

## Índice.

1. Memoria .....	5
1.1. Motivación .....	5
1.2. Objetivos .....	5
1.3. Detección de nuevas necesidades para el trabajo de mensajero.....	6
1.3.1. ¿Por qué en bicicleta?.....	6
1.3.2. Nuevas necesidades.....	7
1.4. El material: .....	9
1.4.1. El Aluminio .....	10
1.4.2. Tipos de aluminios: .....	11
1.4.3. Los tratamientos térmicos posteriores .....	12
1.4.4. Anodización .....	13
1.5. Eco-ingeniería .....	15
1.6. Estudio de mercado .....	16
1.6.1. Bicicletas de carretera .....	18
1.6.2. Bicicletas eléctricas: .....	20
1.6.3. Bicicletas plegables: .....	21
1.6.4. Bicicletas urbanas Cruiser: .....	22
1.6.5. Bicicletas Urbanas:.....	23
1.6.6. Bicicletas para modalidades Freestyle, (Trial, BMX y Dirt).....	24
1.6.7. MTB Rígidas/ suspensión delantera.....	26
1.6.8. MTB Doble suspensión.....	27
1.7. Estudio del prototipo: .....	28
1.7.1. Cadencia: .....	28
1.7.2. La Transmisión:.....	29
1.7.3. Agilidad:.....	34
1.7.4. Comodidad: .....	35
1.7.5. Velocidad: .....	36
1.7.6. Ruedas: .....	36
1.7.7. Peso: .....	38
1.7.8. Precio: .....	40
1.8. Mejoras mecánicas: .....	41

1.8.1.	Sistema de alumbrado: .....	41
1.8.2.	Rueda de 29 pulgadas detrás: .....	44
1.8.3.	Sistema de seguridad integrado.....	46
1.8.4.	La tija .....	47
1.9.	Versiones de venta .....	49
1.10.	El diseño de la geometría. ....	50
1.11.	Conclusiones del estudio:.....	54
1.11.1.	¿Qué es el Keirin? .....	55
2.	Cálculos justificativos. ....	56
2.1.	Verificación del ensayo de elementos finitos.....	56
2.2.	Ensayos de elementos finitos .....	58
2.2.1.	Ensayos al cuadro.....	58
2.2.2.	Ensayos en la tija.....	63
3.	Pliego de condiciones.....	65
4.	Presupuestos .....	66
4.1.	Costes de materia prima y procesos de fabricación. ....	66
4.2.	Coste de montajes .....	68
4.2.1.	Montaje de la AS21 Summum .....	68
4.2.2.	Montaje de la AS21 Standard.....	70
4.2.3.	Coste del sistema de alumbrado. ....	72
4.2.4.	Coste del sistema de seguridad.....	72
4.3.	Presupuestos totales.....	73
4.3.1.	Presupuestos totales para la AS21 Standard.....	73
4.3.2.	Presupuestos totales para la AS21 Summum .....	73
4.3.3.	Costes Indirectos, Nómina personal.....	74
4.3.4.	Amortización.....	74
5.	Conclusiones Finales.....	75
6.	Bibliografía .....	76
6.1.	Tiendas físicas consultadas .....	76
6.2.	Portales web consultados. ....	76
6.3.	Libros consultados .....	77
6.4.	Agradecimientos. ....	77
7.	Planos. ....	78
7.1.	Plano de las tallas de cuadro. ....	78
7.2.	Plano general del cuadro. ....	78

7.3.	Plano de la tija.....	78
7.4.	Plano de la caja de alumbrado.....	78
7.5.	Plano de la tapa de la caja de alumbrado.....	78
8.	Anexos.....	79
8.1.	Bicicleta de pruebas.....	79
8.2.	Aluminium data sheet.....	79
8.3.	Reflexite data sheet.....	79
8.4.	Poster A2 del proyecto.....	79

## Índice de Figuras:

Figura 1 - Bici-mensajero con bolsa de trabajo.....	6
Figura 2- Bici-mensajero trabajando.....	8
Figura 3 - Sobras de tubos de aluminio cortados.....	10
Figura 4 - Tubos de aluminio de diferentes diámetros.....	11
Figura 5 - Vista de cuadros recién soldados.....	12
Figura 6 - Tubos anodizados de aluminio.....	13
Figura 7 - Propiedades mecánicas del aluminio.....	14
Figura 8 - Composición química del aluminio 6061.....	14
Figura 9 - Horquilla Bcity Cromo.....	15
Figura 10 - Bicicleta de ciclo-cross.....	18
Figura 11 - Bicicleta de carretera.....	18
Figura 12 - Bicicleta de crono.....	19
Figura 13 - Bicicleta eléctrica.....	20
Figura 14 - Bicicleta plegable.....	21
Figura 15 - Bicicletas cruiser.....	22
Figura 16 - Bicicleta urbana.....	23
Figura 17 - Bicicleta de trial.....	24
Figura 18 - Bicicleta BMX.....	24
Figura 19 - Bicicleta dirt jump.....	25
Figura 20 - Bicicleta de enduro.....	26
Figura 21 - Bicicleta de descenso.....	27
Figura 22 - Variación de desarrollo en bielas rotor.....	33
Figura 23 - Longitud de biela.....	34
Figura 24 - Bici-mensajero circulando entre el tráfico.....	34
Figura 25 - Bicicleta de velocidad.....	35
Figura 26 - Rueda Aerospoke delantera.....	36
Figura 27 - Estudio del viento en la geometría de los radios.....	37
Figura 28 - Componentes de transmisión y freno.....	38
Figura 29 - Demostración de la reducción de peso variando la geometría.....	39
Figura 30 - Vista de la soldadura de final de cable.....	40
Figura 31 - Caja diseñada para iluminación.....	41
Figura 32 - Tapa de la caja de alumbrado.....	42

Figura 33 - Interruptor .....	42
Figura 34 - Led de alta potencia.....	42
Figura 35 - Cableado del alumbrado .....	43
Figura 36 - Cinta de reflexite en color rojo .....	43
Figura 37 - Vista del ángulo de ataque de las ruedas de 26 y 29 pulgadas .....	45
Figura 38 - Trenzado metálico para sistema de seguridad integrado .....	46
Figura 39 - Vista de las secciones internas y de las piezas principales numeradas.....	47
Figura 40 - Vista exterior detallada.....	48
Figura 41 - Primer diseño de la parte posterior.....	50
Figura 42 - Vista final del prototipo AS21 .....	51
Figura 43 - Perfil del prototipo final AS21 .....	52
Figura 44 - Imagen frontal y detalle trasero del cuadro AS21 .....	52
Figura 45 - Vista definitiva de la AS21 Summum .....	53
Figura 46 - Foto de una carrera de Keirin .....	54
Figura 47 - Barra experimental de aluminio 6061 .....	56
Figura 48 - Resultados del ensayo con NX Nastran.....	57
Figura 49 - Fuerzas y puntos fijos del ensayo de choque.....	59
Figura 50 - Resultados del ensayo con NX Nastran.....	59
Figura 51 - Colocación de fuerzas en ensayo de caída vertical.....	61
Figura 52 - Resultados del ensayo con NX Nastran.....	62
Figura 53 - Colocación de las fuerzas para el ensayo de la tija.....	63
Figura 54 - Resultados de la simulación de la tija.....	64
Figura 55 - AS21 Summum sobre escenario.....	75

## Índice de Tablas:

Tabla 1 - Tabla de tratamientos térmicos .....	12
Tabla 2 - Tabla de anodizados.....	13
Tabla 3 - Tabla esfuerzo - velocidad .....	30
Tabla 4 - Tabla de presupuesto 1 .....	66
Tabla 5 - Tabla de presupuesto 2 .....	66
Tabla 6 - Tabla de presupuesto 3 .....	66
Tabla 7 - Tabla de presupuesto 4 .....	66
Tabla 8 - Tabla de presupuesto 5 .....	67
Tabla 9 - Tabla de presupuestos totales cuadro.....	67
Tabla 10 - Tabla de presupuesto finales Standard.....	73
Tabla 11 - Tabla de presupuesto finales Summum .....	73

## 1. Memoria.

### 1.1. Motivación.

El proyecto de final de carrera, en mi opinión, es la manera de demostrar tus conocimientos, es una forma de proyectar tu potencial. Considero que el proyecto en sí define tus expectativas fuera de la universidad, es el traje de presentación al mundo laboral.

Con este trabajo he querido presentar un poco mis aficiones a la par con mis conocimientos. Practico cinco modalidades distintas de ciclismo actualmente y soy redactor de ciclismo de montaña en un portal web importante. Además quiero ser ingeniero, y la mecánica mezclada con mis conocimientos en el mundo del ciclismo me ha motivado a hacer un trabajo así, me he visto capaz.

Siempre he querido hacerme una bicicleta propia, y ahora he visto el momento de partir de cero y crear sin copiar. Innovar y optimizar, ahora puedo, antes de empezar la carrera no hubiera sido capaz de crear nada decente. Así que con la misma ilusión de siempre y con conocimientos nuevos he decidido crear el nuevo cuadro AS21 Prototype.

### 1.2. Objetivos.

EL objetivo es encontrar el cuadro más óptimo para un mensajero de ciudad. La mejor bicicleta para moverse por ciudad de forma rápida, cómoda, sin cansarse etc. Diseñar, inventar cosas nuevas, modificar las ya existentes y todo a la vez por tal de sacar lo más óptimo. Para ello seguiremos la siguiente programación:

Primero detectaremos las nuevas necesidades para el trabajo de mensajero, que necesitan que no tienen actualmente y que hay que podamos mejorar. Estudiaremos su trabajo.

Luego analizaremos el mercado ciclista, buscaremos que tipos de bicicletas ofrece el mercado y analizaremos ventajas y desventajas de cada una de ellas para el trabajo de mensajero.

El punto más importante será el diseño del nuevo cuadro adaptado y optimizado.

Una vez hecho esto analizaremos la estructura de nuestro nuevo diseño y lo someteremos a diferentes análisis en un programa de elementos finitos.

Finalmente calcularemos un presupuesto y buscaremos la mejor opción para rentabilizar nuestra inversión, hallaremos la mejor estrategia de mercado y mostraremos unas conclusiones.

### 1.3. Detección de nuevas necesidades para el trabajo de mensajero.

#### 1.3.1. ¿Por qué en bicicleta?

Las empresas de mensajería son, sin duda alguna, una necesidad en toda ciudad Europea. Es evidente que toda urbe dotada de negocios y empresas como podría ser Barcelona o cualquier otra ciudad necesita de mensajeros que transporten, de un sitio a otro, paquetería o documentación. Pues es parte de la forma de trabajo de muchos negocios.

Actualmente hay muchos puntos en los que se necesita mejorar, y son muchas las instituciones que nos piden que, como ciudadanos, seamos menos contaminantes, más respetuosos con el tráfico y más silenciosos entre otras muchas cosas. Si nos centramos en la mensajería podemos mejorar todo esto y más con un simple cambio. Cambiando la gasolina por las propias piernas. Actualmente hay ya en Barcelona ciudad más de 5 empresas de mensajería a pedales instauradas y trabajando a diario con bici-mensajeros, pues son muchas las ventajas que este cambio de vehículo ofrece a las empresas y a la ciudad en particular.



**Figura 1** - Bici-mensajero con bolsa de trabajo

La bicicleta no contamina, ni con los residuos de una combustión ni acústicamente, no hace ruido. Son muchas las organizaciones que piden lo imposible para que contaminemos menos y también son muchos los gobiernos que priman a las empresas por ser sostenibles. No encuentro mejor forma de serlo en este caso, pues estamos reduciendo a cero todo tipo de contaminación.

La bicicleta no ocupa apenas espacio en la calzada, además no aparca en doble fila perjudicando notablemente el tráfico. La bicicleta dota a la ciudad de fluidez y rapidez. No es solo una herramienta de paseo, ya conocemos a los ciclistas de carretera profesionales que circulan a medias de 50km/h. Una muy buena media dentro de poblado para cualquier vehículo a motor. La agilidad que brinda una bicicleta hace posibles muchos atajos y cambios de dirección impensables para cualquier vehículo a motor, incluyendo motocicletas, pues estas no pueden circular por la acera ni zonas peatonales.

Los ciclistas son gente deportista, que cuida su salud y se mantiene en forma. Esta imagen dota a cualquier empresa de seriedad y respeto. Es muy importante la apariencia y la imagen exterior que da cualquier mensajero al llegar a la puerta de cualquier empresa. Los ciclistas, muy posiblemente, trabajen con más cariño la paquetería o el sobre que deban enviar pues va unido a ellos durante todo el camino. Un bici-mensajero siempre llevará el paquete en una mochila y debe cuidarlo todo igual que a sí mismo, pues si el cae, el paquete también.

### **1.3.2. Nuevas necesidades.**

Una vez vistas las ventajas del trabajo a pedales vamos a analizar cuáles son las nuevas necesidades para este trabajo. Después analizaremos que ofrece el mercado según los puntos comentados y a partir de allí crearemos nuestro prototipo.

No podemos cambiar el espacio en el que se mueve el mensajero, no podemos cambiar la ciudad, pero si podemos mejorar el medio, podemos mejorar y mucho la herramienta de trabajo, podemos optimizar la bicicleta.

Todo mensajero cobra por pedidos entregados, por tanto la velocidad es el punto clave, pero es dependiente de muchas otras características. No podemos mejorar ningún aspecto de la bicicleta si esto afecta de forma negativa a la velocidad que alcanzará el prototipo, y no solo se trata de la velocidad máxima, sino de que la velocidad a cadencia óptima sea considerable y que además no sea difícil ni requiera demasiado esfuerzo mantenerla. Todos estos conceptos y muchos más se irán definiendo y analizando de forma detallada.

Moverse entre el tráfico no es fácil, y además puede ser muy arriesgado. Hay que hacer una bicicleta más ágil y más manejable que nos permita cambios de dirección bruscos.



**Figura 2-** Bici-mensajero trabajando

Además las jornadas laborales sobre una bicicleta implican muchas horas de pedaleo, nuestro prototipo tiene que ser más cómodo. La comodidad no está en un sillín acolchado, la comodidad sobre una bicicleta la esconde una geometría que permita pedalear cómodamente guardando una postura respetuosa con nuestro cuerpo.

Hay muchas situaciones en las que inevitablemente tendremos que bajarnos de la bicicleta y manejarla estando de pie. Al atarla por ejemplo, subiendo o bajando escaleras de edificios principales o de atajos, incluso en patios interiores. No solo por todas estas situaciones hay que hacer una bicicleta más ligera, también porque el peso va directamente relacionado con la manejabilidad de la bici.

Existen otros aspectos muy importantes y condicionantes de las características citadas hasta ahora que también deberíamos analizar con atención. Partes como las ruedas son claves para asegurarnos agilidad y velocidad, son los zapatos de la bicicleta, lo único que nos separa del suelo.

Como podemos ver todos los aspectos están relacionados entre ellos y hay que saber que cualquier cosa que cambiemos influirá en todos los aspectos citados. Debemos mejorar concienzudamente cada aspecto teniendo en cuenta que cada movimiento influirá en el conjunto. Aspectos también importantes como la transmisión y la cadencia van directamente relacionados con la velocidad y el peso de la bicicleta.

Debemos estudiar la oferta actual de bicicletas teniendo en cuenta los aspectos citados y mejorar luego cada uno de ellos para que nuestro prototipo sea óptimo.



## 1.4. El material:

En la fabricación de cuadros de bicicleta, el acero ya ha pasado su época dorada y hoy es un material que puede identificar a las bicicletas antiguas o en bicicletas de gama bajísima, de niño, o en el otro extremo, para bicis muy exclusivas, en su mayoría fabricadas a mano por artesanos. El Cromoly, la que fue variante moderna del acero, a pesar de que ha durado algo más, también podemos decir que ha sido absorbido por el tiempo y la tecnología.

Por otro lado está el titanio pero este queda descartado por su precio, es un elemento ideal en relación resistencia-peso, pero vale 10 veces más que el aluminio.

Por su parte, el carbono o mejor dicho, los composites de fibra de carbono, se está popularizando a pasos agigantados y cada vez se ven más cuadros y componentes. Pero sigue siendo excesivamente caro para nuestro proyecto ya que no vale la pena pagar por ello, pues no vamos a necesitar tanto de sus prestaciones. Estaríamos utilizando más de lo que necesitamos.

El magnesio, aparte de encontrarse, por ejemplo, en las botellas de las horquillas, no ha logrado asentarse pues, entre otras cosas, es un material que no se puede soldar y esto es un impedimento muy importante.

Actualmente, la inmensa mayoría de los cuadros de bicicleta, así como otros muchos componentes, se fabrican en aluminio. Este es el material por excelencia en la industria de la bicicleta, y es difícil que sea desbancado dada sus cualidades.

El aluminio es un material muy explotado en la industria de la bicicleta, es por esto que consideramos un material óptimo para la creación de nuestro cuadro, pues la investigación se centra en el diseño y las optimizaciones tecnológicas, no en el material a escoger. Además, disponer de un material tan utilizado nos permite abaratar costes, pues no usamos nada exclusivo. Sus cualidades están más que demostradas y esto nos da una garantía total.

### 1.4.1. El Aluminio

Las características básicas del aluminio son conocidas por todos: es un metal blanco, con un brillo bastante característico, ligero, relativamente blando, con una gran conductividad térmica y eléctrica y una muy buena resistencia a la corrosión. Además constituye aproximadamente un 8% del total de la corteza terrestre, lo que lo convierte en el metal más abundante de la superficie terrestre.

El aluminio puro no se utiliza en la mayoría de las aplicaciones industriales, pues las propiedades mecánicas (dureza y resistencia fundamentalmente) que tiene no son demasiado interesantes. Es por esto que aparecen las aleaciones de aluminio, es decir, aluminio mezclado con pequeñas cantidades de otros elementos, como cinc, magnesio, cobre, silicio, etc. Estos elementos se añaden en cantidades normalmente muy pequeñas y dentro de unos márgenes muy estrictos. Sin embargo, son suficientes para que las propiedades (de resistencia, tenacidad, ductilidad, resistencia a la fatiga y a la corrosión) cambien, en algunos casos de forma muy notoria.



