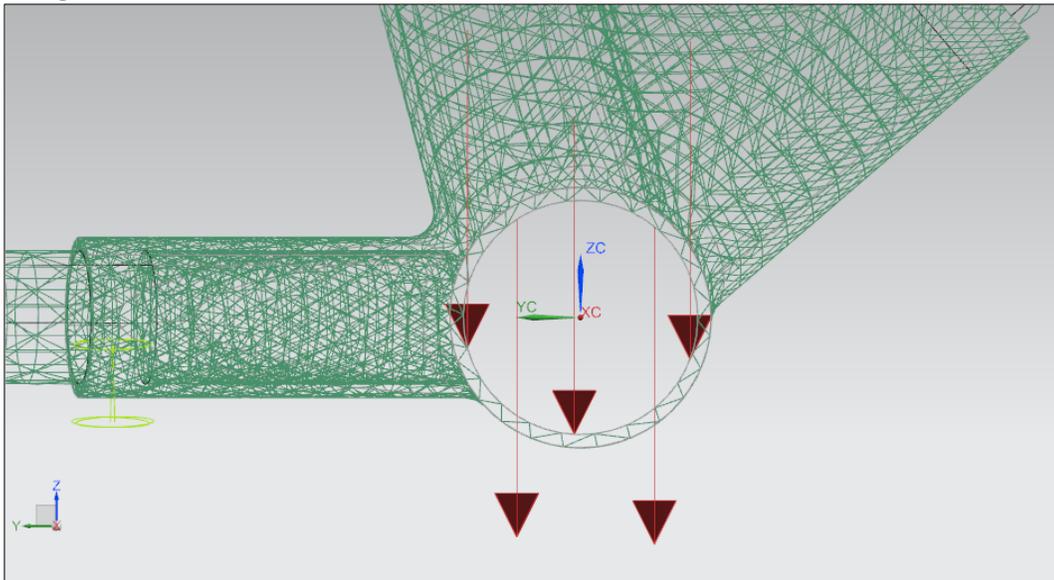
Imagen 39. Fuerza en el empate del sillín



“Fuente: Elaboración propia”

La fuerza total se ubica en la parte superior del marco buscando generar la mayor cantidad de esfuerzo posible, cabe aclarar que la fuerza total toma en consideración el peso del ciclista y el de la estructura. Esta carga es hallada anteriormente en el diseño detallado.

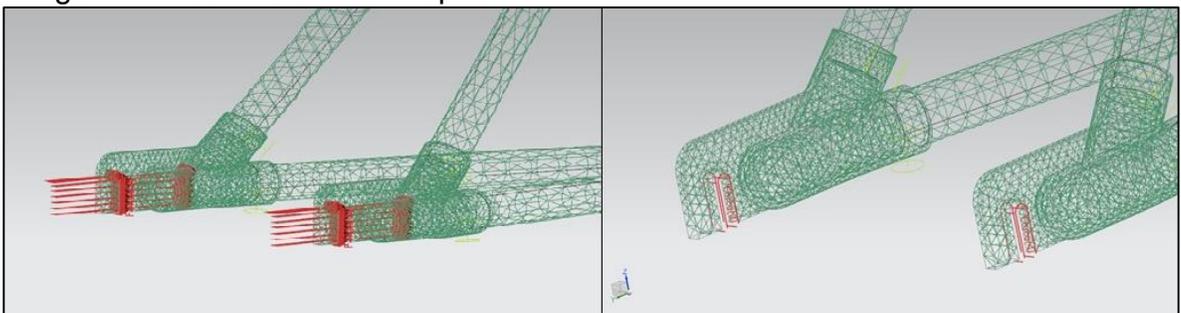
Imagen 40. Fuerza en el centro



“Fuente: Elaboración propia”

Tanto las fuerzas actuantes en los dropout y las reacciones transmitidas desde las llantas se ubican en la parte trasera de la bicicleta, completando así las cargas bajo las cuales se realizará la simulación.

Imagen 41. Fuerzas en los Dropout

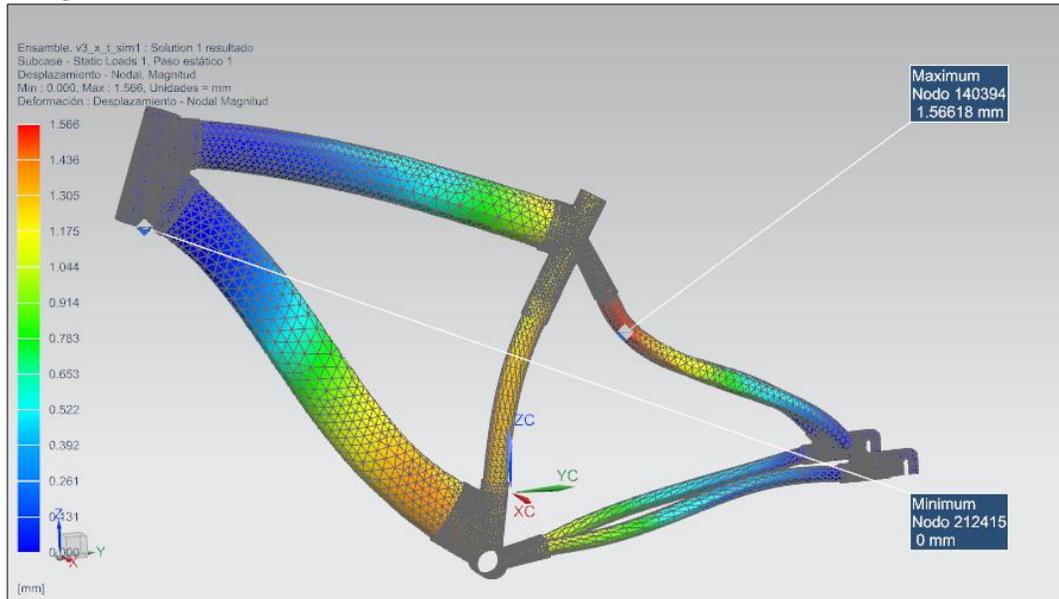


“Fuente: Elaboración propia”

### 5.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

A continuación se analizarán los resultados obtenidos de la simulación y se procederá a generar conclusiones de los mismos.

Imagen 42. Deformación del material

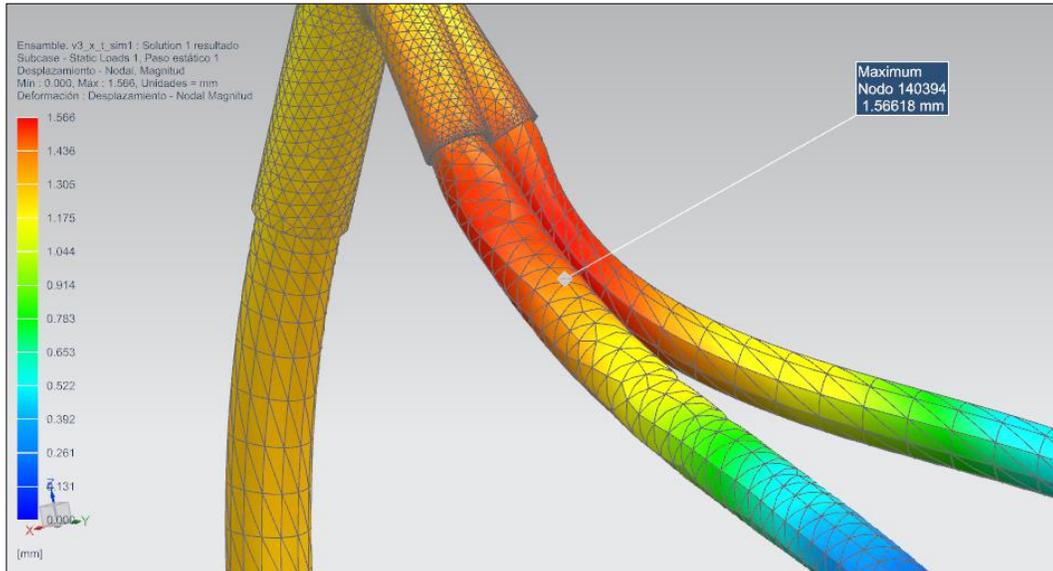


“Fuente: Elaboración propia”

En la imagen se puede apreciar que la deformación máxima generada dentro de la estructura es igual a 1,56mm ubicada en los tirantes superiores.

En los análisis anteriormente realizados se pudo identificar que cumple con la información previamente obtenida ya que logra superar la carga bajo la cual se somete y no realiza fractura o deformación gracias a su amplia longitud de pandeo.

