



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

Diseño de una bicicleta eléctrica urbana.

Autor:

Perales García, Jaime

Tutor:

Gómez Bravo, Alfonso

**Dpto. Ciencias de los Materiales e
Ingeniería metalúrgica, Expresión
gráfica en la Ingeniería, Ingeniería
cartográfica, Geodesia y
fotogrametría, Ingeniería mecánica
e Ingeniería de los procesos de
fabricación.**

Valladolid, septiembre de 2017.

Resumen/Palabras Clave

Resumen

Los miles de cortos y medios desplazamientos que se realizan todos los días en las ciudades provocan un aumento del nivel de contaminación a causa de la combustión en los motores de los vehículos utilizados para el transporte. Una posible solución es el empleo de energías alternativas.

En este Trabajo de Fin de Grado se pretende desarrollar un nuevo modelo de bicicleta eléctrica urbana apta para desplazarse con comodidad en el día a día, haciendo más cómodo el transporte, reduciendo el consumo de combustibles fósiles y el impacto ambiental.

Dado el creciente interés de los vehículos eléctricos, por su compromiso medioambiental, en el presente escrito también se indican las ventajas de usar una e-bike y ofrecer un producto cómodo y seguro a la vez que divertido y saludable, buscando las mayores prestaciones funcionales para moverse por espacios urbanos.

Keywords

E-bike Cuadro de bicicleta
Diseño Personalización
Transporte

Summary

The thousands of trips that are made every day in the cities cause an increase in the level of pollution caused by combustion in the engines of vehicles used for transport. One possible solution is the use of alternative energies.

In this End-of-Grade Work is intended to develop a new model of urban electric bicycle suitable for traveling in comfort on a daily basis, making transportation more comfortable, reducing the consumption of fossil fuels and environmental impact.

Given the growing interest of electric vehicles, due to their environmental commitment, the present paper also shows the advantages of using an e-bike and offer a comfortable and safe product that is both fun and healthy, looking for the highest functional performance for move through urban spaces.

Keywords

E-bike Bike frame
Design Customization
Transport



Universidad de Valladolid

Diseño de una bicicleta eléctrica urbana

A mis padres y hermana

Índice de contenido:

1. Introducción/Objetivos del proyecto	- 11 -
2. Qué es, cómo funciona, elementos de una bicicleta	- 13 -
3. Dimensiones de una bicicleta	- 15 -
4. Qué es una e-bike	- 17 -
5. Inspiraciones	- 21 -
6. Componentes principale de una e-Bike	- 23 -
6.1. Tipos de frenos	- 23 -
6.2. Tipos de transmisión	- 25 -
- Tradicional: coronas, piñones y cadena	- 25 -
- Interno, engranajes encapsulados en el buje trasero. Con cadena o correa	- 26 -
- Cardan	- 26 -
6.3. Motor eléctrico	- 28 -
6.4. Batería	- 30 -
6.5. Sensor de pedaleo	- 34 -
- Sensor de movimiento	- 34 -
- Sensor de par	- 35 -
6.6. Controlador	- 37 -
7. Análisis de mercado: tres modelos interesantes	- 39 -
7.1 OTO K Cycle	- 39 -
7.2 Bicicleta Faraday	- 40 -
7.3 Lampociclo e-Bike	- 40 -
8. Hipótesis planteadas	- 43 -
9. Primeras conclusiones: mi e-Bike	- 47 -
10. Fabricación	- 51 -
10.1 Motor y transmisión	- 53 -
10.2 Batería	- 54 -
10.3 Pantalla de control	- 56 -
10.4 Vástago/Potencia	- 57 -
10.5 Horquilla	- 57 -
10.6 LLantas	- 59 -
10.7 Cubiertas	- 59 -
10.8 Manillar	- 60 -
10.9 Sillín	- 61 -
10.10 Frenos de disco	- 61 -
10.11 Fabricación del cuadro	- 63 -
- Material	- 63 -
- Caja de pedalier y eje motor	- 66 -
- Barra horizontal (barra superior)	- 68 -
- Depósito	- 69 -
- Barra vertical (barra del sillín).....	- 71 -
- Barra inclinada delantera (barra inferior)	- 71 -
- Barra de potencia (pipa de dirección)	- 72 -
- Terminaciones: unión trasera y delantera	- 72 -
- Cesto trasero y guardabarros	- 73 -
- Tirantes traseros (vainas)	- 74 -
11. Imprimación y pintura	- 77 -
12. Conexiones y cableado	- 79 -
12.1 Conexiones y cableado del motor	- 81 -
12.2 Conexiones y cableado de la batería	- 81 -

Índices

13. Estudio de resistencia	- 83 -
13.1 Comparativa materiales empleados en ciclismo	- 84 -
13.2 Normativas	- 86 -
13.3 Estudio de resistencias	- 87 -
14. Renders finales de Gheppio	- 93 -
15. Marca	- 97 -
16. Conclusiones	- 99 -
17. Bibliografía	- 101 -

Índice de Figuras:

Ilustración 1: Partes de una bicicleta no motorizada.....	- 13 -
Ilustración 2: Evolución de la bicicleta en la historia	- 14 -
Ilustración 3: Dimensiones según tipo de bicicleta.....	- 15 -
Ilustración 4: Principales partes de una bici eléctrica	- 17 -
Ilustración 5: Ejemplos de e-bikes en el mercado. Modelos más vendidos en 2016.	- 19 -
Ilustración 6: Ejemplos de e-bikes estructuralmente ilógicas.	- 20 -
Ilustración 7: Inspiraciones tomadas para mi proyecto (1)	- 21 -
Ilustración 8: Inspiraciones tomadas para mi Proyecto (2).	- 22 -
Ilustración 9: Tipos de sistema de frenado.....	- 23 -
Ilustración 10: Sistema de transmisión corona-cadena.	- 25 -
Ilustración 11.1: Cadena (2.1) Ilustración 11.2: Correa Kevlar (2.2)	- 26 -
Ilustración 12: Partes cardan.....	- 26 -
Ilustración 13: Ejemplo bicicleta con cardan.....	- 27 -
Ilustración 14: Ejemplo de las 3 posibles posiciones del motor.	- 28 -
Ilustración 15: Baterías de ión-litio: tipo "delfin" (15.1) y tipo "bidón" (15.2).....	- 31 -
Ilustración 16: Ejemplos posicionamiento batería de una e-bike (1)	- 32 -
Ilustración 17: Ejemplos posicionamiento batería de una e-bike (2)	- 32 -
Ilustración 18: Ejemplos bicicletas eléctricas bien diseñadas	- 34 -
Ilustración 19: Sensor de par con motor en el buje trasero.	- 35 -
Ilustración 20: Imagen de un sensor de par	- 36 -
Ilustración 21: Imagen de un controlador de una e-bike.....	- 37 -
Ilustración 22: Bicicleta OTO K	- 39 -
Ilustración 23: Bicicleta Faraday Porteur	- 40 -
Ilustración 24: Bicicleta Lampociclo.....	- 40 -
Ilustración 26: Boceto primera idea	- 47 -
Ilustración 27: Boceto segunda idea.....	- 47 -
Ilustración 28: Boceto tercera idea	- 48 -
Ilustración 29: Boceto digital cuarta idea	- 48 -
Ilustración 30: Boceto cuarta idea	- 48 -
Ilustración 31: Bocetaje digital del explosionado de la idea fianal.....	- 49 -
Ilustración 32: Bocetaje final Gheppio	- 52 -
Ilustración 33: Explosionado piezas Gheppio	- 52 -
Ilustración 34: Imagen del motor HUB de BH.....	- 53 -
Ilustración 35: Planos motor realizados con Illustrator	- 53 -
Ilustración 36: Imagen correa de carbono, piñón y plato empleados.....	- 53 -
Ilustración 37: Boceto del diseño de los tirantes traseros hecho con Photoshop.....	- 54 -
Ilustración 38: Carcasa y pilas empleadas	- 55 -
Ilustración 39: Boceto digital del depósito de la batería y los tiradores diseñados en la carcasa.	- 55 -

Índices

Ilustración 40: Diseño de la nueva carcasa de la batería y dimensiones depósito. Realizado con el programa Adobe Photoshop.....	- 55 -
Ilustración 41: Imágenes controladores marcas Bosch (41.1) y Yamaha (42.1)	- 56 -
Ilustración 42: Controlador del Kit NYON de Bosch	- 56 -
Ilustración 43: Potencia escogida	- 57 -
Ilustración 44: Imagen potencia con el controlador integrado.....	- 57 -
Ilustración 45: Horquillas Al (izq.) y carbono (derecha).	- 57 -
Ilustración 46: Proveedor horquilla carbono.....	- 58 -
Ilustración 47: Proveedor horquilla de aluminio.....	- 58 -
Ilustración 48: Notorius 50	- 59 -
Ilustración 49: cubiertas de RetroRide	- 59 -
Ilustración 50: cubiertas CST Tracker	- 59 -
Ilustración 51: modelo "Torino".....	- 60 -
Ilustración 52: modelo "Moustache Fubar".....	- 60 -
Ilustración 53: sillines B67 de la marca Brooks.....	- 61 -
Ilustración 54: render del freno hidráulico 105 Shimano con los discos SM-RT81SS.....	- 62 -
Ilustración 55: render del cuadro de aluminio de la Gheppio. Hecho con el programa 3DMax....	- 64 -
Ilustración 56: Imagen proceso de soldadura del aluminio	- 64 -
Ilustración 57: Equipo de soldaduraAristoTIG-250 que emplearemos y resultados de soldadura.	- 65 -
Ilustración 58: renderizado de las partes a soldar.....	- 66 -
Ilustración 59: caja del pedalier de nuestro proveedor.	- 66 -
Ilustración 60: eje pedalier Miche Primato BSA	- 67 -
Ilustración 61: ángulos de unión de las barras a la caja de pedalier.	- 67 -
Ilustración 63: render barra horizontal hidroformada.	- 68 -
Ilustración 64: plano del tubo conificado "virgen" (antes de hidroformar	- 68 -
Ilustración 66: Hidroformado barra horizontal	- 69 -
Ilustración 65: proceso de hidroformado con prensa hidráulica.	- 69 -
Ilustración 66: renderizado y planos del depósito. Realizado con Photoshop.....	- 69 -
Ilustración 68: cerradura de lengüeta que voy a emplear.....	- 70 -
Ilustración 69: llave de las cerraduras 132 y 132M.....	- 70 -
Ilustración 70: posibles lengüetas.....	- 70 -
Ilustración 71: ángulos de las barras del cuadro. Boceto realizado en Illustrator.....	- 71 -
Ilustración 72: uniones una vez soldadas.	- 72 -
Ilustración 73: barra de potencia con el embellecedor delantero y unión del sillín.....	- 72 -
Ilustración 74: Boceto chapas que forman el cesto.....	- 73 -
Ilustración 75: renderizado cesto sin guardabarros	- 73 -
Ilustración 76: corchetes.....	- 74 -
Ilustración 77: renderizado del cesto con la bolsa cerrada/abierta. Realizado con Adobe Photoshop.	- 74 -
Ilustración 78: Tirantes traseros inferiores.....	- 74 -
Ilustración 79: Render uniones y punteras deslizantes empleadas.....	- 75 -
Ilustración 80: Punteras	- 75 -
Ilustración 81: Esquema parte trasera Gheppio. Tirantes superiores e inferiores.....	- 76 -
Ilustración 83: Captura de pantalla web del proveedor.....	- 76 -
Ilustración 84: Imprimación metales pulidos	- 78 -
Ilustración 85: Barniz acrílico.....	- 78 -
Ilustración 86: Esmalte MTN.....	- 78 -
Ilustración 87: Controlador y sus conexiones.....	- 79 -
Ilustración 88: Render conexionesr Gheppio. Realizado con 3DMax y KeyShot	- 80 -

Índices

Ilustración 89: recorrido motor HUB trasero	- 81 -
Ilustración 90: guías para cable exterior	- 81 -
Ilustración 91: recorrido conexión batería	- 81 -
Ilustración 92: render entrada cable de batería por barra vertical.....	- 81 -
Ilustración 93: conexión de la batería.....	- 81 -
Ilustración 94: dimensiones horquilla aluminio.....	- 88 -
Ilustración 95: Mallado horquilla. Hecho con Catia V5	- 88 -
Ilustración 96: Posición horquilla delantera.....	- 88 -
Ilustración 97: Estudio de resistencia estática y dinámica. Hecho con Catia V5	- 89 -
Ilustración 98: Modelado y estudio de resistencias del cuadro. Catia V5	- 90 -
Ilustración 99: Estudio de resistencias en movimiento	- 90 -
Ilustración 100: Render Gheppio con estudio de fuerzas	- 90 -
Ilustración 101: Mallado Gheppio programa 3DS Max.....	- 91 -
Ilustración 102: Render final 1.....	- 93 -
Ilustración 103: Render final 2.....	- 93 -
Ilustración 104.1: Modelado bicicleta antes de agregar texturizados. 3DS Max.....	- 94 -
Ilustración 104.2: Vistas modelado antes de agregar texturizados. 3DS Max.....	- 94 -
Ilustración 105: Render final 3.....	- 95 -
Ilustración 106: Render final 4.....	- 95 -
Ilustración 107: Logotipo secundario.....	- 97 -
Ilustración 108: Nombre de mi bicicleta.....	- 97 -
Ilustración 109: Logotipo principal de la marca.....	- 98 -

Índice de Tablas y Gráficos

Gráfico 1: Ventas anuales.....	- 14 -
Tabla 1: Dimensiones de una bicicleta de carretera.....	- 15 -
Tabla 2: Comparativa cardan/cadena/correa	- 27 -
Tabla 3: Autonomía de las baterías de litio. Fuente: https://www.tutiendaenergetica.es/blog/34_baterias-bicicleta-electrica-autonomia	- 33 -
Tabla 4: Datos para la soldadura del aluminio AA6061	- 65 -
Tabla 5: Dimensiones de los dos tipos de cerradura posibles.....	- 70 -
Tabla 6: Tabla comparativa de materiales.....	- 85 -
Tabla 7: Aluminio 6061- propiedades.....	- 85 -
Tabla 8: Aluminio 7075 - propiedades.....	- 86 -
Tabla 9: Propiedades horquilla de aluminio empleada	- 88 -

1. Introducción/Objetivos:

Hoy en día, movernos por la ciudad y sus alrededores es una necesidad indispensable para cualquiera de nuestras actividades cotidianas. Ya sea ir al trabajo, salir de compras o quedar con amigos.

La realidad es que cada vez es más difícil circular en coche por el cogollo urbano de las ciudades. No solo porque el tráfico es lentísimo sino porque hay cada vez más restricciones de velocidad, o porque se está limitando la circulación a los residentes, entre otras medidas.

Esto ha hecho que en los últimos años el mercado de bicicletas haya aumentado a una velocidad sorprendente, pasando de los prototipos iniciales que se veían hace algunas décadas, a las bicicletas comerciales que han surgido en los últimos años y que podemos ver en la actualidad.

En el caso de España, según datos de la AMBE (Asociación de Empresas y Bicicletas de España), se vendieron 1,118 millones de bicicletas durante 2016, un 1,01% más que el año anterior. Vuelven a ser más bicicletas vendidas que coches.

En cuanto a tipos de bicicleta, se vendieron un 4,37% menos de bicicletas de montaña. Sin embargo, crecen las de carretera (un 20,37%), las urbanas (5,25%) y las eléctricas (un 63%). En cuanto a generación de empleos, ya hay 20.843 personas trabajando en el sector de la bicicleta en España, lo que implica un crecimiento del 10,64%, creándose más de 2.000 nuevos puestos de trabajo.

Así pues, cada año son más los ciudadanos que se están dejando seducir por el empleo de bicicletas como medio de transporte urbano. Poco a poco vamos tomando ejemplo de otros países europeos como son Holanda, Suiza o Alemania, que llevan décadas moviéndose en bicicleta.

Pero, ¿a qué se debe este gran crecimiento? Podríamos enumerar diferentes motivos por los cuales los ciudadanos están apostando por el empleo de este medio de transporte.

Por una parte, la aparición de la bicicleta eléctrica ha hecho posible que, al margen de la edad, uno pueda trasladarse cómodamente.

Cabe destacar también la iniciativa de algunos Ayuntamientos, como el de Madrid, Barcelona, Zaragoza, Valencia o Sevilla, que han instalado parques de alquiler y carriles bici, facilitando la aceptación y el empleo generalizado de este medio de transporte.

Además, se trata de un medio de transporte sostenible y una alternativa ecológica contra el cambio climático. Existe un Plan de Impulso al Medio Ambiente (PIMA), que busca mejorar la calidad del aire mediante subvenciones por la compra de vehículos menos contaminantes y, desde 2013, también en las bicicletas.

En España ya hay 393 empresas proveedoras en el sector, de las que el 45% están ubicadas en Cataluña, el 18% en Madrid y un 9% en la Comunidad Valenciana y País Vasco respectivamente. De estas 393 empresas, 191 son nacionales.

Introducción/Objetivos

Las ventajas que nos ofrecen las bicicletas eléctricas (e-bikes) inspiraron el inicio y el desarrollo de este TFG: Diseño de una bicicleta eléctrica urbana. Con mencionado diseño se pretende desarrollar un medio de transporte sostenible que combina tres características principales:

- Poseer un diseño diferente y atractivo.
- Tener un peso reducido para que se pueda transportar con comodidad.
- Contar con uno de los mejores sistemas eléctricos para que el desplazamiento se realice sin esfuerzo y ofreciendo, además, la mayor autonomía posible.

Rompiendo con la línea agresiva de los diseños actuales, se ha optado por una propuesta más limpia y elegante, con matices clásicos de las motocicletas antiguas.

A nivel tecnológico se ha intentado optimizar al máximo el rendimiento de la e-bike, introduciendo de la mejor manera posible los equipos existentes en el mercado que más se adecuaban al diseño.

Con el objetivo de destacar en el mercado, se ha cuidado el diseño minuciosamente, siendo uno de los factores diferenciadores primordiales. Pretendiendo ofrecer un producto de calidad, personalizable, cuidando los detalles al máximo y a un precio competitivo según el mercado actual.

Qué es, cómo funciona, elementos de una bicicleta.

2. Qué es, cómo funciona, elementos de una bicicleta.



Ilustración 1: Partes de una bicicleta no motorizada

Se define la bicicleta como un “vehículo de dos ruedas movido por una persona, provisto de un manillar en la parte delantera, un asiento para el conductor y dos pedales que transmiten el movimiento de las piernas a la rueda trasera mediante una cadena y un piñón.”

Este vehículo de transporte personal de propulsión humana, es decir, accionando con el esfuerzo muscular de las piernas de la persona o usuario que la ocupa, posee una serie de componentes básicos: dos ruedas, generalmente de igual diámetro y dispuestas en línea, un sistema de transmisión de pedales, un cuadro que le da la estructura e integra los componentes, un manillar para controlar la dirección y un sillín para sentarse. Otras partes de la bicicleta son mostradas en la “Ilustración 1”.

El desplazamiento se obtiene al girar con las piernas los pedales dispuestos de forma simétrica, cada uno con una palanca conocida como biela están ensamblados en el cuadro, y en general el pedal derecho es el que tiene la estrella mayor o plato donde se monta la cadena (transmisión flexible) que a su vez hace girar el piñón, el cual finalmente hace girar la rueda trasera sobre el suelo provocando el desplazamiento.

Qué es, cómo funciona, elementos de una bicicleta.



Ilustración 2: Evolución de la bicicleta en la historia

El diseño y la configuración básicos de la bicicleta han cambiado poco desde el primer modelo de transmisión de cadena desarrollado alrededor del año 1885.

Lo único que está claro es que la bicicleta es un invento europeo. Dependiendo de lo que consideremos una bicicleta, existen unas fechas de invención u otras, siendo la primera bicicleta a pedales (patentada como tal) la del británico John Kemp Starley en 1885. Se basó en los modelos europeos construidos a lo largo de todo el siglo XIX.

En el caso de la bicicleta eléctrica, fue en 1970 cuando aparecieron, pero no llegaron a ganar importancia con notoriedad hasta los años 90.