**Figura 3** - Sobras de tubos de aluminio cortados

### 1.4.2. Tipos de aluminios:

Las aleaciones de aluminio se clasifican según el aleante mayoritario, es decir, aquel elemento que está en mayor cantidad, aparte del aluminio. Siguiendo esto se agrupan las aleaciones en 8 grupos o series, identificadas por cuatro cifras, desde la 1xxx hasta la 8xxx. O, como se dice normalmente, de la "mil" a la "ocho mil".

La primera cifra es la que identifica el aleante mayoritario. Los 1xxx son aluminios de alta pureza, con un mínimo de un 99%. Se usan en aplicaciones en las que las características mecánicas no sean las más importantes, y si otras como resistencia a la corrosión o conductividad eléctrica. Del resto de las series, las que más nos interesan son:

- Los 2xxx van aleados con cobre, lo que mejora mucho su resistencia mecánica. En bicicletas no se usan mucho, porque resulta difícil hacer formas complejas.
- Los 6xxx son con magnesio y silicio. Los típicos 6161 ó 6063 de muchos cuadros son de este grupo, básicamente porque se conforma fácilmente y tiene buenas propiedades mecánicas.
- Los 7xxx están aleados mayoritariamente con cinc. En esta serie, el más típico en bicicletas es el 7005. Los aluminios de esta serie tiene magníficas propiedades mecánicas, aunque el conformado no es, en general, tan bueno como los 6xxx. El 7075, por ejemplo, tiene una extraordinaria resistencia, pero no se utiliza para los complicados tubos del cuadro, sino que solo se usa para formas más o menos simples como manillares o platos. La resistencia a la corrosión es, en general, peor que otras series, aunque para una bici no suele ser realmente un factor importante.

El resto de las series no tienen importancia para la industria de la bicicleta, sino que se usan en otras aplicaciones



**Figura 4** - Tubos de aluminio de diferentes diámetros

En cualquier caso, es importante recordar que un número mayor no significa que sea un material "mejor", porque por ejemplo, un 2024T6 es superior en cuanto a resistencia mecánica al 6061T6 y al 7005T6. Hay que citar también que algunas marcas usan aluminios propios con procesos de fabricación exclusivos de la marca y que muchas veces ni revelan. He tenido la suerte de trabajar con una de estas marcas, Orbea España, y aparte de que un aluminio propio es una herramienta publicitaria e incluso inspira confianza y garantías, siempre hay un trasfondo de calidad y pasión por la bicicleta.

### 1.4.3. Los tratamientos térmicos posteriores:

Muchas de las aleaciones pueden ser tratadas térmicamente para mejorar sus cualidades. Siguiendo con la nomenclatura, el tratamiento térmico se indica a continuación del número de la aleación, con una T y un número detrás, que indica el proceso que ha seguido

El más habitual y el que escogeremos nosotros para reforzar nuestro aluminio es el T6. Es importante saber que este es el tratamiento térmico habitual de las aleaciones para cuadros de bici, y que con él las propiedades mecánicas mejoran notablemente. Aunque el tipo de tratamiento térmico sea el mismo, los tiempos, temperaturas, etc. de tratamiento varían según cada aleación, y están optimizados para lograr en cada caso las mejores características.



**Figura 5** - Vista de cuadros recién soldados

Como ya hemos dicho el tratamiento más óptimo para nuestro cuadro es el T6 del que podemos distinguir las siguientes variables.

T6510	Tratamiento térmico de solución, estirado controlado para aliviar tensiones y luego envejecido artificialmente. El aluminio no recibe ningún enderezamiento adicional tras el estirado.
T6511	Como el T6510, salvo que se permite un leve enderezamiento tras el estirado para cumplir con las tolerancias estándar.
T6	Tratamiento térmico de solución y luego envejecido artificialmente.

**Tabla 1** - Tabla de tratamientos térmicos

#### 1.4.4. Anodització



**Figura 6** - Tubos anoditzats de alumini

El aluminio tiene una excelente resistencia a la corrosión. Es decir, aunque esté desnudo, sin ningún barniz ni pintura, aguanta perfectamente la exposición al aire y al agua, lo que no ocurre por ejemplo con el hierro. De hecho, en muchos componentes se utiliza aluminio sin ninguna protección especial.

El anodizado no es nuevo en la industria de la bicicleta. Lo que diferencia un anodizado de un pintado es que en el anodizado la capa de acabado no se aplica sobre el metal, sino que se genera a partir de él por medio de distintos baños y aplicación

de electricidad. Así se crea sobre la superficie una capa de óxidos de aluminio, perfectamente adheridos, que lo protegen. Esta capa es originalmente incolora, aunque se puede colorear posteriormente, obteniendo así los acabados que conocemos.

Es decir, que al final lo que tenemos, aparte de una estética que no se puede lograr de otro modo, es una capa muy resistente y protectora.

Grosor	Aplicación
0,5 micras	Aplicaciones decorativas
0,10 micras	Aplicaciones interiores / exteriores, por ejemplo guarniciones de caravanas y ventanas donde la limpieza es frecuente.
0,15 micras	Elementos arquitectónicos.
0,25 micras	Aplicaciones arquitectónicas permanentes exteriores
Más de 0,25 micras	Se obtiene por anodizado duro. Se utiliza para producir superficies resistentes a la abrasión.

**Tabla 2** - Tabla de anodizados

La anodización proporcionará un acabado de alta calidad, produciendo además un producto acabado con excelente resistencia a la corrosión, que no se astillará ni pelará. En general, el aluminio que ha sido anodizado tiene una duración de vida muy larga.

### 1.4.5. La elección del tipo de Aluminio

Habitualmente, las aleaciones más utilizadas en cuadros de bicis son la 6061 y la 7005, dejando siempre aparte las aleaciones exclusivas creadas por algunos fabricantes. En estado T6 ambos tienen propiedades mecánicas muy similares.

Todas las aleaciones de aluminio, incluyendo las que llevan escandio, tienen una densidad casi igual. Se logra un cuadro más ligero no porque la aleación pese menos, sino porque poniendo menos material se logra lo mismo. Así que por aquí tampoco hay diferencias apreciables.

Cuando un cuadro rompe (por defecto o por abuso) lo suele hacer por las zonas cercanas a las soldaduras, que son las zonas más críticas aunque estén bien hechas. La calidad de estas soldaduras y los tratamientos térmicos posteriores serán, por lo tanto, lo que más va a definir el comportamiento y la resistencia del cuadro. Para conocer la calidad del trabajo no nos sirve con saber el tipo de aleación, la calidad está en las soldaduras. Por ello, aparte de otros temas como acabados, un cuadro fabricado con el mismo tipo de aleación e incluso con tuberías del mismo fabricante, puede tener muy distinta calidad y, por lo tanto, muy distinto precio. En la elección por parte de una marca de un tipo de aleación u otra entran muchos factores que no siempre son estrictamente técnicos, tales como precios, stocks, disponibilidad geográfica, facilidades o instalaciones de que se dispone para hacer unos u otros tratamientos térmicos, etc.

Por todo lo citado hasta ahora hemos escogido un Aluminio 6061, aparte de que es ligeramente menos denso y por tanto algo más ligero. Además, mejoraremos sus cualidades con un tratamiento T6. Descartaremos el anodizado, pues presenta problemas en las series 6xxx.

						Propiedades mecánicas		
Formado	Mecanizado	Soldadura por arco	Soldadura fuerte/blanda	Anodizado protector	Anodizado estético	Temple	Restricción Min N/mm	Esfuerzo Min N/mm
Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Satisfactorio	T4 T6 T6511	115 240 240	190 280 280

Figura 7 - Propiedades mecánicas del aluminio

Composición química EN AW-6061	
Si	0.40-0.8
Fe	0.7
Cu	0.15-0.40
Mn	0.15
Mg	0.8-1.2
Cr	0.04-0.35
Zn	0.25
Ti	0.15
Otros (cada uno)	0.05
Otros (en total)	0.15
Aluminio	El resto

Figura 8 - Composición química del aluminio 6061

## 1.5. Eco-ingeniería

La eco-ingeniería no es más que la vertiente ecológica de la ingeniería en la que la sostenibilidad y el medio ambiente toman el papel más importante.

Trabajar y desarrollar proyectos ingenieriles ecológicos y respetuosos con el medio ambiente es algo muy importante teniendo en cuenta la situación actual. Además de concienciarnos y dar ejemplo a los demás haciéndolo nosotros mismos, entramos en la posibilidad de recibir ayudas del estado por nuestra conducta sostenible. En este proyecto vamos a tener en cuenta esto e intentaremos, en la medida de lo posible, ser ecológicos.

En primer lugar usaremos Aluminio extruido en el 100% de nuestras piezas, que es mucho más sostenible y ecológico que el aluminio de fundición. Además, en el caso de la horquilla delantera, evitaremos diseñar una nueva y escogeremos, dentro de la oferta del mercado, la que más se adapte a nuestro proyecto. De esta forma estamos siendo sostenibles y estamos dando nuestro apoyo a empresas del sector ya existentes, siendo de esta forma más rentables para ellos.



**Figura 9** - Horquilla Bcity Cromo

El cuadro seguirá todas las medidas estándar para poder montar cualquier tipo de componente, sea de la marca que sea, siguiendo las medidas universales.

## 1.6. Estudio de mercado

En la página siguiente se muestra un resumen del estudio de mercado en forma de una tabla que refleja, en primer lugar, todos los aspectos importantes que debemos tener en cuenta y mejorar en el nuevo prototipo. También muestra todos los tipos de bicicletas que podemos encontrar actualmente en el mercado y a que uso están destinados. Las notas reflejan la adaptación de cada uno de los aspectos de cada bicicleta al uso como bici-mensajero. Es decir, como se adapta cada aspecto al uso que requiere el trabajo de bici-mensajero. Para completar la tabla hay que hacerse preguntas como “¿Cuánto ágil es una bicicleta plegable para un bici-mensajero?” o “¿Cómo van las ruedas de una bicicleta de montaña para el entorno en el que se mueve un mensajero en bicicleta?”. Cada bicicleta está destinada a un uso concreto, ahora se trata de buscar cual es la que mejor se adapta al trabajo de mensajero y para ello hemos analizado cada aspecto por separado, tanto en las bicicletas que ofrece actualmente el mercado como en el prototipo más adelante. También se explica de forma detallada y para cada tipo de bicicleta porque merecen la nota que tienen. Cada nota en la tabla tiene su explicación posterior y es interesante para poder sacar las posteriores conclusiones y entender mejor las ventajas del posterior prototipo.



Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmisión	Agilidad	Comodidad	Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
Carretera	Carretera/tierra	9	8	7	9	9	10	9	6	8,375
Contrarreloj	Velodromo	9	6	4	10	9	10	10	4	7,75
Cyclo-cross	Carretera/tierra	9	8	7	8	9	9	9	6	8,125
Electrica	Urbano	6	3	8	3	6	6	2	7	5,125
Plegable	Urbano	7	8	6	6	7	6	7	9	7
Cruiser	Urbano	4	2	9	2	4	5	2	9	4,625
Urbana	Urbano	8	6	8	7	8	8	7	9	7,625
Bmx	Rampas	2	10	1	2	3	6	9	8	5,125
Bike Trial	Obstaculos	1	9	1	1	3	3	9	8	4,375
Dual/Dirt	Rampas	3	9	3	4	4	6	7	8	5,5
Enduro	Montaña	8	6	7	6	7	5	7	6	6,5
Doble Suspensión	Montaña (+)	7	5	4	5	5	2	2	3	4,125
Prototipo	Urbano	9	9	8	9	9	10	9	9	9

### 1.6.1. Bicicletas de carretera

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Carretera	Carretera/tierra	9	8	7	
Contrarreloj	Velodromo	9	6	4	
Cyclo-cross	Carretera/tierra	9	8	7	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
9	9	10	9	6	8,375
10	9	10	10	4	7,75
8	9	9	9	6	8,125



Figura 10 - Bicicleta de ciclo-cross

La Transmisión de una bicicleta de carretera, en cualquiera de sus tres modalidades más importantes, es bastante óptima, hay que decir que no existe la transmisión perfecta para ciudad, pero se debe buscar de todas formas.

Las bicicletas de carretera, cualquiera de las tres que estudiamos, tienen una relación de transmisión bastante buena, pues sus componentes buscan ser lo más ligeros posibles y a su vez tener una gran variedad de marchas que proporcionan relaciones de transmisión óptimas para diferentes terrenos y pendientes.



Figura 11 - Bicicleta de carretera

En cambio, como punto negativo destacamos el hecho de tener un cambio de marchas, un desviador y varios platos y piñones, aunque sea de la forma más ligera posible, implica una serie de componentes que necesitan un mantenimiento y que hay que mantener y calibrar. Además, estos componentes van variando la posición de la cadena y pueden fallar de diversas formas con diversas consecuencias.

Las bicicletas de carretera son bastante ágiles, pero pueden serlo bastante más, son bicicletas altas que intentan proporcionar posiciones óptimas para la cadencia del pedaleo pero eso influye en su manejo. El manillar es una de los componentes de la bicicleta que va directamente relacionado con la manejabilidad de esta, en el caso de las bicis de carretera se trata de manillares estrechos, eso las hace menos manejables. Más concretamente los manillares de las bicicletas de crono, cuyos manillares implican una postura no demasiado hábil.

Consideramos como bici cómoda aquella que ergonómicamente proporciona buenas sensaciones al subirse en ella y rodar muchos kilómetros, las bicis de carretera están pensadas para ello, no tanto las de crono, pues están destinadas a un uso explosivo y de poca duración por eso en su diseño se centran más en el hecho de poder transmitir de la mejor forma posible la fuerza de las piernas a los pedales, y no en hacerlo de forma cómoda. Las bicicletas de carretera no son sofás, pero pueden considerarse sin duda bicicletas cómodas.

Además son bicicletas rápidas, dado su peso, su diseño y su transmisión, algo muy importante para los mensajeros en bicicleta.



Figura 12 - Bicicleta de crono

Por todo lo comentado hasta ahora sobre este tipo de bicicletas podemos afirmar que sobre una bicicleta de carretera podemos trabajar a una cadencia de pedaleo bastante óptima. La cadencia del pedaleo depende en gran parte de las habilidades del usuario, pero podemos decir que las bicicletas de carretera son las que más facilidades nos dan para lograrlo.

Sin duda alguna las ruedas de las bicis de carretera son las mejores para moverse por el asfalto de una gran ciudad, pues están diseñadas para ello. Se trata de ruedas estrechas que proporcionan un rozamiento mínimo con el suelo, permiten inclinar la bici de forma rápida y ágil y son además muy ligeras. Además, como ya hemos dicho anteriormente las bicis de carretera buscan siempre ser lo más ligeras posible, para ello se usan materiales como la fibra de carbono o el titanio. Una bici más ligera será a su vez más rápida y manejable.

Todo lo citado hasta ahora hace de las bicis de carretera unas bicis muy caras, son bicis muy trabajadas en cuanto a diseño y sobretodo en los materiales usados para hacerlas ligeras, el titanio es 10 veces más caro que el aluminio, y a su vez, para aplicar fibra de carbono a un cuadro se necesita de las habilidades de un operario, no existe máquina capaz de hacer ese trabajo. Estas y otras cosas hacen de las bicis de carretera unas de las bicis más caras del mercado actual.

### 1.6.2. Bicicletas eléctricas:

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Electrica	Urbano	6	3	8	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
3	6	6	2	7	5,125



Figura 13 - Bicicleta eléctrica

Las bicicletas eléctricas son bicicletas creadas para evitar el desgaste físico de un usuario no entrenado, pues no están pensadas para grandes trayectos, el motor solo está destinado a brindar comodidad. El hecho de llevar un motor eléctrico limita la transmisión, no es tan completa como la de una bici de carretera. Además el peso del motor limita muchísimo la velocidad de esta, son bicicletas muy lentas a pesar de ser más cómodas que las anteriores.

Las ruedas de una bicicleta eléctrica deben soportar el peso del motor por lo que suelen ser ruedas pesadas. Además deben adaptarse al perfil de usuario que compra este tipo de bicicletas, un usuario esporádico, que hará pocos kilómetros con ella y que por tanto sus habilidades sobre la bicicleta no serán resaltables, es por esto que el perfil de estas ruedas suele ser más ancho, cosa que afecta también en su velocidad.

Son bicis extremadamente pesadas por el motor y las características de los componentes adaptados a este, y además su coste es bastante elevado, pues estamos comprando un motor eléctrico junto con la bicicleta.

### 1.6.3. Bicicletas plegables:

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Plegable	Urbano	7	8	6	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
6	7	6	7	9	7



Figura 14 - Bicicleta plegable

Las bicicleta plegables son bicicletas pensadas para el uso cotidiano limitando las preocupaciones que implica llevar una bicicleta contigo, como puede ser claramente –“ donde la dejo mientras entro en un establecimiento”. Diseñando geometrías plegables hemos conseguido poder llevar la bicicleta con nosotros como si fuera una mochila, pero todo esto limita mucho su funcionamiento.

Es complicado instalar una buena transmisión en una bicicleta plegable, por lo que su nombre implica, por consiguiente la cadencia de pedaleo sobre estas bicis no suele ser muy buena. Por otro lado son muy ágiles dado su tamaño y su peso. No son bicicletas extremadamente cómodas, no es ninguno de los puntos importantes de este diseño.

Sus ruedas son pequeñas y anchas, adaptadas al diseño plegable y al perfil del comprador, una rueda pequeña y ancha no es muy recomendable para moverse rápido por la ciudad, no son un punto a favor.

Si miramos las mejores bicis plegables veremos que no son muy pesadas ni demasiado caras, pero están lejos de ser ligeras, una vez más el diseño plegable limita mucho los materiales a usar.

#### 1.6.4. Bicicletas urbanas Cruiser:

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Cruiser	Urbano	4	2	9	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
2	4	5	2	9	4,625



Figura 15 - Bicicletas cruiser

Las bicicletas cruiser son bicicletas de paseo, es decir, cómodas para ir tranquilo y en recorridos muy cortos, todo lo demás son desventajas para un mensajero.