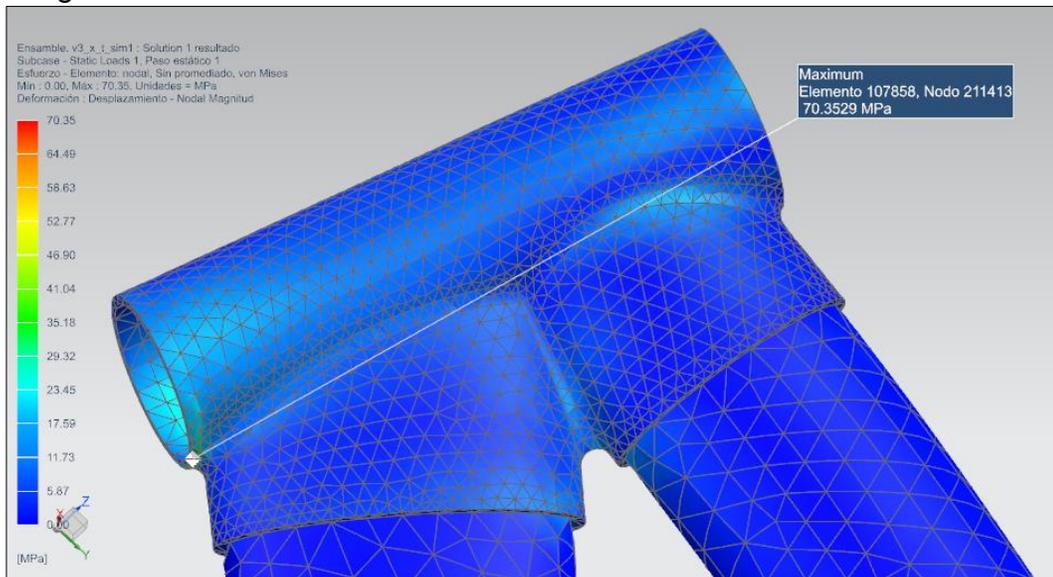
Imagen 43. Punto de máxima deformación



“Fuente: Elaboración propia”

Se realiza un acercamiento a la zona de deformación máxima para aclarar su ubicación exacta y así lograr un mayor entendimiento de la misma.

Imagen 44. Esfuerzo máximo von mises



“Fuente: Elaboración propia”

El esfuerzo máximo presentado en la estructura se encuentra concentrado en la parte inferior de la zona del telescopio, esto debido a la fuerza de frenado y peso de apoyo del ciclista ubicado para buscar el mayor esfuerzo en dicha zona ya que es

la que más recibe carga al momento de frenar abruptamente. El esfuerzo máximo es igual a 70,35 Mpa.

Por último, se aplica teoría de falla para comprobar que el aluminio seleccionado soporta eficientemente las cargas bajo las cuales sería sometido.

Cabe aclarar que teniendo en cuenta la tabla de propiedades del Aluminio 6061 T6 mostrada en el anexo D, el material logra soportar sin inconvenientes la carga bajo la cual se encuentra sometido.

#### 5.4 PESO OBTENIDO DEL MARCO

Gracias a que el software utilizado (SolidWorks) permite obtener información del volumen de cada una de las piezas utilizadas para el marco se logró calcular el aproximado del peso del marco diseñado y con esto poder compararlo con los pesos de materiales ya existentes tales como el aluminio y la fibra de carbono.

Para el cálculo del peso aproximado del marco diseñado se separó cada una de las piezas hallando así su volumen, primero las de aluminio 6061 y luego las de madera;

Aluminio;

- Dropout, 19,89 cm<sup>3</sup> son dos, por lo tanto el volumen total de los dropout es de 39,78 cm<sup>3</sup>
- Eje central, 55,57 cm<sup>3</sup>
- Empate Sillín, 57 cm<sup>3</sup>
- Telescopio, 62,12 cm<sup>3</sup>

Teniendo estos valores se pueden sumar y calcular el volumen total siendo así, 214,47 cm<sup>3</sup>=0,00021447 m<sup>3</sup>, se busca en metros para facilidad de cálculo final del peso.

Por lo tanto conociendo la densidad del aluminio de 2.700  $\frac{kg}{m^3}$  se puede calcular el peso total de las piezas en este material;

$$masa = Densidad * Volumen$$

$$\text{masa} = 2.700 \text{ kg/m}^3 * 0,00021447 \text{ m}^3 = 0,579 \text{ Kg}$$

Madera;

- Barra Superior, 692,80 cm<sup>3</sup>
- Barra Inferior, 832,51 cm<sup>3</sup>
- Barra vertical, 176, 71 cm<sup>3</sup>
- Vainas, cada una pesa 113,10 cm<sup>3</sup>, al ser dos su peso total es de 226,20 cm<sup>3</sup>
- Tirantes, cada uno pesa 135,09 cm<sup>3</sup>, al ser dos su peso total es de 270,18 cm<sup>3</sup>

Luego de realizar el sumatorio total de cada uno de los volúmenes se obtiene un resultado total de 2.198,4 cm<sup>3</sup>=0,0021984 m<sup>3</sup>.

Teniendo la densidad del material de 480<sup>kg</sup>/<sub>m<sup>3</sup></sub> es posible calcular el peso total de las piezas en madera;

$$\text{masa} = \text{Densidad} * \text{Volumen}$$

$$\text{masa} = 480 \text{ kg/m}^3 * 0,0021984 \text{ m}^3 = 1,055 \text{ Kg}$$

Luego de tener los pesos totales de cada uno de los materiales dentro del marco se procede a sumarlos lo que se obtiene;

$$\text{Peso total} = \text{Peso madera} + \text{Peso aluminio}$$

$$\text{Peso total} = 1,055 \text{ Kg} + 0,579 \text{ Kg} = 1,634 \text{ Kg}$$

Por último se podría comparar el peso de esta bicicleta con los pesos aproximados de algunas de las bicicletas en aluminio<sup>26</sup> y carbono<sup>27</sup>.

Tabla 5. Comparación de pesos

<sup>26</sup> GW Bicicletas. Marco gw Lumen. Retrieved from <http://www.gwbicycles.com/bicicletas/ruta/desafio-de-los-elementos/lumen-detail> [Citado el 19/05/2019]

<sup>27</sup> Ok Diario. Peso de la bicicleta mas ligera del tour de Francia. Retrieved from <https://okdiario.com/salud/2015/07/14/peso-bicicleta-mas-ligera-tour-francia-2759180> [Citado el 24/05/2019]

Marca/Referencia	Material	Peso
GW Lumen	Aluminio	1,66kg
Cerveló RCA	Fibra de carbono	667g
Diseño propio	Madera	1,63 kg

“Fuente: Elaboración propia”

La referencia del marco en aluminio es de fabricante Colombiano y una de las marcas más reconocidas por los ciclistas, y la de carbono es el marco más liviano del tour de Francia. Teniendo en cuenta esto se puede concluir que el marco en madera se encuentra cercano a los pesos de marcos comúnmente utilizados para el ciclismo de ruta y por ende dentro del rango para poder utilizarse a nivel competitivo.

## 6. MANUAL DE ENSAMBLE

A continuación, se realizarán los respectivos manuales de ensamble del marco.

Para la unión de las piezas en aluminio junto con las piezas en madera es necesario un pegamento especial que, aunque teniendo en cuenta que se unen a presión funcionaria como complemento para evitar la separación de las piezas. El pegamento seleccionado se llama AFIX PU MONTAJE fabricado por Pegatex Artecola s.a.s en Colombia, según consultado con el departamento de investigación y la ficha técnica éste pegamento se comporta excepcionalmente tanto para maderas como para aceros por lo que sería ideal para este ensamblaje.

El pegamento funciona generando capa de pegamento por lo que en un extremo estaría sujeta a la madera y al otro al aluminio formando la unión deseada. Adicionalmente cabe aclarar que al ser a base de Poliuretano es resistente tanto a condiciones exteriores como interiores a las que se pueda someter el marco. Su ficha técnica se encuentra anexada al final del documento.

Para la pintura se utilizará Impranol<sup>28</sup> siendo éste un barniz transparente que logra resaltar la veta de la madera y con un terminado mate o brillante según la madera. El barniz contiene fungicida e insecticida para protección de la madera a hongos e insectos, es hidrófugo repeliendo el agua y protegiendo la madera de la intemperie, adicional contiene protección a los rayos ultravioleta.