En la actualidad las bicicletas eléctricas se han hecho un hueco en el mercado del transporte, siendo 2009 el año de inflexión, a partir del cual, la venta de éstas se disparó de forma considerable.

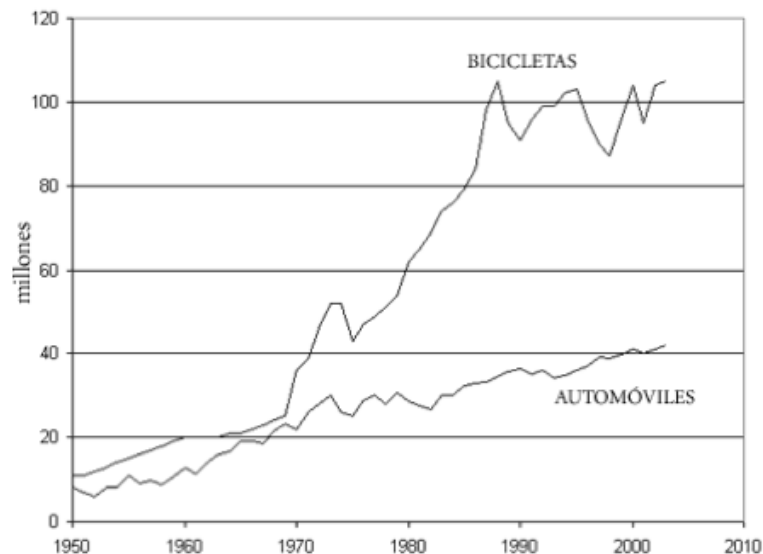


Gráfico 1: Ventas anuales

Dimensiones de una bicicleta.

3. Dimensiones de una bicicleta.

La longitud de los tubos de un cuadro está definida por distintos parámetros del cuerpo humano. La altura, la longitud de las piernas, la longitud de los brazos, la longitud del tronco... son las principales variables a tener en cuenta a la hora de elegir una bicicleta. Existen varios métodos para saber la talla del cuadro que se adapte mejor a unas determinadas condiciones morfológicas.

Una de las medidas más importante de una bicicleta es la del tubo vertical del cuadro (véase la “Ilustración 3”). La medida del tubo vertical debe ser igual que la longitud de la pierna del usuario para un correcto pedaleo y una circulación más segura. Esta medida debe realizarse descalzo. Apoyándonos en una pared para que sea más sencillo, mediremos desde el suelo hasta el punto donde nos apoyamos en el sillín cuando montamos en la bicicleta.

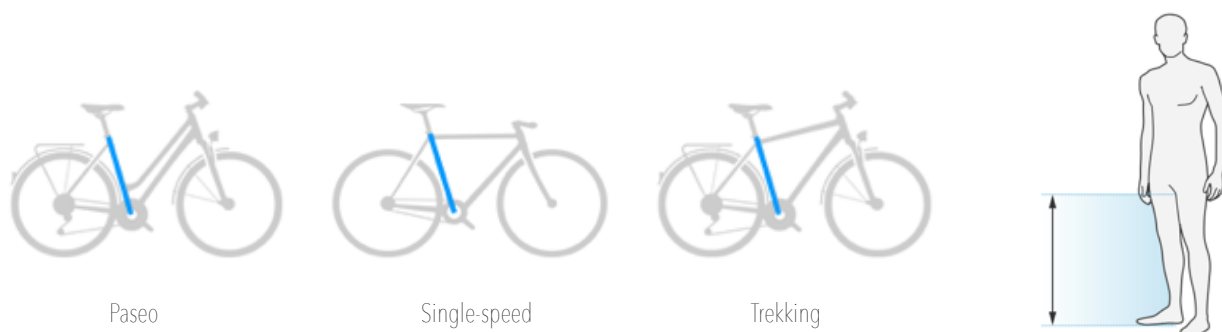


Ilustración 3: Dimensiones según tipo de bicicleta

Las medias que se han tomado como referencia, mostradas en la “Tabla 2”, son las que utiliza la empresa especializada en bicicletas “Orbea”. En mi trabajo, el cuadro se diseñará para una persona de una altura de 170 a 185 cm, es decir, una talla 55.

TALLA	48	51	54	55	57	60
1 TUBO DEL ASIENTO	430mm	460mm	480mm	500mm	520mm	550mm
2 TUBO HORIZONTAL	520mm	535mm	545mm	555mm	570mm	590mm
3 TUBO FRONTAL	104mm	120mm	145mm	165mm	185mm	205mm
4 VAINA	405mm	405mm	405mm	408mm	408mm	408mm
5 ALTURA EJE PEDALIER	267mm(700x23cTire)					
6 CAÍDA EJE PEDALIER	70mm					
7 DISTANCIA ENTRE EJES	970mm	970mm	980mm	988mm	998mm	1013mm
8 ÁNGULO FRONTAL	71,5°	72,1°	72,1°	73,5°	73,2°	73,5°
9 ÁNGULO DEL SILLÍN	74,75°	73,5°	73,5°	73,2°	73,2°	73,2°
10 ALTURA BASE	743mm	766mm	788mm	807mm	827mm	846mm
11 LARGO DEL CUADRO	377mm	377mm	380mm	382mm	391mm	404mm
12 ALTURA CUADRO	511mm	528mm	552mm	572mm	591mm	615mm

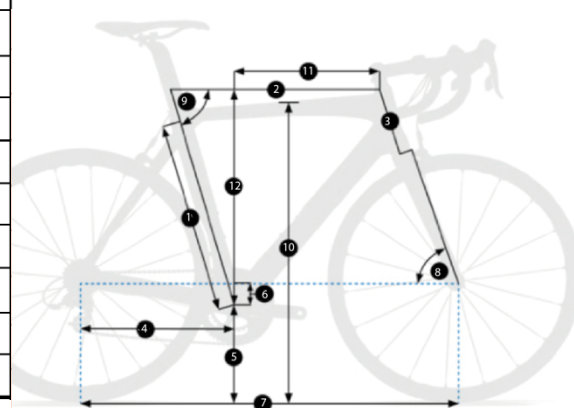


Tabla 1: Dimensiones de una bicicleta de carretera

Dimensiones de una bicicleta.

Las bicicletas de ciudad o urbanas deben ser más cómodas, por ello en este caso el manillar queda por encima del sillín consiguiendo que la persona tenga una postura más erguida. Además, esa configuración permite apoyar los pies cómodamente en el suelo, ya que las paradas (por el tráfico, peatones, etc.) son más frecuentes.

Qué es, cómo funciona una e-bike.

4. Qué es, cómo funciona una e-bike.

Podemos definir bicicleta eléctrica como “vehículo de dos ruedas de propulsión humana y ayuda eléctrica”.

En la “*Ilustración 4*” se muestran las partes principales y distintivas de una bicicleta eléctrica y de las que hablaremos posteriormente. En particular: el motor, la batería, los sensores, el controlador, el freno y el acelerador.

A su vez, es importante tener en cuenta que el motor de las bicicletas eléctricas tiene como función asistir al pedaleo, es decir, deberemos pedalear para que el motor se ponga en funcionamiento. No serán consideradas bicicletas eléctricas (en la Unión Europea) aquellas que funcionen únicamente a través de su motor sin tener que pedalear. En ese caso se trataría de ciclomotores.

En cualquier caso, la Normativa exige que el motor se desconecte automáticamente cuando la bicicleta alcance los 25 Km/h, y la potencia del mismo no excederá nunca de los 250 W (aunque se permiten los picos de hasta 350 W).



Ilustración 4: Principales partes de una bici eléctrica

Qué es, cómo funciona una e-bike.

En este Trabajo de Fin de Grado se agruparán una serie de condicionantes con el fin de acotar nuestro diseño, de este modo, podemos encontrar:

- **Condicionantes del usuario:** ¿Es cómoda? ¿Para qué la vamos a usar? ¿Es segura? ¿Puede extraerse la batería? ¿Es accesible la forma de carga? ¿Su mantenimiento es sencillo? ¿Es el usuario autosuficiente para arreglar pequeñas averías? ¿Es sencillo el control de mandos?
- **Condicionantes del entorno:** ¿Es sostenible? ¿Integra el producto medios de señalización? ¿Resiste bien cambios en el clima?
- **Condicionantes del producto:** ¿Se puede guardar fácilmente? ¿Es estética? ¿Es fácilmente transportable? ¿Es ligera? ¿Es estable? ¿Para qué edades está dirigida? ¿Es unisex? ¿Hay diferentes tamaños de marco? ¿Es limpia? ¿Incorpora algún compartimento para transportar objetos personales?

Hoy en día, el uso de la bici está cada vez más extendido. Los números de ventas anuales no paran de aumentar y cada vez son más los que deciden emplear la bicicleta para moverse por la ciudad. De hecho, se prevé que para 2018 se vendan más de 47 millones de bicicletas eléctricas en todo el mundo. El ciudadano está concienciándose por aquellos medios que son ecológicos y amigables con el medio ambiente, además de económicos.

A todo esto, se le une el aumento de las facilidades y el compromiso que dan algunas ciudades para el uso de este medio (carril bici, alquiler de bicicletas y bicicletas eléctricas...).

Teniendo en cuenta que uno de cada dos trayectos urbanos en coche es de menos de 3 kilómetros y que el 80% de los trayectos urbanos son inferiores a 30 Kilómetros, el empleo de una bicicleta puede suponer un gran ahorro económico y una gran ayuda al medio ambiente. Además, según datos de la DGT, la velocidad media de grandes ciudades como Madrid es de 24 Km/h, y en la Zona Centro es de 9 Km/h.

Por su parte, el empleo de una bici eléctrica nos permite alcanzar los 25 Km/h en pocos segundos. Un dato relevante respecto a las bicicletas eléctricas es su consumo energético, en particular, consumen una media de 10Wh por cada kilómetro recorrido.

Si tomamos como referencia el precio del kW/h en un hogar medio en España obtenemos la cifra de 0,124107€/kWh. Teniendo en cuenta que las baterías se cargan en un máximo de 8 horas, tenemos que realizar la siguiente cuenta: 8h x potencia de nuestra batería (kW/h) x 0,124107€/kWh. Supone un total de unos 0,09 € por carga.

Por otra parte, las baterías suelen recorrer entre 40 y 70km por carga, teniendo en cuenta el escenario más desfavorable (40km): 0,09€ / 40km = 0,002233926 €, es decir, el precio del kilómetro en bicicleta eléctrica no llega al céntimo de euro.

Qué es, cómo funciona una e-bike.

Existen diferentes formas de clasificar las bicicletas eléctricas. Es evidente que, desde el punto de vista estructural, en el mercado encontramos una gran variedad de modelos con formas y diseños muy distintos.

- convencionales:



Ilustración 5: Ejemplos de e-bikes en el mercado. Modelos más vendidos en 2016.

Los mostrados en la “Ilustración 5” son diseños tradicionales que se asemejan a las bicicletas no eléctricas. Siguen ciertas formas establecidas que podemos encontrar en la mayoría de modelos. Se caracterizan, en su gran mayoría, por tener la batería a la vista.

La bicicleta puede ser eléctrica de serie (proporcionada así por el fabricante) o mediante un kit, proporcionado por el mismo fabricante o por un tercero. En este segundo caso podremos transformar una bicicleta cotidiana en una con asistencia eléctrica sin dificultad, pero las prestaciones no son las mismas que las de una bicicleta eléctrica de serie. Algunos kits son de conversión rápida (en minutos) por el propio usuario y pueden ocupar muy poco espacio.

El uso de la bicicleta eléctrica es sencillo. Con una llave se acciona el motor, cuya potencia oscila entre 250 y 350 vatios, y basta con pedalear para mantenerlo en funcionamiento. En caso contrario el motor se detendrá.

La autonomía de las bicicletas eléctricas suele rondar los 50 Km, aunque en ocasiones podemos encontrar modelos que superan sin demasiada dificultad los 60 Km.

Qué es, cómo funciona una e-bike.

- no convencionales:



Cruise e-Bike



Ford e-Bike



GoCycle G3



Sue the Smart - Bowen Lee



Audi e-Bike



Mando FootLose

Ilustración 6: Ejemplos de e-bikes estructuralmente ilógicas.

Los diseños de la “Ilustración 6” en su mayoría son modernos, e incluso, algunos de ellos intentan “camuflar” su función eléctrica.

Tanto motor como batería están alojados (escondidos) en las diferentes partes de las bicicletas (en el marco mayoritariamente).

A diferencia de los modelos mostrados en la “Ilustración 5”, estos otros buscan la ligereza visual y un aspecto más deportivo. La gran mayoría son diseños de grandes marcas de automoción, dotados de recursos y maquinaria avanzada y con grandes presupuestos a la hora de fabricar y probar los diseños.

Inspiraciones.

5. Inspiraciones:

SPA
Bicicletto



The
E-Tracker



Indian Powe
Plus 1915



Lampo
Bike



Indian
Racing 1908
"Torpedo Tank"



Harley
1900



Ilustración 7: Inspiraciones tomadas para mi proyecto (1)

En este apartado nuestro. algunos de los diseños que me animaron a desarrollar esta idea. Tanto modelos de ciclomotores y bicicletas eléctricas modernas, como los primeros modelos que sacaron a mercado Indian o Harley Davidson; marcas de prestigio en el mercado actual.

En la actualidad, se ofrecen un sin fin de modelos, con diseños muy actuales y opciones de personalización infinitas. Un mundo de posibilidades donde elegir, por lo que destacar y hacerse ver es imprescindible. Y para ello, hay que saber qué es lo que busca la gente.

Actualmente, la moda de lo retro está causando furor y, en cuanto a las bicicletas, no habría porqué perder aquellas formas de finales del siglo XIX que tanto gustaban, eso sí, añadiendo todas las nuevas tecnologías, para conseguir una bicicleta eléctrica original y única.

Inspiraciones.

Mi mayor inspiración es la línea de las Indian clásicas. En la actualidad existen modelos que siguen esta misma trayectoria. Pongo como ejemplo la e-bike italiana “Bicicletto” (“Ilustración 7” arriba izq.) y la bicicleta E-Tracker (“Ilustración 7” arriba derecha); ambas con líneas clásicas.

Faraday



Ascot
Vintage
e-Bike

OTO
Cycle



Derringer
e-Bike

Kosynier
e-Bike



Ilustración 8: Inspiraciones tomadas para mi Proyecto (2).

La marca OTO (“Ilustración 8”) es otra gran referencia que he tomado a la hora de realizar el trabajo. Se tratan de modelos diferentes e individualizados para cada cliente y sus gustos. Construyen bicicletas 100% hechas a mano, homologadas bajo la UNE-EN 15194:2009.

Por su ergonomía y comodidad son modelos perfectos para el uso diario. Su último modelo, la OTO RaceR, se inspira en las motocicletas británicas café racer, muy populares en los años 50.

6. Componentes principales de una e-Bike.

En este apartado hablaré de los principales componentes que podemos encontrar en una bicicleta eléctrica: frenos, transmisión, motor eléctrico, batería, sensor de pedaleo y controlador.

Explicaré en qué consiste cada uno de ellos, cuáles son sus funciones, los tipos que hay, qué les diferencia a unos de los otros, qué ventajas e inconvenientes tiene su empleo... con el fin de poder escoger el adecuado en mi bicicleta eléctrica.

6.1 Tipos de frenos:

Un freno de bicicleta es un sistema que permite detener, reducir o mantener sin que se incremente la velocidad de una bicicleta.

Todos los sistemas de frenado pueden clasificarse en dos tipos: frenos de llanta y frenos de buje. Los primeros actúan bajo la presión ejercida sobre ambos lados de la llanta mientras los frenos de buje, por su parte, actúan a través de la presión ejercida sobre el buje de la rueda.

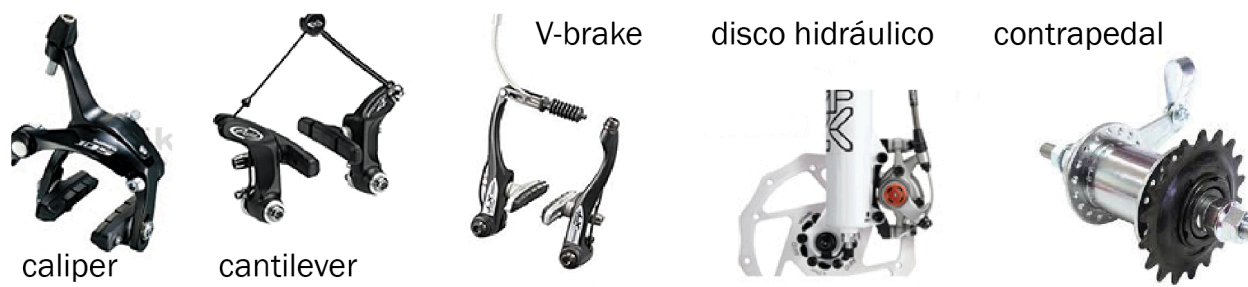


Ilustración 9: Tipos de sistema de frenado.

- **Frenos de llanta:** la fuerza de frenado se aplica por la fricción de las pastillas en la llanta de la rueda giratoria, frenando así la bicicleta. Las pastillas de freno suelen ser de goma y se montan en zapatas de metal. Los frenos de llanta son normalmente activados al apretar una palanca montada en el manillar por el conductor. Los siguientes son algunos de los muchos sub-tipos de frenos de llanta.

- **Cantilever:** denominación inglesa utilizada para referirse al freno de llanta de tiro central. Actualmente en desuso por ser uno de los sistemas más antiguos. Usados por lo general en las bicicletas de montaña. Basado en el sistema de zapatas de goma, su mayor inconveniente es la dificultad de ajustarlo con precisión y su ineficacia ante suciedad o lluvia intensa.

- **V-brake:** son unos de los más empleados en bicicletas eléctricas. Surgen de la “evolución” de los frenos cantiléver. Poseen un mecanismo de tiro lateral y se montan en el marco en un único punto. Los brazos son más largos y el mecanismo es mucho más

Componentes principales de una e-Bike

preciso que el cantiléver clásico. Aun así, la suciedad y la lluvia siguen afectando a la frenada.

- **Caliper (freno de pinzas):** clásicos frenos de tiro lateral accionados por cable. Son los más empleados en bicicletas de carretera. Se monta a un solo punto por encima de la rueda. Siguen teniendo el sistema de zapatas, por lo que el desgaste y los problemas de suciedad que encontrábamos en los dos anteriores siguen estando presentes.

- **Frenos de buje:** la frenada se efectúa al reducir la velocidad del buje. Esto puede producirse de diferentes maneras:

- **Contrapedal:** frenan la rueda trasera al pedalear hacia atrás. Frecuente encontrarlos en los países del norte de Europa; tales como Dinamarca, Países Bajos o Suecia. No le afecta la lluvia.

- **Frenos de disco:** Los frenos de disco, mecánicos (por cable) o hidráulicos (por presión de un fluido), son cada vez más comunes. Una llanta puede ser apta tanto para uso con zapatas como con disco. La diferencia es que las zapatas necesitan una llanta con superficie adecuada para frenar y los discos un buje adecuado para instalar el disco y que los radios sean fuertes para aguantar el esfuerzo de torsión.

Será, por las ventajas que aporta, el sistema de frenado que utilizaré en mi diseño. Veamos cuáles son más detalladamente:

Ventajas frenos de disco:

- Les afecta menos la suciedad (barro, agua, etc.).
- Poseen más potencia de frenado, haciendo las bajadas más relajadas, por ejemplo.
- Los recambios de zapatas duran más (aunque su precio es considerablemente más elevado).
- Es más difícil que fallen y pueden estar mucho tiempo sin mantenimiento.
- La llanta puede estar descentrada sin que afecte a la frenada.
- Al ser más compacto es más aerodinámico.

Inconvenientes frenos de disco:

- El precio tanto del sistema entero, como por cada recambio es muy elevado.
- En caso de que falle en un lugar algo remoto, como por ejemplo en el monte, son bastante más complicados de reparar.
- Mayor peso. Unos 300 gramos más respecto de un freno de llanta.
- Los radios deben soportar más esfuerzos. Es importante que la rueda trasera esté preparada para soportar tanto el esfuerzo de tracción como en el de frenado. Cada uno en sentido contrario.