Son bicicletas muy pesadas, de ruedas muy anchas por el toque estético que proporciona, los manillares, a su vez, suelen ser anchos y de apoyos paralelos, no como el resto de manillares, ambas cosas hacen de esta bicicleta una bicicleta muy poco ágil y muy poco manejable.

La transmisión no es demasiado buena, no es necesario para paseos cortos, y su diseño no facilita una buena cadencia de pedaleo.

### 1.6.5. Bicicletas Urbanas:

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Urbana	Urbano	8	6	8	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
7	8	8	7	9	7,625



Figura 16 - Bicicleta urbana

Las bicicletas urbanas están pensadas para moverse por ciudad, pero como un usuario normal, no para un uso especializado como el de un mensajero.

Todos sus componentes están a nivel medio. Destacaremos los portabultos, a simple vista pueden parecer muy útiles para llevar los paquetes pero hacen que la bicicleta pese más con todo lo que eso conlleva. Los mensajeros siempre llevan mochilas especiales para ellos, un bulto pesado en la bicicleta favorecerá el desequilibrio y dificultará su manejo.

No son bicicletas rápidas, aunque tampoco son en absoluto bicicletas lentas, tienen un peso medio y suelen ser baratas a pesar de ir extremadamente equipadas con muchas cosas que a un mensajero le estorbarían. Podemos decir que son unas bicis ideales para un usuario medio pero en absoluto óptimas para un mensajero.

Son bicicletas en las que se ha conseguido un equilibrio, pero no destacan.

### 1.6.6. Bicicletas para modalidades Freestyle, (Trial, BMX y Dirt)

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Bmx	Rampas	2	10	1	
Bike Trial	Obstaculos	1	9	1	
Dual/Dirt	Rampas	3	9	3	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
2	3	6	9	8	5,125
1	3	3	9	8	4,375
4	4	6	7	8	5,5



Figura 17 - Bicicleta de trial

Las bicicletas del grupo freestyle, en las que englobaremos a las bmx, dirt bikes y bicicletas de trial son bicicletas extremadamente manejables, ideales para hacer piruetas y movimientos bruscos, pero lograr eso implican prescindir de muchas otras cosas.

La transmisión de las bicis freestyle es muy mala para moverse rápidamente, llevan una sola marcha para evitar todos los componentes de la transmisión con marchas, que entre otras cosas impiden pedalear hacia atrás.

La marcha que llevan las bicicletas freestyle suele ser una marcha muy blanda que transmite mucha fuerza y permite grandes aceleraciones, pero la cadencia es muy mala y no se puede llegar a grandes velocidades.





Las ruedas suelen ser muy anchas, y muy pequeñas en las bmx y las bicis de trial, una rueda ancha permite mucha superficie de apoyo, además este ancho se debe a las llantas, una llanta ancha es más resistente.

Son bicicletas muy ligeras, sobre todo las bmx y las bicicletas de trial, pero son muy incómodas, no están pensadas para desplazarse sentado.

Su diseño en definitiva, es un diseño manejable, para divertirse.

El coste de estas bicicletas es un coste medio dentro de las ofertas del mercado, pero suelen ser más caras ya que los componentes son especializados: más resistentes y de materiales ligeros.



**Figura 19** - Bicicleta dirt jump

### 1.6.7. MTB Rígidas/ suspensión delantera

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Enduro	Montaña	8	6	7	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
6	7	5	7	6	6,5

La transmisión de este tipo de bicicletas también podría considerarse bastante buena, aunque no la ideal, pero son bicicletas que montan gran variedad de relaciones de transmisión. Por contraposición, como ya hemos comentado en las bicicletas de carretera, destacamos que, el hecho de tener un cambio, un desviador y varios platos y piñones, aunque sea de la forma más ligera posible, implica una serie de componentes que necesitan un mantenimiento y que hay que mantener y calibrar. Además, estos componentes que van variando la posición de la cadena pueden fallar de diversas formas con diversas consecuencias.



Figura 20 - Bicicleta de enduro

Son bicicletas medianamente ágiles, no son pequeñas, y en ciudad a pesar de ser algo rápidas no son ágiles del todo, y es que tienen un punto negativo importante, las ruedas. Las bicicletas de montaña montan neumáticos de montaña, son neumáticos de tacos y anchos, este tipo de neumáticos lastran muchísimo, el rozamiento con el suelo es bastante alto, y por eso ruedan mal y hacen que la bicicleta sea más lenta. La cadencia también puede considerarse buena, pero la suspensión delantera absorbe gran parte de la fuerza del pedaleo, y eso en ciudad es un punto negativo importante.

Son bicis no muy pesadas, en las gamas altas se usa el carbono y el titanio pero suele predominar el aluminio por las sollicitaciones que debe aguantar este tipo de bicicletas en el terreno montañoso.

Cuando incorporamos materiales como los citados los precios de las bicicletas se disparan.

### 1.6.8. MTB Doble suspensión

Bicicleta de:	Destinada a uso:	Transmision	Agilidad	Comodidad	
Doble Suspensión	Montaña (+)	7	5	4	
Velocidad	Cadencia	Ruedas	Peso	Precio	media final
5	5	2	2	3	4,125

La transmisión de las bicicletas de descenso es algo más simple que las del resto de bicicletas de montaña, pues suelen montar solo un plato, ya que estas bicicletas incorporan sistemas de guiacadenas, que evitan que esta se salga en los terrenos más agresivos.

En ciudad no son bicicletas demasiado ágiles, los manillares son mucho más anchos, estamos hablando de manillares de entre 71mm y 78mm, prácticamente el doble que en carretera. Además son bicicletas largas, debido a que montan suspensiones de mucho recorrido, y la geometría debe adaptarse a eso.



Figura 21 - Bicicleta de descenso

Son también las suspensiones las culpables de que la cadencia sea bastante mala, las suspensiones en este caso absorben prácticamente la totalidad de la fuerza del pedaleo, dependiendo de la intensidad. Las ruedas son totalmente inapropiadas para ciudad, son neumáticos muy anchos y con tacos considerables que provocan un rozamiento en el suelo muy importante, limitan muchísimo la velocidad en asfalto. No son bicicletas cómodas para pedalear por ciudad, en descenso no vas sentado prácticamente en ningún momento, es por eso que se intenta montar sillines ligeros y estéticos, no se busca comodidad. Además son bicicletas muy pesadas, pues deben ser muy resistentes, rara vez se usa carbono o titanio en este tipo de bicicletas. Suelen pesar más del doble que una bicicleta de carretera. Las suspensiones, las geometrías complejas y la resistencia y calidad de componentes que necesitan estas bicicletas hacen de estas un tipo de bicicletas bastante caras.

## 1.7. Estudio del prototipo:

Como podemos ver la bicicleta con mejor media es la de carretera, por tanto, el prototipo final guardará bastante relación con este tipo de bicicletas. El prototipo nuevo también tiene sus notas en la tabla, las hemos fijado previamente y ahora se explicará el porqué de cada una y que haremos para merecerla. Estudiaremos cada concepto en relación con el prototipo y buscaremos la solución más óptima.

Cuando ya tengamos estudiado cada aspecto del nuevo prototipo diseñaremos el cuadro que cumplirá todos los requisitos, la geometría más adecuada.

### 1.7.1. Cadencia:

La cadencia marca el ritmo de pedaleo, con un buen ritmo de pedaleo conseguiremos cansarnos menos y movernos con más fluidez. Una cadencia demasiado alta puede hacernos perder metros y una demasiado baja puede estar jugando en contra de nuestras articulaciones.

No hay una cadencia exacta que sea la mejor, todo depende del terreno y sobre todo de nuestras sensaciones y tipo de pedaleo. Cadencias y desarrollos diferentes pueden hacer que avancemos lo mismo por pedalada, por eso es importante saber en qué terreno nos encontramos.

Llevaremos una sola marcha, y en los siguientes puntos veremos porqué, es por esto que nuestro estudio se basa en buscar la relación ideal para nuestra situación. En el siguiente punto, tras haber hecho una serie de pruebas físicas al respecto, comentaremos cual es la relación ideal. Consta de plato y piñón, lo más simple y a su vez lo más ligero posible como también comentaremos en el siguiente punto.

La cadencia ha sido uno de los factores de los que más se ha hablado últimamente en el mundo del ciclismo. Casi todos los comentarios y estudios intentan descubrir qué cadencia es la óptima para conseguir el mayor ahorro energético y eficiencia mecánica. En ciclismo, es posible rendir a un determinado trabajo con diferentes combinaciones de fuerza o cadencia. Dos ciclistas pueden ir a la misma velocidad engranando diferente desarrollo y cadencia, avanzando los mismos metros por pedalada. Encontrar la fórmula ideal es el objetivo.

Una frecuencia de pedaleo más alta en pendiente positiva, es decir, una mayor cadencia en subida, puede hacer ponernos menos veces de pie sobre los pedales, en jornadas largas esto puede ser un ahorro energético. De este modo, con una cadencia “alta” mejora la alternancia contracción-relajación muscular mejorando la irrigación y retorno sanguíneo. En definitiva, cuando hablemos de la transmisión, debemos tener en cuenta todo lo comentado respecto a la cadencia.

### 1.7.2. La Transmisión:

Un mensajero necesita moverse rápido. Entre el tráfico los movimientos son bruscos y se necesita aceleración y un sistema simple que evite cualquier tipo de problema, pues entre el tráfico no pueden cometerse errores.

Todo un sistema de transmisión, por muy útil que pueda llegar a ser, puede ser causa de problemas de tipo técnico, además implica más peso para la bicicleta. Llevar montado un sistema de transmisión en la bicicleta es muy útil para cambios de pendiente o inclinación del suelo por el que nos movemos pero la gran mayoría de ciudades Europeas, y muy concretamente Barcelona, están edificadas en zonas mayormente llanas o de pendiente poco considerable. No tenemos cambios de inclinación importantes.

El sistema de transmisión idóneo para la ciudad merecedor de un 9 es el sistema fijo, es decir, una sola marcha. Conseguir una buena relación de transmisión con un solo plato y un solo piñón implica una velocidad prácticamente constante. Además es imposible que la cadena se salga de su posición si el sistema está bien montado, no será causa de ningún tipo de avería y es prácticamente imposible de romper. Ante escalones o bordillos no tendremos ningún cambio de marchas rebotando contra el cuadro de forma molesta. Además el sistema fijo esconde otras cualidades que iremos viendo a medida que hablemos del prototipo.

Existe una fórmula que indica que tipo de relación lleva cada bicicleta y de esta forma poder comparar durezas. Si contamos el número de dientes del piñón y del plato y los dividimos entre ellos, plato entre piñón, obtenemos un número. Esta cifra hará de guía y podremos comparar y calcular la relación óptima.

Para cualquier usuario sin especial experiencia la mejor relación para moverse por ciudad o montaña es de 2'7. Que corresponde, por ejemplo a un plato de 44 dientes y un piñón de 16.

$$\frac{44}{16} = 2,75$$

A pesar de que no se cumple en un usuario sin experiencia en el ciclismo, una relación de 3 es óptima para ciudad. El problema de endurecer la relación a partir de 2'7 es que, a pesar de ser más dura y por tanto con más velocidad máxima, empieza a ser dura para arrancar y disminuimos demasiado la aceleración. Tras realizar diversas pruebas durante los últimos 10 meses y, a su vez, consultando a diferentes ciclistas habituales del sistema de transmisión fijo, he llegado a la conclusión de que una relación de 3 es la más óptima. Si nunca antes has subido a una bicicleta, o la bicicleta no es un deporte para ti sino solo un medio de transporte, la relación de 3 puede ser demasiado dura, pues no es rápido arrancar si no lo mueven unas piernas mínimamente preparadas. Un bici-mensajero es alguien con mucha experiencia en el ciclismo y sus piernas están perfectamente preparadas para acelerar de forma rápida una relación de 3 o 3,1. Y es la óptima.

Tras realizar varias pruebas dentro de poblado podemos afirmar que:



Tabla 3 - Tabla esfuerzo - velocidad

A una frecuencia de pedaleo normal, ni muy rápida y forzada ni demasiado lenta, las velocidades oscilan entre los 30 y los 37 km/h. Es la que llamamos zona de trabajo habitual, pues es la zona de esfuerzo en la que el mensajero trabajará durante la jornada. Esta tabla no se cumple totalmente en pendientes positivas, pues depende del estado de forma del mensajero.

La velocidad máxima en llano alcanzable, es decir el 100% de la zona habitual de trabajo, es de 54 Km/h.

La velocidad máxima en bajada alcanzada con pendiente negativa es de 63 km/h, aunque puede aumentar si aumenta la pendiente. En la tabla consideramos que estamos en más del 100% de nuestra capacidad, pues agentes externos, como es la inclinación del terreno, están a nuestro favor.

Teniendo en cuenta las limitaciones que imponen el tráfico y las normas de circulación la relación de 3 es óptima dentro de poblado.

Para seleccionar cuantos dientes tendrán el plato y el piñón para que su relación sea de 3 utilizaremos la misma fórmula dejando el número de dientes del plato como incógnita. El objetivo es hacerla lo más ligera posible y esto, sabiendo que el material por excelencia es el aluminio, se consigue utilizando el plato y piñón más pequeños posibles. Montaremos una cadena de marcha fija, es decir, más gruesa de lo habitual. Estas cadenas son prácticamente imposibles de romper mediante el uso. El piñón más pequeño que podemos encontrar en el mercado fácilmente para una cadena de marcha fija es un piñón de 13 dientes. Esta es la relación con la que hemos hecho el estudio que refleja la gráfica.

$$X/13 = 3 \rightarrow X = 39 \text{ dientes que deberá tener el plato.}$$

Además montaremos bielas Rotor, el Rotor es un sistema innovador de pedaleo que elimina el punto muerto usando un sistema ingenioso de leva-palanca. El punto muerto del pedaleo convencional es el vacío que ocurre cuando los pedales están situados verticalmente (uno arriba y el otro abajo), momento en el cual ninguna pierna puede transmitir potencia a los pedales. El punto muerto limita la actuación del mensajero, es causa de tendinitis, lesiones y fuente principal de acumulación de ácido láctico así como de una importante discontinuidad en la tracción en cada vuelta-revolución de los pedales.

El Rotor independiza las bielas de manera que no estén alineadas en un ángulo fijo de 180°. El ángulo entre ellas varía durante el ciclo de cada pedalada a fin de que un pedal nunca coincida con el que está debajo en el punto muerto, evitando así vacíos de potencia.

Tal efecto es logrado por el uso de bielas independientes que están sincronizadas por medio de un eje excéntrico y dos bieletas, lo cual varía el desarrollo durante el ciclo de pedaleo y se adapta a la potencia de los músculos de las piernas, en todo momento. Eliminando los puntos muertos, el Rotor optimiza el esfuerzo del ciclista y reduce el riesgo de lesión, logrando una mejora en el rendimiento, a la vez que un pedaleo más saludable y beneficioso para rodillas y músculos.

#### ***1.7.2.1. ¿Cómo funciona el sistema Rotor?***

Las bielas Rotor trabajan independientemente, de manera que aumentan ligeramente la fuerza requerida en la biela durante la bajada del pedal, usando esta energía para propulsar la otra biela en su paso por el punto muerto (posición a las 12 en punto). Este paso ocurre 180 veces por minuto, a un ritmo de 90RPM, es decir, unas 10800 veces por hora.

El sistema Rotor optimiza la tasa angular (aplicación de fuerza puntual según un desarrollo variable) de cada biela independientemente. Esta optimización tiene sentido, comparándolo, por ejemplo, con la natación, donde el brazo del nadador es más lento cuando está en el agua, (la tracción en contra de la carga), y más rápido cuando se recupera a través del aire para la siguiente fase de potencia.

El sistema Rotor permite al ciclista invertir más tiempo en la fase de potencia. Debido a la acción mecánica de las bieletas, el sistema Rotor permite al ciclista emplear más tiempo generando potencia durante cada pedalada. La variación en la tasa angular es muy leve para el ciclista, de manera que la adaptación al sistema Rotor es muy rápida y sencilla.

Usando bielas Rotor, el ciclista "permanentemente empuja" las bielas, y no existe un vacío entre la subida y la bajada del pedal, como si ocurre con el punto muerto de las bielas convencionales. Esta eliminación del punto muerto permite al ciclista producir más potencia y mejorar su umbral de lactatos. El incremento de potencia adicional se convierte en una mejora promedio de 2-3 minutos para una distancia de 40 Km.

La diferencia es también palpable cuesta arriba y acelerando, donde el ciclista notará incrementos significativos en su velocidad de subida y una mejora en la facilidad para aumentar la velocidad.

El sistema Rotor ofrece mejoras en la eficiencia del pedaleo, la salud de las rodillas y la entrega de potencia y puede ser instalado en la mayoría de bicicletas del mercado.

Los beneficios que proporciona el sistema Rotor han sido demostrados en estudios científicos llevados a cabo por universidades internacionales de reconocido prestigio.

Los resultados demuestran que Rotor logra una reducción significativa del estrés articular, un incremento real de potencia de hasta un 16 %, así como una reducción del ácido láctico y del esfuerzo cardíaco.