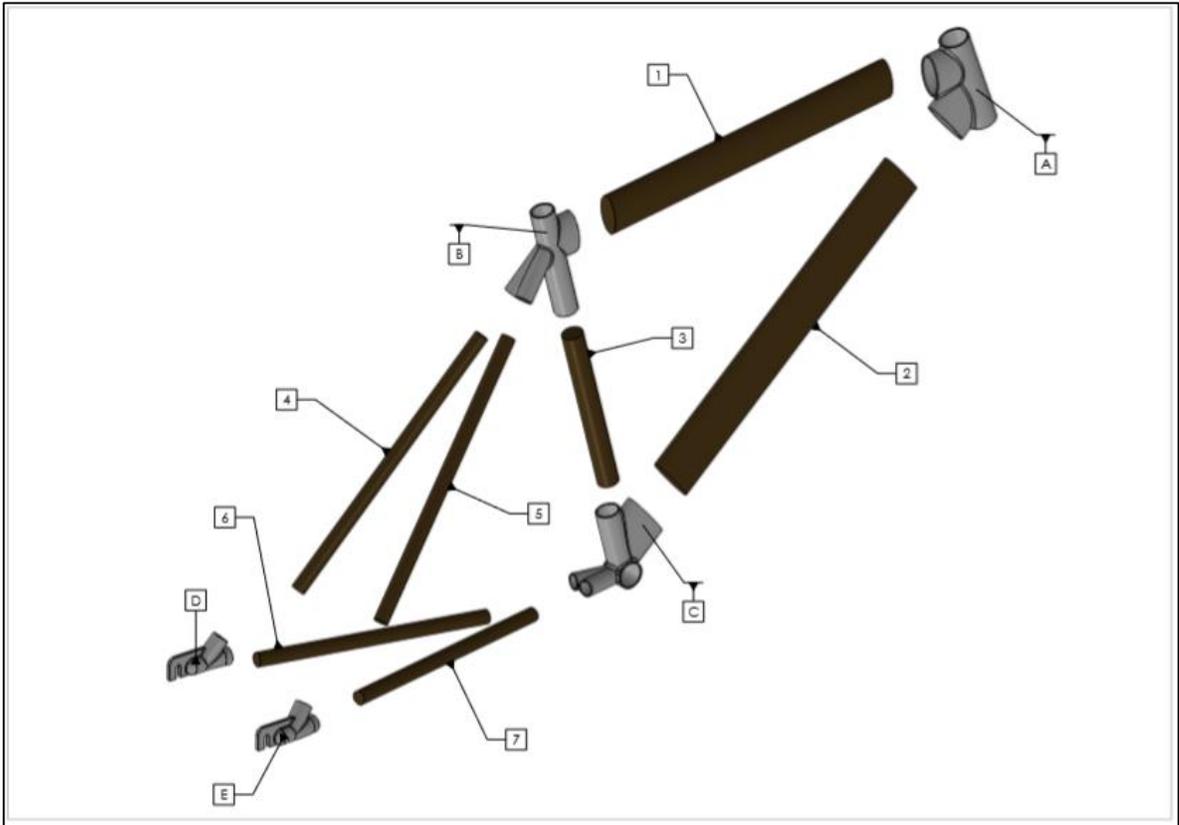
El aluminio estará con sus acabados superficiales de fábrica.

Para realizar el ensamblaje de cada una de las piezas es necesario iniciar con una capa de pintura/barniz para las piezas en madera, y luego aplicar el pegamento en los extremos para proceder con el proceso de ensamblaje.

---

<sup>28</sup> Imprano. Características Impranol. Retrieved from <http://impranol.blogspot.com/> [Citado el 30/05/2019]

Imagen 45. Imagen para manual ensamble



“Fuente: Elaboración propia”

Paso a paso para el ensamblaje de fabricación aclarando que todas las piezas se ensamblan a presión:

- Unir la pieza A con la varilla 1 y 2
- Ensamblar la pieza C a la parte posterior de la varilla 2
- Unir la varilla 3 a la zona superior de la pieza C
- Ensamblar la zona inferior de la pieza B con la zona superior de la varilla 3
- Unir la zona frontal de la pieza B con la zona posterior de la varilla 1
- Unir la zona trasera de la pieza B junto con las varillas 4 y 5
- Ensamblar la zona trasera de la pieza C a las varillas 6 y 7

- Unir la zona posterior de las varillas 4,5,6 y 7 a las zonas frontales de las piezas D y E

Para finalizar es necesario aplicar como mínimo 2 capas adicionales de pintura a la madera para así completar el proceso de protección. Adicionalmente se ubican los aditamentos en la zona del centro del marco (pieza C) y la zona del telescopio (pieza A) para posteriormente poderse ensamblar junto a los periféricos correspondientes.

Imagen 46. Aditamentos centro

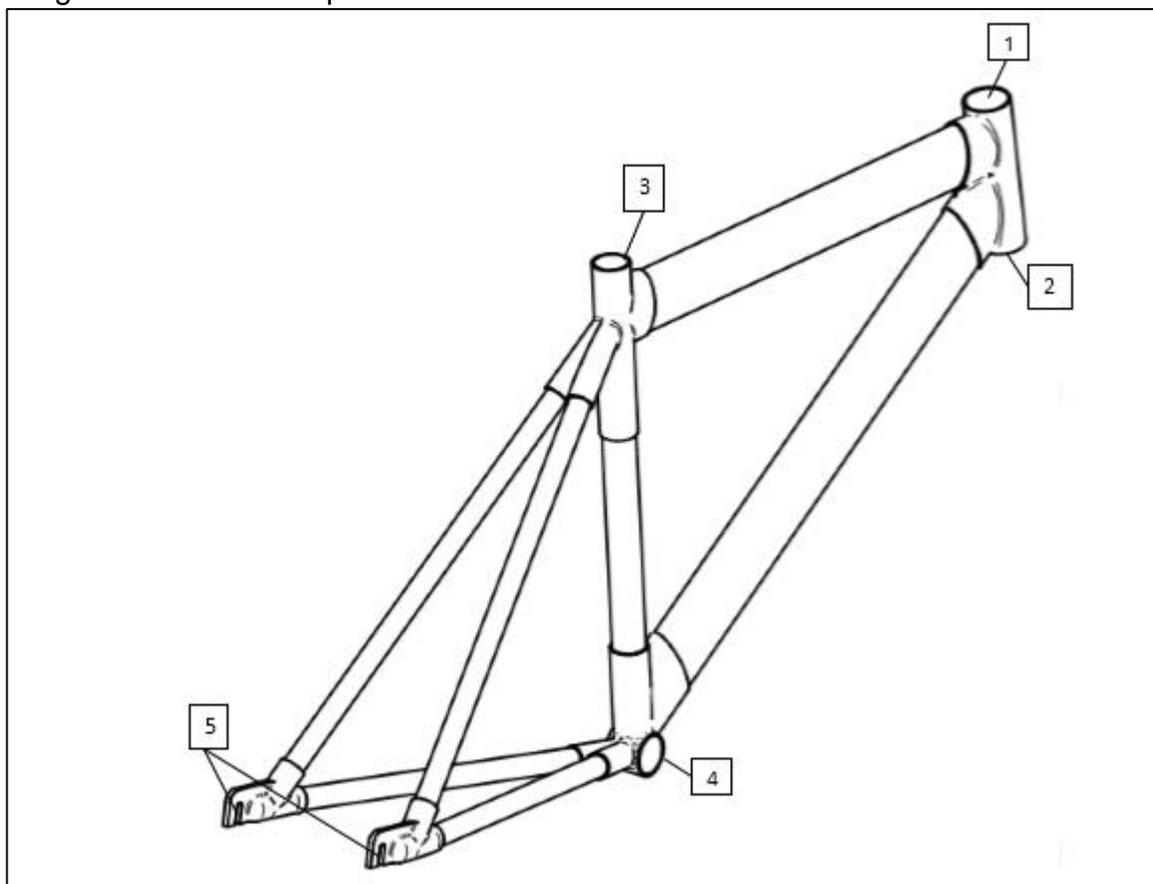


Fuente: Villa de la bicicleta. Retrieved from:  
<https://www.thebikevillage.com> [Citado el 28/06/2019]

## 7. MANUAL DE ENSAMBLE CON PERIFERICOS

Teniendo en cuenta que el marco fue diseñado en base a medidas estandarizadas en las zonas donde se ensamblan periféricos se realizará un manual base para tener en cuenta la ubicación de cada uno de ellos.