6.2. Tipo de transmisión:

Los sistemas de transmisión de bicicleta se utilizan para transmitir energía en bicicletas u otros vehículos de tracción humana (VTH) de los conductores a las ruedas motrices. La mayoría también incluyen algún tipo de mecanismo para convertir la velocidad y el par a través de relaciones de transmisión.

- Tradicional: coronas, piñones y cadena.

Las transmisiones por cadena trabajan de acuerdo con el principio de engranaje con platos de estrella. En estas transmisiones el engrane tiene lugar entre los dientes de la estrella y los eslabones de la cadena.

Emplean un desviador para realizar el cambio externo de las marchas. En el caso de ser monomarcha (singlespeed), no tiene un sistema de cambio de marchas, es un mecanismo con un solo engranaje.



Ilustración 10: Sistema de transmisión corona-cadena.

- Interno, engranajes encapsulados en el buje trasero. Con cadena o correa.

Un cambio interno o cambio de buje es un sistema análogo al cambio de bicicletas externo. Este sistema emplea engranajes como en una caja de cambios de moto o coche.

El cambio interno se encuentra dentro del buje de la rueda trasera y vienen de 2, 3, 5, 7, 8 y hasta 14 marchas.

Los cambios internos se utilizan sobre todo en las bicicletas urbanas y diversos tipos de bicicleta de ruedas pequeñas, como las bicicletas plegables. Los cambios internos funcionan por engranajes planetarios, lo que significa que la parte exterior de la unidad del buje (que se adjunta a los radios) haga que cambie de velocidad con respecto al piñón de la rueda trasera, dependiendo de que marcha se seleccione.

Componentes principales de una e-Bike

Entre las ventajas que nos aporta este sistema destaca que permite cambiar sin pedalear, hecho interesante para moverse por ciudad, sufre menos averías y requiere menos mantenimiento. Sin embargo, el peso suele incrementar unos cientos de gramos, desvía el centro de gravedad a la rueda trasera y suelen ser mucho más caros.

CORREA DE TRANSMISIÓN

La transmisión por correa (belt drive) trabaja de acuerdo con el principio de poleas dentadas y en vez de cadena tenemos una cinta flexible o correa.

La correa está fabricada en fibra de Kevlar, lo que le confiere unas altas prestaciones en durabilidad y tensión. El sistema no requiere lubricación, es fácil de limpiar y cómodo.



Ilustración 11.1: Cadena (2.1)



Transmisión por correa. Cambio interno NuVinci.

Ilustración 11.2: Correa Kevlar (2.2)

- Cardan.

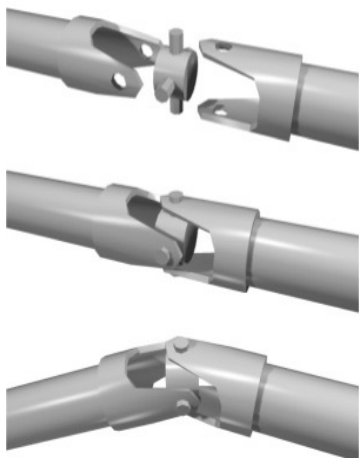


Ilustración 12: Partes cardan.

Las transmisiones mecánicas por eje cardán (shaft drive) se empezaron a utilizar a finales del siglo XIX. Es tan antigua como la propia bicicleta. El cardán es un componente mecánico que fue empleado por primera vez por Girolamo Cardano.

Este tipo de transmisión es uno de los que más ha evolucionado rompiendo con sus clásicas desventajas de tacto áspero y brusco. Consiste en un sistema de engranajes cónicos acoplados a 90° que transmiten el movimiento.

Las bicicletas eléctricas equipadas con transmisión de cardan consiguen una estética moderna y limpia.

El funcionamiento del cardan elimina los problemas de la cadena. Al igual que la correa dentada, sus principales ventajas son la limpieza, mínimo mantenimiento y escaso ruido en su funcionamiento

Además, la vida del cardan es prácticamente ilimitada y a diferencia de la cadena no se rompe ni se destensa.

Por lo general, el cardan tiene una relación de transmisión de 2,08 (urbanas) a 2,38 (plegables). En otras palabras, una vuelta completa de los pedales corresponde a más de dos vueltas de la rueda trasera.

Componentes principales de una e-Bike



Ilustración 13: Ejemplo bicicleta con cardan.

En la “Tabla 2” se indica una comparativa entre las tres posibles transmisiones que existen habitualmente en las bicicletas eléctricas.

	CARDAN	CORREA	CADENA
MANTENIMIENTO	Bajo: engrase interno	Bajo: sin engrasado	Alto: limpiar, engrasar y tensar
SEGURIDAD	Marchas no saltan / No partes externas móviles	Muy difícil que salte Mayor seguridad que las cadenas	Pueden saltar o romperse
HIGIENE	Sin aceite, grasa o suciedad	Sin aceite, grasa o suciedad	Aceite, grasa y suciedad
PRACTICIDAD	Desatornillar tuercas al cambiar neumático	Desmontar tirante trasero para montar/-desmontar rueda	Eslabones desmontables/ Puedes ensuciarte
SONIDO	Impulsión silenciosa	Impulsión silenciosa	Impulsión ruidosa

Tabla 2: Comparativa cardan/cadena/correa

6.3 Motor eléctrico:

El motor eléctrico es el encargado de transformar la energía eléctrica que obtenemos de la batería en movimiento a través del controlador de potencia.

La Normativa establece un máximo de 250 W de potencia máxima continuada, pero pueden llegar a alcanzar picos de potencia de hasta 350 W en ciertas situaciones como, por ejemplo, durante el arranque o en la subida de cuestas.

En función del posicionamiento del motor eléctrico en la bicicleta, encontramos las siguientes posibilidades:

- Motor situado en el buje de la rueda: es el sistema más frecuentemente utilizado en la actualidad. Podemos encontrarlo tanto en el buje delantero como en el trasero.
- Motor situado en el eje del pedaliar: se trata de otra alternativa que maximiza la fiabilidad. Entra en funcionamiento desde el primer momento y es muy cómodo y sencillo de utilizar. Eso sí, se trata de un sistema bastante más complejo, y, por lo tanto, mucho más caro.



Ilustración 14: Ejemplo de las 3 posibles posiciones del motor.

El Gobierno de España ofrece una ayuda de 200 € a aquellos que adquieran una bicicleta eléctrica siempre y cuando tenga una autonomía de entre 20 y 60 Km y que no monten una batería de plomo.

Como se muestra en “*Ilustración 14*”, las tres posiciones son perfectamente válidas y funcionales. Todo dependerá de las características que se le quieran conferir al diseño y las prioridades del fabricante.

Componentes principales de una e-Bike

A continuación, se exponen algunas de las ventajas e inconvenientes de elegir una u otra de las posiciones mencionadas anteriormente para situar el motor eléctrico en una e-bike.

- MOTOR BUJE DELANTERO. Son los motores puestos en las bicicletas de gama más baja, por su tracción inferior. Además, el desequilibrio en el reparto de pesos provoca una peor estabilidad.

- MOTOR TRASERO. Nos da una calidad de pedaleo realmente buena, muy cercana a los mejores motores centrales, y con un par motor destacable. Permite un pedaleo más natural. Es el motor que más se ajusta al diseño pensado para este TFG. Veamos a continuación una serie de ventajas e inconvenientes de estos motores:

Ventajas del motor trasero:

- . Simplicidad: su posición en el eje trasero no requiere cuadros específicos para alojar el motor, como ocurre con los centrales.
- . Tracción: el peso del motor en la rueda trasera genera algo más de tracción en situaciones difíciles.
- . Se puede utilizar la misma configuración que una bicicleta convencional en cuanto a platos y piñones ya que el motor está ubicado en el eje trasero.

Inconvenientes del motor trasero:

- . Reparto de pesos: la masa suspendida en el eje trasero de estas bicicletas desequilibra el centro de gravedad. Eso se traduce en una leve pérdida de estabilidad, es poco relevante al circular por ciudad.

- MOTOR CENTRAL. Son los empleados por la mayoría de las marcas de prestigio: Haibike, Kalkhoff, Yamaha, Bosch, Impulse 2.0 y Panasonic.

Todos tienen sofisticadas centralitas de control que analizan hasta 1000 veces por segundo las órdenes que el ciclista envía a los pedales. Esto permite disfrutar de una sensación natural de pedaleo, con la fuerza adicional que necesitamos en cada momento. Podría decirse que otorgan un equilibrio perfecto.

Ventajas del motor central:

- . Reparto de pesos excelente: la posición central del motor unido a un centro de gravedad muy bajo, genera una estabilidad increíble.
- . La fuerza del motor se transmite a la cadena por medio del eje pedalier, dando lugar a una sensación muy natural y equilibrada.
- . Suelen ser motores de alta gama que transmiten mucha fuerza al eje del pedal. Su par motor suele rondar los 70 Nm. Los traseros suelen estar en 40 Nm o menos, salvo modelos como BH o Xion, que alcanzan los 50Nm.

Componentes principales de una e-Bike

Inconvenientes del motor central:

- . Precios muy elevados.
- . A excepción de los motores Yamaha; que emplea dos, el resto sólo puede utilizar un solo plato.
- . Desde el punto de vista del autor del presente escrito, estéticamente rompe la línea tradicional de la bicicleta urbana

6.4 Batería:

Son las encargadas de almacenar la electricidad necesaria para poner en funcionamiento todo el sistema eléctrico de nuestra bicicleta eléctrica. La autonomía y las horas que podrá estar en funcionamiento nuestro motor dependerá, evidentemente, de la batería escogida.

A la hora de seleccionar la batería, debemos tener en cuenta varios factores: el peso del ciclista, el peso total de la bicicleta eléctrica, los kilómetros que vamos a recorrer y el tipo de terreno por el que tenemos pensado circular.

Respecto a los tipos de baterías utilizadas en el montaje de las bicicletas eléctricas, varía bastante de un país a otro. Las bicicletas eléctricas americanas utilizan mucho las baterías de metal-hidruro; mientras que en Europa y Japón se acostumbra a montar las baterías de Litio y, en alguna ocasión, nos podemos encontrar con alguna batería de Plomo (cada vez menos, por fortuna para el medio ambiente).

Hoy en día se ha puesto de moda el uso de las baterías de Litio-Ion, en detrimento de las baterías de NI-MH (níquel e hidruro metálico) y, sobretodo, de las baterías de plomo.

A continuación, se analizarán brevemente todas estas tecnologías de almacenamiento de electricidad:

- **Baterías de plomo:** excesivo peso. No obstante, tienen una característica destacable, y es que es una de las baterías más fiables y económicas, aunque también más contaminantes. Cuenta con una vida útil de aproximadamente dos años, lo que equivaldría a unas 500 recargas. En la actualidad, este tipo de batería ya no se suele utilizar en las bicicletas eléctricas.

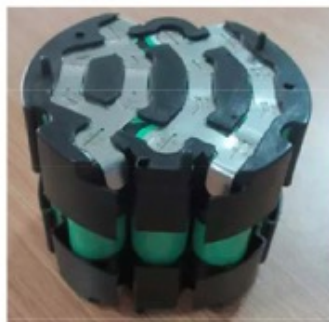
- **Baterías de níquel e hidruro metálico (denominadas Ni-Mh):** no llegó a desbancar a las baterías de plomo. La razón se debe a que se trataba de baterías muy delicadas. Además, el mantenimiento debía ser muy controlado. El efecto memoria de las baterías de níquel e hidruro metálico es mínimo, pero tienen el problema del sobrecalentamiento de la propia batería si se utiliza durante un largo periodo de tiempo. También se sobrecalientan cuando se están cargando. Las celdas de estas baterías pueden dar 1,2v de tensión. Podemos encontrarlas en automóviles eléctricos Honda y Toyota, y en algún modelo de scooter eléctrica. En el mundo de la bicicleta eléctrica, las utilizan algunos fabricantes norteamericanos. Su uso en Europa y Japón no es habitual.

Componentes principales de una e-Bike

- **Baterías de litio:** actualmente las más empleadas en el mercado de las e-bikes. Con un gran potencial para sustituir a las dos baterías anteriores. Estas baterías son más ecológicas, y a su vez cuentan con un tamaño mucho más reducido. Apenas pesan y, sobre todo, no pecan del tan temido efecto memoria, es decir, podremos realizar las cargas en el momento que estemos oportuno, sin tener que esperar a que se descarguen por completo.



Batería tipo "delfín".



Baterías tipo bidón.



Ilustración 15: Baterías de ión-litio: tipo "delfín" (15.1) y tipo "bidón" (15.2).

La tasa de autodescarga de las baterías de litio es muy baja, es decir, si no utilizamos la bicicleta la batería se descarga menos del 5% de la carga total, aunque este factor depende de la calidad del fabricante. En una batería de plomo la tasa de autodescarga puede llegar a ser del 30% y, en una batería de **NI-MH** del 20%.

Por otro lado, es importante conocer los siguientes parámetros de las baterías eléctricas:

Tensión: podemos encontrar de 24, 36, 48 o 72 voltios (V).

Capacidad: se mide en Amperios-hora (Ah). Existen de 8, 11.4, 14.5, etc.

Energía: se mide en Vatios hora ($Wh = V \cdot Ah$).

Respecto a la ubicación, podemos encontrar diferentes posicionamientos de las baterías. Desde internas en la propia estructura de la bici, hasta instaladas en el exterior de la misma.

Además, podemos diferenciar baterías extraíbles o fijas. Las extraíbles son la mejor opción puesto que nos dará mayor seguridad frente a robos y la carga será más cómoda.

Componentes principales de una e-Bike



Ilustración 16: Ejemplos de posicionamiento de batería de una e-bike (1)



Ilustración 17: Ejemplos de posicionamiento de batería de una e-bike (2)

En la “Ilustración 16” podemos observar, a la izquierda, un modelo en el que la batería se encuentra integrada dentro de la barra horizontal. En concreto, esta bicicleta permite “abrir” el cuadro por la mitad para extraer la batería y facilitar la carga. A la derecha de la misma ilustración, podemos ver una bicicleta eléctrica que emplea el portaobjeto trasero para alojar la batería.

En el caso de la “Ilustración 17”, a la izquierda, vemos que la batería se aloja en la barra vertical de la bicicleta a través de un sistema de anclaje. Esto permite poder quitar y poner la batería con comodidad, pero la batería se encuentra al descubierto. El modelo de la derecha, vuelve a situar la batería en la barra vertical, pero en este caso la batería va integrada dentro de la estructura y no es posible su extracción para cargarla.

De los cuatro modelos comentados, y según el criterio del autor del presente TFG, el primero que se ha descrito es el más interesante. El hecho de poder extraer y transportar con facilidad la batería y, al mismo tiempo, de que la batería no esté al descubierto mientras usas la bicicleta, es muy cómodo y positivo. Por otra parte, al estar situada en la barra horizontal, le confiere al diseño una gran estabilidad y autonomía.

En cuanto al tiempo de carga, generalmente se establece una media de entre cinco y seis horas. Los últimos modelos del mercado tardan alrededor de 3 horas en recargar el 90% de la batería. En cualquier caso, nunca deberemos dejarlas más de ocho horas conectadas a la red eléctrica. La única excepción sería en el caso de que incorpore un cargador inteligente, muy habitual en los modelos actuales.

Componentes principales de una e-Bike

Existe un cálculo aproximado para obtener la autonomía de la batería a partir de la tensión (V) y capacidad (Ah) de la batería. Al multiplicar ambos valores, obtenemos la energía (Wh) de la misma. Si dividimos este valor entre 10, obtendremos la autonomía en kilómetros que nos dará esa bicicleta funcionando en modo eléctrico; sin pedalear. En la práctica la autonomía será mayor puesto que además aportaremos energía con nuestro pedaleo.

Para el supuesto de una persona de 70kg, la autonomía sería la siguiente en función de la batería:

Voltios (V)	Amperios Hora (Ah)	Energía (Wh)	Autonomía sin pedalear (km)
24	8	192	19
	9	216	22
	10	240	24
	11	264	26
	12	288	29
	13	312	31
	14	336	34
36	8	288	29
	9	324	32
	10	360	36
	11	396	40
	12	432	43
	13	468	47
	14	504	50
48	8	384	38
	9	432	43
	10	480	48
	11	528	53
	12	576	58
	13	624	62
	14	672	67
15	720	72	

Tabla 3: Autonomía de las baterías de litio. Fuente: https://www.tutiendaenergetica.es/blog/34_baterias-bicicleta-electrica-autonomia

Componentes principales de una e-Bike



Ilustración 18: Ejemplos bicicletas eléctricas bien diseñadas

La batería no tiene porqué ser un problema visual, es más, puede llegar a ser un elemento estético integrado en la bicicleta (como se muestra en la “Ilustración 18”) sin necesidad de estar escondido o camuflado.

Más adelante hablaremos de los tres modelos mostrados en la “Ilustración 18”, que precisamente, son diseños del mercado que más me han inspirado para realizar mi e-Bike.

6.5 Sensor de pedaleo:

Una de las piezas clave del sistema es un componente que es difícil de ver: el sensor de pedaleo asistido. Es el encargado de determinar en qué momento se pone a funcionar el motor y cuándo debe pararse, y nos da también una buena indicación de la calidad y del precio de la bicicleta eléctrica.

Los dos tipos de sensores de pedaleo que podemos encontrar son de movimiento o velocidad y sensor de par.

- Sensores de movimiento.

El sensor de movimiento (también llamado de velocidad o de cadencia) detecta movimiento en el eje de pedalier.

Compuesto por un disco magnético montado en el eje de pedalier y un captor fijo montado en el cuadro de la bicicleta. El disco, gira solidariamente con el eje y alberga una docena o más de pequeños imanes. El captor, está separado del disco por medio centímetro y detecta los pulsos de estos imanes cuando pasan frente a él. En ese momento, lanza la orden al controlador para hacer funcionar el motor en base a la potencia que has seleccionado en el display. Debido a esto, el motor no se pondrá a funcionar hasta que no pasen uno o varios imanes por el captor.

Componentes principales de una e-Bike

- Sensores de par.

Los sensores de par son más sofisticados y tienen prestaciones diferentes. En este caso, la orden para poner a funcionar el motor viene dada porque es capaz de detectar la presión ejercida sobre el pedal. Como esta misma fuerza se transmite también al eje de pedalier, a la cadena y al buje de la rueda, podemos instalar los sensores de par en varios puntos del sistema.

Un sensor magnetoelástico mide el campo magnético que emana de un segmento imantado, con una frecuencia que supera las 1.000 veces por segundo. Este campo cambia en proporción a la fuerza aplicada al eje en cada momento puntual. La lectura es traducida a milivoltios y enviada a través de un cable de señal al controlador, que a su vez da la orden al motor.

Casi todos los motores centrales como Bosch, Yamaha y Brose se basan en sensores de par, aunque varios fabricantes de alta gama también lo han sabido incluir en sistemas con motor HUB (en el buje trasero). Tal es el caso del motor que se va a emplear en este TFG, el BH Emotion de la gama EVO y NITRO, que han integrado el sensor en la vaina trasera. En este caso, se detecta la deformación de una pletina provocada por la tensión de la cadena o correa que se transmite al buje de la rueda.

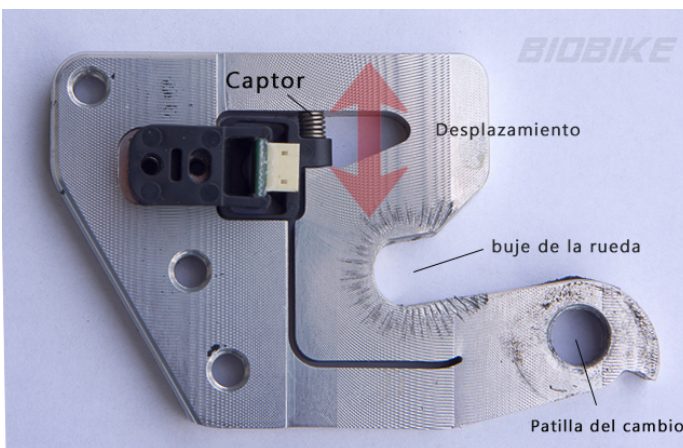


Ilustración 19: Sensor de par con motor en el buje trasero.