#### **1.7.2.2. Los tres beneficios principales son:**

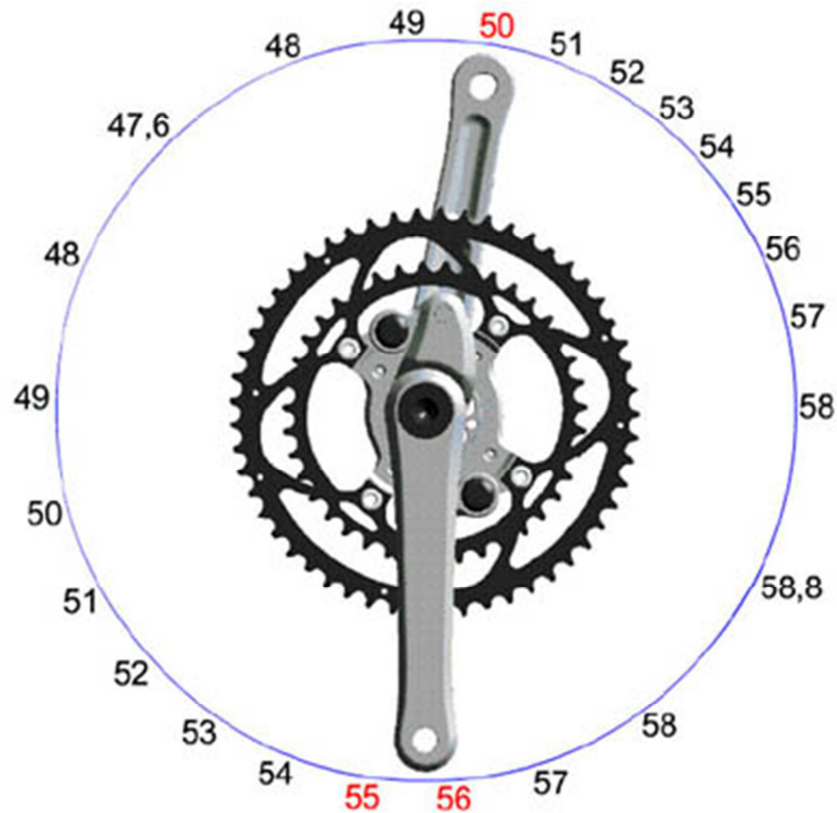
1. Reducción de lesiones de rodilla: El pedaleo convencional somete a la rodilla a un gran estrés articular cuando la pierna se comprime en el punto muerto superior.

Eliminando el punto muerto, el Rotor reduce las lesiones típicas de la rodilla del ciclista, debido a una menor tensión nerviosa en el tendón de la rodilla. Además, gracias a la variación del desarrollo durante el ciclo, el empujón es más progresivo y la tensión nerviosa de la articulación es más uniforme.

2. Reducción de lactatos: El Rotor reduce la concentración de lactatos en la sangre gracias a la mayor eficiencia muscular, reduciendo así la fatiga.

3. Reducción de esfuerzo cardíaco: Consecuentemente, como resultado de la reducción de lactatos en sangre, las demandas en el sistema cardiovascular del ciclista se reducen.





**Figura 22** - Variación de desarrollo en bielas rotor

Además multiplicamos la fuerza de nuestro pedaleo gracias al cambio de posición de las bielas que optimiza nuestra fuerza. Por ejemplo, para un plato de 53: en el punto muerto superior (biela vertical y arriba), el plato aplica un desarrollo equivalente a un plato circular de 50 dientes; posteriormente, según el pedal va bajando y la pierna va desarrollando toda su potencia, el diámetro del plato se incrementa con lo que el desarrollo sube, hasta llegar a aplicar una fuerza equivalente a casi un 59 en el momento de máxima potencia.

### 1.7.3. Agilidad:



Figura 23 - Longitud de biela

Para mejorar la agilidad de una bicicleta de carretera la acortaremos, conseguiremos que su longitud total sea la mínima, para esto intentaremos apurar al máximo las ruedas con el cuadro, acercaremos la rueda al pedalier, a la barra que contiene la tija del sillín. Al llevar solo una marcha la cadena tiene que ir tensada para evitar que se salga, para tensarla hay que conseguir que la distancia del pedalier al eje de la rueda trasera sea exacta, pero eso es imposible, pues varía según la cadena que se utilice y además con el uso las cadenas se estiran. Para solucionar esto usaremos punteras traseras horizontales, de esta forma

conseguimos poder ajustar la distancia desde la rueda trasera al pedalier al gusto buscando siempre

que la cadena quede tensada. Podremos variar la posición de la rueda trasera.

En el caso de la rueda delantera el punto de investigación se centra en la horquilla y la distancia que hay entre esta y el pedalier. Trabajaremos esa zona intentando acortar al máximo la bicicleta, impidiendo que la rueda delantera toque la punta de nuestros pies al girar. Podemos jugar también con la longitud de la biela.



Figura 24 - Bici-mensajero circulando entre el tráfico

#### 1.7.4. Comodidad:

Hay que diferenciar dos aspectos en la comodidad de una bicicleta. En primer lugar podemos diferenciar la comodidad en parado y la comodidad en movimiento.

La comodidad en parado es la comodidad que proporciona una bicicleta estando sentado encima de ella. Siempre dependerá casi por completo del sillín que lleve montado, por tanto siempre podemos tener buena comodidad colocando un buen sillín, a pesar de que este no es un aspecto que preocupe a los mensajeros así que no le daremos excesiva importancia. El sillín es un componente que no afecta en el funcionamiento de la bicicleta, cada usuario puedes escoger el suyo a su gusto sin que este afecte a las cualidades de la bicicleta de forma negativa.

La comodidad en movimientos es la comodidad que proporciona una bicicleta mientras pedaleas, la ergonomía de una bicicleta en movimiento. Nuestro prototipo no puede ser incómodo en este aspecto y realmente será algo a tener en cuenta en el diseño de la geometría. Debemos aportar a la bicicleta un looping negativo para beneficiar la forma de pedaleo. El looping en una bicicleta se puede definir como el ángulo que toma la distancia entre el punto de apoyo del ciclista en el sillín y en el manillar. De esta forma jugamos con la postura del usuario. Un looping negativo significa que los brazos apoyarán siempre más abajo, la bicicleta está más levantada por la parte trasera y el usuario está más echado hacia adelante, por tanto, el pedaleo es mucho más eficiente.

Si el looping es excesivo puede provocar serios dolores en las lumbares y/o el cuello cuando llevemos bastante tiempo de pedaleo. Dependiendo del estado físico del mensajero estamos hablando de entre 1:00h y 2:00h de pedaleo continuo, por eso podemos jugar con la altura del sillín y el ángulo de la potencia hasta encontrar la postura óptima. Un claro ejemplo de looping excesivo lo podemos ver en las bicicletas de velocidad. Con esta geometría transmitimos la máxima fuerza a la transmisión pero es incómoda para tiempos superiores a 30 minutos. Debemos encontrar el looping óptimo.



Figura 25 - Bicicleta de velocidad

### 1.7.5. Velocidad:

El prototipo tiene que ser rápido, este ha de ser un punto fuerte. Una bici rápida se consigue de varias formas, hay que hacerla ligera y hay que lograr una transmisión ideal entre otras cosas. Cuando vamos estudiando otros aspectos de nuestro prototipo tenemos que ir teniendo en cuenta el aspecto de velocidad. Por ejemplo, cuando estudiemos el peso lo haremos sabiendo que nuestro prototipo tiene que ser ligero para poder ser más rápido. La velocidad depende de muchos aspectos. Puntos importantes como el looping del cuadro, la transmisión y las ruedas van directamente relacionados. El conjunto de todo esto será lo que haga que nuestro prototipo sea rápido o no.

### 1.7.6. Ruedas:

Indudablemente montaremos ruedas de carretera. Son estrechas y ligeras, ideales para circular sobre asfalto. Delante podríamos montar una rueda de carbono de tres o cinco radios, que a pesar de que pesaría más que una rueda de aluminio radiada, generaría un momento de inercia solidario que ayudaría mucho al mensajero.



Figura 26 - Rueda AeroSpoke delantera

La creencia generalizada es que unas ruedas ligeras nos harán ir más rápido que unas ruedas aerodinámicas, y por lo general no es así.

En una rueda normal de 32 ó 36 radios redondos, conforme gira, los radios van penetrando en el aire, al hacerlo mueven este aire y se van creando turbulencias de aire a baja presión detrás de los radios. La resistencia al aire aparece cuando las turbulencias de aire a baja presión frenan al radio haciendo el efecto del vacío. Las llantas de perfil alto reducen la resistencia al aire reduciendo la longitud de los radios. Como ejemplo extremo tenemos las ruedas de palos y lenticulares que eliminan la resistencia causada por los radios. Otra ventaja de las ruedas de perfil alto es su efecto 'vela', cuando el viento entra por detrás o ligeramente de lado, éste empuja la superficie de la llanta lo que hace que podamos ir más rápido o bien mantener la misma velocidad con menor esfuerzo.

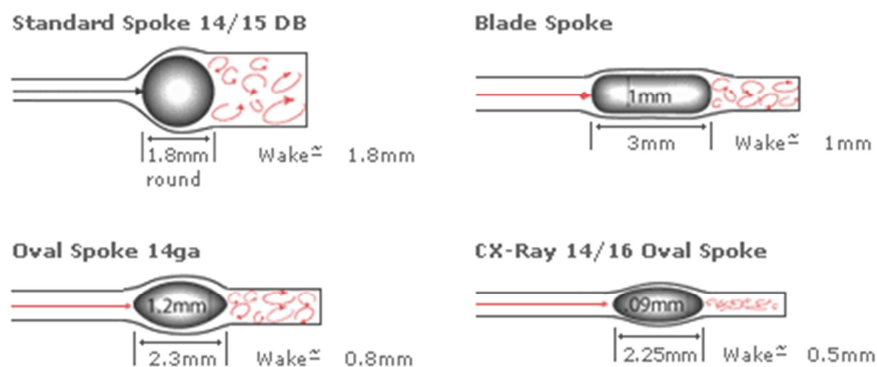


Figura 27 - Estudio del viento en la geometría de los radios

Las ruedas de perfil alto beneficiarán a cualquier tipo de ciclista: cuanto más potente es el ciclista más rápido va y más beneficio aerodinámico obtendrá de las ruedas de perfil alto. Por otro lado, el beneficio aerodinámico de un ciclo-turista será menor, porque no va tan rápido, sin embargo, como el tiempo empleado en cubrir una determinada distancia será mayor que el de otro ciclista más entrenado, el ahorro total en tiempo puede ser incluso superior.

Detrás una rueda de 29 pulgadas que nos dará el looping ideal en el cuadro. Ganaremos velocidad y nos cansaremos menos, más adelante explicaremos porqué y hablaremos de sus ventajas.

\*Ver punto de mejoras técnicas - ruedas 29 pulgadas.

### 1.7.7. Peso:

El peso ha de ser el mínimo, de esto no hay duda. Usaremos aluminio 6061 para el cuadro, ya que es mucho más ligero que el acero, aunque siempre cabe la posibilidad de hacerlo de titanio si dejamos de lado los costes.

\*Ver punto de material en memoria

Los componentes también serán de aluminio aunque intentaremos incorporar titanio y carbono siempre que sea posible.

Si montamos el sistema fijo podemos ahorrarnos el peso de los frenos, pues podemos frenar con los mismos pies y el de la transmisión, pues llevamos montados una sola marcha y un solo plato. Montando este sistema ahorraremos aproximadamente 1,5kg.

#### Componentes de transmisión Shimano Ultegra. Gama media-alta.



Figura 28 - Componentes de transmisión y freno

Además la geometría de nuestro cuadro nos permite ahorrar material. Mientras que la mayoría de cuadros mantienen en posición horizontal las barras traseras inferiores nosotros hemos apostado por levantarlas, acortando de esta forma los tirantes traseros y consiguiendo un ahorro de material. Por otro lado hemos tenido que reforzar la parte superior de los tirantes para dotarle de la resistencia extra que le hemos podido quitar al levantar los tirantes.

La línea roja marca la orientación de los tirantes en la mayoría de cuadros. La marca azul señala aproximadamente la posición de nuestros tirantes. Podemos apreciar que son más cortos, por tanto más ligeros y más baratos. Esta nueva recolocación de los puntos de anclaje de la rueda trasera hace que el pedaliador baje unos centímetros pero como detrás colocaremos una rueda de 29 pulgadas recuperaremos la altura y el looping.

Además hemos apostado por tubos finos y más gruesos, dándole de esta forma la estética del acero con las cualidades del aluminio.



Figura 29 - Demostración de la reducción de peso variando la geometría

### 1.7.8. Precio:

Los costes serán mínimos, pues estamos ahorrando todo el coste de una transmisión por marchas y los frenos. El conjunto de componentes de la transmisión considerados en el punto anterior ronda los 600€.

Un cuadro de carretera no tiene que soportar fuerzas exageradas producidas por golpes, podemos suponer que la bicicleta va casi siempre pegada al suelo por lo que podremos ahorrar material en el grosor de los tubos y en las soldaduras pero siempre habrá un plus de resistencia extra por todos esos golpes al bajar y subir escalones en la ciudad. Además al no llevar sistema de cableado ni para frenos ni para la transmisión evitaremos todos los costes de los pasadores y topes por donde pasan los cables y todas las soldaduras y mecanizados para el freno trasero.



Figura 30 - Vista de la soldadura de final de cable

El aluminio es un material muy explotado en el mundo del ciclismo, es el material por excelencia actual a pesar de que el carbono y el titanio se estén abriendo paso con fuerza pero no acaban de integrarse del todo por los costes que suponen. El aluminio es sin duda óptimo en relación calidad precio.



## 1.8. Mejoras mecánicas:

### 1.8.1. Sistema de alumbrado:

Montaremos un sistema de luces delanteras y traseras incorporado dentro del cuadro, de esta forma evitaremos tener que incorporar extras que desequilibren el peso de la bicicleta o accesorios que puedan ser fácilmente usurpados. La luz delantera, en el caso de nuestra bicicleta, tan solo sirve para ser vistos, no para iluminar, pues la jornada laboral de un mensajero no incluye horarios nocturnos. Crearemos un sistema de led de alta potencia que irá integrado en el cuadro. Irá montada en el tubo de la horquilla, y esa parte del cuadro irá agujereado de manera que la luz enfocará donde enfoque el cuadro. Siempre tendremos iluminada nuestra dirección, sin importar la inclinación de la bicicleta. La luz se activará desde la horquilla. Un interruptor de 3 posiciones y un solo botón: luz continua, parpadeo y apagado. Podremos encender y apagar en cualquier momento, incluso en marcha.

Hemos diseñado una pequeña caja capaz de almacenar 3 pilas de botón que dotarán de un tiempo de funcionamiento muy bueno. Excepto la caja en cuestión todos los componentes son fácilmente conseguibles en cualquier tienda: dos pestañas que sujetarán las pilas y cerrarán el circuito, el led de alta potencia, y el cableado de 0'5mm de diámetro. En la parte inferior hay un orificio por donde saldrá todo el cableado que va al interruptor y al led y por tal de ahorrar material el diámetro central será el mínimo y serán la tapa superior y una pestaña inferior los que tendrán el diámetro de ajuste con el tubo de la horquilla. Todo se ve mejor en la imagen de la pieza.

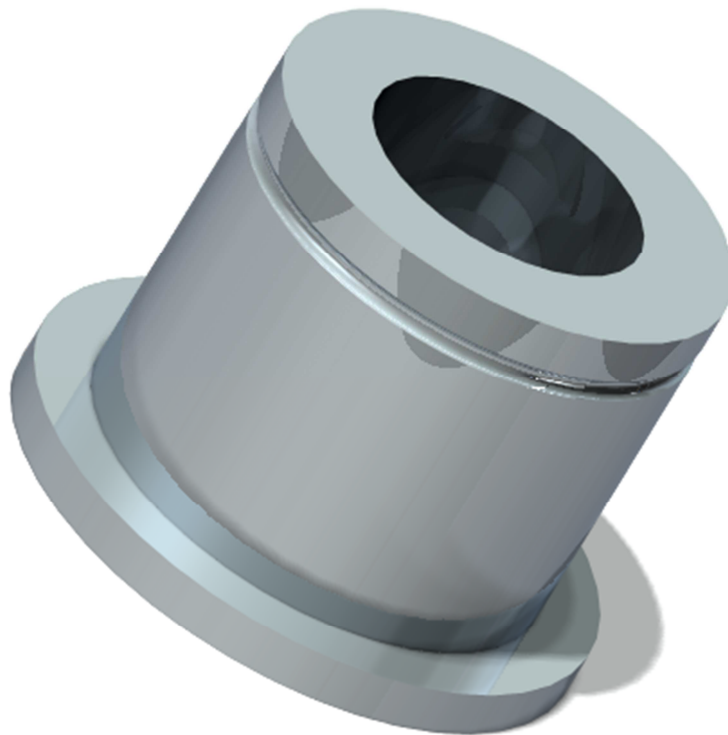
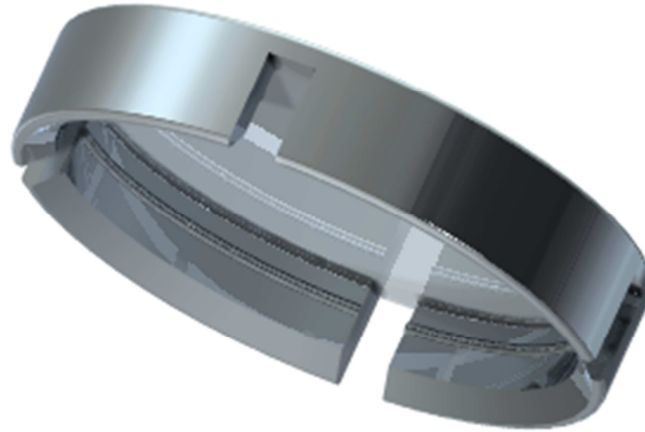


Figura 31 - Caja diseñada para iluminación

El conjunto irá tapado con una tapa que cerrará con una buena tolerancia mediante una pestaña. Además tendrá cuatro estrías que permitirán la flexión de la tapa que facilitará la apertura y cierre de la misma. Para poder extraer el conjunto y poder cambiar las pilas, basta con desmontar la potencia y dejar caer la cajita.



**Figura 32** - Tapa de la caja de alumbrado

Inicialmente la idea fue fabricar esta pieza mediante la inyección de plástico, pero ni por medio del proceso de inyección con coquilla, que es el más económico, salía rentable. Así que tras estudiar el caso se optó por fabricarla en nylon mecanizado. Se simplificó el diseño y se decidió fabricar la pieza mediante un proceso de mecanizado en CNC partiendo de una barra maciza de nylon.