Imagen 47. Manual de periféricos



“Fuente: Elaboración propia”

En la zona del telescopio siendo esta la ubicación número 1, se ubica la caña con la cual se asegurará la estructura de la dirección en la bicicleta y el tenedor en el cual irá ensamblada la llanta delantera;

Imagen 48. Caña



Fuente: Rav. Retrieved from: <https://ravx.com/> {Citado el 28/06/2019}

Para la zona inferior del telescopio número 2 se ubicará el tubo superior del tenedor de la bicicleta el cual pasará a través de la caña previamente ubicada y será asegurado por la misma dentro de la estructura;

Imagen 49. Tenedor



Fuente: Edición propia tomado de <http://www.gwbicycles.com/bicicletas/ruta/cri/aeroline>

Dentro de la abertura número 3 se instalará el poste del sillín siendo este afianzado por el anillo el cual se ajusta a presión cerrando su dimensión para así asegurar que el sillín no realizará ningún movimiento luego de ser instalado;

Imagen 50. Sillín



Fuente: Mosso. Retrieved from <http://www.mosso.com.tw/> [Citado el 28/06/2019]

En la zona número 4 del marco se ensamblan las bielas de la bicicleta junto con el plato o engrane principal siendo esta la zona encargada de generar el movimiento inicial dentro de la estructura para realizar el avance;

Imagen 51. Bielas



Fuente: Juan Segura. Retrieved from: <https://juansecura.org/las-bielas-longitud/> [Citado el 28/06/2019]

Para la zona número 5 se tiene en cuenta que son 2 orificios en los tirantes traseros del marco, ahí se debe ubicar las partes exteriores de la manzana trasera la cual ya se debe encontrar ensamblada a la llanta trasera;

Imagen 52. Manzana trasera



Fuente:La bicicleta. Retrieved from <https://labicikleta.com/cada-cuanto-hay-que-darle-servicio-mi-bicicleta/> [Citado el 2/07/2019]

Este manual es realizado para unión con los periféricos principales, los demás adicionales como cadena de transmisión, frenos y demás se ensamblan según fabricante.

## 8. EVALUACION FINANCIERA

La evaluación financiera de un proyecto permite desarrollar a los ejecutores un balance de la situación económica sobre la cual se va a establecer el plan de trabajo, identificando, midiendo y comparando los costos y beneficios asociados a los objetivos que se pretenden alcanzar.

Adicionalmente se presentará un posible costo de producción en donde se muestra los valores de inversión en materiales, costos de fabricación y elementos complementarios que se deben ensamblar al marco, esto debido a que se debe tener en cuenta cada detalle dentro del diseño.

Se realizará una comparación del costo de producción junto con otros materiales ya que no es posible establecer el costo del diseño de estos debido a que es información privada de cada fabricante.

### 8.1 COSTOS DE INGENIERIA

Para los costos de ingeniería se plantearon todos los gastos generados para el desarrollo de este proyecto, no se tienen los costos fungibles ya que son irre recuperables.

Tabla 6. Costos del proyecto

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	VR/UNI	TOTAL	FUENTE FINANCIERA
<b>TALENTO HUMANO</b>					
Proponente (2)	HH	2.080	7.000	14'560.000	Proyectistas
Orientador	HH	32	15.000	480.000	F.U.A
<b>Total Talento Humano</b>				<b>15'040.000</b>	
<b>GASTOS MAQUINARIA Y EQUIPO</b>					
Computadora (software)	H	1.884	8492	15'998.928	Proyectistas
<b>Total Maquinaria y Equipo</b>				<b>15'998.928</b>	
<b>TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS</b>				<b>31'038.928</b>	
<b>Imprevistos (4%)</b>				<b>1'241.557</b>	
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (GASTOS)</b>				<b>32'280.485</b>	

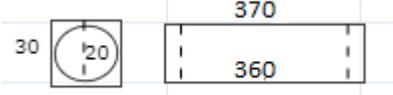
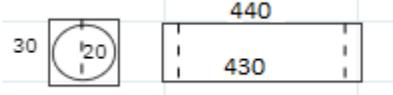
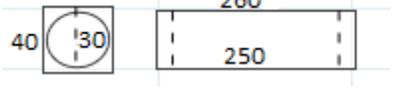
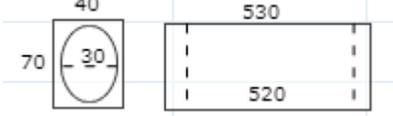
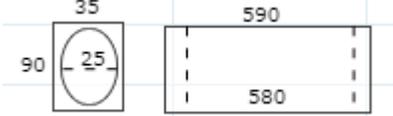
"Fuente: Elaboración propia"

## 8.2 COSTO DE MADERA

El costo de madera se basa en una tabla de 33mm x 19cm x 3.66m de pino caribe cepillado, se escogió el modelo cepillado ya que, aunque el aserrado es más económico es difícil de conseguir con una buena calidad de la madera debido a que en dichas tablas vienen con bastantes nudos lo que se resumiría en desperdicio de material.

A continuación, se mostrará el cálculo de volumen realizado para cada uno de las varillas, tener en cuenta que las medidas en las imágenes están en milímetros y el volumen final en metros para facilidad de cálculos.

Tabla 7. Volumen de madera a usar para el marco

Nombre	Imagen de referencia	Observaciones	Volumen
Vainas traseras x2		Estas varillas serán ubicadas en la parte trasera inferior del marco	$V=0,000333\text{m}^3$
Tirantes superiores x2		Varillas de la zona trasera superior del marco.	$V= 0,000396\text{m}^3$
Varilla vertical		Varillas verticales en el cual se ensambla el sillín	$V=0,000416 \text{ m}^3$
Varilla superior		Varillas conectado desde la zona frontal superior hasta la zona baja del sillín.	$V=0,001484\text{m}^3$
Varilla inferior		Conectado desde la zona inferior frontal hasta donde inicia la zona de pedales.	$V=0,001593\text{m}^3$
<b>Volumen total</b>			$V=0,004222\text{m}^3$

“Fuente: Elaboración propia”

Luego de esto se realiza el cálculo de costo de madera para el diseño total en pesos colombianos teniendo en cuenta el volumen de la tabla de madera cotizada y su costo.

Tabla 8. Costos por cada madera

Nombre	Volumen total de la tabla(m <sup>2</sup> )	Volumen total del diseño en madera(m <sup>2</sup> )	Costo de madera (tabla) en pesos	Costo de madera para el diseño en pesos
Pino Caribe Cepillado	0,0229482	0,004222	48.735	8.966

“Fuente: Elaboración propia”

De acuerdo con un sondeo realizado a proveedores el costo de la madera puede variar considerablemente debido a que cada depósito cuenta con proveedores diferentes y contratos diferentes entre ellos.

### 8.3 COSTO DE ADITAMENTOS O INCRUSTACIONES

En esta sección se clasificarán y seleccionarán los elementos que serán adicionados al marco al momento de ensamblarse teniendo en cuenta que se encuentran con medidas estándar ya normalizadas dentro de la industria, junto con ellos pegamento para madera a utilizar y protección para el marco.

Para adquirir cada uno de los siguientes costos se acudió a locales comerciales ubicados en la ciudad de Bogotá. La pintura protectora se encuentra ubicada en los locales comerciales de Homecenter, por otro lado el pegamento es de fabricación nacional y distribuida por Easy Colombia.

Tabla 9. Adicionales al marco

Nombre	Cantidad	Costo (pesos colombianos)	Ubicación
Pintura protectora (impranol)	1 barril de 0,75L	59.900	Todas las piezas en madera del tenedor
Horquilla frontal	2	12.000 c/u	Zona de bielas
Centro de bicicleta	1	52.000	Juntas aluminio-madera
Pegamento	1 tarro de 360g	15.990	
<b>Total</b>		<b>139.890 COP</b>	

“Fuente: Elaboración propia”

Se debe aclarar que debido a que el pegamento y la pintura es complicado calcular la cantidad que se pueda gastar por cada marco se toma como medida completa la unidad cotizada por lo que se contempla que el costo puede disminuir considerablemente.

#### 8.4 COSTOS POR MANO DE OBRA

Cada costo por mano de obra tendrá en cuenta el costo por 1 marco fabricado y ensamblado incluyendo cada paso de construcción y acabados.

Se tienen en cuenta los costos de fabricación de las uniones en aluminio sumado a los costos por mano de obra de carpintería.

Tabla 10. Costos por mano de obra

Mano de obra	Costo en pesos colombianos
Fabricación piezas en aluminio	250.000
Carpintería y ensamblaje	100.000
<b>Total</b>	<b>350.000</b>

“Fuente: Elaboración propia”

El costo por carpintería y ensamblaje es igual a \$80.000 pesos colombianos por las piezas en madera más \$20.000 adicionales que según el carpintero significarían el ensamblaje del marco.

Para las piezas en aluminio se tiene un aproximado de costo debido a que el fabricante manifiesta un costo aproximado por pieza según consideración al

mostrarle los planos debido a que no le es posible entregar cotización real. El fabricante es Fundiciones, Modelos y Moldes S.A.S.