Como vemos en la “Ilustración 19”, el surco en forma de “L” permite un ligero movimiento de la pletina cuando se aplica una fuerza a una de las dos partes. Si esto sucede, la parte móvil tiende a desplazarse hacia una resistencia variable alojada en el captor, que es la pieza negra de plástico superior.

Disfrutaremos de una mayor comodidad, a la vez que tendremos la posibilidad de regular el tipo de asistencia que queremos recibir a través de un acelerador, el cual puede venir asistido por una pequeña pantalla incorporada al cuadro de nuestra bicicleta.

Para sintetizar, voy a detallar una serie de puntos que definen ambos sistemas.

Sensor de par:

- Más sofisticados.
- La asistencia de pedaleo es proporcional al esfuerzo, no a la velocidad. A mayor esfuerzo requerido, mayor es la asistencia.
- Conserva la energía de la batería. En bajada (o a voluntad del ciclista) se desactiva el motor ahorrando batería.
- Mantiene una velocidad regular de la e-bike en las subidas.
- Recorres mucha más distancia con la misma carga de batería.

Componentes principales de una e-Bike

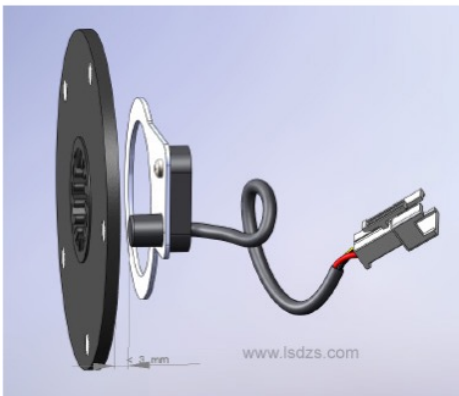
- Necesita baterías de menor capacidad para poder subir pendientes.
- Requiere baterías de menor capacidad para tener la misma autonomía que en e-bikes de sensor de velocidad.
- Asistencia de pedaleo inmediata. El motor se activa al cabo de 0.2 segundos con sólo presionar el pedal.
- Permite regular la asistencia entre 4 y 6 niveles.



Ilustración 20: Imagen de un sensor de par

Con sensor de movimiento o sensor de velocidad:

- La asistencia de pedaleo es proporcional a la velocidad. A mayor velocidad, mayor asistencia.
- No ahorra batería. El motor sigue gastando batería incluso en bajada, que es justamente cuando menos asistencia necesita el ciclista.
- No mantiene una velocidad regular en subida. La velocidad disminuye a pesar de que se haga mayor fuerza con los pedales.
- Se recorre menos distancia con la misma capacidad de batería.
- Necesita baterías de mayor capacidad para poder subir pendientes pronunciadas.
- Requiere baterías de mayor capacidad para tener la misma autonomía que en e-bikes que posean el sistema de sensor de par.
- Asistencia al pedaleo retardada. El motor sólo se activa cuando el ciclista consigue determinada velocidad.



Por esta comparación, y teniendo en cuenta dónde y para qué la vamos a emplear, se ha decidido optar por los sensores de par como mejor alternativa.

Se trata de un sistema simple, libre de problemas y facilita un mayor control sobre la asistencia.

6.6 Controlador:

Básicamente, son el “cerebro” de una bicicleta eléctrica.

Los controladores suelen ser una cajita de una dimensión aproximada de 9 x 6 x 3 cm. De él salen cables al motor, a la batería, al sensor de pedaleo y al acelerador. Determinan cuánta electricidad pasa de la batería al motor, regulando su correcto funcionamiento.

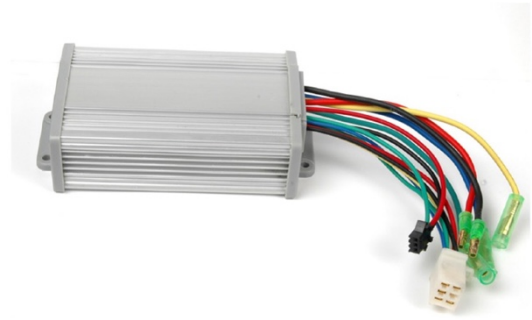


Ilustración 21: Imagen de un controlador de una e-bike.

La electrónica presente en el controlador posee las siguientes tareas:

- Cuándo entra el motor a asistir.
- Cuánta ayuda proporciona el motor.
- La velocidad (máxima): la mayoría de los controladores más simples, limitan la velocidad máxima por medio del voltaje, si bien hay controladores que tienen un limitador interno a 25 km/h.
- El corte de corriente por baja tensión/voltaje para proteger la batería de una descarga excesiva.
- Algunos, los más avanzados, tienen un corte de corriente cuando la temperatura es muy alta en el motor o la batería.
- Algunos poseen función de recuperación de energía en la frenada (inversión de carga de la batería). Sólo para motores de accionamiento directo/ sin engranajes.
- Algunos presentan ayuda para arrancar, alcanzando los 6 km/h en segundos; máximo permitido por la legislación para usar el acelerador y no pedalear.

Componentes principales de una e-Bike

7. Análisis de mercado: tres modelos interesantes.

A la hora de desarrollar un producto, es importante conocer el mercado al que nos enfrentamos. Un análisis de mercado nos permitirá minimizar riesgos a la hora de desarrollar nuestro producto; nos aportará información sobre el crecimiento, las tendencias actuales y futuras, factores externos y más información sobre los competidores. También ayuda a identificar las oportunidades de ventas y así planificar la mercadotecnia o mensaje de venta.

En este apartado estudiaré los problemas que existen en las bicicletas eléctricas que hay en la actualidad y las ventajas que ofrecen. Debido a la gran variedad de modelos, me centraré en los tres modelos que más se identifican con mi propuesta en este Trabajo de Fin de Grado, en particular la OTO K Cycle, la bicicleta Faraday y la Lampociclo e-Bike.

7.1 OTO K Cycle:

Es la primera bicicleta eléctrica que me llamó la atención por tener un estilo retro y por el hecho de que todas las bicicletas de Oto Cycles son montadas a mano y son completamente personalizables por el cliente, pudiendo elegir la potencia del motor instalado en el buje, los componentes y el color de la bicicleta, este último en una variedad prácticamente ilimitada de tonos.

Son una pequeña empresa ubicada en Barcelona (Cataluña, España) formada por un equipo de ingenieros y diseñadores con una pasión en común: su afición por lo clásico y por el diseño retro.



Ilustración 22: Bicicleta OTO K

Algunas de las propiedades que definen uno de sus modelos (la OTO K) son:

- Fabricada en aluminio, pesa 23kg. Esto supone una de las pocas desventajas que he encontrado, al hacerla poco manejable.
- Posee un compartimento lateral que alberga la batería.
- Capaces de alcanzar velocidades de hasta 65 km/h.
- Cuentan con un sistema de arranque y parada que va 0-6 km/h sin pedalear.
- Autonomía de hasta 70km con asistencia de pedaleo (a 25km/h.)
- Cuentan con una pantalla LCD para mostrar información como la velocidad, la distancia y la batería restante.
- Dimensiones 192 x 85 cm.
- Batería de 36V y 11Ah.

7.2 Bicicleta Faraday:

Otro modelo que combina una tecnología muy avanzada con un diseño que ha pensado en todos los pequeños detalles. El proyecto nació en 2011, cuando un equipo de diseñadores e ingenieros de IDEO se unió al fabricante de cuadros Rock Lobster para crear una bicicleta dedicada al servicio público. Algunas de sus propiedades son las siguientes:

- Tiene un peso de 18kg, una de sus mejores cualidades.
- Estética muy cuidada. A nivel ergonómico permite personalizar totalmente la bicicleta al gusto del comprador, haciendo que se acomode a sus preferencias.
- Motor de hasta 250W (con máximos de 350W) situado en el buje delantero.
- Batería de 43V y 250Wh. Posee un paquete de baterías de iones de litio Panasonic extraíble con sistema integrado para la gestión de ésta.
- Sensor de pedaleo de fabricación alemana.
- Acelerador: pantalla E-Ink compatible con Bluetooth con 3 posiciones diferentes de pedaleo asistido.
- Luz delantera y trasera: vienen integradas en faros LED.
- Su carga se realiza con un cargador estándar de 2A (110V - 240V). Supone unas 3 horas de tiempo de carga completa.
- Precio de 3.500€ (modelo básico), lo que me parece excesivo y, quizás, el principal punto en contra.



Ilustración 23: Bicicleta Faraday Porteur

7.3 Lampociclo e-Bike: Son un perfecto encuentro entre ingeniería y diseño clásico.



Ilustración 24: Bicicleta Lampociclo

Análisis de mercado

No todos los diseños de bicicletas eléctricas tienen que ser futuristas, los diseñadores de Lampociclo buscan un aspecto más clásico. Sus formas, reflejan inspiraciones en los motores de bastidor de clásicos de la talla de Indian y Harley-Davidson. Algunas de sus prestaciones y características son:

- El motor estándar es un modelo sin escobillas de 250 W, pero los hay de 350 y 500W.
- Sistema de 3 velocidades que ofrece velocidades de hasta 25 km/h (los modelos más potentes llegan a alcanzar los 65 km/h).
- Batería de 12.6 Ah y posibilidad de elegir entre 36v (500W) o 48v (750W).
- El peso no supera los 20kg.
- Tres tamaños diferentes para su marco de acero y totalmente personalizable.
- Precio de 2.800€ (modelo básico). Me parece razonable teniendo en cuenta la tecnología y materiales que emplea. Además, son bicicletas hechas a mano.
- Sensor de pedaleo que determina el nivel de asistencia que te va a dar el motor según la frecuencia de pedaleo y según el modo que elijas –bajo, medio, alto–. Todo controlable con el interruptor que se encuentra en el manillar.

8. Hipótesis planteadas

Antes de abordar el diseño de mi bicicleta eléctrica y a modo de resumen, di respuesta a una serie de cuestiones de importancia gracias a los estudios realizados y conocimientos que había adquirido hasta el momento. Información sobre el mercado actual, los tipos de bicicletas eléctricas existentes, sus componentes, funciones de cada uno, normativa, etc. Pude obtener conclusiones para desarrollar el resto del TFG. Me permitió tener las ideas claras de lo que quería ofrecer y porqué. A continuación se exponen y desarrollan mencionadas preguntas.

¿Por qué “gastar dinero” en una bicicleta eléctrica?

Podría decirse que “estamos comprando sostenibilidad”. Las bicis eléctricas tienen hoy en día un gran mercado gracias al concienciamiento de la población por cuidar el medio ambiente y ser ecológicos. Además, supone un gran ahorro respecto a otros medios de transporte que no se aprovechan de la energía eléctrica.

¿Qué ocurre si pongo un kit eléctrico?

Es peor opción electrificar una bici que comprar una bicicleta propiamente eléctrica. Por una parte, el kit está peor integrado y la seguridad que ofrece es peor. Por lo general, la autonomía y prestaciones ofrecidas por un kit dejan mucho que desear en comparación con una e-bike. Aun así, me parece una alternativa económica para aquellos que no tengan el presupuesto que requiere una bicicleta eléctrica y quieran dotar a su bicicleta de estas ventajas. Por otra parte, no deja de ser algo añadido, estéticamente nunca será comparable.

¿Qué dimensiones debe tener nuestra e-bike?

Siguiendo la normativa de bicis urbanas, las dimensiones varían en función del tipo de rueda escogido. Para una rueda de 700mm por ejemplo, las dimensiones (tipo de horquilla, dirección de la pipa, altura...) variarán en función del usuario. (Ver “Tabla 2”).

¿Cuánto pesa mi bicicleta eléctrica?

Podemos encontrarlas muy ligeras, de hasta 17kg. Para unas ruedas de 700mm, que baje de 20kg sería un éxito.

¿Ventajas de una bici plegable?

Las principales razones de la popularidad de las bicicletas plegables en España son su reducido volumen y su fácil manejo. La mayor parte de la población vive en pisos y, en España, el número de bicicletas aparcadas en las calles es mucho menor que en el resto de Europa. Esto hace que sea muy práctico tener este tipo de bicicletas y poder guardarlas dentro de casa sin que ocupen demasiado espacio.

Hipótesis planteadas

¿Qué material empleo para mi bici eléctrica?

De este tema hablaremos más detenidamente en el apartado de “Fabricación”. Hoy en día, dejando a un lado las fibras, el aluminio es el material más empleado por sus buenas propiedades de resistencia y peso.

En concreto los aluminios de las series 6000 y 7000, que son los más empleados en la fabricación de cuadros actualmente.

El acero es otro posible material que tendremos en cuenta. Se trata de una opción que nos aporta gran resistencia y una buena absorción. Sus diferentes aleaciones se trabajan con mayor facilidad que el aluminio, por lo que conseguimos bicicletas más baratas. Por otro lado, es un material muy denso y esto influye en el peso final de la bicicleta.

¿Usaré cadena o correa?

En la actualidad la correa de carbono está siendo empleada en multitud de diseños debido al poco ruido que producen, no manchan, no tienen apenas mantenimiento. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las correas condicionan la bicicleta, puesto que no se pueden abrir como una cadena.

¿Qué tipo de rueda emplear?

Entre los diferentes modelos que existen en el mercado, los más empleados son las de 20, 26 y 27,5 pulgadas. Las de 20 pulgadas son las usadas en las bicicletas plegables. Entre las de 26 y 27,5 pulgadas (700mm), la mayor diferencia es el mayor agarre que ofrecen las de 700mm. Por otra parte, las de 26 pulgadas ofrecen mayor agilidad y maniobrabilidad.

En cuanto a la toma de curvas cerradas, las de 700 son claramente ganadores por la mayor sensación de agarre que dan. Ante pendientes pronunciadas, ambas van a ser mejores que las de 20". En cuanto a velocidad punta, las ruedas de 26 pulgadas son mucho más ligeras y ágiles.

¿Qué motor es mejor?

Los motores de buje trasero y el motor central son las mejores opciones por las razones que en apartados anteriores se han comentado.

¿Qué pasa si pongo motor trasero?

Ofrecerá un mayor comportamiento dinámico y permitirá el empleo de correa. El problema que encontramos con esta combinación es la dificultad de poner cambios a nuestra bici eléctrica.

¿Qué pasa si pongo motor delantero?

El motor delantero posiblemente sea la peor opción. Si bien permite el uso de cardan (ventaja), las funciones que ofrece son menores que las otras dos opciones. Esta opción ofrece menor estabilidad cuesta abajo, peor manejo... En general, ofrecen menor seguridad al usuario.

Hipótesis planteadas

¿Y motor central?

Es posiblemente la opción más potente, pero también encontramos desventajas. Con esta opción se dispara el rango de precios y se rompe la estética de la bici, teniendo que alojar el motor en el eje pedalier de la misma.

¿Es un problema que sea single speed?

Que nuestra bicicleta eléctrica no tenga cambios no tiene que suponer un problema. Para uso urbano, una e-bike con posibilidad de varios niveles de asistencia (de 3 a 5) es más que suficiente y, por lo tanto, no es tan necesario el uso de cambio de marchas.

¿Qué ocurre si mi diseño no posee barra horizontal?

No tiene por qué suponer un problema estructural, el único condicionante es que habría que ensanchar la estructura inferior del marco para que soportarse los esfuerzos correctamente. Suele emplearse mucho en bicicletas para mujeres y bicicletas de paseo.

¿Se usará un sensor de velocidad o un sensor de par?

La opción más viable a causa de las ventajas y desventajas de cada uno de los sensores que en el apartado “Sensores de pedaleo” se han comentado es el sensor de par.

Hipótesis planteadas

9. Primeras conclusiones: mi e-bike

9.1 Sketching primeras ideas:

Mi primera propuesta (“Ilustración 25 y 26”) fue un diseño moderno y minimalista, fabricado en una única pieza.

Las ruedas de 20 pulgadas y las formas del cuadro le dan un toque distintivo al diseño. La batería se situaría bajo el asiento, con forma triangular y con la posibilidad de ser extraída. El motor se encontraría en el buje trasero, lo que dotaría a la bicicleta de un buen equilibrio y estabilidad.

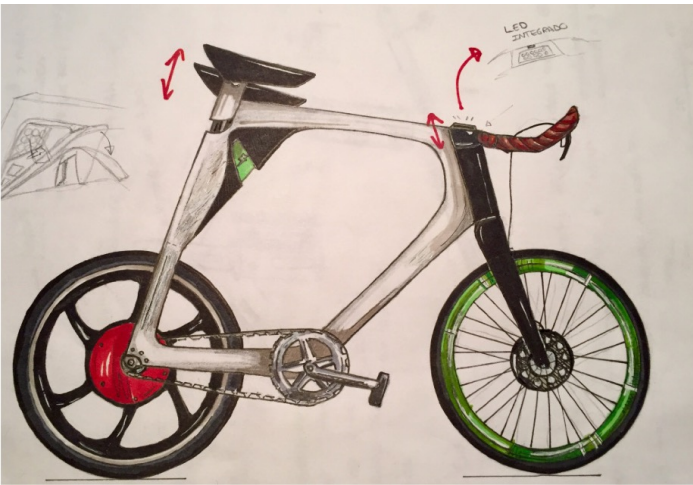


Ilustración 25: Boceto primera idea

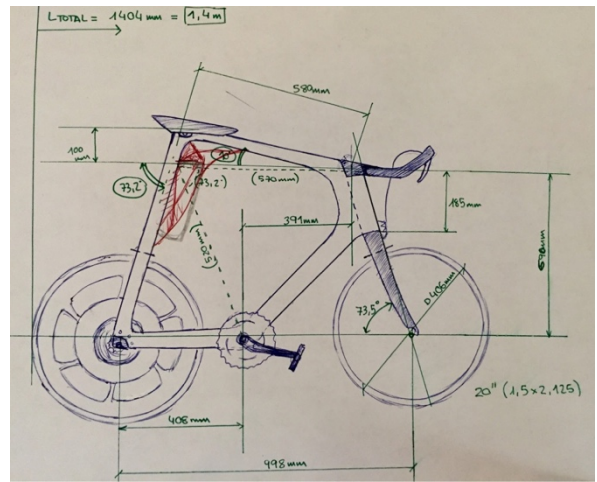


Ilustración 26: Boceto primera idea. Dimensiones principales

El segundo y tercer diseño estuvieron inspirados en la Indian de 1908 (segunda moto Indian que salió al mercado). Se trata de diseños de línea clásica y elegante.

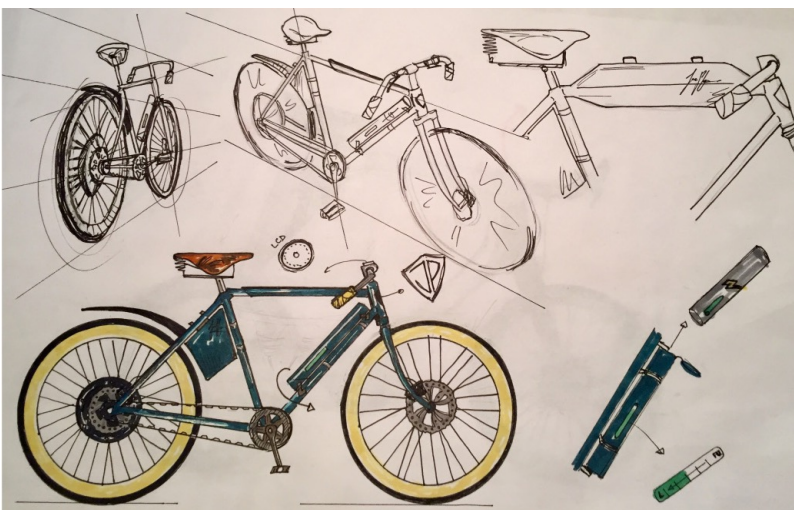


Ilustración 27: Boceto segunda idea

En la “Ilustración 27” vemos cómo se situaría la batería en una segunda barra inclinada de forma tubular. Esta barra cilíndrica metálica se situaría sobre la barra inferior del cuadro, de forma que no entorpeciera el pedaleo del ciclista. En forma de tubo abatible, haría de “recipiente” para la batería, la cual, podría extraerse con facilidad y tendría esa misma forma cilíndrica.