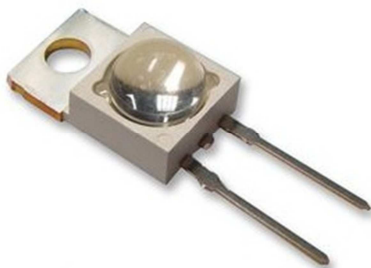
El sistema de alumbrado delantero incorporará los siguientes elementos:



**Figura 33** - Interruptor

El interruptor que accionará las luces irá montado en el interior de la horquilla y la palanca de accionamiento saldrá por detrás de esta, en un agujero especial para ello que ya trae la horquilla de serie. La finalidad original de este agujero es la colocación del tornillo que sujeta el freno delantero. Dado que nuestro prototipo incorpora el sistema de frenado en la transmisión aprovecharemos el agujero donde se montan los frenos que ya viene mecanizado de serie en la horquilla para montar nuestro interruptor de 3 posiciones ON-OFF-ON.

El led frontal de alta potencia de color blanco va montado desde el interior del cuadro con este acople que permite proteger el led y tener amplios conectores para no perder el contacto del cableado y perder la luz.



**Figura 34** - Led de alta potencia

- Rango de temperatura:  $-40^{\circ}\text{C}/+75^{\circ}\text{C}$
- Opto Case Style: DIP
- No. of Pins: 2
- Color del Led: Blanco brillante
- Luminous Flux Max: 147.6lm
- Luminous Flux Min: 67lm

El cableado será simple y de 0'5mm de diámetro. Será un cable de un solo núcleo libre de halógenos y con baja emisión de humos. Indicado para instalaciones con conductos y empalmes, y para cableado interno de conexiones y dispositivos y que puede utilizarse en las zonas donde la protección del personal y los equipos es determinante en caso de incendio



**Figura 35** - Cableado del alumbrado

- Área del conductor CSA:0.5mm<sup>2</sup>
- Jacket Colour: Blanco
- Jacket Material: PVC (Polyvinyl Chloride)
- Conductor Material: Cobre
- External Diameter: 2.1mm
- Tipo de cable: Unifilar
- Diseño del conductor: 16 / 32AWG
- Operating Temperature: -30°C/70°C

La luz trasera en las bicicletas solo está para que los demás puedan verte, para evitar peso y gastos prescindiremos de ella de forma física pero sí que tendremos en cuenta la necesidad de llevar este indicativo tan importante. En los tirantes traseros, que hemos diseñado redondos expresamente, pegaremos cinta adhesiva reflectante de la marca Reflexite. Es una cinta plástica adhesiva que posee propiedades retro reflectantes, es decir, refleja la luz al ser iluminada en la tonalidad de la cinta. En nuestro caso se trata de cinta roja.



**Figura 36** - Cinta de reflexite en color rojo

- La tecnología Microprismática asegura la mayor distancia de detección visual.
- La construcción de una sola capa es delgada y flexible para su fácil aplicación con un 100% de adherencia.
- De durabilidad superior, soporta el lavado con agua a alta presión y resiste el levantamiento de los bordes, muy importante en nuestro caso, pues el lavado de la bicicleta es una tarea muy fácil y cómoda con una pistola de alta presión.
- Máximo desempeño nocturno.
- Resistencia a los impactos – conserva los requerimientos fotométricos después del impacto – mantienen la seguridad después de una colisión o de años de desgaste. Nos permitirá conservar la misma cinta a pesar de los pequeños golpes al apoyar la bicicleta o incluso alguna caída.
- Rollo de 5 cm x 45,7 m disponible, ideal para el diámetro de nuestro tubo.

### 1.8.2. Rueda de 29 pulgadas detrás:

Colocaremos una rueda de 29 pulgadas detrás, 3 pulgadas (7,6cm) más grande de perímetro. Es un cambio ideal para una bicicleta de ciudad, si bien es cierto que perderemos un poco de agilidad, ganaremos velocidad, comodidad y nos cansaremos menos sobre ella.

Mejoraremos la geometría, sin tener que gastar centímetros de tija conseguiremos el looping que necesitamos para transmitir mejor la fuerza a la transmisión.

No todo serán ventajas, pero si en su mayoría. A continuación se muestran algunas ventajas y desventajas de este nuevo tamaño.

En primer lugar, como todos vemos, se trata de unas ruedas más grandes y que por tanto necesitan más material para ser fabricadas. Si tenemos en cuenta dos ruedas, una de 26" y otra de 29", hechas con la misma calidad de aluminio y siguiendo la misma línea de fabricación es inevitable que la rueda de 29" pese más que la de 26". Además, tanto radios, como neumático como la cubierta de la rueda serán también más pesados, aproximadamente un 10% más. Nuestro primer inconveniente es el peso.

Sabiendo que el momento de inercia de un disco respecto un eje que pasa por su centro es:

$$I_C = \int_0^R \frac{2M}{R^2} x^3 dx = \frac{1}{2} MR^2$$

Enseguida podemos ver que el momento de inercia de la rueda de 29" será mayor, pues su radio R es más grande. Además, como ya hemos comentado antes, el peso de las ruedas de 29" es superior que el de las de 26", por tanto, la masa M también es mayor.

Tenemos que la rueda de 29" es capaz de generar un momento de inercia mayor. Podemos definir el momento de inercia en un movimiento de rotación como la resistencia que opone este mismo disco al intentar cambiar su velocidad o sentido de giro, es decir, un momento de inercia mayor implica tener que aplicar más fuerza para cambiar su velocidad o su sentido de giro.

Sabiendo esto, podemos apreciar enseguida que como la rueda de 29" es capaz de generar un momento de inercia mayor que la de 26" se hará más costoso acelerar, frenar o movimientos transversales como el giro. Pero como el momento de inercia que creamos en solidario e nuestro movimiento encima de la bici podemos apreciar que el giro de la rueda está ayudando a nuestro propio movimiento. Además, al montar un sistema fijo, multiplicamos sus efectos de forma muy notoria.

El perímetro de una circunferencia es

$$P = 2r \cdot \pi$$

Como sabemos el radio de una rueda de 29" es mayor que el radio de una de 26", por tanto, tras un giro completo de rueda habremos avanzado más distancia si llevamos una rueda de 29", está claro que esto es una ventaja para el mensajero, pues las jornadas son de mucho kilómetros.

Hablemos también del tamaño de la rueda y la facilidad que ofrece para desplazarse. La rueda de 29" encara las pendientes con un ángulo menor que una rueda de 26". Esto es más fácil de ver en una foto.



Figura 37 - Vista del ángulo de ataque de las ruedas de 26 y 29 pulgadas

El ángulo marcado en rojo hace referencia al ángulo con el que la rueda ataca una pendiente, hemos marcado el mismo ángulo en un punto superior, donde la tangente que corta en 45° aproximados, para que se pueda apreciar mejor. Un ángulo de ataque menor implica menos esfuerzo.

La circunferencia que describe la rueda de 29" hemos demostrado que es mayor, esto significa que más superficie de rueda está en contacto con el suelo y claramente esto implica más tracción, más agarre.

Siguiendo con la superficie de apoyo podemos ver otra ventaja más. Cuando rodamos sobre terrenos blandos como son la nieve, el barro, la arena suelta etc. La rueda de 29" irá mejor, pues se hundirá menos. Si tomamos el peso del mensajero y el de la bicicleta como constantes veremos que la fuerza que ejercemos contra el suelo, es decir, el conjunto de nuestro peso con el de la bici es siempre constante. Si repartimos este peso en más superficie de apoyo es más difícil que nos hundamos al llegar a este tipo de terrenos. Para que se vea más claro. Si aplicamos la misma fuerza siempre nos será más fácil hundir en la nieve o en la arena un palo clavándolo verticalmente que, por ejemplo, la superficie de una mesa pues la superficie es mayor. Es por todas estas ventajas que hemos estudiado por lo que hemos decidido montar una rueda de 29 pulgadas detrás.

### 1.8.3. Sistema de seguridad integrado.

Incorporaremos un candado en el interior del cuadro de la bicicleta que se extraerá con facilidad por detrás del sillín. El candado será un trenzado de hilos de acero de la marca Kryptonite de más de medio metro en todas las tallas de bicicleta e irá escondido en el tubo vertical. El final del trenzado tiene soldada una bola de acero que hará tope con el casquillo cilíndrico de un diámetro inferior que va soldado en el interior del tubo. Podremos sacar el cable de acero por debajo del sillín y rodear cualquier cosa a la que queramos anclar la bicicleta para cerrar de nuevo debajo del asiento, en el sistema de cierre Kryptonite tal y como muestran los planos de la pieza más abajo.



Figura 38 - Trenzado metálico para sistema de seguridad integrado

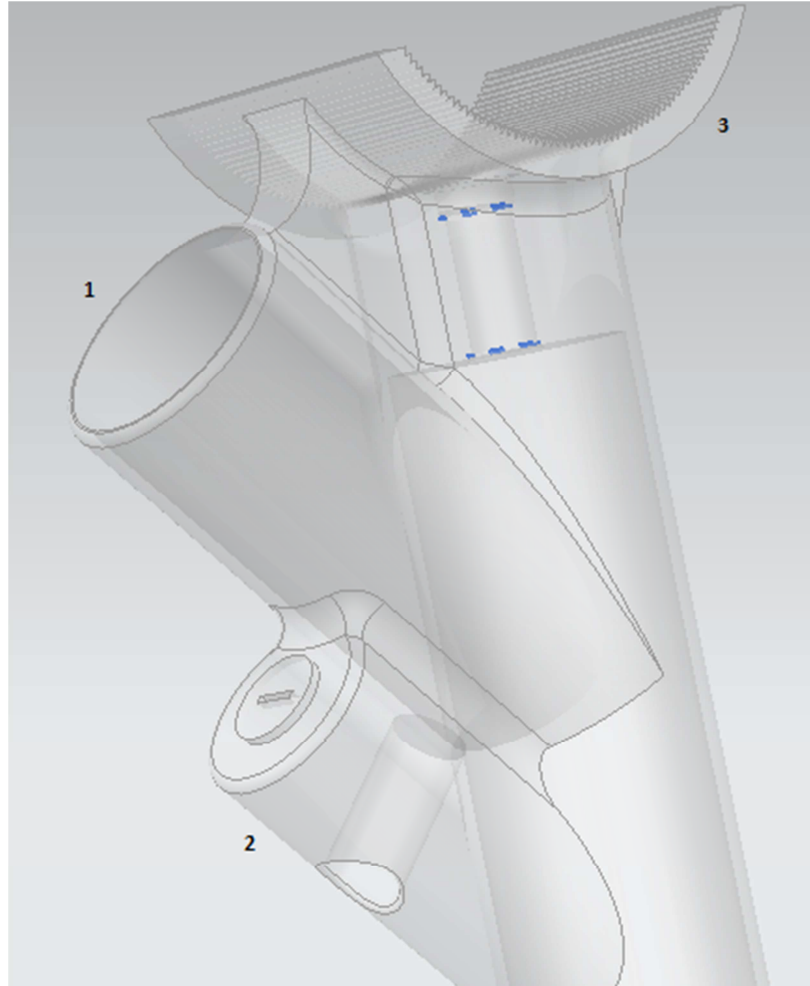
El trenzado metálico tendrá un diámetro de 10 mm de cable de acero trenzado flexible que proporciona una mayor resistencia a los cortes. Además ira cubierto por una capa de vinilo para evitar daños y rozaduras con la bicicleta o con los elementos externos de anclaje y que además protegerá al trenzado de los agentes meteorológicos. Además el vinilo tendrá un acabado superficial muy suave que lo hará más cómodo para el usuario. El conjunto es ligero pero resistente y tendrá garantía de por vida.

Inevitablemente el peso del sillín será superior a cualquiera de los que veamos en el mercado pero el diseño del sistema de seguridad integrado en la bici nos permite no tener que desmontar el sillín para evitar que nos lo roben, pues ira directamente anclado a él.

Llevar el candado dentro de la bici nos ahorra tener que llevar peso mal colocado que pueda provocar la pérdida del equilibrio, podremos coger la bici sin tener que llevar la mochila con los cierres de seguridad convencionales que implican un peso extra y poder dejarla con seguridad.

#### 1.8.4. La tija

Este nuevo prototipo incluye un sistema de seguridad integrado en el interior de la tija del sillín. El diseño de esta tija consta de tres partes importantes.



**Figura 39** - Vista de las secciones internas y de las piezas principales numeradas

1. La salida del trenzado metálico.

En la parte trasera, al tubo del sillín va soldado otro del mismo diámetro. Mientras que el tubo principal sube verticalmente hasta el cordón de soldadura del sillín. El otro toma una curvatura a 45° por detrás del asiento y permite la salida del trenzado metálico del sistema de seguridad. Esta abertura tendrá los cantos redondeados para evitar el desgaste del trenzado metálico

2. El cierre del sistema de seguridad.

Debajo va soldado el cierre del trenzado metálico. Es una forma cilíndrica que esconde el sistema de seguridad del Kryptonite original. No es necesaria la fabricación de un candado especial, tan solo adaptamos uno ya existente a nuestro sistema y así volvemos a centrarnos en el objetivo de la Eco-ingeniería. Pudiendo fabricar un candado para nuestro sistema hemos optado por buscar el más óptimo del mercado ya existente.

### 3. Sistema de sujeción del asiento.

Dado que el sistema de seguridad va debajo del asiento no podemos utilizar el sistema convencional de sujeción del sillín, pues va situado justo en la salida del trenzado metálico. Es por esto que hemos adaptado un nuevo sistema. El sillín irá agujereado por la parte superior, cosa que no afecta en absoluto a la comodidad de este, pues muchos sillines de grandes marcas llevan este agujero de serie para hacerlos más ligeros. Por este orificio entrará el tornillo M8 que apretará la silla contra la tija. En el interior de la tija habrá un casquillo de acero con una rosca de M8 que permitirá la sujeción. Los dientes evitan el giro de la silla y dan mucha más rigidez a la sujeción.



**Figura 40** - Vista exterior detallada

Inicialmente se estudió la posibilidad de fabricar esta pieza directamente en aluminio de fundición de la serie 2xxx pero tras analizar todas las opciones posibles se vio claramente que no salía económicamente rentable ni a través del método de coquilla, que es el más económico. La solución ha sido la soldadura. Dado que los tubos de aluminio del cuadro y de la tija procederán del mismo proveedor, ahorraremos muchos costes si enviamos todo el pedido de aluminio directamente a nuestro soldador y a la vez que se suelda el cuadro se puede soldar esta pieza. A parte de que la soldadura es más barata, el aluminio utilizado es mucho más resistente y ahorramos tener que contactar con otra empresa que se encargue de fabricar esta únicamente esta pieza con los costes que esto supone.



## 1.9. Versiones de venta

Tras realizar este estudio en el que hemos analizado todos los puntos a tener en cuenta en nuestro diseño y tras haber ido sacando conclusiones y a su vez eligiendo un poco por encima cuales serían los componentes idóneos para el montaje más óptimo de nuestro nuevo cuadro hemos observado que buscar el máximo rendimiento no siempre es económico. Nuestro objetivo también es conseguir los componentes, incluso fabricar algunos, que consigan cumplir su función lo mejor posible y ayuden al conjunto a ser la bicicleta ideal para realizar el trabajo de bici-mensajero, pero la calidad no siempre es barata.

A modo de estrategia de marketing y por tal de lograr distribuir y hacer más rentable nuestro proyecto seleccionaremos cuidadosamente dos montajes, el óptimo y el básico, que serán respectivamente el Summum y el Standard. Este proyecto se centra en el primero de ellos, que irá montado con todas las piezas que se han ido comentando en el estudio, lo más eficiente, intentado que las piezas poco importantes, como la potencia y el sillín, sean más económicas y buscando la máxima calidad en las piezas imprescindibles y que juegan algún papel importante como son las ruedas y la transmisión tal y como hemos podido ver en el estudio. Inevitablemente la calidad puede ser cara, y la versión óptima tendrá un precio de venta superior.

La Standard en cambio prescindirá de los componentes de alta gama, buscando una gama media de precio asequible pero capaz de seguir cumpliendo sus funciones. No es más que otra versión más económica con un montaje habitual que rentabilizará el proceso de venta.

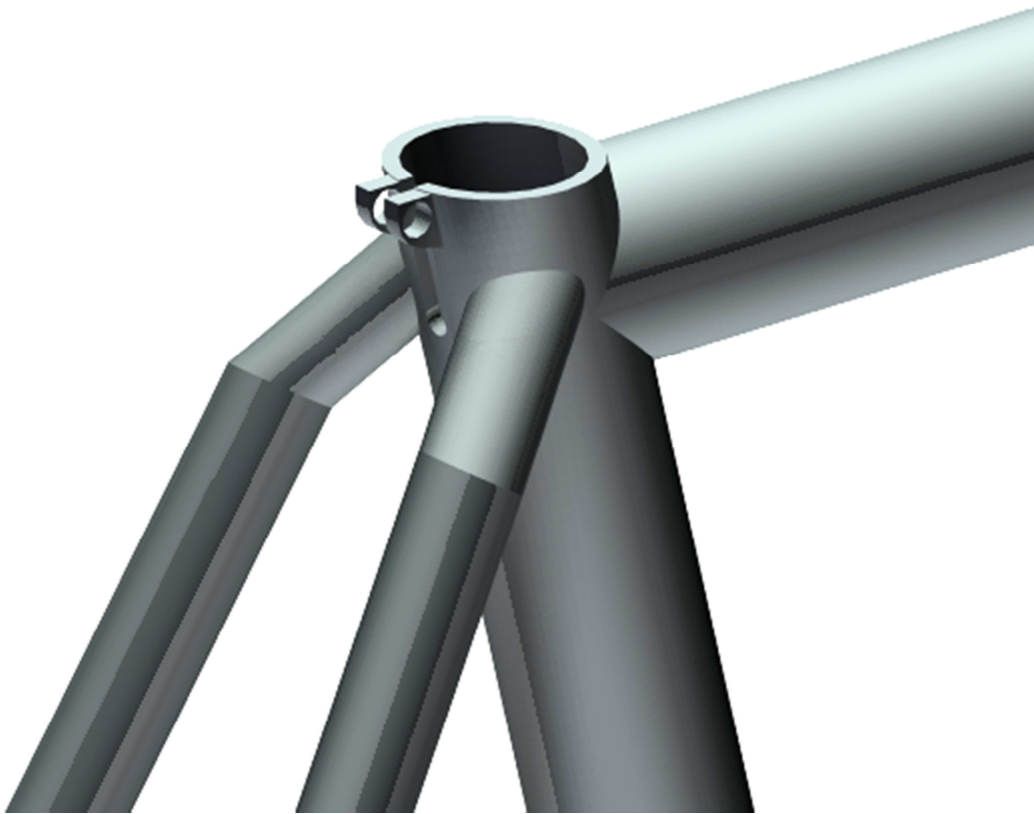
El montaje definitivo se muestra detalladamente para cada versión en el presupuesto final.