Los costos de fabricación se encuentran elevados ya que las cotizaciones se realizaron con respecto a un solo marco, si se tuviera la proyección para fabricación en serie tal como los marcos en aluminio, carbono o incluso en acero los costos de fabricación disminuirían considerablemente.

8.4.1 Volumen de pintura en la fabricación de un marco, para calcular el volumen de pintura que se utilizará en las barras de madera se aplicaran las siguientes fórmulas de rendimiento teórico y práctico. Teniendo en cuenta las áreas y los perímetros de cada pieza.

$$\text{Rendimiento teórico} = \frac{\% \text{ solido en el volumen} \times 10 \text{ m}^2/\text{litros}}{\text{espesor de la pelicula seca (micras)}}$$

Consumo Teórico;

$$\text{consumo teórico (CT)} = \frac{\text{m}^2 \text{ a pintar}}{\text{rendimiento (m}^2/\text{l)}}$$

Según el instrumento que se utilice al momento de pintar. Habrá un factor de corrección que determinará las pérdidas por cada mano que se le aplique al material.

Factor de corrección Pistola Airless;

Tabla 11. Factor corrección

Perdidas	Factor de corrección
25%	0,75

Fuente: Elaboración propia.

Vainas;

Área de la vaina;

$$A = 2 * \pi * r * (r + h)$$

$$A = 2 * \pi * (0,01 \text{ m}) * (0,01 \text{ m} + 0,360 \text{ m})$$

$$A = 0,023 \text{ m}^2$$

$$\text{consumo teórico} = \frac{0,023 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2/\text{l}}$$

$$\text{consumo teórico} = 0,00766 \text{ l}$$

Consumo practico;

$$\text{consumo practico} = \text{C. T} * \text{F. C}$$

$$\text{consumo practico} = 0,00766 \text{ l} * 0,75 = 0,005745 \text{ l}$$

Tirante;

Área de la Tirante;

$$A = 2 * \pi * r * (r + h)$$

$$A = 2 * \pi * (0,01 \text{ m}) * (0,01 \text{ m} + 0,43 \text{ m})$$

$$A = 0,027 \text{ m}^2$$

$$\text{consumo teórico} = \frac{0,027 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2/\text{l}}$$

$$\text{consumo teórico} = 0,009 \text{ l}$$

Consumo practico;

$$\text{consumo practico} = \text{C. T} * \text{F. C}$$

$$\text{consumo practico} = 0,009 \text{ l} * 0,75 = 0,00675 \text{ l}$$

Barra Vertical;

Área de la Barra Vertical;

$$A = 2 * \pi * r * (r + h)$$

$$A = 2 * \pi * (0,015 \text{ m}) * (0,015 \text{ m} + 0,52 \text{ m})$$

$$A = 0,0504 \text{ m}^2$$

$$\text{consumo teórico} = \frac{0,0504 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2/\text{l}}$$

$$\text{consumo teórico} = 0,0168 \text{ l}$$

Consumo practico;

$$\text{consumo practico} = \text{C. T} * \text{F. C}$$

$$\text{consumo practico} = 0,0168 \text{ l} * 0,75 = 0,0126 \text{ l}$$

Barra Superior;

Área de la Barra Superior;

$$AA = 2 * \pi * \left( r_1 * r_2 + \sqrt{\frac{(r_1)^2 + (r_2)^2}{2}} * h \right)$$

$$A = 2 * \pi * \left( (0,015 \text{ m}) * (0,035 \text{ m}) + \sqrt{\frac{(0,015 \text{ m})^2 + (0,035 \text{ m})^2}{2}} * 0,52 \text{ m} \right)$$

$$A = 0,09127 \text{ m}^2$$

$$\text{consumo teórico} = \frac{0,09127 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2/\text{l}}$$

$$\text{consumo teórico} = 0,0304 \text{ l}$$

Consumo practico;

$$\text{consumo practico} = \text{C. T} * \text{F. C}$$

$$\text{consumo practico} = 0,0304 \text{ l} * 0,75 = 0,0228 \text{ l}$$

Barra Inferior;

Área de la Barra Inferior;

$$A = 2 * \pi * \left( r_1 * r_2 + \sqrt{\frac{(r_1)^2 + (r_2)^2}{2}} * h \right)$$

$$A = 2 * \pi * \left( (0,045 \text{ m}) * (0,0125 \text{ m}) + \sqrt{\frac{(0,045 \text{ m})^2 + (0,0125 \text{ m})^2}{2}} * 0,58 \text{ m} \right)$$

$$A = 0,12388 \text{ m}^2$$

$$\text{consumo teórico} = \frac{0,12388 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2/\text{l}}$$

$$\text{consumo teórico} = 0,0412 \text{ l}$$

Consumo practico;

$$\text{consumo practico} = \text{C. T} * \text{F. C}$$

$$\text{consumo practico} = 0,0412 \text{ l} * 0,75 = 0,0309 \text{ l}$$

Tabla 12. Consumo pintura

Vaina	0,0114 l
Tirante	0,0135 l
Barra vertical	0,0126 l
Barra Superior	0,0228 l
Barra Inferior	0,0309 l
<b>TOTAL</b>	<b>0,0912 l</b>

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, las piezas de madera Pino Caribe. Se necesitará menos de medio litro de AFIX PU MONTAJE para el revestimiento total por mano. Teniendo en cuenta el porcentaje de pérdida que es favorable al no desperdicio del material.

## 8.5 COSTOS TOTALES

A continuación, se realiza la sumatoria de todos los costos para así tener el costo total de fabricación de 1 marco de bicicleta.

Tabla 13. Costos totales

Costos	Valor el pesos colombianos
Costo de madera	8.966
Costo de aditamentos o incrustaciones	139.890
Costos por mano de obra	350.000
<b>Total</b>	<b>498.856</b>

“Fuente: Elaboración propia”

## 8.6 COSTOS CON RESPECTO A OTROS MATERIALES

El siguiente cuadro compara costos aproximados de marcos según su material y el costo aproximado del marco diseñado dentro de éste proyecto.

Cabe aclarar que los costos<sup>29</sup> son recopilados de una página colombiana especializada en compra y venta de marcos de bicicletas así como los componentes adicionales al mismo, los valores puestos a continuación son los precios mínimos para cada material.

Tabla 14. Comparación entre marcos

Material	Valor en pesos colombianos
Aluminio	450.000
Carbono	2'000.000
Madera	498.856

“Fuente: Elaboración propia”

Para el costo del marco de madera se tuvo en cuenta el costo de fabricación del mismo, sin embargo, es posible afirmar que este valor puede disminuir gracias a una fabricación por medio de un proceso industrial.

Teniendo en cuenta esto se puede concluir que el diseño en madera se considera un diseño accesible para el ciclista de ruta ya que posee un valor similar al de las bicicletas en aluminio.

<sup>29</sup> Bike Exchange. Retrieved from <https://www.bikeexchange.com.co/s/marcos-para-bicicleta-de-ruta?conditions=new&option-value-ids=2615&query=carbono>

## 9. CONCLUSIONES

- Aunque el costo del marco es aproximadamente igual al de uno en aluminio sigue siendo un costo accesible con respecto a marcos que pueden llegar a costar mucho más y logran soportar las mismas condiciones de uso.
- El peso del marco logra cumplir dentro de los considerados para una bicicleta de ruta profesional por lo que cumple con el objetivo principal del diseño siendo así una bicicleta aplicable al ciclismo de ruta profesional.
- Gracias a la unión de los dos materiales dentro del diseño se puede evidenciar un gran trabajo en conjunto dentro de ellos ya que el aluminio logra soportar las cargas que la naturaleza de la madera no logra y por su parte la madera las transmite por todas sus fibras logrando una gran absorción.
- En la historia es sabido que las primeras bicicletas en madera fueron realizadas en madera y avanzando a lo largo de la historia hasta llegar a ser fabricadas en los materiales actuales, sin embargo es posible utilizar los avances ingenieriles obtenidos para regresar al material inicial y lograr un marco que logre cumplir con el mismo objetivo que los de materiales comunes en esta época.
- En la naturaleza existen bastantes tipos de madera que podrían llegar a funcionar para el diseño planteado en este proyecto, sin embargo al proponer 4 opciones posibles y lograr escoger una se logró obtener la madera óptima para el funcionamiento requerido.
- El pre diseño del marco según los cálculos realizados en el diseño detallado geoméricamente funciona y logra cumplir con las cargas que soporta.
- La bicicleta aunque se encuentra sometida a cargas aerodinámicas debido a que tiene un área superficial que se encuentra en contacto frontal constantemente con el aire no se encuentra sometida a una gran carga por esto ya que la geometría del marco logra desviar el aire y recibir una resistencia mínima casi despreciable.
- El mayor esfuerzo dentro del funcionamiento de la bicicleta se encuentra situado en el tenedor de la bicicleta, mas no en el marco y por esto comúnmente es el elemento que falla.