Primeras Conclusiones



Ilustración 28: Boceto tercera idea

En la “Ilustración 28” vemos cómo el alojamiento para la batería simularía el distintivo depósito de Indian. Este compartimento superior da una imagen a la bicicleta mucho más clásica, que nos evoca a las antiguas café racer.

En estos dos últimos diseños, se situaría el motor en la rueda trasera para equilibrar con el peso de la batería, situada en la parte delantera, y conferir un mayor equilibrio y estabilidad a la bicicleta.

En este cuarto diseño que puede verse en la “Ilustración 29”, quise combinar de alguna manera la simplicidad del primero con la elegancia del segundo y tercer diseños.



Ilustración 29: Boceto cuarta idea

El resultado final simula de alguna manera la fisonomía de un toro.

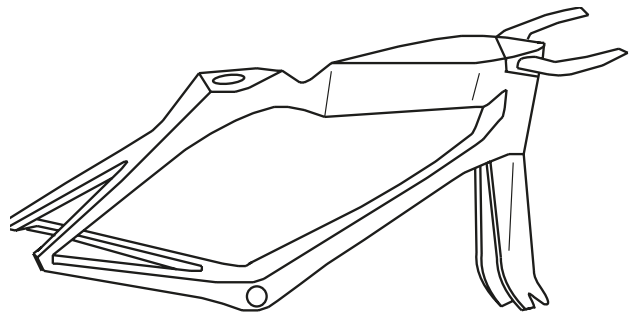


Ilustración 30: Boceto digital cuarta idea

Este modelo vuelve a tener el motor situado en el buje trasero y la batería se encontraría alojada en el interior de la barra horizontal.

Tras ver pros y contras de cada uno; viabilidad, coste de fabricación, maquinaria necesaria, materiales, competencia en el mercado, etc., decidí continuar desarrollando la propuesta de la “Ilustración 28”.

Todos me parecen diseños atractivos desde el punto de vista estético, pero acabé decantándome por el que reflejaba de mejor manera lo que buscaba en una bicicleta eléctrica.

9.2 Sketching idea final:

Con la idea de desarrollar una e-Bike **resistente, elegante, de estilo clásico, funcional, ergonómica, segura y única**, a partir del desarrollo y evolución de las ideas preliminares expuestas anteriormente, la propuesta final de diseño puede visualizarse en las “Ilustraciones 31 y 32”.



Ilustración 31: Bocetaje digital del explosionado de la idea final

En la “Ilustración 31” vemos el explosionado de algunos de los componentes más característicos del producto final.

Primero realicé los bocetos a mano y posteriormente, con Adobe Photoshop edité los diseños.

Podemos ver una primera imagen de la forma del depósito de la batería y cómo se abriría, el compartimento posterior con el guardabarros trasero, las posibles horquillas delanteras, la potencia del manillar con su pantalla LCD integrada, el faro LED integrado delantero, el logotipo de marca “JP” del que se hablará en un apartado del TFG, y, por último, abajo a la izquierda de la misma ilustración, vemos el motor situado en el buje trasero y el sistema de apertura de los tirantes traseros para poder tensar la correa dentada.

Primeras Conclusiones



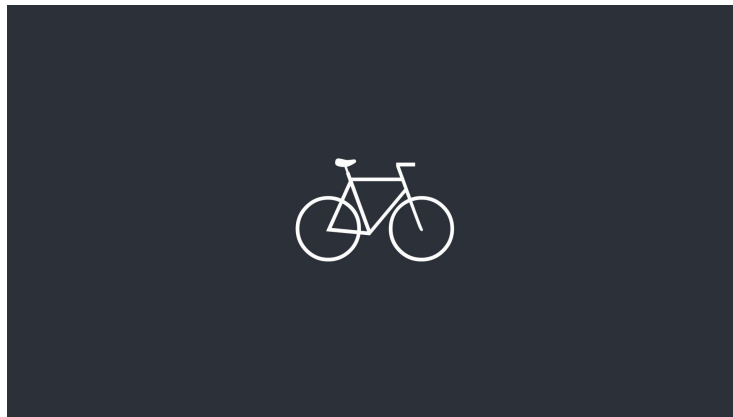
Ilustración 32: Bocetajo Gheppio final

En la “*Ilustración 32*” muestro un boceto final realizado a mano y a escala de lo que sería el diseño de la bicicleta **Gheppio**. Podemos hacernos una mejor idea de cómo quedaría el diseño una vez fabricado y pintado.

En el siguiente apartado veremos de manera más detallada los componentes y accesorios que componen la **Gheppio**.

10. Fabricación:

e-Bike



|Prototipo Gheppio|

Gheppio 

Componentes: Gheppio

En la “Ilustración 33” se muestra un boceto con las piezas que conforman la bicicleta en su conjunto. No es el despiece real de la bicicleta, es simplemente un ejemplo del despiece completo, a pesar de no hablar detalladamente de cada una de las piezas que se muestran en él en este trabajo de fin de grado.

He realizado el explosionado con el programa Adobe Illustrator, editor de gráficos vectoriales que trabaja sobre un tablero de dibujo, conocido como «mesa de trabajo».

Adobe Illustrator contiene opciones creativas, un acceso sencillo a las herramientas y una gran versatilidad para producir rápidamente gráficos o realizar maquetaciones interesantes. Está destinado a la ilustración técnica o el diseño gráfico. En mi trabajo, lo he empleado para delinear, bocetar, comentar, editar imágenes, maquetar, etc. Todo ello de manera vectorial, por lo que la calidad que me proporciona es la adecuada, evitando problemas de pixelado.

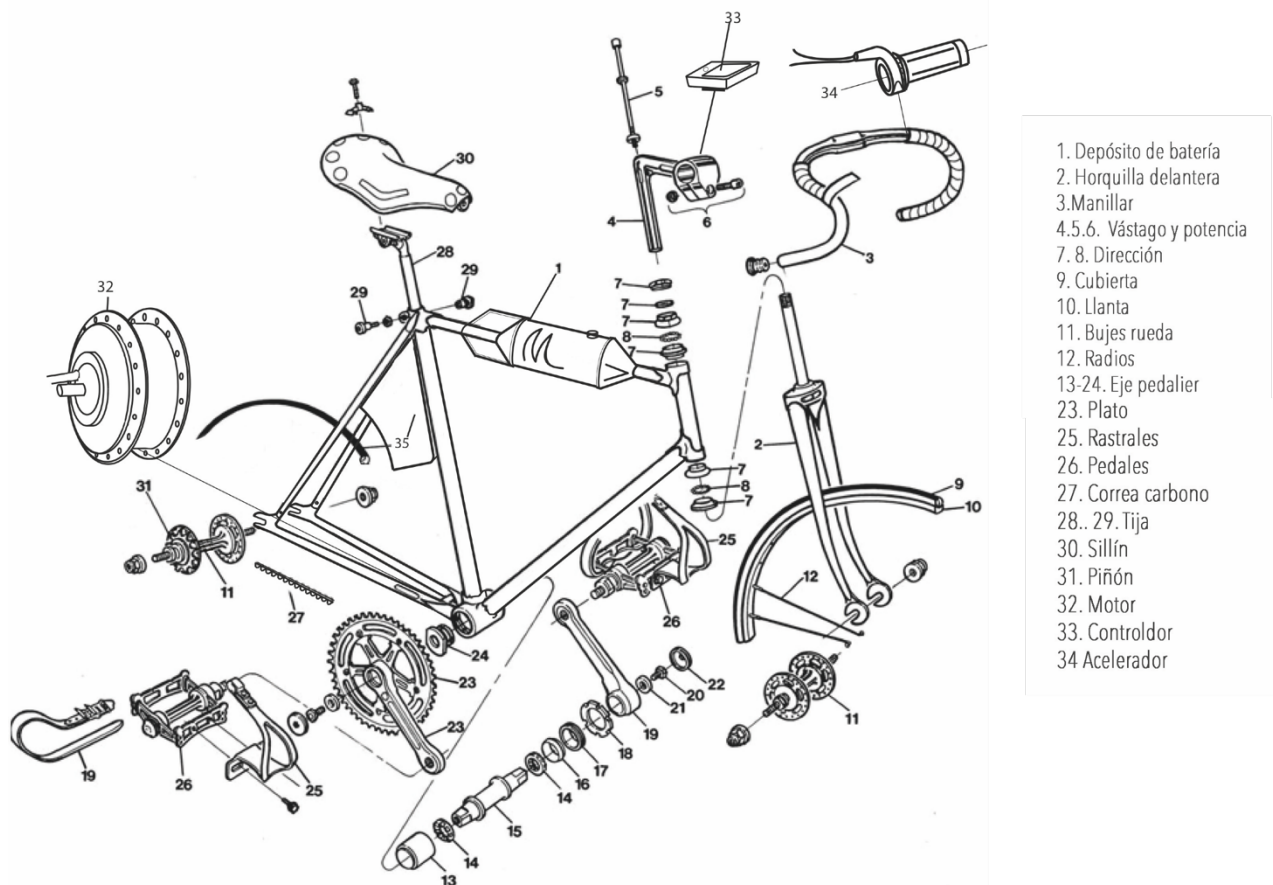


Ilustración 33: Explosionado piezas Gheppio

A continuación, voy a hablar en detalle de cada uno de estos componentes; tipo, marca, propiedades y características fundamentales de cada uno de ellos.

10.1 Motor y Transmisión:

De entre la infinidad de posibilidades se ha escogido el motor **HUB BH Emotion EVO/ NITRO**.

Se trata de un HUB trasero del fabricante BH Emotion que opera a 36 ó 48 Voltios. Posee unas prestaciones similares a los motores centrales porque su sistema de empuje está basado en un sensor de pedaleo alojado en la horquilla trasera. Ofrece 5 niveles de asistencia. Su precio es de unos 595€.



Ilustración 34: Imagen del motor HUB de BH

Si bien ofrecen menos kilómetros que los motores centrales, la salida y la potencia de los motores de BH son sorprendentes.

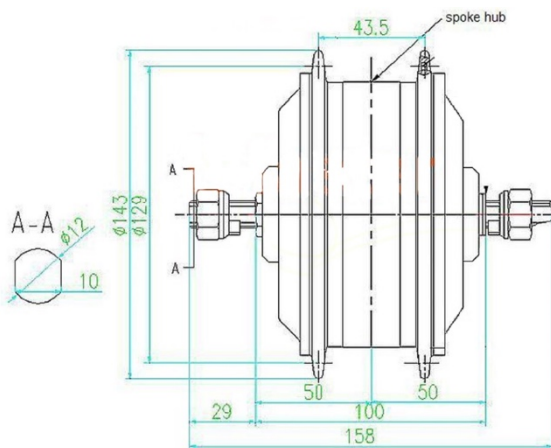


Ilustración 35: Planos motor realizados con Illustrator

Su tamaño pequeño es uno de los aspectos más importantes. Al mismo tiempo, nos aporta gran potencia y velocidad de salida a nuestra e-Bike. Este motor HUB no incrementa excesivamente el peso de la bici y es elegante y sutil a nivel estético.

Por otro lado, La transmisión será mediante una correa de carbono “carbon drive”. Sin ruidos, sin mantenimientos ni necesidad de lubricación y triplicando la vida de las cadenas. La mejor alternativa para nuestra bici urbana de gama media-alta.

Emplearemos la correa CDX 115T, de unos 90€, piñón CDX 22T 9 Spline HUB, de 61€ y plato CDX Bosch 22T, de 75,50€.

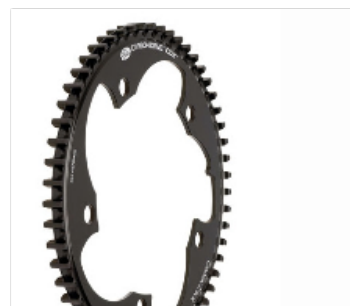


Ilustración 36: Imagen correa de carbono, piñón y plato empleados.

Componentes: Gheppio

El sistema single-speed será más que suficiente al ser acompañado del motor HUB EVO/Nitro de 5 niveles diferentes de asistencia.

La horquilla trasera, de la que hablaremos más adelante, posee punteras traseras deslizantes que permiten un preciso ajuste de tensión de la transmisión y un alineamiento correcto de la rueda. Como podemos observar en la “Ilustración 37”, el cuadro tiene el tirante derecho desmontable para permitir abrir el cuadro y montar o desmontar la correa.



Ilustración 37: Boceto del diseño de los tirantes traseros hecho con Photoshop

10.2 Batería:

La elección de la batería, según la idea final del diseño, es la **Samsung NCM de iones de litio 36V/11-Ah**.

Integrada en el depósito cilíndrico, hará que el cuadro no sólo parezca realmente bonito, sino que además esté perfectamente equilibrado. La batería original Samsung tiene unas dimensiones de 32x10cm y un peso de 2,5kg. Emplearé la misma organización de celdillas modificando la carcasa que las contiene para hacerla adaptable al depósito diseñado y la barra horizontal.

El peso estimado final, teniendo en cuenta las características físicas de la mayoría de los componentes, es de unos 20kg.

La batería de ión-litio se puede extraer con facilidad, y el diseño de la carcasa permite sacarla y transportarla con facilidad. Se podría llevar una segunda batería en una mochila sin problemas.

Componentes: Gheppio

Hay baterías de mayor capacidad, pero esta batería relativamente pequeña (36V / 11-Ah = 396 W/h) es más que suficiente para nuestra bicicleta urbana, aportando una autonomía de unos 40-50km. Además, el gasto de la luz será más bajo.

Su precio es de 575€.

Para cargar la batería, puede ser extraída de la bicicleta y ser conectada al cargador. No obstante, también puede ser cargada sin ser extraída gracias a una conexión externa diseñada en la parte superior del depósito. Puede verse de color cobrizo en la “Ilustración 39”.



Ilustración 38: Carcasa y pilas empleadas

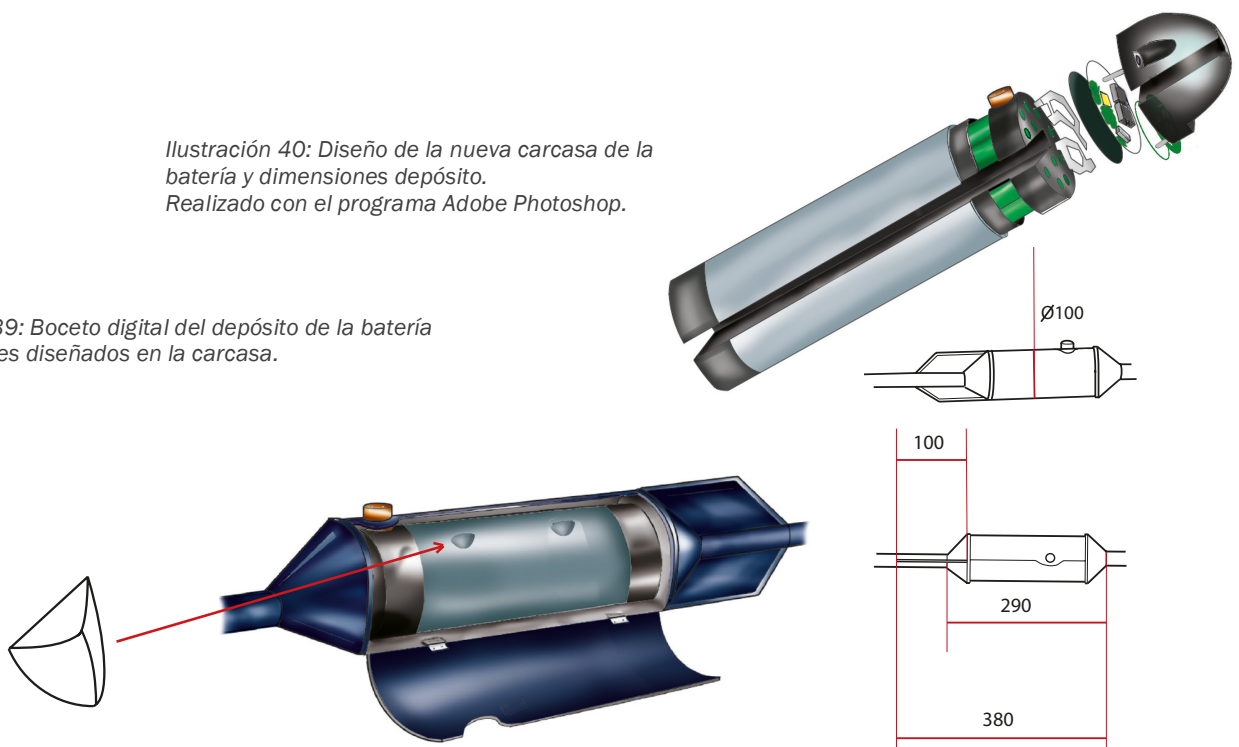
El tiempo de una recarga completa es de unas 3-4 horas cuando está totalmente agotada. Aunque se trata de un cargador “inteligente”, no es recomendable dejarlo en carga más de 8 horas seguidas.

Como vemos en la “Ilustración 40”, la ranura que atraviesa la carcasa de la batería esta diseñada específicamente para que encaje con la barra horizontal hidroformada, que conforma el marco de la e-Bike. Su tamaño es el adecuado en diámetro y longitud para alojarse dentro del depósito de la Gheppio.

En la misma “Ilustración 39” podemos ver que la carcasa de la batería posee dos salientes en forma de “U” para facilitar la extracción de la batería, de forma cómoda y segura.

Ilustración 40: Diseño de la nueva carcasa de la batería y dimensiones depósito. Realizado con el programa Adobe Photoshop.

Ilustración 39: Boceto digital del depósito de la batería y los tiradores diseñados en la carcasa.



10.3 Pantalla de control:

Nos muestra toda la información enviada por el controlador. También nos permite controlar de manera cómoda e instantánea todas las funciones de la e-Bike. Suelen ser pantallas integradas en el manillar de las bicicletas eléctricas. En el mercado existen numerosos modelos con prestaciones y precios muy diferentes.

Para mi diseño en particular, me he centrado en dos marcas de prestigio; Bosch y Yamaha. Tras realizar una comparativa de dos de sus mejores controladores LCD, he llegado a las siguientes conclusiones.

Ambas pantallas LCD nos muestran la información de manera fácil y son de manejo sencillo.



Ilustración 41: Imágenes controladores marcas Bosch (41.1) y Yamaha (42.1)

En ambos casos, los fabricantes colocan el control de mando en el manillar. Si me he decantado por uno, hay que decir que a nivel electrónico Bosch está muy por delante de Yamaha, sobre todo al contar con la tecnología de navegación NYON. NYON es un ordenador a bordo que permite la conexión con aplicaciones de teléfonos inteligentes, lo que le brindará más confort, seguridad y personalización en el uso de su eBike.



Ilustración 42: Controlador del Kit NYON de Bosch

Dentro de la marca Bosch, el cliente podrá elegir entre dos modelos en función del presupuesto que tenga:

- Display Bosch INTUVIA (120€).

Encontramos los botones en el propio display. Es extraíble, muestra el nivel de batería, la distancia total y el nivel de potencia. Además, cuenta con reloj, podómetro, marcador de distancia parcial, tiempo parcial de trayecto, velocidad máxima y velocidad media.

- Kit Bosch NYON (550€).

Pantalla de 4,3 pulgadas. Con 16 millones de colores en su zona activa de 95 mm × 53 mm. Joystick de 5 vías para el manejo intuitivo en el ordenador de a bordo y 3 teclas laterales para encendido/apagado, luz e inicio. Posee un módulo GPS integrado de alta precisión, brújula integrada y sensor de presión de aire barométrico. También posee sensor de luz ambiente y conectividad WiFi con App para smartphone.

10.4 Vástago/Potencia:

La potencia, parte encargada de sujetar el tubo del manillar, debe tener una cabeza lo suficientemente ancha para poder alojar la pantalla LCD de control en ella. De todas las potencias del mercado me he decantado por la marca Cinelli. Son potencias de altísima calidad y peso reducido. En la "Ilustración 44" podemos ver un modelo de Cinelli; sus propiedades y cómo quedaría con la pantalla de control del kit NYON.



Ilustración 43: Potencia escogida



- Aluminio 6061 T6.
- Para horquillas 1 1/8".
- Longitud: 90mm o 120mm.
- Diámetro de manillar 25,4mm.
- Peso: 140gr.
- +
- Caña de 150mm.