## 1.10. El diseño de la geometría.

Tras haber estudiado todos los aspectos de forma detallada hemos diseñado un cuadro capaz de dar cabida a todos ellos y que cumple, sin duda alguna, todos los requisitos.

La nueva geometría diseñada mantiene los tamaños universales para poder instalar cualquier tipo de componente. Además, es lo más corto posible, para hacerlo más manejable, tal y como hemos comentado en el estudio. También tiene punteras traseras horizontales para poder cambiar la posición de la rueda trasera y tensar la cadena cuando esta empieza a desgastarse.

Inicialmente la parte posterior daba problemas en los ensayos y era delicada su fabricación. Este fue el primer diseño:



**Figura 41** - Primer diseño de la parte posterior

Pero tras el rediseño innovador de la parte posterior hemos dotado al cuadro de resistencia extra y además, nos permite poder utilizar tubos de menor diámetro: más baratos y más ligeros. Todos los tubos serán de aluminio extruido 6061 T6, tal y como hemos comentado anteriormente en el estudio de materiales a utilizar. El peso final es de 1,4kg, bastante ligero en comparación con los cuadros de características parecidas.

El cuadro está preparado para albergar todas las mejoras técnicas que hemos diseñado, tanto el sistema de alumbrado como el sistema de seguridad.

Estas son las primeras imágenes del cuadro del prototipo al que llamaremos AS21. Y a pesar de que todos los componentes que hemos seleccionado cuidadosamente y siguiendo las pautas del estudio del prototipo, se muestran en los presupuestos finales, adelantamos una imagen final con todos ellos dibujados uno a uno en 3D y montados en el cuadro tal y como irán cuando se fabrique. En realidad, muchos de los componentes se han citado durante el estudio, pues es donde nos hemos decantado por uno u otro, pero la lista definitiva de los modelos exactos está en el presupuesto por un motivo visual primeramente y por facilitar la comprensión del trabajo. Es más sencillo y entendible y evitamos confusiones mostrando las listas de componentes de las dos versiones tan solo una vez, y hemos considerado que la forma más adecuada de hacerlo es junto a su precio y breve explicación en los presupuestos finales.



**Figura 42** - Vista final del prototipo AS21



**Figura 43** - Perfil del prototipo final AS21



**Figura 44** - Imagen frontal y detalle trasero del cuadro AS21



**Figura 45** - Vista definitiva de la AS21 Summum

### 1.11. Conclusiones del estudio:

Tenemos un prototipo de cuadro muy ligero y muy manejable. Con una transmisión óptima.

El looping del cuadro es ideal, si montamos ruedas de 26 pulgadas tenemos un looping plano y cuando es uso es más experto y colocamos unas ruedas de 29 pulgadas para optimizar el funcionamiento es cuando conseguimos el looping negativo deseado y sin cambiar la posición de ningún componente.

Si observamos las características del diseño del cuadro podemos apreciar una similitud con las bicicletas de Keirin japonesas, a pesar de que los componentes son totalmente distintos, incluso el material es diferente, es interesante estudiar qué es exactamente la cultura del Keirin y que características tienen sus bicicletas y sus creadores ya que veremos que en cierto modo este movimiento atrae a muchos clientes amantes de esta cultura. Nuestro cuadro, guardando claras distancias, será una forma de traer la cultura japonesa del Keirin a las ciudades Europeas.



**Figura 46** - Foto de una carrera de Keirin

### 1.11.1. ¿Qué es el Keirin?

El Keirin sin duda alguna es una de las especialidades más atractivas y a la vez más extremas del ciclismo de pista.

Un grupo de nueve competidores rueda por la pista durante tres vueltas iniciales guiado por otro ciclista a una velocidad aproximada de 50km/h. Una vez que este abandona la pista empieza el sprint, donde los corredores alcanzan velocidades de 70km/h. Se disputa una serie por día, por tanto la competición dura tres días. En el primero se disputan las clasificaciones, en el segundo se disputan las semifinales y finalmente, el tercer día, se disputa la final. Los corredores, una vez entran en el velódromo, quedan incomunicados con el exterior hasta que finaliza la competición. Un total de cuatro días, ya que entran el día antes de las clasificaciones. Durante los 4 días que dura el evento tienen prohibido usar teléfonos u ordenadores etc. Vivirán en las instalaciones del velódromo que están perfectamente equipadas para ello: habitaciones, saunas, piscinas calientes y frías. En resumen, todo adaptado para los ciclistas.

En Japón es uno de los deportes que más reputación otorga a quienes lo practican, de hecho se prepara a los niños desde pequeños en escuelas especializadas donde son cuidadosamente seleccionados y entrenados. Para los japoneses, un buen corredor de Keirin viene a ser un samurái actual, merecen el mismo respeto y ellos actúan con la misma disciplina. El ambiente en este tipo de carreras es lo más parecido a una carrera de caballos, se realizan apuestas de grandes cantidades de dinero y a cada corredor le corresponde un color y un número. Existe la Asociación Japonesa de Keirin que rige este deporte, sus eventos y que marca unos estándares como pueden ser los colores y uniformes que deben llevar los competidores. Además, para dar más espectáculo y así conseguir hacer subir las apuestas, durante dos o tres meses al año se invita a nueve corredores internacionales.

En Japón hay aproximadamente 4.000 corredores profesionales de Keirin. Deben estar un año en lo que sería una academia antes de entrar a competir profesionalmente ya que es el propio gobierno japonés quien promueve este deporte y lo que se recauda, en las apuestas principalmente, forma parte de los presupuestos del Estado. Los corredores profesionales de Keirin no suelen salir a competir fuera de Japón, allí tienen una reputación muy alta y se les trata como reyes, aparte que ganan bastante dinero, mucho más de lo que se puede ganar en el resto del mundo.

Cabe destacar, a modo de curiosidades, que en Japón podemos encontrar diferentes tipos de cómics de Keirin, un canal de televisión exclusivo de Keirin donde se pueden ver todos los resultados y las competiciones de la liga profesional japonesa de Keirin.

Las bicicletas tienen que ser exclusivamente de acero, y las ruedas deben ser de radios, queda prohibido usar carbono o titanio en ambos casos. También está prohibido usar pedales automáticos, hay que llevar montados calapiés. En resumen, todo regido como hace treinta años.

## 2. Cálculos justificativos.

### 2.1. Verificación del ensayo de elementos finitos.

Por tal de comprobar la eficacia del programa utilizado la el ensayo de elementos finitos procederemos a resolver un cálculo simple de dos maneras diferentes para comparar los resultados. En primer lugar lo resolveremos manualmente utilizando las ecuaciones comunes necesarias. Luego plantearemos la misma situación en el simulador del programa NX7, con el que hemos procedido para hacer los ensayos en el cuadro, y compararemos los resultados.

Se dispone de una de las barras que forman el cuadro de la bicicleta. Un tubo de aluminio 6061 de longitud 200mm con un diámetro exterior de 30 mm y un diámetro interior de 25 mm.

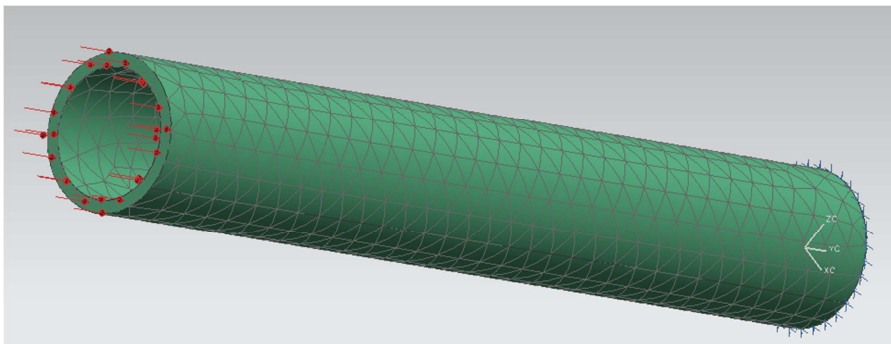


Figura 47 - Barra experimental de aluminio 6061

Fijaremos la barra por uno de sus extremos y en el otro extremo aplicaremos una fuerza de 700N perpendicular al eje del tubo y calcularemos los desplazamientos nodales, es decir, el alargamiento de la barra. Los resultados de la simulación nos dan el desplazamiento nodal de todos los puntos de la barra, nosotros debemos fijarnos en el desplazamiento máximo, que es el que obtendremos mediante los cálculos manuales.

Resultados obtenidos mediante el cálculo manual:

**Datos extraídos de la base de datos del programa NX Nastran.**

**Fuerza** = 700Newtons

**Longitud de la barra** = 200 milímetros

**Diámetro: Exterior** = 30 milímetros. **Interior** = 25 milímetros.

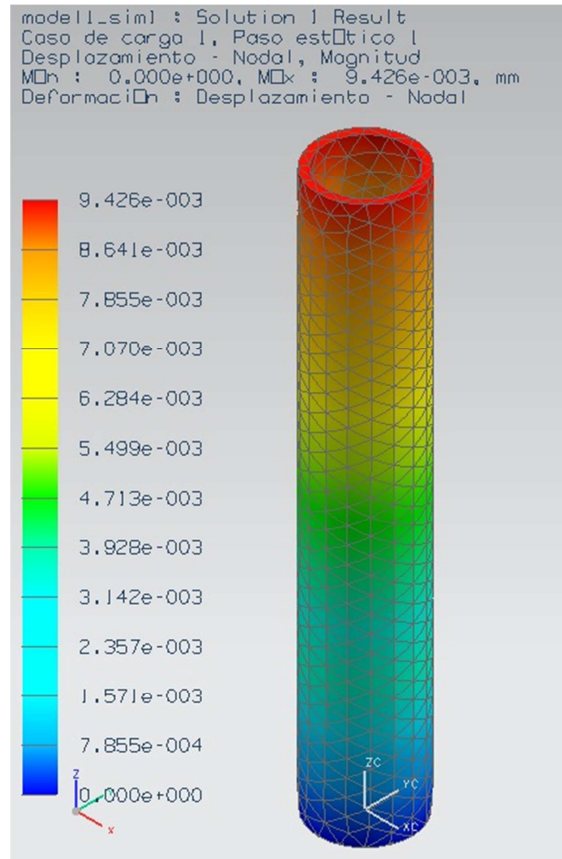
**Módulo de Young** = 68980 Megapascals.

$$\Delta L = \frac{F * L}{S * E} = \frac{700N * 200mm}{Pi * (15^2 - 12,5^2)mm * 68980Mpa} = 9,411 * 10^{-3}mm$$



Resultados obtenidos mediante la simulación del programa NX Nastran.

$$\Delta L = 9,426 * 10^{-3}mm$$



**Figura 48** - Resultados del ensayo con NX Nastran

Podemos observar que la diferencia es mínima y damos por válida la eficacia y precisión de las simulaciones utilizadas para comprobar la resistencia del cuadro.

## 2.2. Ensayos de elementos finitos

### 2.2.1. Ensayos al cuadro.

Vamos a aplicarle dos simulaciones diferentes a nuestro prototipo. En primer lugar someteremos al cuadro a un choque frontal y un segundo ensayo de caída vertical. Para saber que fuerzas debemos tomar hemos utilizado casos extremos que podrían suceder en el día a día del trabajo de bici-mensajero. Hemos recopilado una serie de datos y hemos calculado que fuerzas debería aguantar el cuadro en cada caso.

Tras encuestar a diferentes tiendas de bicicletas hemos sabido que el peso máximo de sus bici-mensajeros operativos no llega a los 80 Kilogramos. Hemos tomado ese peso como referencia con unos márgenes de seguridad que ahora comentaremos.

Nuestro programa NX 7 Nastran ha calculado el peso de nuestro cuadro, es de 1'4 Kilogramos. Un peso muy bueno.

#### Ensayo número 1: Choque frontal.

Suponemos a nuestro bici-mensajero circulando a 50km/h, una de las máximas velocidades alcanzables en llano con la relación de transmisión que montará. En esta situación suponemos un coche o cualquier vehículo, objeto o pared sólida rígida no deformable. Además no estamos teniendo en cuenta el resto de componentes. Las ruedas por ejemplo, son muy deformables y absorben siempre gran parte de los impactos.

Nuestro conjunto bicicleta (1,4kg) – mensajero (80kg) tiene un peso total de 81,4 kg.

A una velocidad de 50km/h = 14m/s

El movimiento solo se desarrolla en el eje longitudinal, no existe movimiento vertical en este ensayo, por tanto la energía potencial será cero.

La Energía Mecánica del conjunto es:

$$\text{Energía Mecánica} = \frac{1}{2}m * v^2 + m * g * h = \frac{1}{2}81'4 * 14^2 + 0 = 570 \text{ Newtons}$$

Esta es la energía que tiene el conjunto y que si consideramos nuestro objeto de choque como sólido rígido ideal, tendrá que absorber íntegra nuestro cuadro. En realidad no existe ningún sólido rígido no deformable y en el caso real de nuestra simulación parte de la energía que tiene el conjunto bicicleta – mensajero la absorberá el elemento contra el que colisione. Por tanto estamos tomando ya un margen de seguridad a nuestro favor suponiendo que toda la energía la absorberá el cuadro.

Fijaremos el cuadro por detrás, en la zona de contacto del eje trasero y aplicaremos la fuerza de 570 Newtons en la superficie íntegra del tubo de dirección, la parte más frontal del cuadro.

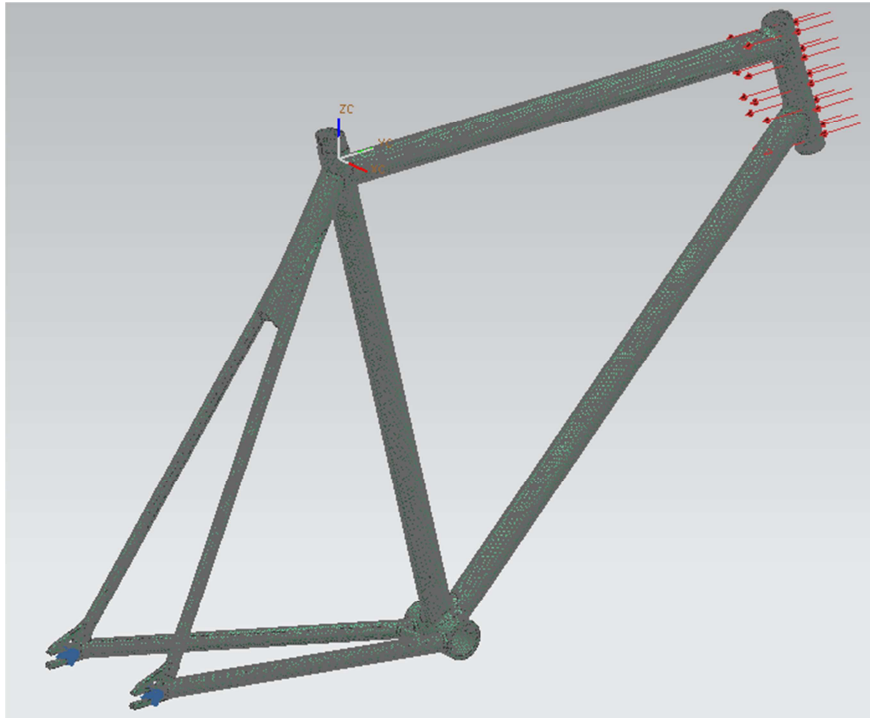


Figura 49 - Fuerzas y puntos fijos del ensayo de choque.

Los resultados de las simulaciones de choque frontal son los siguientes:

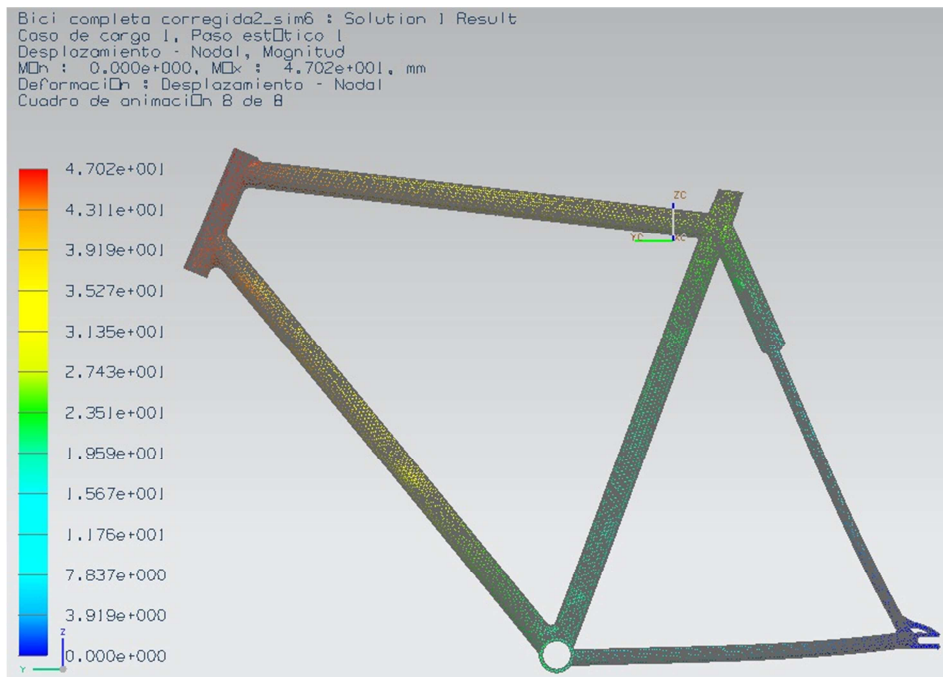


Figura 50 - Resultados del ensayo con NX Nastran

Los puntos que sufren mayor desplazamiento son precisamente los del tubo de dirección, pero no se deforman. El aumento del ángulo de la dirección en nuestro prototipo hace que la fuerza se disipe de forma más óptima y el triángulo principal no sufre deformaciones. Las vainas traseras absorben el choque y son las que se deforman pero tan solo 11,7 milímetros. Un desplazamiento nodal de esta magnitud provocado por flexión no nos debe preocupar porque no provocará rotura.