- Aunque financieramente el proyecto puede llegar a ser costoso se puede sustentar gracias a que los software utilizado para diseño y simulación poseen licencias costosas. Así mismo el talento humano requerido.
- El método de corte del material en madera al no requerirse agua o liquido lubricante es más económico y así mismo amigable con el medio ambiente.
- Gracias a el diseño es posible afirmar que el ensamblaje del marco es sencillo y se presta para que el ensamblaje pueda ser realizado en ordenes distintos pero llegando a un mismo resultado.
- Es posible afirmar que regresar a la madera como material principal en los marcos de bicicleta es viable y logra generar prestaciones óptimas para el ciclista.

## 10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda fabricar el marco para realizar sus correspondientes pruebas de funcionamiento adicionales a la simulación realizada en el proyecto.
- Debido a que el pegamento es recomendado para el tipo de estructura se decidió utilizar para el diseño. Sin embargo, al no tener la posibilidad de realizar los ensayos pertinentes se recomienda que si se desea se puede experimentar con otros pegamentos del mismo tipo.
- Aunque el diseño se encuentra pensado para una durabilidad alta se recomienda tener los cuidados básicos para una estructura en madera tales como evitar acumulación de suciedad o materiales que puedan penetrar o dañar la estructura y por ultimo evitar contacto con productos inflamables o fuego.
- Basado en los avances dentro del proyecto es posible buscar realizar piezas adicionales también en material madera para buscar que cada uno de los elementos de la bicicleta sean basados en este material.

## BIBLIOGRAFÍA

Alacermas. Propiedades aluminio 6061. Retrieved from [http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa\\_6061\\_aluminio\(1\).pdf](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio(1).pdf) [Citado el 12/1/2019]

Angel Franco Garcia. Momentos de inercia. Retrieved from [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm) [Citado el 23/02/2019]

Arquigráfico. Clasificación y tipos de madera. (2017). Retrieved from <https://arquigrafico.com/tipos-de-maderas-para-la-construccion-y-ebanistera/> [Citado el 24/11/2018]

Biciscope. Bicicletas en fibra de carbono. Retrieved from <https://www.biciscope.com/las-ventajas-la-fibra-carbono-bicicleta/> [Citado el 11/06/2018]

Carrilo Carmen. Materiales de la bicicleta. Retrieved from <https://prezi.com/51w54knp55bn/materiales-de-la-bicicleta/> [Citado el 20/09/2019]

Clustermadeira. Propiedades de la madera, Retrieved from [http://www.clustermadeira.com/pdf/4\\_propiedades\\_madera.pdf](http://www.clustermadeira.com/pdf/4_propiedades_madera.pdf) [Citado el 12/11/2018]

COCHES.NET(foros de debate Historia de la bicicleta) [online]. Toledo (España): Retrieved from <http://debates.coches.net/forum/off-topics/124696-historia-de-la-bicicleta>. [Citado el 07/05/2018]

Forest for all forever. ¿Qué es el FSC? Y norma. Retrieved from <https://ic.fsc.org/es/what-is-fsc> [Citado el 06/10/2018]

GW Bicicletas. Marco gw Lumen. Retrieved from <http://www.gwbicycles.com/bicicletas/ruta/desafio-de-los-elementos/lumen-detail> [Citado el 19/05/2019]

Imprano. Características Impranol. Retrieved from <http://impranol.blogspot.com/> [Citado el 30/05/2019]

InfoMaderas.com. Tipos de Maderas y Maderas colombianas. Retrieved from <http://infomaderas.com/2013/06/20/maderas-de-colombia/> [Citado el 24/11/2018]

Infomadera. Mecánica estructural. Retrieved from [http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_40\\_mecanicaEstructural.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf) [Citado el 23/12/2018]

Ingeniería de la bicicleta 2010. Retrieved from [https://www.esteyco.com/wp-content/uploads/2017/02/r2010\\_IngBici.pdf](https://www.esteyco.com/wp-content/uploads/2017/02/r2010_IngBici.pdf) [Citado el 27 de Noviembre de 2018]

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN Compendio de normas para trabajos escritos.NTC-1486-6166 Bogotá D.C El insituo,2018 ISBN 9789588585673 153p.

Mazón Carlos. Diseño de cuadros (geometrías). Retrieved from <http://www.biziosona.com/2016/02/05/disenio-de-cuadros-geometrias/> [Citado el 11/08/2018]

Miguel Naranjo Hipolito. Estudio a Fatiga. Retrieved from [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25623/PFC\\_MiguelAngel\\_Naranjo\\_Hipolito.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25623/PFC_MiguelAngel_Naranjo_Hipolito.pdf) [Citado el 24/03/2019]

Normas Tolerancias y Dimensionamiento, Retrieved from <http://www.ingenianet.com/tolerancias-dimensionales/> [Citado 15 de marzo de 2019]

Nieves Ruiz Calderon. Longitud de Pandeo. Retrieved from <https://slideplayer.es/slide/10587434/> [Citado el 23/02/2019]

Ok Diario.Peso de la bicicleta mas ligera del tour de Francia. Retrieved from <https://okdiario.com/salud/2015/07/14/peso-bicicleta-mas-ligera-tour-francia-2759180> [Citado el 24/05/2019]

Tuvalum. La guía definitiva de cuadros de bicicleta; ¿qué material es mejor? (). Retrieved from <https://tuvalum.com/blog/guia-materiales-cuadros-bicicleta/> [Citado el 15/09/2018]

Unilibre. Análisis del recurso energético eólico para la ciudad de Bogotá DC para los meses de diciembre y enero, Colombia 2015. Retrieved from <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/14/analisis-del-recurso-energetico-eolico-para-la-ciudad-de-bogota.pdf> [Citado el 28/03/2019]

Unión Ciclista Internacional. Guía de aclaración del reglamento técnico de la UCI. Retrieved. from

[https://static.rfec.com/documentos/smartweb/menu/68/doc\\_5a01740b3e1d30.67693929\\_guia\\_de\\_aclaracion\\_2.pdf](https://static.rfec.com/documentos/smartweb/menu/68/doc_5a01740b3e1d30.67693929_guia_de_aclaracion_2.pdf) [Citado el 25/08/2018]

Vila, M. D. El cuadro de la bicicleta de ruta. Retrieved from <https://quepedal.com/el-cuadro-de-la-bicicleta-de-ruta/> [Citado el 30/08/2018]

ANEXOS

ANEXO A.  
FICHA TÉCNICA AFIX PU MONTAJE PEGAMENTO

## AFIX PU MONTAJE

---

**Descripción** Afix PU Montaje es un adhesivo a base de poliuretano de consistencia pastosa, que lo hace ideal para aplicaciones verticales. El adhesivo cura por medio de la humedad del medio ambiente. Las juntas adhesivas son fuertes, durables y resistentes a la humedad.

---

	<b>Propiedades Físicoquímicas</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Datos Técnicos</b>	Apariencia	Pasta de color beige.
	Temperatura de aplicación	5 a 40°C.
	Base adhesiva	Poliuretano.
	Tiempo de curado	24 a 48 horas.
	Densidad	1.46 a 1.54 g/cm <sup>3</sup> .
	Resistencia al congelamiento durante el transporte	Max -15°C.
	Formación de película (23°C/50%HR)	10 minutos.
	Resistencia a la tracción (23°C/50%HR)	11N/mm <sup>2</sup> a 24 horas de curado.
	Rendimiento	15m lineales con una aplicación de 1 cm de diámetro.
	Expansión entre la junta adhesiva	2 mm con prensado de 10 minutos.

---

---

**Campos y formas de aplicación**

Afix PU montaje está diseñado para la unión y montaje de madera, melaminico, madecor, aglomerados, tableros contrachapados, formaleta, metal, piedra, concreto, la mayoría de plásticos\*, espuma de PU, espuma de poliestireno, rockwool y fibra de vidrio.

Las superficies de los materiales a unir deben estar limpias, secas y libres de polvo, grasa u otros tipos de contaminantes. Se recomienda realizar ensayos de aplicación antes de hacer la unión de las piezas, para verificar la afinidad del adhesivo con los materiales.

Aplique el adhesivo sobre una de las superficies. Para un curado adecuado es necesario que una de las superficies sea porosa. Si las superficies no son porosas, es necesario aplicar una capa (10 a 20g/m<sup>2</sup>) sobre uno de los sustratos. Posicione los materiales que se unirán entre sí, dentro del tiempo de formación de película. Evite cualquier desplazamiento. Mantenga la unión bajo presión, puede ser la ejercida con la mano, hasta que se consiga una unión fuerte.\*\*

*Para aplicación en paneles*

Aplique cordones de 6mm de espesor a partir de 5cm del borde dejando espacios entre cada aplicación de 20 a 40cm. Presione inmediatamente el panel con firmeza contra el muro\*\*. Algunas piezas podrían requerir soporte por máximo 24 horas.