Ilustración 44: Imagen potencia con el controlador integrado.

10.5 Horquillas:

En mi diseño he optado por poder elegir entre horquillas de aluminio, para dar un aspecto más clásico a la bicicleta, o las horquillas de fibra de carbono, para dar un aspecto más deportivo.

Las horquillas de aluminio tendrán un peso de 540g, algo más pesadas que las de carbono, de tan solo 385g.

Si bien las horquillas de carbono ofrecerán mejor transmisión de la fuerza desde la coronilla hasta el eje y una mayor resistencia al impacto, también aumentará el precio final del producto. Además, para una bici urbana, las horquillas de aluminio son más que suficiente. Ambas darán a la e-Bike un gran rendimiento y durabilidad.

Por lo tanto, podríamos decir que la principal diferencia que nos aporta las horquillas de carbono es su aspecto estético moderno y deportivo.



Ilustración 45: Horquillas Al (izq.) y carbono (derecha).

Componentes: Gheppio

Las horquillas de aluminio 6061 no dejarían de necesitar una soldadura fuerte y un tratamiento de imprimación, pintura y barnizado. Como se muestra en la "Ilustración 47", incluiría una unión de acero con acabado pulido para darle mayor aspecto clásico a la horquilla.

Según los datos aportados por el proveedor, el coste total de la horquilla de aluminio rondaría los 50€ frente a los 120€ que costaría la de fibra de carbono. Ambos modelos del fabricante Nova.

A July Spc B MONOCOQUE CARBON FORK For 1 1/8 - 1 1/2 Steering with Dropout 6061 AL



Full Monocoque Carbon Fork with tapered 1.5/1.125 steerer and AL dropouts!

This fork compares with other name brands (it was made some of the same factories) but we are blowing them out !

Rake=45mm

Crown race to axle distance = 367mm

Weight = 395 grams uncut

Length of Steerer= 295mm

Axle to Crown Length: 367mm
Brake Reach: Short 39-49mm
Crown Race: 40.0mm
Front Axle Type: 9x1
Front Hub Spacing: 100mm
Material: Carbon UniDirectional

Satin Black finish- ready for decals and clearcoat- or use as finished

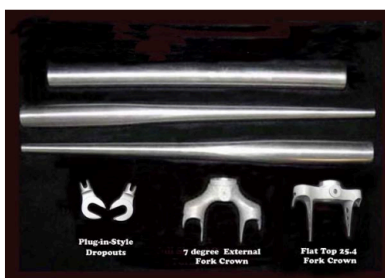
Brake Attaching Recessed Nut and Expander Cap Included

Details

SKU	NOV_FKR_1.5_MCF
Quantity in stock	35 item(s) available
Weight	2.00 lbs
New SKU	202334

Ilustración 46: Proveedor horquilla carbono

A Sept Spc A Road Fork Kit 25.4 for Road with Choice of Fork Blades, Fork Crown & Fork Steerer



Fork Kit 25.4mm for Road - Choice of Fork Blades, Fork Crown & Fork Steerer

Fork Kit Includes:

[Road Fork Blades 0.9mm wall](#) or [1.0mm wall](#)

[One Everest Fork Crown Flat Top inside width 50mm](#) or

[One Everest Fork Crown with 7degree External Offset](#)

[One Pair Dropout Plug-in Style](#)

[One Fork Steerer Road 2.3 Length 180,210,240,270,300, 320 AHD](#)

Choose Options Below

Sale End 10/10/2017

Details

SKU	NOV_FRKT_ROAD_254_SPC_A
Quantity in stock	9 item(s) available
Weight	1.50 lbs
New SKU	400110

Price: \$56.40

Ilustración 47: Proveedor horquilla de aluminio

10.6 Llantas:

La elección de las llantas ha sido de un tamaño 12-622 (700c). Un posible modelo son las Notorius 50 constituidas por una llanta de carbono de 50mm de perfil y un peso de 1,40 kg y varios colores disponibles.

Está hecha 100% de carbono 3k. Es una llanta ultraligera para el perfil que tiene. Debido al perfil, se necesitarían cámaras con una válvula de 80mm. Esta llanta admite cubiertas normales, no tubulares, de hasta 130 PSI (presión del neumático). Su precio es de unos 350€ el conjunto.

Existiría la posibilidad de ponerle cubiertas de 23, de 25 o de 28.



Ilustración 48: Notorius 50

10.7 Cubiertas:

El modelo básico iría con las cubiertas de marca RetroRide. La marca ofrece cuatro colores distintos. Se trata de una cubierta de larga duración con un dibujo específico para minimizar el desgaste.

Por otra parte, se ofrecerían las cubiertas Schwalbe Marathon, que refuerzan la protección antipinchazos al añadir una capa rígida extra GreenGuard de 3 milímetros. Con ello, la posibilidad de pinchar en condiciones normales desaparece prácticamente.



Ilustración 49: cubiertas de RetroRide

La cubierta de serie CST Tracker es una cubierta de calidad que proporciona un gran agarre y lleva protección Kevlar antipinchazos (capa de color verde de la "Ilustración 50").

La presión máxima se puede incrementar 1 Bar hasta alcanzar los 5 Bar, lo que reduce la fricción y la resistencia a la rodadura.



Ilustración 50: cubiertas CST Tracker



Componentes: Gheppio

Los laterales de la cubierta Schwalbe emplean banda reflectante Reflex y pared Anti-Aging, que puede resistir el agrietamiento típico que se produce por sobrecarga, debido a presiones de inflado incorrectas.

La cubierta garantiza una larga durabilidad en uso intenso, siendo comunes los casos de usuarios que han conseguido rodar por encima de los 8000 km con ellas.

Además, el peso sólo aumentaría en 100g con una cubierta adicional con respecto al modelo básico de RetroRide.

10.8 Manillar:

El manillar es algo muy personal y varía mucho en función de las preferencias del ciclista. La amplia gama de tipos, materiales y formas de manillares en el mercado es infinita, y, por lo tanto, aquí muestro sólo dos modelos que siguen con la línea clásica de la bici y se adaptarían perfectamente al vástago o potencia.



Ilustración 51: modelo "Torino"

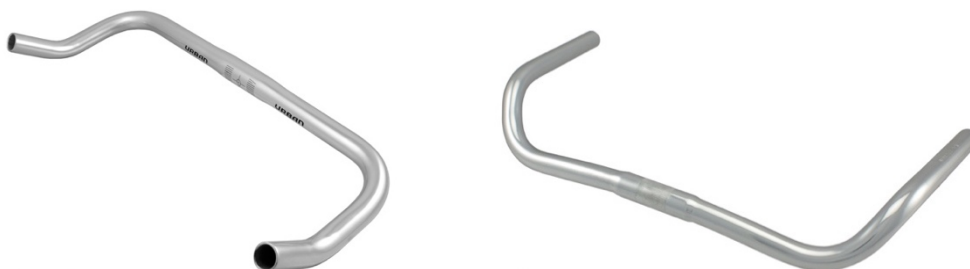


Ilustración 52: modelo "Moustache Fubar"

Tanto el modelo mostrado en la "Ilustración 51" como el de la "Ilustración 52" puede ser equipados en aluminio y en fibra de carbono. El carbono tiene mayor capacidad de amortiguación que el aluminio, absorbe las vibraciones que transmite el camino ayudándote a ahorrar energía al llevar más relajadas las manos. El aluminio, incluso el de mayor calidad, transmite todas las vibraciones a las manos y, por consiguiente, brazos.

Componentes: Gheppio

En cuanto al precio, podemos encontrar modelos de aluminio de entre 40 y 80€. Los de fibra de carbono en cambio pueden llegar a duplicar este precio.

10.9 Sillín:

Brooks es una marca inglesa que ha estado fabricando sillines en cuero para montar bicicletas desde 1866. Y en particular, mencionada marca es fidedigna con la idea final de la propuesta del TFG.

Los sillines B67 y B67 S son las versiones modernas de los modelos B66, presentados por primera vez en el catálogo de 1927.

El B67 y el B67 S están equipados con raíles sencillos para un montaje en un asiento de tija micro-ajustable. He escogido este modelo por ser un sillín elegante y clásico, siguiendo con la línea de la bici.

Además, la tija sería compatible con otros modelos de la marca (B-17, B-190, B-18, B-73) para dar más opciones de personalización.



Ilustración 53: sillines B67 de la marca Brooks.

Algunas de las características físicas del sillín B67 son las siguientes:

- Longitud: 260 mm
- Alto: 73 mm
- Ancho: 205 mm
- Peso: 850 g

10.10 Freno de disco:

Diferenciamos dos partes que los componen. El rotor, es el nombre inglés para el disco de un freno de disco. El diseño de un rotor (o disco) puede ser diferente, siendo habitualmente de 1 mm de grosor y con un diámetro más o menos grande. En función de la bicicleta, oscila entre 140 y 220 mm de diámetro. Por otra parte, el estribo, es la parte del freno de disco donde se encuentran las pastillas de freno. Está en la horquilla (en un freno delantero) o en la parte trasera del cuadro.

Componentes: Gheppio

Su funcionamiento es sencillo. Es un sistema de frenado en que las pastillas de freno colocadas en los estribos son empujadas sobre el disco para que frenen al rozar.

Existen 2 tipos de freno de disco: el hidráulico y el mecánico. En el presente diseño se empleará un freno hidráulico, en el que el líquido situado entre la palanca de freno y los estribos (en la funda) empuja las pastillas de freno hacia el disco para que rocen y frenen. Este tipo de freno afectará además al diseño del cuadro. La bicicleta deberá poseer unos anclajes en el cuadro para poder utilizar este sistema y el cuadro tendrá que tener una estructura más sólida de lo habitual.

En mi diseño emplearé los frenos hidráulicos 105 de Shimano (*“Ilustración 54”*), combinado con la pinza de montaje Flat Mount. Este sistema proporciona una frenada potente para una mejor y más segura conducción.

Además, emplearé discos de 140mm de la marca SM-RT81-SS y pastillas del mismo fabricante, que proporcionan una frenada constante con independencia de las condiciones climáticas gracias a la novedosa tecnología de disipación de calor ICE. La potencia de frenada puede adaptarse así a las condiciones, terreno, tamaño del ciclista y a su habilidad.

Como bien dice el fabricante, “la tecnología de disipación del calor ICE del disco SM-RT81-SS implica una estructura de tres capas de aluminio y acero inoxidable que permite evacuar el calor rápidamente de la superficie del disco, reduciendo el riesgo del sobrecalentamiento en un uso intensivo”.



Ilustración 54: render del freno hidráulico 105 Shimano con los discos SM-RT81SS

10.11 Fabricación del cuadro:

A continuación, expondré cada una de las partes que forman el cuadro de mi bicicleta. Hablaremos de materiales, propiedades, costes, piezas fabricadas, métodos de fabricación y piezas adquiridas a diferentes fabricantes.

- Materiales:

Se propone fabricar el cuadro con estructuras tubulares de aluminio, con la idea de crear una bicicleta ligera, resistente y económica. Además, es perfecto tanto para ciclistas ligeros como para ciclistas grandes y pesados.

El aluminio se trata de un metal no ferromagnético. Entre sus características principales destacan su baja densidad 2700 kg/cm^3 su alta resistencia a la corrosión. Mediante sus aleaciones adecuadas y unos correctos tratamientos térmicos y químicos se pueden aumentar su resistencia mecánica hasta los 690MPa.

Mencionadas aleaciones poseen propiedades distintas, por lo cual, son clasificados de la siguiente manera:

- Serie 1000: en concreto, no es una aleación. Aluminio con presencia de impurezas de hierro, pequeñas cantidades de cobre.
- Serie 2000: el principal aleante es el cobre. Con un tratamiento T6, adquiere una resistencia a la tracción de 442MPa.
- Serie 3000: el principal aleante es el manganeso. Se consigue una resistencia a la tracción de 110 MPa.
- Serie 4000: el principal aleante es el silicio.
- Serie 5000: el principal aleante es el magnesio. Tras un recocido se alcanza una resistencia a tracción de 193 MPa.
- Serie 6000: como principales aleantes encontramos el silicio y el magnesio. Serie menos resistente que el resto, pero soldable y formable. Se le pueden aplicar varios tratamientos destacando el T4 y el T6. Tras un T6, proceso de disolución, temple y maduración artificial, obtiene una resistencia a tracción de 290 MPa.
- Serie 7000: el principal aleante es el zinc. Tras un T6 adquiere una resistencia de 504 MPa.

Ante las series de aluminio expuestas, son tres las que, debido a su resistencia a la tracción después de los tratamientos, llaman la atención. Estas son la serie 2000, 6000 y 7000.

Fabricación del cuadro

Tras la primera selección de las series éstas fueron analizadas detenidamente. La serie que se utilizará para la fabricación de los perfiles de la bicicleta será de la serie 6000. Se ha descartado la serie 2000 por el precio del aleante y la serie 7000 por dificultades a la hora de la soldadura.



Ilustración 55: render del cuadro de aluminio de Gheppio. Hecho con el programa 3DMax

Las principales ventajas del aluminio son la rigidez, la ligereza y sobretodo el bajo precio, lo que hace que las bicis de aluminio sean las más populares en relación peso/coste.

Una vez elegida la serie 6000, explicaremos el tratamiento térmico con el que el aluminio adquirirá las mejores propiedades mecánicas:

-T6: Tratamiento de solución, temple y maduración artificial.

Son los aluminios 6061 aquellos que poseen un tratamiento T6. Se caracteriza por ser algo más costoso y algo más difícil de tratar, pero realizando todos los tratamientos correctamente, sus características mecánicas superan a los demás. En la actualidad, es el aluminio más empleado en bicicletas de alta gama y será el empleado en mi diseño.

Además de este tratamiento térmico, existen diferentes tratamientos para mejorar algunas propiedades y dar personalidad al cuadro. Los más utilizados son el conificado, que sirve para aligerar los tubos donde no se necesita extraordinaria rigidez y la técnica del hidroformado, que se utiliza para darle formas muy diversas a los tubos. Con especial importancia, tendremos que hidroformar el tubo horizontal para que encaje perfectamente con el depósito diseñado y la carcasa de la batería.

Actualmente, para ganar en rigidez minimizando al máximo el peso, los cuadros también son realizados con ambas técnicas, es decir, hidroformando tubos conificados.

La soldadura: No nos vale de nada el material empleado si no realizamos una soldadura perfecta a los diferentes tubos de aluminio. Cuanto más refinada y mejor hecha este la soldadura, mayor será la resistencia del cuadro y, por lo tanto, mayor la seguridad de nuestra e-Bike.

Además, será igual de importante el acabado, lijado y pulido de la bicicleta para su posterior imprimación y pintado.

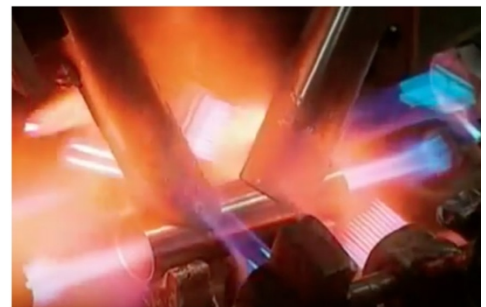


Ilustración 56: Imagen proceso de soldadura del aluminio

Los procesos de soldadura como GTAW (TIG) y GMAW (MIG), están sustituyendo actualmente a otros más tradicionales, como el SMAW (Arco Manual), en las aleaciones de aluminio; dado que producen soldaduras de excelente calidad con mínimas distorsiones. Por otro lado, en estas

Fabricación del cuadro

técnicas no se requiere el empleo de fundentes de protección, que pueden influir posteriormente en la resistencia a la corrosión de las uniones soldadas.

GMAW, comúnmente conocida como soldadura MIG, es un proceso de soldadura al arco en el que se establece un arco eléctrico entre un hilo y las piezas a soldar, produciendo la fusión y la unión de ambas. En el proceso GTAW o TIG, el arco eléctrico que se establece entre el electrodo de tungsteno y el metal base es la fuente de calor que funde ambos y consigue la unión de las piezas al solidificarse el baño. El metal de aporte, si se usa, se alimenta manualmente en el baño de la soldadura cuando se suelda en TIG.

Las soldaduras pueden realizarse en todas las posiciones y la calidad final de la unión es generalmente elevada.

Procedimiento: Realizaremos los puntos y cordones de soldadura mediante el procedimiento TIG con corriente alterna, con una frecuencia de 150 Hz y un balance de penetración del 70 %, utilizando argón como gas de protección. El equipo de soldadura empleado será un **AristoTIG-250**.

Primero colocamos los tubos a soldar y encendemos el TIG. Es importante emplear un gas adecuado (argón puro) y electrodo de tungsteno. Para soldar los tubos de nuestra bicicleta se propone usar una varilla de aporte 5356 o superior (el ER4043, que suele ser el aporte más empleado en aluminio, es “flojo” para una bicicleta).

Una de las ventajas de la soldadura TIG es que no hace falta precalentamiento ni post calentamiento. Los resultados obtenidos son soldaduras refinadas, pero hay que tener mucho cuidado con lo que se conoce como ZAT (zona afectada por la temperatura, alrededor de las soldaduras), donde el aluminio perderá las características de dureza del tratamiento térmico.

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

Tabla 4: Datos para la soldadura del aluminio AA6061



Ilustración 57: Equipo de soldadura AristoTIG-250 que emplearemos y resultados de soldadura.

Fabricación del cuadro

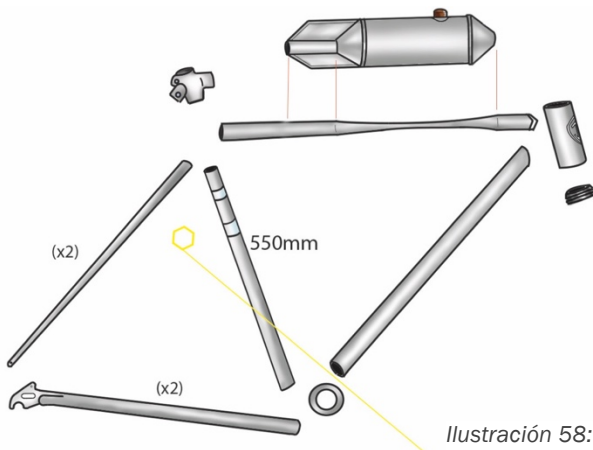


Ilustración 58: renderizado de las partes a soldar

La buena calidad en soldadura se obtiene sólo si el alambre de aportación está limpio y es de alta calidad. Yo voy a emplear Lincoln ER5356, que se fabrica bajo un control riguroso para cumplir los estándares y asegura la calidad de la soldadura.


- Caja del pedalier y eje motor:

Emplearé una pieza comercial ya existente en el mercado. Fabricada por moldeo en aluminio 6061, con un precio de 30€, del fabricante Everest. (“Ilustración 59”). Esta pieza coincide con todos los ángulos de las barras de mi e-Bike, las cuales soldaremos posteriormente.

Ángulos y dimensiones de la pieza de la “Ilustración 59”:

- Caja de pedalier con un diámetro interior de 35 mm y 68 mm de ancho.
- Rosca interior inglesa (BSA).
- Unión con la barra inclinada delantera: D31,8mm, a 61°.
- Unión con la barra vertical del sillín: D31,8mm, a 70°.
- Uniones con las horquilla traseras inferiores: D22,2mm, a 10°.

STANDARD MTB BB



INVESTMENT CAST MTB BOTTOM BRACKET SHELL
Fits the Nova MTB tubeset for lugs found [here](#)
For Lugged MTB Frames: The Nova [NOV_CMCS_ROR_0.8](#) single bend chainstay is compatible with this BB shell

31.8mm DOWN TUBE
28.6mm SEAT TUBE
22.2mm ROUND Single Bend CHAINSTAY

Angles:
DT to ST 61°
ST to CS 67°
CS to CS 10°

Details

SKU	EVR_BB_C69_2MT
Quantity in stock	No items available
Weight	0.34 lbs
New SKU	201082

Price: \$39.45

Manufacturer
EVEREST
鴻成

Ilustración 59: caja del pedalier de nuestro proveedor.