## Ensayo 2, ensayo de caída vertical.

Suponemos a nuestro bici-mensajero circulando a 15km/h, una velocidad baja pues se dispone a saltar un conjunto de escaleras que suman 0'5 metros. Podría parecer una distancia de caída excesiva, es habitual saltar uno o dos escalones, pero no más de 20 centímetros. A pesar de esto la idea es coger el caso más extremo, pero posible.

Tomamos al conjunto de bicicleta – mensajero circulando a 15km/h ante un escalón de 0'5 metros. Partiendo del punto en el que la bicicleta despega por completo del suelo tenemos que tener en cuenta su energía potencial y el aumento de velocidad que provocará esta caída. Tenemos que calcular la energía que tendrá el cuadro justo en el instante antes de caer contra el suelo.

**Velocidad inicial** = 15Km/h = 4,15m/s

**Velocidad final** = Incógnita.

**Masa del conjunto** = 81,4kg

**Altura h** = 0'5 metros

**Gravedad g** = 9'81 m \* s<sup>2</sup>

$$\Delta EM = \Delta Ec + \Delta Ep$$

$$\frac{1}{2}m * v^2 + m * g * h = \frac{1}{2}m * vf^2$$

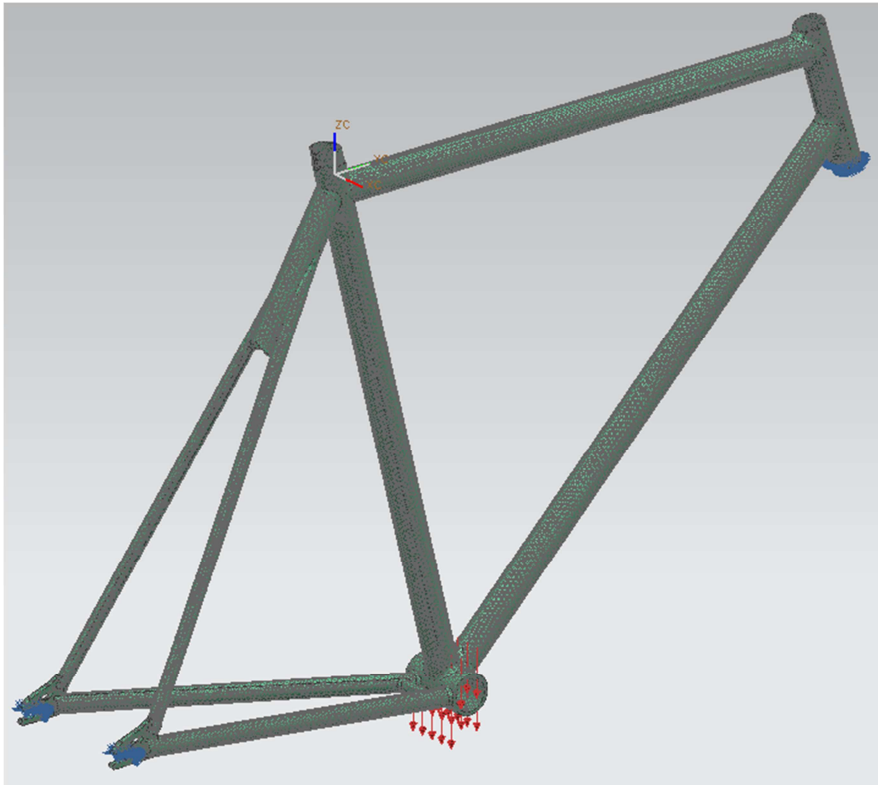
$$\frac{1}{2}81,4 * 4'15^2 + 81,4 * 9'81 * 0'5 = \frac{1}{2}81,4 * vf^2$$

$$700'7 + 399'12 = 40'7 * vf^2 \rightarrow vf = 5'2m/s$$

Esta es la velocidad de impacto. Con esta velocidad debemos calcular la energía con la que impactará contra el suelo. Tomamos de nuevo el suelo como sólido rígido ideal no deformable y por tanto será el cuadro el que absorberá toda la energía. Tampoco tenemos en cuenta esta vez la energía que absorberán los componentes, por tanto, estamos trabajando con márgenes de seguridad considerables.

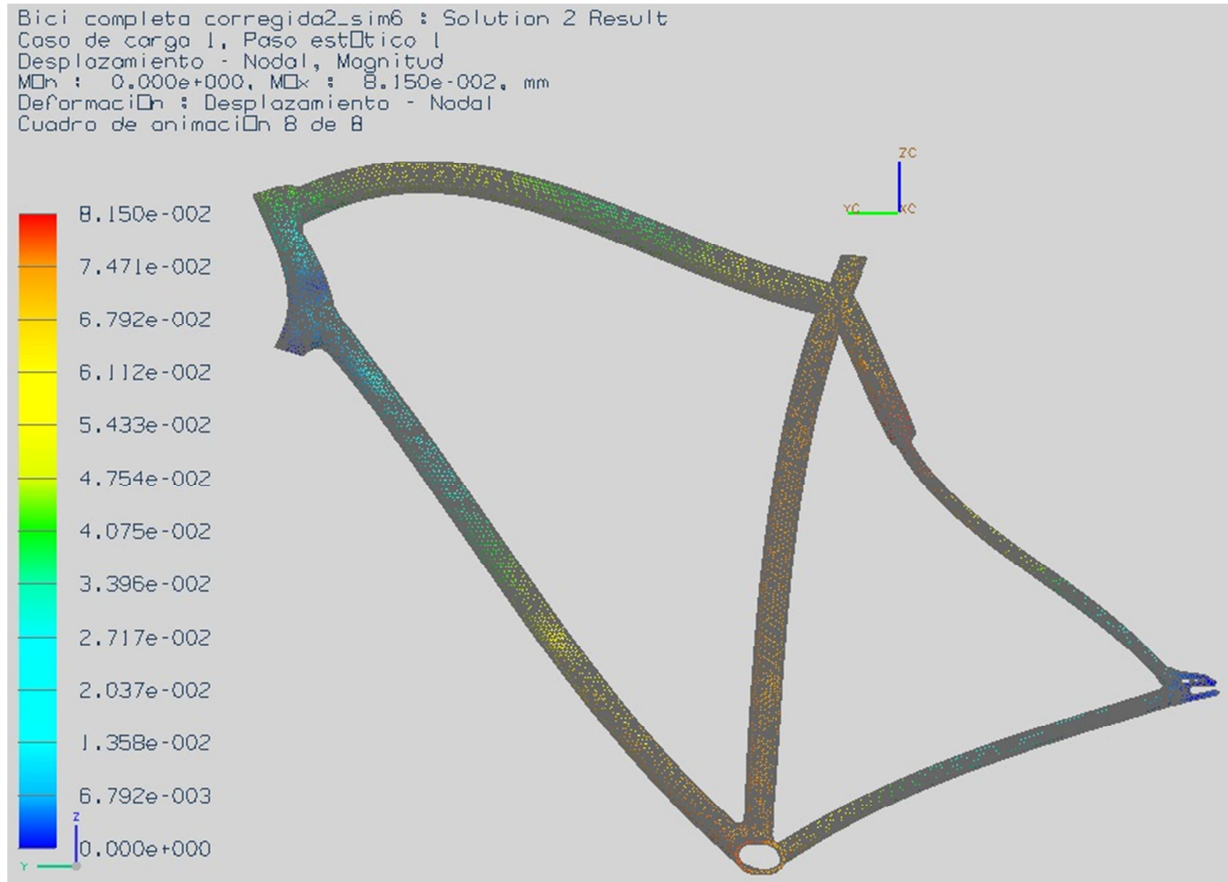
$$\text{Energía Mecánica} = \frac{1}{2}m * vf^2 = \frac{1}{2}81'4 * 5,2^2 \cong 1100\text{Newtons}$$

Para esta simulación fijaremos los puntos que primero contactarán con el suelo, que son los puntos de anclaje de las ruedas con el cuadro. Además supondremos la situación más desfavorable posible. Supondremos que en el salto nuestro mensajero se desequilibra y suelta las manos, por tanto todo el peso recae en los pies y por tanto en el eje de pedalier de la bici.



**Figura 51** - Colocación de fuerzas en ensayo de caída vertical

Los resultados de las simulaciones de caída vertical son los siguientes:



**Figura 52** - Resultados del ensayo con NX Nastran

Los resultados del ensayo muestran unos desplazamientos prácticamente nulos. La escala del dibujo solo muestra cómo se desplazan los puntos pero no es una situación real. Los puntos que más se desplazan se mueven tan solo 0,0815 milímetros. Damos por positivos los resultados, nuestro cuadro ha superado la prueba de caída vertical.

### 2.2.2. Ensayos en la tija.

Hemos sometido también a esta pieza, mediante un programa de simulación, a ensayos de elementos finitos porque la hemos diseñado nosotros. Hemos supuesto al nuestro mensajero de máximo peso supuesto (80kg) pedaleando de pie en la bicicleta. Por motivos ajenos el cuerpo de 80kg de masa se deja caer a 15 cm del sillín y con la aceleración de la gravedad hasta la parte posterior del sillín. Suponiendo además que el usuario no lleva los pies colocados en los pedales, cosa poco común teniendo en cuenta que lleva un sistema de transmisión fijo, y que por tanto el peso recae únicamente en el sillín. Calcularemos entonces la energía que deberá absorber nuestra pieza.

**Velocidad inicial (y)**= 0Km/h

**Masa del conjunto (y)** = 81,4kg

**Altura h** = 0'15 metros

**Gravedad g** = 9'81 m \* s<sup>2</sup>

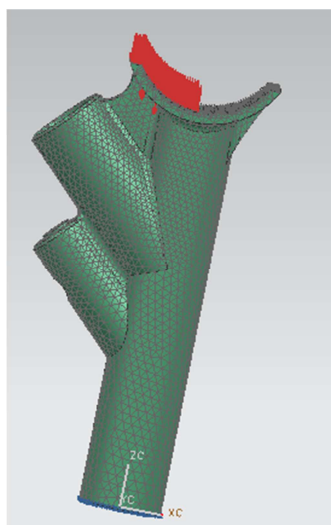
$$\Delta EM = \Delta Ec + \Delta Ep$$

$$m * g * h = \frac{1}{2} m * vf^2$$

$$81,4 * 9,81 * 0'15 = \frac{1}{2} 81,4 * vf^2 \rightarrow vf = 1,7m/s$$

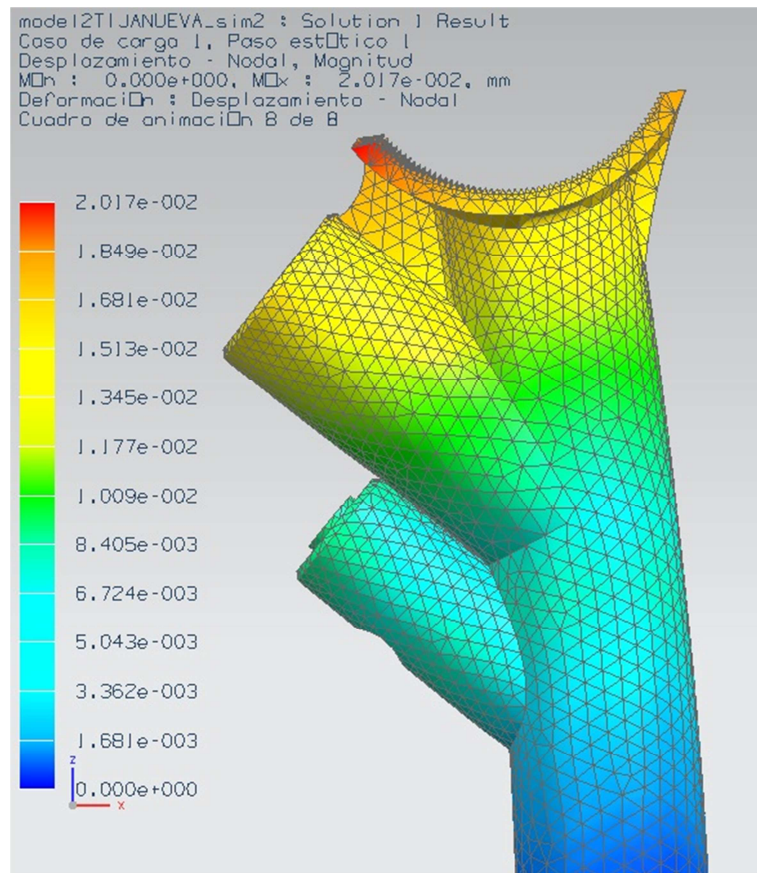
Esta es la velocidad de impacto contra la silla, que está en contacto directo con nuestra pieza. Con esta velocidad debemos calcular la energía con la que impactará.

$$Energía Mecánica = \frac{1}{2} m * vf^2 = \frac{1}{2} 81'4 * 1,7^2 \cong 120Newtons$$



**Figura 53** - Colocación de las fuerzas para el ensayo de la tija.

Los resultados de la simulación son los siguientes.



**Figura 54** - Resultados de la simulación de la tija

Los resultados del ensayo muestran unos desplazamientos prácticamente nulos. La escala del dibujo solo muestra cómo se desplazan los puntos pero no es una situación real. Los puntos que más se desplazan se mueven tan solo 0,0201 milímetros. Damos por positivos los resultados, nuestra tija ha superado la prueba de caída vertical.



### 3. Pliego de condiciones.

Aquí se muestran cuáles son las condiciones que debe cumplir el prototipo según la demanda del sector, las nuevas necesidades y los estudios de mercado realizados. También se tienen en cuenta las solicitudes de los mensajeros entrevistados y las opiniones que nos han transmitido las tiendas de bicicletas que trabajan con bici-mensajeros.

#### 1- El cuadro debe:

- 1.1-Resistir el trabajo de un mensajero, superar las pruebas de impacto a las que le sometamos con éxito.
- 1.2-Ser lo más ligero posible y lo más barato posible teniendo en cuenta sus prestaciones.
- 1.3-Ser rápido y ágil.
- 1.4-Cumplir las medidas standard para poder montar componentes de cualquier marca.
- 1.5-Incorporar algún sistema para ajustar la tensión de la cadena.
- 1.6-Ser resistente a los agentes meteorológicos externos.
- 1.7-Ser igual o más aerodinámico que el resto de cuadros usados por los bici-mensajeros actualmente.
- 1.8-Fabricarse de la forma más sostenible posible, haciendo uso de la Eco-ingeniería.

#### 2. En referencia al usuario, el diseño final debe:

- 2.1-Ser cómodo para cualquier tipo de usuario
- 2.2-Ser fácil de manejar.
- 2.3-Seguir la línea de diseño exterior del resto de bicicletas que usan los bici-mensajeros actualmente.
- 2.4-Ser más ligero que las bicicletas usadas hasta ahora por los bici-mensajeros.

#### 3. Mejoras técnicas, debemos incorporar:

- 3.1-Sistema de alumbrado resistente a los agentes meteorológicos externos.
- 3.2-Sistema de seguridad integrado.
- 3.3-Ninguna de las incorporaciones que supongan peso debe provocar menos estabilidad al conjunto.
- 3.4-Debe aprovechar la fuerza motriz del usuario, aprovechar y generar inercias positivas.
- 3.5-El diseño final debe ser más aerodinámico.