*Para aplicación en listones, zócalos y otros*

Aplique el adhesivo por puntos o cordones dejando 20cm entre cada aplicación. Fije el material colocándolo con movimientos suaves y aplique presión uniforme\*\*. Una vez colocado en su posición presione con firmeza. Algunas piezas podrían requerir presión hasta por 24 horas.

\*Plásticos duros, con excepción de polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno (PET) y politetrafluoroetileno (teflón).

\*\* El tiempo de presando se ve afectado, por las condiciones de humedad y temperatura, en el sitio de trabajo.

---

**Características**

- ✓ Adhesivo Tixotrópico.
- ✓ Amplio espectro de adhesión\*.
- ✓ Alta fuerza adhesiva.
- ✓ Adhesivo con bajo grado solventes.

---

**Embalaje** Cartucho por 310mL. Consulte al Centro de Relacionamiento con el Cliente (CRC) sobre otras posibilidades de embalaje.

---

**Seguridad** Antes de usar este producto es necesario que lea y comprenda las recomendaciones que se encuentren en la hoja de seguridad. No presenta riesgos para el transporte.

---

**Almacenamiento** Almacene a una temperatura entre 5 a 25°C bajo techo, alejado de fuentes de calor y luz directa del sol. La vida de útil del producto es 9 meses desde la fecha de envaso (ver cartucho). Las propiedades del producto se mantienen, siempre y cuando se conserve en su empaque original y sellado.

---

**Soporte técnico** El departamento comercial y técnico de PEGATEX ARTECOLA tiene experiencia práctica en el uso de los productos. Solicite asistencia a través de nuestro departamento comercial. En caso de ser necesarias aclaraciones técnicas, llamar al soporte técnico o envíe un e-mail: [dpto.tecnico@pegatex-artecola.com](mailto:dpto.tecnico@pegatex-artecola.com)

---

Pegatex Arteccla S.A., garantiza que sus productos cumplen con las especificaciones de venta en el momento de despacho. De no ser así, la responsabilidad de Pegatex Arteccla S.A. consiste en reponer al comprador la cantidad de producto, siempre y cuando se demuestre que éste estaba defectuoso.

La información que contiene el presente documento y nuestras sugerencias se dan de buena fe pero no proporcionan garantías suplementarias o adicionales a las legales, las cuales se otorgan al momento de la compra.

La forma en que el cliente utiliza nuestros productos, asesoría técnica e información (verbal, escrita o a través de pruebas) incluyendo cualquier proceso de aplicación sugerido y recomendaciones, está fuera de nuestro alcance. Por lo tanto, es indispensable que el cliente ponga a prueba nuestros productos, asesoría técnica e información para determinar, bajo su propio criterio, si son idóneos para el pretendido fin. Sin perjuicio de que Pegatex Arteccla S.A. garantice que su mercancía cumple con las condiciones y funciones propias de cada producto, las cuales son debidamente informadas al consumidor, se sugiere que para determinar la funcionalidad específica de cada caso, el comprador realice dichas pruebas. Las pruebas deben tomar en consideración los aspectos relativos a la funcionalidad, salud, seguridad y medio

ambiente sin desconocer que Pegatex Artecola S.A. se compromete a cumplir con la obligación legal de informar debidamente acerca de los potenciales riesgos y contraindicaciones que el estado de la ciencia permita conocer y que puedan surgir con ocasión al uso de sus productos así como con todos los reglamentos técnicos aplicables. Queda expresamente entendido que la realización de éstas pruebas se sale del ámbito de control de Pegatex Artecola y por tanto el usuario asume toda responsabilidad por agravios que ocurran con ocasión al uso indebido, no convencional o alterno de un producto.

Pegatex Artecola S.A. solo se hace responsable por aquellos defectos o daños que se deriven de un incumplimiento de lo dispuesto en la legislación aplicable a la materia y no asume, bajo ninguna circunstancia, una responsabilidad mayor a la que le sea atribuible por concepto de información insuficiente, publicidad engañosa o defectos en un producto, todo lo cual se deberá acreditar debidamente.

**LIMITACIONES Y EXCLUSIONES DE REPARACIONES Y DAÑOS.** Pegatex Artecola S.A. y sus distribuidores bajo ninguna circunstancia son responsables ante el comprador o cualquier otra persona por daños directos, indirectos, especiales, incidentales o consecuenciales de cualquier naturaleza incluyendo pero sin limitarse a, el deterioro o pérdida del uso de la propiedad, daños por pérdida de utilidad o de ingresos, o cualquier otro daño proveniente de la compra o uso del producto a menos de que éste tenga un problema de calidad, seguridad o idoneidad. La responsabilidad de Pegatex Artecola S.A. y sus distribuidores en ningún momento excederá el precio de compra del producto.

---

*Para averiguar si la información que contiene este documento se encuentra actualizada comuníquese con Pegatex Artecola S.A.*

*Carrera 3 No. 15A-55 / FAX: 57 (1) 422 14 44  
Mosquera – Cundinamarca – Colombia. [www.pegatex-artecola.com](http://www.pegatex-artecola.com)*

PBX: 57 (1) 422 1400  
LÍNEA GRATUITA DE ATENCIÓN AL CLIENTE  
**01 8000 522 444**

**ANEXO B.  
COTIZACIÓN MADERA, ALUMINIO Y MANO DE OBRA**

FECHA		
23	10	2018



COTIZACIÓN	
<b>Nº</b>	<b>106</b>

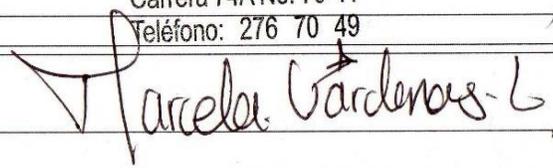
Punto de venta Boyacá Real  
Carrera 74a No. 70 - 41  
Tel: +57 (1) 276 7049 - 802 1040  
e mail: marcelac@refocosta.com  
Bogotá - Colombia

FECHA DE VENCIMIENTO		

Nombre: <u>Julio Parra</u>	C.C. ó Nit: <u>104 260 411</u>
Dirección:	
Ciudad:	Teléfono: <u>318 7432307</u>

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	<u>Rno Caribe Cepillado 33x19cmx3.66mts</u>	<u>40954</u>	<u>40954</u>

  
**refocosta**  
 productos y servicios forestales  
 Reforestadora de la Costa S.A.S.  
 NIT. 890.110.147-5  
 Carrera 74A No. 70-41  
 Teléfono: 276 70 49

SELLO		SUBTOTAL \$	<u>40954</u>
		I.V.A. (19 %)	<u>7781</u>
		TOTAL \$	<u>48735</u>



Anexo C.  
FICHAS TÉCNICAS



**ESPECIFICACIONES PARA DECKS EN MADERA**

**Ficha Técnica madera**

**TECA**

*(Tectóna grandis)*

**PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS**

Densidad Anhídra (kg / m <sup>3</sup> )	610
Densidad Básica (kg / m <sup>3</sup> )	561
Grupo (NTC 2500 Icontec)	B
Módulo de elasticidad para flexión estática (kg / cm <sup>2</sup> )	103900
Esfuerzo unitario máximo (kg / cm <sup>2</sup> )	780
Esfuerzo límite proporcional (kg / cm <sup>2</sup> )	430

**FUENTE:** Ensayo Propiedades Físico Mecánicas-  
Laboratorio Tecnología de Maderas  
Universidad Distrital 2005

**SECADO**

La madera se estabiliza bien con el secado, pero esto ocurre lentamente. Seca fácilmente al aire libre presentando sutiles deformaciones, pero no endurecimientos ni tensiones superficiales. El secado al horno es bueno, sin tendencias a rajaduras o alabeos.

**PRESERVACIÓN**

La madera es considerada como muy difícil de tratar con inmunizantes, aunque posee buena durabilidad natural.

### USOS ACTUALES

La madera es bien conocida por su baja contracción y excelente estabilidad luego de trabajarla, siendo muy utilizada para cubiertas de portaviones, barcos y otras grandes embarcaciones.

Se usa para pisos interiores y exteriores, ebanistería, construcciones pesadas sometidas a intemperie, marcos de puertas y ventanas, torno, muebles y panelería.