Fabricación del cuadro

Además, emplearemos un eje motor corriente (“*Ilustración 60*”), en el que, al contrario que en un eje motor americano, el eje y las bielas son piezas distintas.



Ilustración 60: eje pedalier Miche Primato BSA

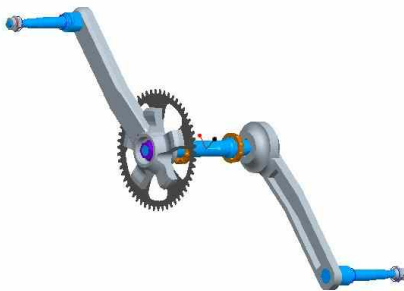


Ilustración 62: render montaje del eje pedalier

Modelo del eje pedalier: Miche Primato BSA Rosca Inglesa 110mm. Cuadradillo JIS de 68x110mm. Con rodamientos sellados. Fabricado en aluminio 7075 T6, con un peso de 210g y un precio de 20€.

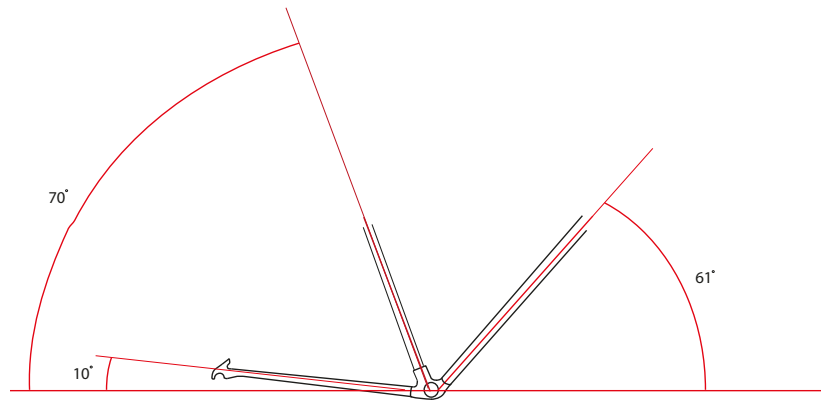


Ilustración 61: ángulos de unión de las barras a la caja de pedalier.

En la “*Ilustración 61*” vemos los ángulos de las diferentes barras una vez soldadas a esta pieza. (Realizado con Adobe Illustrator).

En la “*Ilustración 62*” vemos cómo quedaría el montaje de nuestro eje pedalier con plato y bielas ya montados. (Realizado con el programa Catia V5)

- Barra horizontal (barra superior):

En principio, el hidroformado pretende poder rebajar peso sin perder rigidez o mejorar esta barra. De lo que se trata es de poner más o menos material (aluminio) donde sea preciso. Por ejemplo, no hace falta tanto material en la parte central del tubo horizontal, ya que, en esa parte del tubo, las torsiones y fuerzas que se ejercen son menores que en zonas como la pipa de dirección o la zona del pedalier, donde se ejerce mucha fuerza en varios sentidos.

En el caso de la Gheppio, la parte central del tubo horizontal es la parte más estrecha de la bicicleta, para dar el máximo espacio posible a la batería y facilitar la entrada del depósito.

Aparte de esto, también se consiguen tubos con una mejor componente estética. Partiremos de un tubo de Al6061 conificado de 555mm de largo. El diámetro será de 31,8mm y su conificado será de 1,5/0,6/1,5mm de grosor. Posteriormente lo hidroformaremos para obtener la forma deseada final, que se asemeja al render mostrado en la "Ilustración 63".

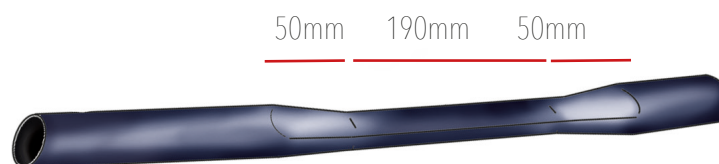


Ilustración 63: render barra horizontal hidroformada.

El hidroformado nos aportará una serie de ventajas a los tubos trabajados:

- Cantidad reducida de desechos.
- Obtención de formas más suaves.
- Reducción del peso gracias a la disminución de las soldaduras. Esto nos permite también disminuir la probabilidad de corrosión.
- Mejora las propiedades frente a fatiga por la reducción de articulaciones soldadas.
- Alta precisión de forma y dimensiones. Esto es debido por una parte a una menor resiliencia y, por otra, a la posibilidad de calibración con hidroconformado a alta presión.

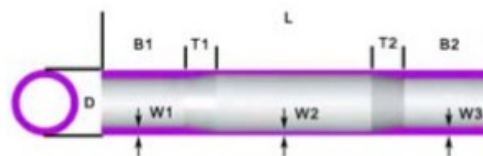


Ilustración 64: plano del tubo conificado "virgen" (antes de hidroformar)

Fabricación del cuadro

El proceso de hidroformado, reflejado en la “*Ilustración 65*”, es relativamente sencillo. Habría que diseñar el negativo (punzón de la máquina) de la forma de la barra horizontal. Emplearemos una prensa hidráulica que ejerce unas 400 toneladas de presión sobre la barra conificada para darle la forma. El resultado es muy preciso y los desechos generados en el proceso son mínimos.

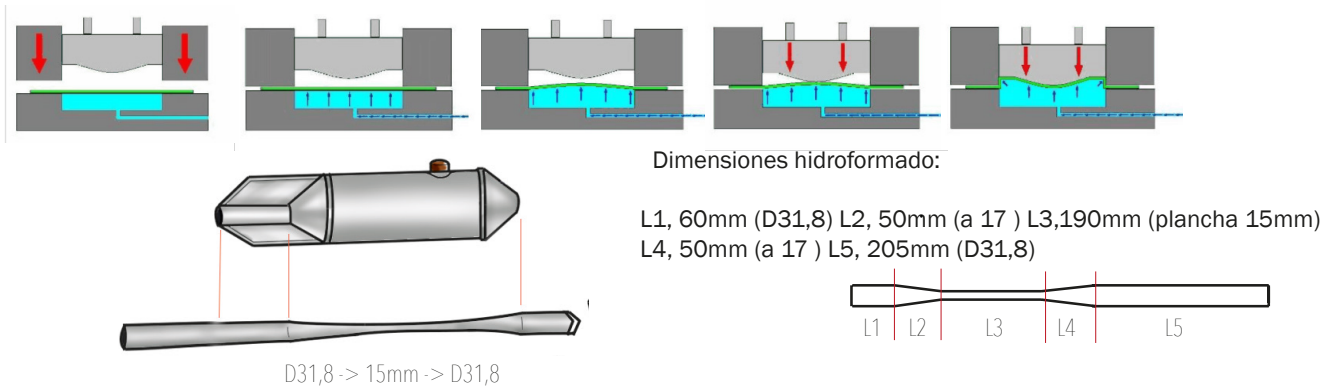


Ilustración 66: proceso de hidroformado con prensa hidráulica.

Ilustración 65: Hidroformado barra horizontal

- Depósito:

Para fabricar el depósito, se realizará un curvado de chapa de aluminio 6061 de 2mm para el cuerpo cilíndrico central y los conos truncados laterales. El cuerpo central será cortado por láser para poder ajustar la puerta del depósito e instalar el sistema de cierre, del que hablaremos más adelante.

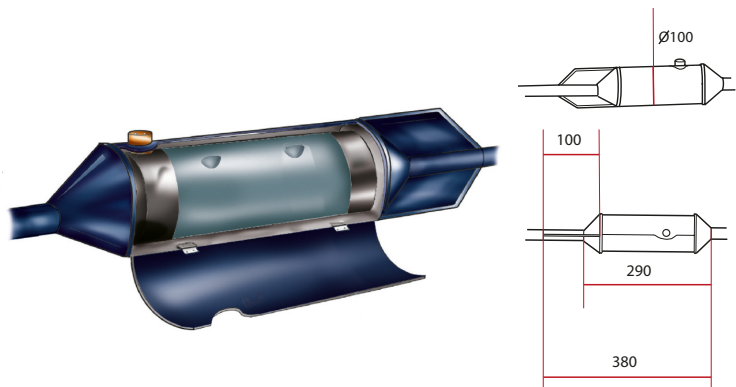


Ilustración 67: renderizado y planos del depósito. Realizado con Photoshop

En cuanto a la puerta, se unirá por la parte inferior al depósito gracias a unas bisagras que la harán abatible. Así, la extracción de la batería será cómoda y estará segura mientras circulemos con la bicicleta eléctrica.

Para el sistema de carga se realizará un corte circular en la parte superior, que permitirá la salida del conector del cargador de la batería.

Para cerrar el depósito emplearé una cerradura de lengüeta del fabricante AGA (“*Ilustración 68*”), especialmente diseñada para estructuras metálicas de entre 2mm hasta los 50mm de espesor.

Fabricación del cuadro

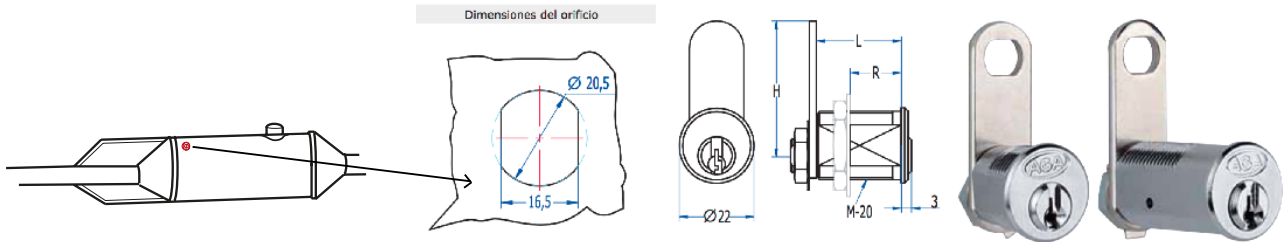




Ilustración 68: cerradura de lengüeta que voy a emplear.

En la “Tabla 5” vemos los dos tipos de cerradura posibles y en la “Ilustración 69” las llaves que se adaptan a la cerradura:

		 132	 132M
MODELO DE LLAVE	AGA-9I FORTIS-2I	•	•
MATERIAL	Latón	•	•
ACABADO	Cromado Pulido	•	•
CARACTERÍSTICAS	L = 18,5 mm	•	•
	L = 25/30/35/40/45/50/55 mm	•	•
	R = 5 mm	•	•
	R = 13,5 mm	•	•
	R = 20/25/30/35/40/45/50 mm	•	•
	Nº Combinaciones	620	3.120
Nº Combinaciones amaestradas	80	400	
Peso (grs.)	70	94	
ACCESORIOS	Tuerca M20	•	•
	Arandela metálica M20	•	•
	Arandela bloqueo	•	•

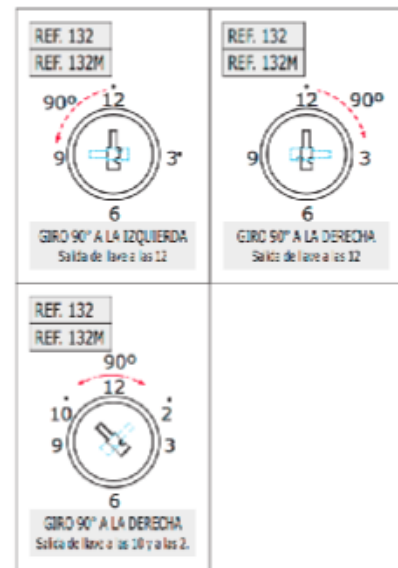


Tabla 5: dimensiones de los dos tipos de cerradura posibles.

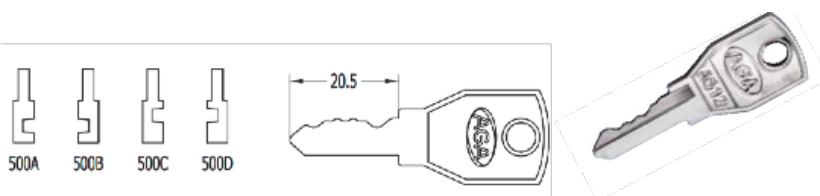


Ilustración 69: llave de las cerraduras 132 y 132M

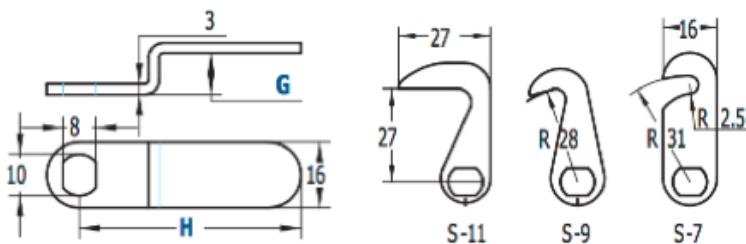


Ilustración 70: posibles lengüetas

Existen diferentes tipos de lengüeta realizadas por el fabricante; todas ellas aptas para nuestro diseño. En nuestro caso emplearemos la S-9 o la S-7, mostradas en la “Ilustración 70”, que se adaptan perfectamente al depósito.

Fabricación del cuadro

- Barra vertical (barra de sillín)

- Barra inclinada delantera (barra inferior):

La barra vertical del sillín será de Al 6061 conificado, con una longitud de 550mm y un diámetro exterior de 28,6mm. El conificado será de 1,2/0,6/1mm de grosor y saldrá de la caja de pedalier con una inclinación de 70°; como se puede observar en la “*Ilustración 71*”.

La barra inclinada delantera será también de Al 6061 conificado, con una longitud de 675mm y diámetro exterior de 35mm. El conificado será de 0,7/0,5/0,7mm de grosor y su inclinación de 61° respecto a la horizontal.

En la barra vertical se realizará un orificio de entrada/salida para el cableado procedente del controlador (situado en la parte inferior del cesto metálico). Así, recorrerá el marco hasta su conexión con batería, frenos, acelerador y pantalla LCD.

En ambas barras se realizará un corte a inglete en sus extremos para su posterior soldadura a la pipa de dirección y al cajetín del pedalier.

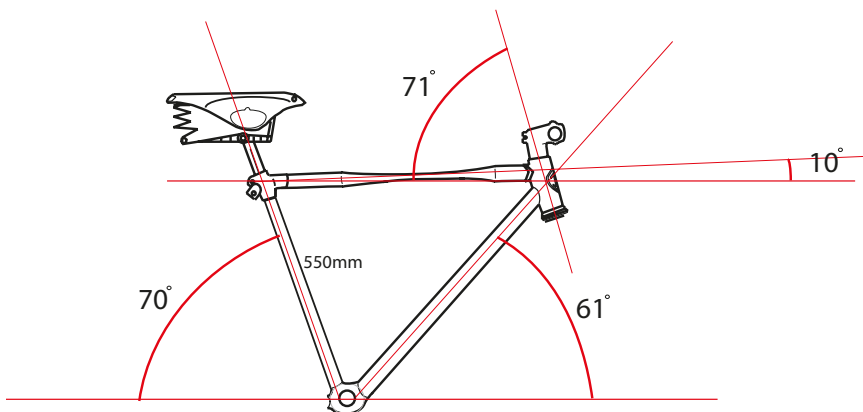


Ilustración 71: ángulos de las barras del cuadro. Boceto realizado en Illustrator.

En la misma “*Ilustración 71*”, figura delineada mediante Illustrator, podemos ver cómo quedaría el cuadro una vez soldadas las barras vertical, horizontal e inferior a la pipa de dirección y la caja de pedalier.

Fabricación del cuadro

- Barra de potencia (pipa de dirección)

- Terminaciones: unión trasera y delantera:

La barra frontal de potencia se fabricará con un tubo de Al 6061 conificado de 36mm de diámetro en la parte superior (entrada de la caña de la potencia) y 31,8mm de diámetro en la inferior (unión con la horquilla). Su longitud es de 120mm y tiene 1,1mm de espesor.

Emplearemos dos piezas que he encontrado en el mercado (*"Ilustración 73"*) que tendrán la función de embellecedores y permitirán la unión de los diferentes tubos de aluminio mediante soldadura. Al mismo tiempo, estas terminaciones, aseguran que las barras estén bien alineadas.

El precio del tubo de la pipa de dirección es de 20€ y las uniones (terminaciones) unos 40€.

Estas piezas de unión marcarán las posiciones de los tubos soldados:

- La barra horizontal superior se situará a 10° respecto de la horizontal.
- Las horquillas delanteras y potencia del manillar a 71°.
- La barra inclinada delantera se situará a 61°.



Ilustración 72: uniones una vez soldadas.



Además, el embellecedor del sillín (unión trasera) mostrado en la *"Ilustración 72"* actúa de cierre para la tija del sillín, posibilitando la regulación de la altura de éste.



Ilustración 73: barra de potencia con el embellecedor delantero y unión del sillín.

- Cesto trasero y guardabarros:

Para hacer el cesto, partiremos de chapa de aluminio 6061 de 2mm de espesor.

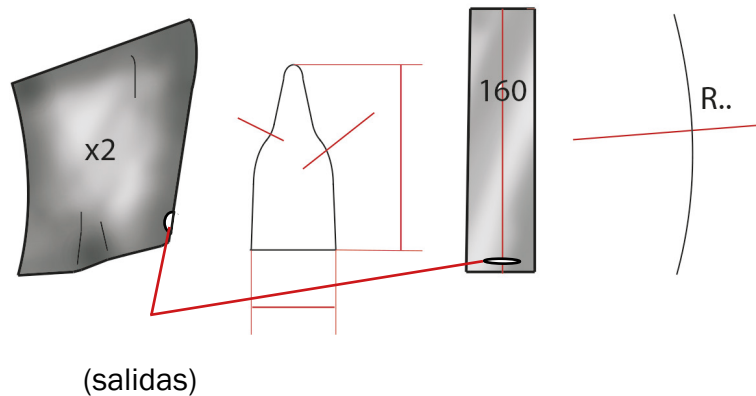


Ilustración 74: Boceto chapas que forman el cesto

Primero cortaremos por láser las diferentes partes que lo componen, con sus medidas correspondientes.

Una vez cortadas, tendremos que dar forma curva a las caras laterales y cara posterior de la estructura.

Para las dos caras laterales emplearemos un proceso de prensado contra un negativo de la pieza. A través de un pistón hidráulico se le dará la forma directamente. En cuanto a la parte trasera, emplearemos una curvadora de aluminio que le aportará el radio de curvatura específico. La base no necesitará ningún procedimiento añadido; se cortará la chapa por láser con las dimensiones requeridas.

Tras matar las aristas vivas de todas las piezas se procederá a su montaje y posterior soldadura TIG con varilla ER5356 (comentado en apartados anteriores), que le aportará una altísima resistencia estructural. El resultado final se asemejaría al render mostrado en la “Ilustración 75”.

Para el guardabarros trasero, emplearemos chapa de aluminio de las mismas características. En este caso realizaremos un curvado longitudinal y posteriormente transversal a la chapa para darle la forma específica del guardabarros. Lo soldaremos al cesto por su parte superior para dar la sensación de continuidad entre ambas partes.

En la parte inferior del cesto realizaremos un doble fondo para alojar el controlador. Además, realizaremos dos salidas para el paso del cableado; una entrará al cuadro por la barra vertical (batería, acelerador, frenos, pantalla LCD, sensor de pedaleo) y otra salida trasera para su conexión al motor.

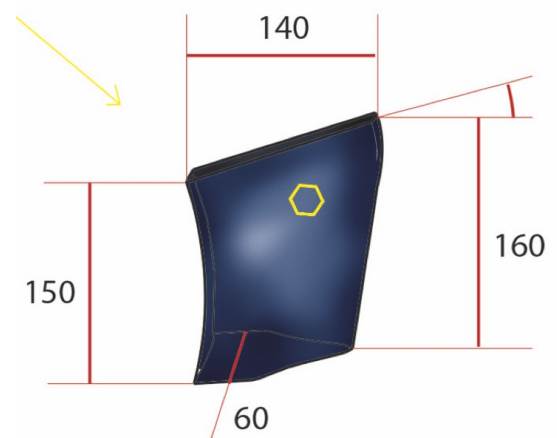


Ilustración 75: renderizado cesto sin guardabarros

Fabricación del cuadro

Para evitar la entrada de suciedad y asegurarse de que los objetos más pequeños no salgan del cesto, alojaré una bolsa extraíble en el interior del cesto metálico.