## 4. Presupuestos

### 4.1. Costes de materia prima y procesos de fabricación.

#### 1. Costes de tubería de aluminio 6061-T6 necesarios para 100 cuadros.

Diámetro	Espesor	Longitud(mm)	Longitud(in)	Tamaño a comprar	Precio(\$)	
13mm	2,5mm	9140	359,3	360	150,54	
15mm	2,5mm	8380	329,3	336	185,48	
28mm	2,5mm	1580	62	72	40,44	
30mm	2,5mm	19040	748,2	756	165,6	
40mm	3mm	650	25,5	36	41,61	
					Tasas	15
					Total (\$)	598,67
					Total (€)	413,3

Tabla 4 - Tabla de presupuesto 1

#### 2. Costes de chapa de Aluminio 6061-T6 necesarios para 100 cuadros.

Chapas	Espesor (mm)	Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Tamaño a comprar	Total (\$)	Total (€)
2	5	600x600	23,6x23,6	2 x 24x24	147,18	101,8

Tabla 5 - Tabla de presupuesto 2

#### 3. Costes totales necesarios para 100 tijas.

Diámetro	Espesor	Longitud(mm)	Longitud(in)	Tamaño compra	Precio(\$)	
28	1,5mm	1900	74,8	84	27,97	
56	3mm	120	4,7	5	6,6	
20	1,5mm	400	15,6	16	11,36	
					Total(\$)	45,9
					Total(€)	32,4

Tabla 6 - Tabla de presupuesto 3

#### 4. Costes de chapa de aluminio 6061-T6 necesaria para el segundo refuerzo 100 tijas.

Chapas	Espesor (mm)	Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Tamaño a comprar	Total (\$)	Total (€)
	5	200x200	7,8x7,8	8x8	14,72	10,4

Tabla 7 - Tabla de presupuesto 4

### 5. Costes de tubería de nylon necesaria para 100 sistemas de alumbrado.

Diámetro	Longitud(mm)	Longitud(in)	Tamaño compra	Precio(\$)	Precio(€)
25mm	230	9	12	4,6	3,2

Tabla 8 - Tabla de presupuesto 5

Proveedor (14/06/11'): www.onlinemetals.com

Gastos de envío de USA – España a través de **UPS Worldwide Expedited**: 507.58\$ - 350.4€

10% Descuento en material por pedidos superiores a 100\$

TOTAL DE MATERIAL= 598,67\$ +147,18\$ +45,9\$ +14,72\$ +3,2\$ +507,58\$ = **1258,9\$ /888€**

### 6. Costes de fabricación.

#### Soldaduras:

Mecanizados y cordones de soldadura de los cuadros: 80€/unidad x 100u = 8.000€

Mecanizados y cordones de soldadura de las tijas: 30€/unidad x 100u = 3.000€

#### Mecanizados de los tubos de Nylon:

Se mecanizará mediante control numérico = 0'50€/unidad de la caja y 0'45€/unidad de la tapa respectivamente.

$$0'5 \times 100 + 0'45 \times 100 = 95€$$

#### Corte de las piezas de cuadro + corte de los refuerzos:

Se utilizará corte por láser = 4€ x 200u = 800€

### 7. Coste total de materiales y procesos para 100 cuadros

Materia prima	Tipo de materia prima	Coste materia prima	Tipo de mecanizado	Coste de mecanizado	Total
Aluminio	Tubo 6061	445,70 €	Soldadura cuadro	8.000 €	
			Soldadura Tija	3.000 €	
	Chapa 6061	112,20 €	Corte por laser	800 €	12.357,90 €
Nylon	Tubo Nylon	3,2	Mecanizado CNC	95,00 €	98,20 €
				<b>Transporte</b>	350,40 €
				<b>Total 100 cuadros</b>	<b>12.806,50 €</b>









Tabla 9 - Tabla de presupuestos totales cuadro










$$\text{Coste unitario de materiales y procesos} = \frac{12.806,5€}{100u} = \mathbf{128,07€/u}$$

## 4.2. Coste de montajes

### 4.2.1. Montaje de la AS21 Summun

Estos son los componentes cuidadosamente seleccionados para la versión Summun, la versión de más alta gama con los mejores componentes. Esta tabla incluye una imagen de las piezas y una breve descripción técnica, junto con su peso aproximado en gramos y su precio de distribuidor en Euros, sin IVA.

	Potencia Pro Vibe 7s	Potencia Pro Vibe 7s fabricada en aluminio 7075, muy resistente. Con un ángulo de -10°	115gr	21,55€
	Dirección Pro pulsión color dorado.	Dirección Pro pulsión de aluminio 7075 mecanizado en CNC. Totalmente inoxidable. altura 28.50mm	93gr	22€
	Cadena Gusset Slink Dorada	Cadena Gusset Slink dorada hecha de medios eslabones para garantizar un ajuste óptimo. Exclusiva para marcha fija	360gr	9,52€
	Manillar Pro Lite Santa Marina	Manillar Pro Lite Santa Marina de 400mm. Diámetro de 31.8. Fabricado en aluminio 6061 anodizado en dorado	392 gr	17€
	Shimano SPD M530	Pedales automáticos Shimano con su sistema de anclaje SPD. Modelo M530 con semi-plataforma que facilita posicionar el pie.	430gr	23'70€
	Horquilla Road Bcity Dorada	Horquilla cromada de carretera con tubo de 1" y rosca 240mm. Con agujero para freno delantero.	1200gr	24€
	Cinta manillar Clarks Cork	Cinta de manillar de carretera Clarks Cork para optimizar el agarre de las manos.	36gr	1,77€
	Sillín Blank	Sillín Blank con apertura y sujeción vertical, extremadamente fino y ligero.	260gr	13,61€

	Plato E-Thirteen G-ring	Plato E-Thirteen muy resistente fabricado en aluminio 7075 T6. De 39 dientes.	33gr	14,43€
	Bielas y caja de pedalier Rotor	Fabricado con aluminio 7075, mecanizado mediante CNC con eje de acero Longitud de las bielas de 170mm Diferencia angular máxima de 12°	1255gr	320€
	Buje y piñón fijo Novatec	Buje piñón fijo sin rosca Novatec para 32 radios con anclaje de 6 tornillos de sujeción de disco ISO estándar y con rodamientos sellados	360gr	29€
	Aro 29'' WTB Speeddisc	Aro WTB Speeddisc de 29 pulgadas para la rueda trasera. Pared simple y muy resistente. Con 32 agujeros para radios.	660gr	14'51€
	Camara Schwalbe 29''	Cámara para la rueda trasera de 29 pulgadas de válvula fina.	160gr	1,50€
	Cubierta trasera Schwalbe Marathon 29''	Cubierta para la rueda trasera Schwalbe marathon, de 29 pulgadas. Gruesa y con vías para el escape de agua.	700gr	47,48€
	Rueda delantera Aerospoke	Rueda delantera Aerospoke fabricada en carbono y posteriormente pintada en azul.	1240gr	196€
	Cubierta delantera Schwalbe Blizzort	Cubierta delantera Schwalbe Blizzort de carretera. Fabricada en Kevlar. Soporta presiones de 85 a 115 PSI, disponible en varios colores.	250g	8,96€
	Camara rueda delantera Airwave	Cámara para la rueda delantera Airwave de válvula fina.	150gr	1,30€

**Peso total de los componentes Summum**




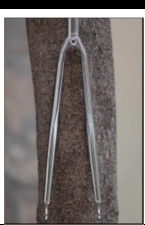


**Precio total de los componentes Summum**

**7694gr**

**766.3€**

#### 4.2.2. Montaje de la AS21 Standard

Estos son los componentes cuidadosamente seleccionados para la versión Standard, la versión básica de la AS21, más económica y accesible a más cantidad de público. Esta tabla incluye una imagen de las piezas y una breve descripción técnica, junto con su peso aproximado en gramos y su precio de distribuidor en Euros, sin IVA.

	Potencia Pro Pedrosa	Potencia Pro Pedrosa fabricada en aluminio 6061, muy resistente. Con un ángulo de -6°	148gr	13,86€
	Dirección Tange sellada	Dirección Tange de aluminio con rodamientos sellados.	130gr	13€
	Cadena KMC Z410 Dorada	Cadena KMC Z410 dorada. Exclusiva para marcha fija	250gr	6€
	Manillar ITM Oversize	Manillar ITM Oversize de 420mm. Diámetro de 31.8. Fabricado en aluminio 6061	294 gr	13,61€
	Pedales Welgo	Pedales Welgo de aluminio con 20 pins en color blanco	570gr	14€
	Horquilla Road Bcity Dorada	Horquilla cromada de carretera con tubo de 1" y rosca 240mm. Con agujero para freno delantero.	1200gr	24€
	Cinta manillar Clarks Cork	Cinta de manillar de carretera Clarks Cork para optimizar el agarre de las manos.	36gr	1,77€
	Sillín Blank	Sillín Blank con apertura y sujeción vertical, extremadamente fino y ligero.	260gr	13,61€
	Straps Lucky Bastards	Un sistema de correas que está por encima de lo que ya existe en términos de facilidad de ajuste y de rigidez.	110gr	14€

	Bielas Truvativ Hussefelt	Bielas Truvativ Hussefelt DH en aluminio 7075 T6 muy resistentes y además incorporan un plato de 39 dientes como el que optimiza nuestra transmisión	1340gr	45,57€
	Buje y piñón fijo Novatec	Buje piñón fijo sin rosca Novatec para 32 radios con anclaje de 6 tornillos de sujeción de disco ISO estándar y con rodamientos sellados	360gr	29€
	Aro 29'' WTB Speeddisc	Aro WTB Speeddisc de 29 pulgadas para la rueda trasera. Pared simple y muy resistente. Con 32 agujeros para radios.	660gr	14'51€
	Camara Schwalbe 29''	Cámara para la rueda trasera de 29 pulgadas de válvula fina.	160gr	1,50€
	Cubierta trasera Schwalbe Marathon 29''	Cubierta para la rueda trasera Schwalbe marathon, de 29 pulgadas. Gruesa y con vías para el escape de agua.	700gr	47,48€
	Rueda delantera Origin8 Track Attack	Rueda delantera Origin8 Track Attack fabricada en aluminio de triple pared con rodadura de freno.	820gr	38€
	Cubierta delantera Schwalbe Blizzort	Cubierta delantera Schwalbe Blizzort de carretera. Fabricada en Kevlar. Soporta presiones de 85 a 115 PSI, disponible en varios colores.	250g	8,96€
	Camara rueda delantera Airwave	Cámara para la rueda delantera Airwave de válvula fina.	150gr	1,30€

**Peso total de los componentes Standard**

**Precio total de los componentes Standard**

**7430gr**

**296,17€**

#### 4.2.3. Coste del sistema de alumbrado.

El sistema de alumbrado consta del led de alta potencia, el cableado de 0'5mm y el interruptor de 3 posiciones que hemos comentado en el apartado de mejoras técnicas y la cinta de Reflexite para el alumbrado trasero.

Interruptor Lorlin 3 posiciones → 100 unidades → 1'07€/u

Led Multicomp OSW HP → 100 unidades → 7'33€/u

Cableado Lapp Kabel 5mm diámetro → 100 metros → 14'92€

- Máximo de 1 metro de cable por bicicleta.

Cinta Reflexite Roja → 50 metros → 222'88€

- Máximo de 0'5 metros de cinta por bicicleta. 20cm por vaina trasera y 10cm para la central.

Proveedor: Farnell España (19/06/11') es.farnell.com

#### 4.2.4. Coste del sistema de seguridad

El sistema de seguridad consta del trenzado metálico y el cierre de la marca Kryptonite que hemos comentado en el apartado de mejoras técnicas.

Trenzado metálico y cierre Kryptonite → 19'86€/u

Proveedor: Kryptonite (19/06/11')

Coste total componentes de Alumbrado	Coste total componentes de Seguridad
<b>12,74€</b>	<b>19'86€</b>



### 4.3. Presupuestos totales

#### 4.3.1. Presupuestos totales para la AS21 Standard

Costes unitarios	
Cuadro y Procesos	128,07 €
Componentes Standard	392,20 €
<b>Coste directo</b>	<b>457,27 €</b>
Gastos generales (25%)	114,31 €
Transporte	35 €
<b>Precio fabricación</b>	<b>606,58 €</b>
Beneficio (20%)	90,98 €
<b>P.V.R.</b>	<b>700 €</b>

Tabla 10 - Tabla de presupuesto finales Standard

#### 4.3.2. Presupuestos totales para la AS21 Summum

Costes unitarios	
Cuadro y Procesos	128,07 €
Componentes Summum	798,90 €
<b>Coste directo</b>	<b>926,97 €</b>
Gastos generales (25%)	231,74 €
Transporte	35 €
<b>Precio fabricación</b>	<b>1.193,71 €</b>
Beneficio (15%)	179,05 €
<b>P.V.R.</b>	<b>1.375 €</b>

Tabla 11 - Tabla de presupuesto finales Summum

\*Valor del Dólar Americano frente al Euro. 25/06/2011 1:55 – Último 0'705

### 4.3.3. Costes Indirectos, Nómina personal.

Dentro de los gastos generales encontramos todo tipo de costes indirectos como pueden ser campañas comerciales, gastos del local... y el salario personal. Vamos a calcular cual sería el porcentaje de nómina personal unitaria de cada bici. Es decir, cuánto cuesta mi trabajo como ingeniero en cada bici de forma unitaria.

$$P. V. R. AS21 Standart + P. V. R. AS21 Summum = 700€ + 1375€ = 2075€$$

- El trabajo dedicado a diseñar la AS21 Standard equivale al 34% del trabajo total como ingeniero
- El trabajo dedicado a diseñar la AS21 Summum equivale al 66% del trabajo total como ingeniero.

Teniendo en cuenta que la nómina personal es de:

$$124horas \times 32€/hora = 3968€$$

*Coste unitario en horas de trabajo de ingeniero de la AS21 Standart*

$$= 34\% \text{ de } 3968€ = 1349,12€ \rightarrow \frac{1349,12€}{100 \text{ Bicis}} = 135€/u$$

*Coste unitario en horas de trabajo de ingeniero de la AS21 Summum*

$$= 66\% \text{ de } 3968€ = 2618,88€ \rightarrow \frac{2618,88€}{100 \text{ Bicis}} = 262€/u$$

### 4.3.4. Amortización

Este proyecto se basa en un estudio muy completo del desplazamiento eficaz en bicicleta por ciudad y da como resultado la bicicleta óptima para moverse entre el tráfico rápida y cómodamente. No hemos creado un medio de transporte nuevo sino que hemos mejorado drásticamente uno ya existente. Es por esto que a la hora de fabricar nuestro nuevo diseño no necesitaremos crear maquinaria nueva, ni trabajar en diferentes sitios a la vez, cualquier empresa o fábrica de bicicletas tiene la maquinaria necesaria para fabricar nuestro prototipo.

Dadas las circunstancias nuestros presupuestos no tienen en cuenta los costes indirectos de compra o alquiler de maquinaria y emplazamiento y nuestra amortización se produce desde la primera venta, pues los costes indirectos no son superiores a los costes de fabricación. Además los beneficios son altos y las unidades fabricadas no son exageradas. Cualquier empresa puede comprar nuestro proyecto y obtener beneficio desde el primer momento. Solo debería amortizar el coste de venta de este estudio pues entendemos que 200 unidades (100 de cada modelo) son una cantidad muy fácil de vender.

## 5. Conclusiones Finales



Figura 55 - AS21 Summum sobre escenario

Me enorgullece poder decir que estoy satisfecho con mi trabajo. He conseguido estudiar, punto por punto, todas las características importantes de este tipo de bicicleta. Cada estudio ha dado como resultado una mejora, no he dejado nada de lado, no he prescindido de nada porque todo tenía su importancia en este estudio y era complejo ya que todos los aspectos guardaban relación entre ellos y se hacían dependientes unos de otros.

He disfrutado muchísimo haciendo este trabajo porque a medida que avanzaba veía resultados y veía cosas que aplicar a mi nuevo prototipo. Además, transmitir mis ideas a las tiendas y personas físicas que han colaborado en este proyecto y ver que realmente podrían funcionar es muy reconfortante e igual en los rediseños. Durante este proyecto he llegado muchas veces a callejones que parecían sin salida, a diseños imposibles o procesos no rentables. Rediseñar para lograr hacer eficiente, eficaz y óptimo cosas o piezas que no lo eran ha sido muy gratificante. Y el resultado final puedo decir que ha sido un éxito, he logrado crear un cuadro muy ligero y resistente, dos características muy importantes dentro de esta gama de bicicletas y unas cualidades que eran desde el principio unas de las más importantes. Los precios finales son muy económicos dadas las cualidades de la bicicleta y tras comparar con otras bicicletas parecidas del mercado he llegado a la conclusión de que será una bicicleta muy competente.

Creo que en este proyecto queda reflejada mi pasión por el ciclismo en todas sus modalidades, pues he intentado cuidar cada detalle y no dejar nada en el aire. Todo en este proyecto tiene una razón de ser. Cada medida y cada elección son por algún motivo a pesar de que en algunos casos puede no quedar reflejada. He conseguido una buena geometría, muy ligera, Unos componentes que le harán ser muy rápida y muy cómoda. Una estética que enamorará a los cientos de amantes de la cultura Keirin en toda Europa. Una estrategia buena estrategia comercial basada en 2 versiones y un mismo cuadro así como la idea de usar materiales y máquinas de las que toda empresa del mundo del ciclismo dispone.

Este proyecto no acaba aquí, evidentemente puede mejorarse todavía más, por ejemplo, con un estudio de hidroconformado o triconificado de los tubos de aluminio, u otro en el que, pieza por pieza, estudiemos como aligerarla, ya sea colocando tornillería de titanio o sacando material. Además la industria de la bicicleta está en constante evolución y siempre habrá que mejorar. La perfección no existe, pero hay que buscarla.

## 6. Bibliografía

### 6.1. Tiendas físicas consultadas

#### **Cream Bikes & Things Barcelona.**

Dirección Paseo Bocabella 9, 08013 Barcelona, España

Teléfono 93 245 36 07

#### **Fixed Soldiers Nights.**

Grupo de aficionados a la cultura Fixed y al movimiento Keirin en Barcelona

#### **My Beautiful Parking Barcelona.**

Dirección Cervantes 5, 08002 Barcelona, España

Teléfono 93 304 15 80

### 6.2. Portales web consultados.

Todos los datos de los portales web consultados han sido comprobados a fecha de 18/06/2011

1- Información sobre el Keirin

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

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

2- Geometrías de cuadros de bicicletas de pista.

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

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

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

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

3- Tipos de soldadura y fabricación de cuadros.

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

4-Tipos de aluminios.

[www.capalex.co.uk](http://www.capalex.co.uk)

<http://www.virtual.unal.edu.co>

<http://www.aircraftspruce.com>

<http://www.luminum.com>

5-Materiales reflectantes.

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

6-Precios y pesos de componentes.

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

[www.bcity.es](http://www.bcity.es)

### 6.3. Libros consultados

- 1- Guía maestra del mantenimiento y reparación de la bicicleta. (Carretera y Mountain Bike)  
Autor: Jim Langley  
Ediciones Tutor S.A.
- 2- Manual de la Bicicleta  
Autor: Chris Sidwells  
Ediciones Omega.

### 6.4. Agradecimientos.

- A Juan Jose Aliau, por todos los consejos e ideas transmitidas y por la paciencia mostrada en el seguimiento de este proyecto.
- A Javier Blasco por su apoyo con la creación de la bicicleta completa en 3D.
- A Juan Simonet por la información prestada como soldador.

## **7. Planos.**

- 7.1. Plano de las tallas de cuadro.**
- 7.2. Plano general del cuadro.**
- 7.3. Plano de la tija.**
- 7.4. Plano de la caja de alumbrado.**
- 7.5. Plano de la tapa de la caja de alumbrado.**

## **8. Anexos**

- 8.1. Bicicleta de pruebas.**
- 8.2. Aluminium data sheet.**
- 8.3. Reflexite data sheet.**
- 8.4. Poster A2 del proyecto.**