Es excepcionalmente apropiada para tanques, tinas, bañeras, cocinas, bancos de laboratorio y plantas químicas (debido a su resistencia a los ácidos), estacones, armazones de casas y chapas decorativas.

Esta madera no corroe los metales cuando se utiliza en contacto con ellos.



FICHA TECNICA PINO AMARILLO	
<b>Denominación Científica</b>	Pinus taeda L.; P. elliotis Engelm; P. echinata Mill; P. palustres Mill También llamado comúnmente pino amarillo del sur, pino tea o pino melis.
<b>Aspecto</b>	La madera es homogénea con algunas ligeras variaciones de partes de albura y partes de duramen, albura tiene un color que varía desde el blanco amarillento y el duramen es marrón-rojizo o marrón claro. Los anillos de crecimiento se distinguen fácilmente. Tiene una fibra recta y un grano bastante grueso. Permanece un fuerte olor a resina aunque la madera este seca. Tiene nudos, bolsas y rajas de resina.
<b>Zonas de Producción</b>	Sureste de los Estados Unidos de América. En España pino tea o pino melis.
<b>Propiedades Mecánicas</b>	
<b>Densidad media</b>	580 kg/M <sup>3</sup>

<b>Esfuerzo a la Flexión</b>	150 Kg/cm 2
<b>Esfuerzo a la compresion perpendicular</b>	28 Kg/cm 2
<b>Esfuerzo a la compresion Paralela</b>	110 Kg/cm 2
<b>Esfuerzo Cortante Perpendicular</b>	12 Kg/cm 2
<b>Modulo de Elasticidad</b>	100.000 Kg/cm 2
<b>Norma de Clasificación que cumple en Colombia</b>	
Nor ma ICONTEC - 2500 Y NORMA SISMORESISTENTE NRS-10	
<b>Impregnabilidad</b>	Tipo Estándar
<b>Durabilidad</b>	Natural tipo medio. Durabilidad frente a los hongos, sensible a las larvas y medianamente a las termitas. Durabilidad prolongada con impregnación.
<b>CARACTERISTICAS DE MECANIZACIÓN</b>	
<b>Acabado</b>	Facil de lijar y maniobrabilidad en obras de madera y carpintería
<b>Aserrado</b>	Sencillo y estandar
<b>Clavado y atornillado</b>	Fácil de clavar con puntilla y perforar para tornillería.
<b>Secado</b>	Natural, hasta 17% - Secado artificial hasta 13%.
<b>Cepillado, Fresado, Torneado</b>	sin problemas. Se curva, tornea y talla bastante bien
<b>Encolado:</b>	Sin Problemas.
<b>Utilizaciones</b>	Estructuras y acabados de cubiertas, entrepisos, entramados, pisos y decks. Adecuado para tallas en madera de interiores. Carpintería interior, mobiliario. Puertas, tarimas, frisos, molduras. Chapas decorativas y tableros contrachapados. Cubiertas y pérgolas, Mástiles de barco.
<b>ISO:9001</b>	

## CARIBE

(*Pinus caribaea*)

### PROPIEDADES FISICO MECANICAS

Densidad Anhídra (kg / m <sup>3</sup> )	520
Densidad Básica (kg / m <sup>3</sup> )	480
Grupo (NTC 2500 Icontec)	B
Módulo de elasticidad para flexión estática (kg / cm <sup>2</sup> )	114500
Esfuerzo unitario máximo (kg / cm <sup>2</sup> )	1090
Esfuerzo límite proporcional (kg / cm <sup>2</sup> )	320

**FUENTE:** Ensayo Propiedades Físico Mecánicas- Laboratorio Tecnología de Maderas

Universidad Distrital 2005

### SECADO

Seca fácil y lentamente al aire libre y artificialmente, presentando deformaciones leves. Para carpintería se debe secar en horno hasta 8-12%.

### DURABILIDAD NATURAL

Moderada si no se seca adecuadamente. Para aumentar su durabilidad en uso exterior debe ser inmunizada.

### PRESERVACIÓN

La madera es muy fácil de tratar mediante los sistemas de vacío presión o inmersión, presentando gran retención de inmunizante.

### TRABAJABILIDAD

Es fácil de trabajar con herramientas manuales y en las diferentes operaciones de maquinado. Da excelentes acabados y se deja encolar fácilmente.

### USOS ACTUALES

Muebles, tableros, revestimientos, triplex, carpintería, arquitectura, juguetería y artesanías.

También usada en armazones de casas para cubiertas y estructuras.

Anexo D  
Propiedades Aluminio 6061

## -6061- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo	0,40		0,15		0,80	0,04			Otros Total	
Máximo	0,80	0,70	0,40	0,15	1,20	0,35	0,25	0,15	0,05 0,15	El resto

### PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Estado	Características a la tracción					
	Carga de rotura Rm. N/mm <sup>2</sup>	Límite elástico Rp 0,2, N/mm <sup>2</sup>	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la cizalladura $\tau$ N/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell (HB)
0	125	55	27	120	85	30
T4	235	140	21	180	150	65
T6	310	270	14	190	190	95

### PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS ( a temperatura ambiente de 20°C )

Módulo elástico N/mm <sup>2</sup>	Peso específico g/cm <sup>3</sup>	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 <sup>6</sup> K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70,000	2,70	580-650	23,3	T4-155 T6-166	T4-4,3 T6-4,0	T4-40 T6-43	-0,83

### APTITUDES TECNOLÓGICAS

<b>SOLDADURA</b> A la llama Al arco bajo gas argón Por resistencia eléctrica Braseado		<b>MECANIZACIÓN</b> Fragmentación de la viruta Brillo de superficie	Estado: 0 	Estado: T6 
<b>COMPORTAMIENTO NATURAL</b> En ambiente rural En ambiente industrial En ambiente marino En agua de mar		<b>EMBUTICIÓN</b> Por expansión Embutición profunda	Estado: 0 	Estado: T6 
<b>ANODIZADO</b> De protección Decorativo Anodizado duro		<b>FORJABILIDAD</b>		
		<b>RECUBRIMIENTO</b> Lacado Galvanizado Níquel químico		

### RADIOS DE PLEGADO

Estado	0,4<e<0,8 mm,	0,8<e<1,6 mm	1,6<e<3,2 mm,	3,2<e<4,8 mm,	4,8<e<6 mm,	6<e<10 mm,	10<e<12 mm,
0	0	0,5	1	1	1	1,5	2
T4	0,5	1	1,5	2,5	3	3,5	4
T6	1,5	2,5	3,5	3,5	4	4,5	5

Multiplicar el coeficiente por el espesor (e) de la chapa

## -6061- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALEACIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS

Estado	-195°C			-80°C			-30°C			+25°C			+100°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65	Rm	Rp 0,2	A 5,65
T6	415	325	22	340	290	18	325	285	18	310	275	17	290	260	18

Estado	+150°C			+205°C			+260°C			+315°C			+370°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5,65												
T6	235	215	20	130	105	28	50	34	60	32	19	85	21	12	95

Rm N/mm<sup>2</sup> ; Rp N/mm<sup>2</sup> ; A 5,65 %

Según normas A.A.

## TRATAMIENTOS DEL ALUMINIO

Estado	Tratamiento de puesta en solución T°C	Medio de temple	Tratamientos de maduración artificial. Mantenimiento a T° en horas	Maduración natural.
T4	530°C± 5 °C	Agua a 40°C máx.		4 días mínimo
T6	530°C± 5 °C		(**) 8 horas a 175± 5°C ó 6 horas a 185± 5°C	

(\*\*) Este tratamiento da mejores características mecánicas y alargamiento.

Intervalo de temperatura de forja: 350° – 500°C

Recocido total: 420°C, con enfriamiento lento hasta 250°C

Recocido contra acritud: 340°C

1 kg / mm<sup>2</sup> = 9,81 N/mm<sup>2</sup>;; 1N/mm<sup>2</sup> = 1MPa

## APLICACIONES

Se aplica en la industria para la fabricación de moldes, troqueles, maquinaria, herramientas, vehículos, ultraligeros, vagones de ferrocarril, industria naval, piezas de bicicletas, muebles, oleoductos, estructuras de camiones, construcciones navales, puentes, usos civiles y militares, calderería, torres y postes, construcción de calderas, motoras, aplicaciones aeroespaciales, cobertura de rotores de helicópteros, remaches, etc.

## OBSERVACIONES

Es una aleación desarrollada para cubrir en características mecánicas el campo entre la 6063 y las aleaciones del grupo AlCu y AlZn. El tiempo entre el temple y la maduración artificial no debe superar las 2 horas. Esta aleación que endurece por tratamiento térmico, tiene una buena aptitud a la soldadura pero pierde casi un 30% de la carga de rotura en la zona soldada.