Se trata de una bolsa de piel unida al cesto por corchetes. Con este sistema se podrá poner o retirar la bolsa con facilidad y así poder llevarla contigo cuando resulte necesario.

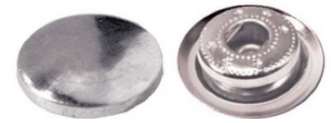


Ilustración 76: corchetes

La lona superior se recoge o se estira para abrir o cerrar el espacio. Una vez estirada o recogida, se fijará mediante un botón-corchete. El macho se situará en el extremo de la lona y encajará tanto en la parte baja del guardabarros, como en la parte superior de la barra del sillín. Podemos hacernos una idea de cómo quedaría en la “Ilustración 77”.



Ilustración 77: renderizado del cesto con la bolsa cerrada/abierta. Realizado con Adobe Photoshop.

- Tirantes traseros (vainas):

Respecto a los tirantes inferiores de nuestra bicicleta, se emplearán dos tubos de aluminio 6061 de 22,2mm de diámetro mayor y 17mm de diámetro el menor. Las barras tendrán 0,8 mm de espesor y 510mm de longitud. Se soldarán a la caja de pedalier con aporte del material ER5356. Finalmente, su precio es de 15€, del fabricante Nova.

En el extremo de cada una de las barras soldaremos las punteras para unir las horquillas superiores y los tirantes inferiores. (“Ilustración 78”)



Ilustración 78: Tirantes traseros inferiores

Estas dos punteras traseras deslizantes permiten un preciso ajuste de tensión de la correa y un alineamiento correcto de la rueda.

Fabricación del cuadro

Estas punteras deslizantes aportan un juego de hasta 4cm de ajuste. Van soldadas directamente a la vaina inferior y permiten la movilidad de la superior mediante una unión roscada.

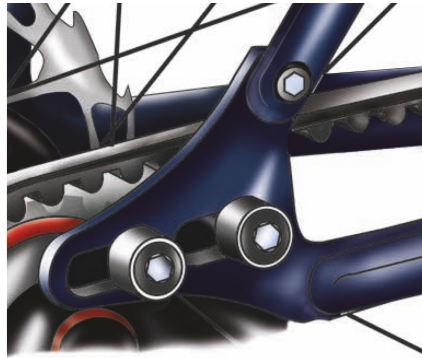
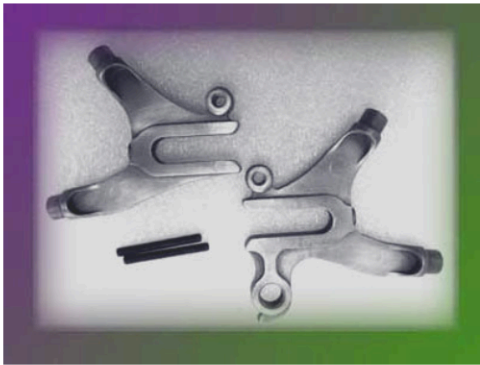


Ilustración79: Render uniones y punteras deslizantes empleadas.



Al igual que las vainas superiores e inferiores, emplearemos unas punteras del fabricante Nova, lo que nos asegurará una unión perfecta entre las diferentes partes.

Su precio en la página del proveedor es de 20€.



Ilustración 80: Punteras proveedor.

Por otro lado, los tirantes superiores serán constituidos or dos tubos de Al 6061 conificado con un diámetro de 23mm el mayor y 15mm el menor. Los tubos tienen 1,5mm de espesor y su longitud es de 540mm. Su precio es de 16€, del fabricante Nova, nuevamente.

El tirante derecho poseerá una unión desmontable roscada en la parte inferior para la puntera deslizante. Así, se permite abrir el cuadro y montar o desmontar la correa.

Podemos ver el posicionamiento de los tubos descritos en la “Ilustración 81”, realizada mediante Adobe Illustrator.

Fabricación del cuadro

En la “Ilustración 82” se indica el modelo que se empleará tal y como aparece en la web del proveedor.

NOVA AL6061 ROAD SS SNGL BEND



NOVA AL6061 ROAD SINGLE BEND SEATSTAY
23/15 OVAL x 1.5 X 540
14.5mm on small end

Details

SKU	NOV_ALSS_RD60_SBD
Quantity in stock	4 item(s) available
Weight	0.45 lbs
New SKU	201745

Price: **\$18.15**

Options

Quantity

[Add to cart](#) [Add to wish list](#)

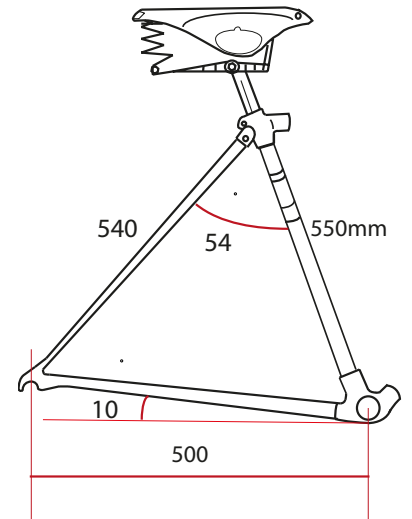


Ilustración 81: Esquema parte trasera Gheppio. Tirantes superiores e inferiores.

Ilustración 82: Captura de pantalla web del proveedor.

11. Imprimación y pintura:

Una vez soldadas todas las partes de la bicicleta eléctrica nos dispondremos a realizar los procesos de pulido, limpiado, imprimación y pintado.

El pulido es un procedimiento fundamental a la hora de conseguir un buen acabado superficial. Se realiza con el propósito de obtener una superficie de alta calidad, caracterizado por la rugosidad y el brillo. Para llevarlo a cabo, emplearemos métodos de abrasión manual y mecánica con discos de diferentes materiales, comenzando por compuestos más abrasivos y acabando con discos de fieltro y algodón.

La imprimación es el proceso por el cual se prepara una superficie para un posterior esmaltado. El proceso de esmaltado o pintado de la e-Bike se realizará por spray para conferir un acabado perfecto. Es éste el paso que dotará a Gheppio de un color u otro. Totalmente personalizable por el cliente. Podemos organizar los pasos que se deben llevar a cabo de la manera siguiente:

- Limpieza del cuadro una vez soldado y pulido. Prepararlo para la imprimación.
- Spray 'Imprimación de plásticos y metales pulidos'. Al ser un metal inoxidable, como es el aluminio, sólo se debe aplicar la imprimación de plásticos y metales pulidos y no requerirá ningún tipo de imprimación antioxidante. Se realizará con pintura electroestática de partículas de polvo con carga positiva que, una vez adheridas al cuadro, se horneará a 200°C para que queden fijadas a la superficie. Este producto con tonalidades grises o rojas, ayudará a crear una capa de anclaje de la pintura que se aplicará posteriormente.
- Spray 'Fondo blanco'. Es un paso opcional que no emplean todos los fabricantes. Yo lo realizaré en la Gheppio puesto que ofrece un mejor acabado y una mayor luminosidad del color a aplicar posteriormente.
- Spray 'Esmalte acrílico brillante' del color deseado. Fase de pintado. Es fundamental realizarlo en pasadas rápidas, finas y uniformes. Se desea que la Gheppio se caracterice por poder ser personalizada en 3 colores diferentes; verde toscana, azul marino o rojo (rojo sangre).

Los diferentes esmaltes son de la marca MTN Mega Colors, con un precio de unos 4,50€ los 600ml.

- Spray 'Barniz acrílico'. Último paso antes de poder decir que el producto está terminado. Se puede escoger entre acabado brillante o mate. El barnizado actuará como protección del color y no supone un gran coste. Realiza una función imprescindible para proteger de rayones y pérdidas de color, muy habituales al circular por el cogollo urbano, dónde al

Fabricación del cuadro

estacionar la bicicleta, los pequeños roces o golpes son casi inevitables. Su precio es de unos 7€ los 400ml.

Finalmente, una vez acabado el proceso de imprimación y pintado nos dispondríamos a montar todos los componentes de la bicicleta y asegurar todas las conexiones de los sistemas eléctricos.



Ilustración 84: imprimación metales pulidos



Ilustración 85: barniz acrílico.



Ilustración 86: esmalte MTN

12. Conexiones y cableado:

Como se comentó en apartados anteriores, todas las conexiones tienen origen en el controlador de la bicicleta eléctrica. El controlador es el “cerebro” de la e-bike y el encargado del correcto funcionamiento de ésta. En el caso de mi diseño, estará situado en la parte inferior del cesto.

Diferenciamos as siguientes conexiones del controlador (véase la “Ilustración 87”):

- Cable motor: cables verde, amarillo y azul. Estos son los tres cables de fase que van conectados al motor.
- Power: estos cables de color rojo y negro son los que se conectan a nuestra batería.
- Thrumb throttle: aquí se conecta el acelerador. Este conector puede tener más o menos cables dependiendo de si el acelerador tiene indicador de batería o un interruptor de encendido y apagado.
- Hall sensor: aquí se conectan cinco cables finos que salen también del motor. Estos sensores sirven para que el controlador sepa el posicionamiento del motor, y que el motor arranque más suave, o se tenga mejor control del mismo a pocas rpm.
- Brake: los conectores brake son para conectar los frenos y tienen la función de que, al accionar los frenos, cortan el empuje y la energía del motor. Los frenos de las bicicletas eléctricas tienen un interruptor dentro, que está presionado a modo de contacto. Al accionar el freno, el interruptor deja de estar presionado y el controlador ordena quitar la corriente al motor.
- Pass: a éste se conecta el sensor de pedaleo. Lo que hace generalmente es medir el número de pedaladas por minuto (la cadencia); cuanto más esfuerzo se requiere, más asistencia y ayuda recibimos del motor.
- Speed signal: para mostrarnos la velocidad, distancias, nivel de batería, GPS... y demás funciones de la pantalla LCD.

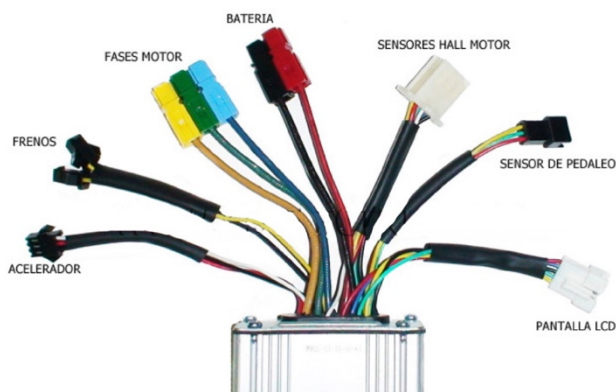


Ilustración 87: controlador y sus conexiones.

Conexiones

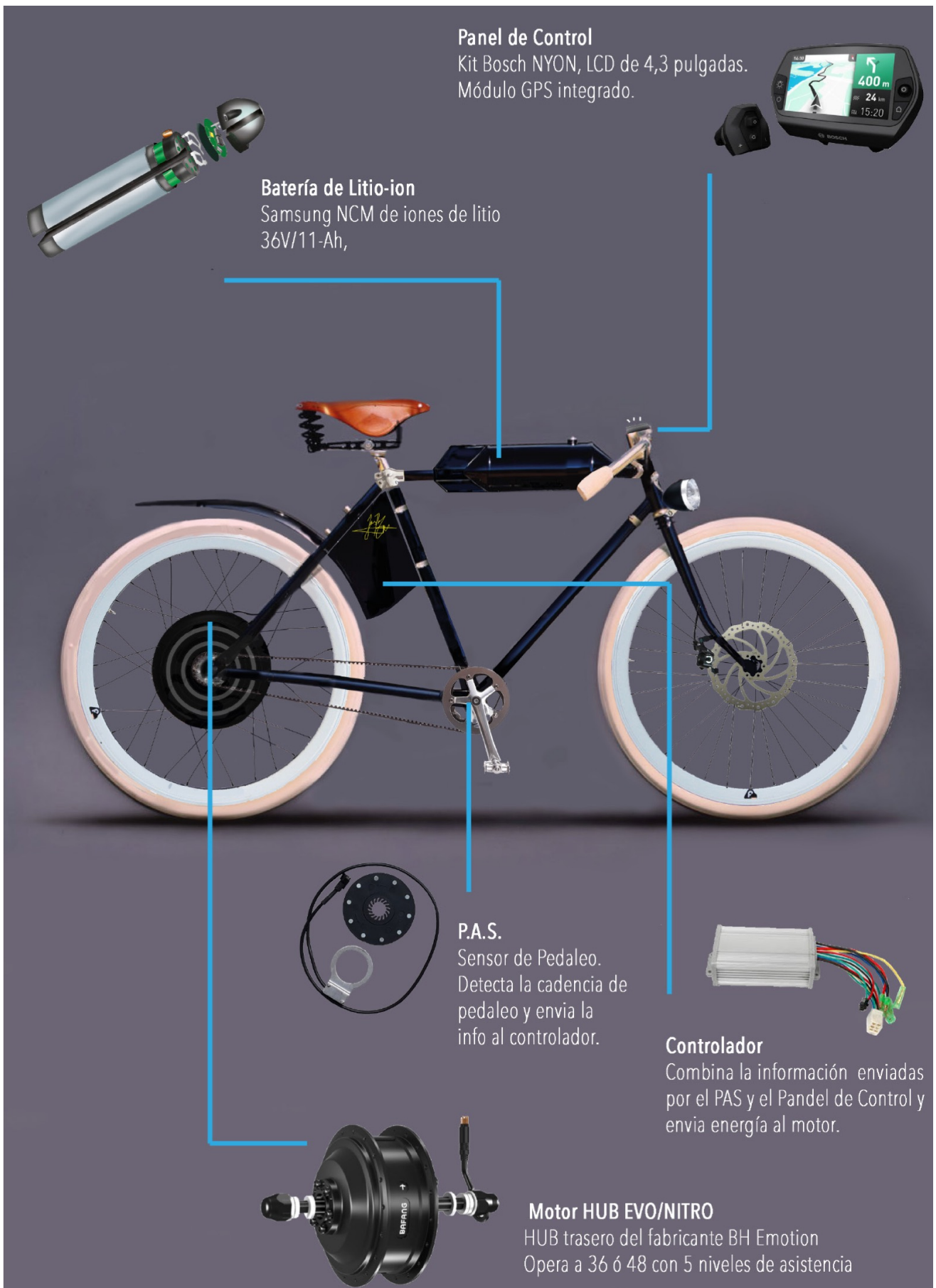


Ilustración 88: render conexionesr Gheppio. Realizado con 3DMax y KeyShot

12.1 Conexiones y cableado del motor:

El cableado del motor es la única conexión de la e-Bike que va por el exterior del cuadro.

Desde el controlador, saldrá por la ranura posterior del cesto trasero, siguiendo por la vaina superior hasta el HUB trasero. Mostrado en color verde; “Ilustración 89”.

Para asegurar el cable (posicionamiento y buen estado) se pueden emplear unas guías que se amoldan perfectamente a cualquier tipo de barra (“Ilustración 90”)

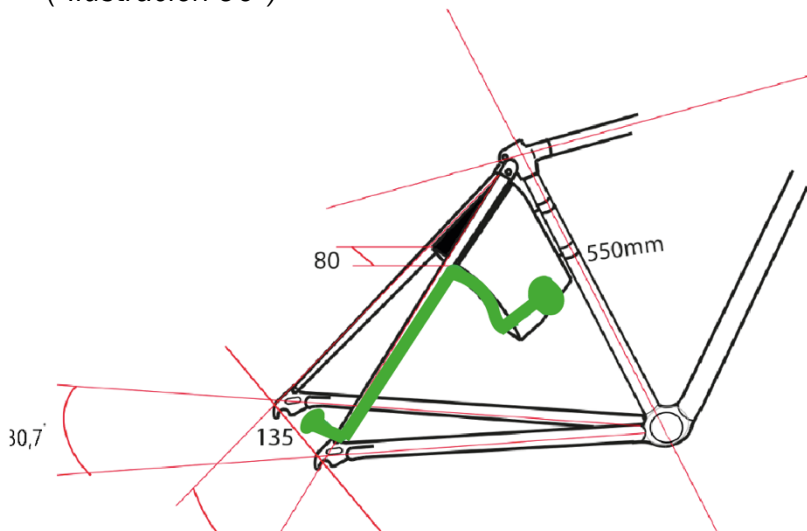


Ilustración 89: recorrido conexión motor HUB trasero

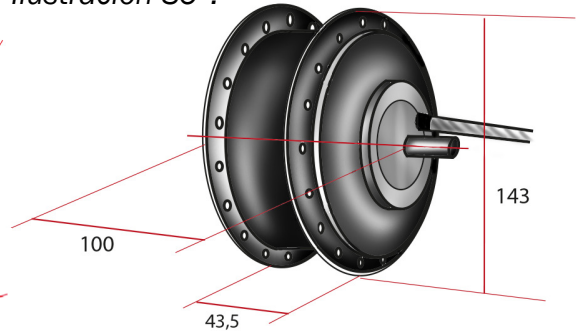


Ilustración 90: guías para cable exterior.

12.2 Conexiones y cableado de la batería:

Desde el controlador, las conexiones entran al cuadro por la barra vertical de forma discreta y casi imperceptible a la vista.

(“Ilustraciones 91 y 92”).



Ilustración 93: Conexión de la batería.

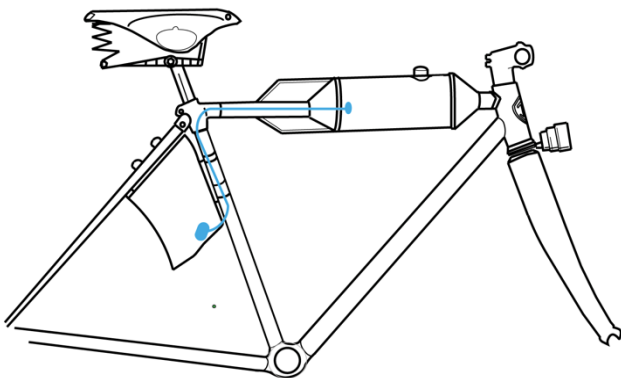


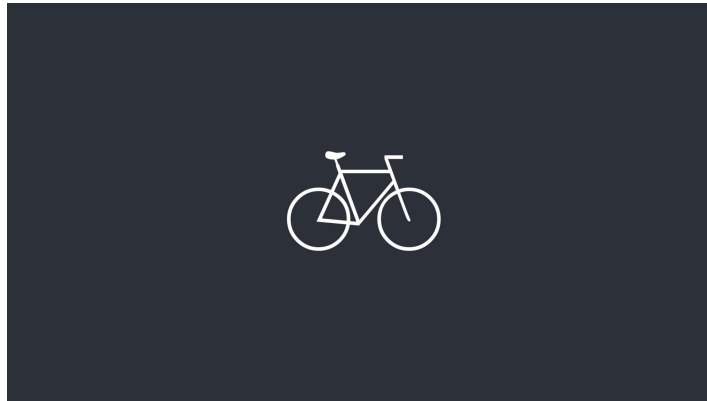
Ilustración 91: recorrido conexión batería.



Ilustración 92: render entrada cable de batería por barra vertical

13. Estudio de resistencias:

e-Bike



| Prototipo Gheppio |

En este apartado, comienzo haciendo una comparativa de los principales materiales empleados en la fabricación de bicicletas. Una vez vistas las ventajas e inconvenientes de unos y otros, me dispuse a realizar un estudio de resistencias conforme a la normativa europea descrita.

Puesto que este Trabajo de Fin de Grado se centra en el diseño estructural de una bicicleta eléctrica, no he profundizado mucho en este apartado. Aun así, consideré oportuno realizar un estudio de la horquilla delantera y del cuadro diseñado para asegurar la viabilidad de la bicicleta.

13.1 Comparativa materiales empleados en ciclismo

Ya concretamos en el apartado de “fabricación” que el marco de la e-bike se fabricaría en aluminio. Para justificar su elección, enumeramos una serie de ventajas que éste material aportaba al cuadro. En este subapartado, se realizará una comparativa de los materiales más empleados en la actualidad, analizando las composiciones, propiedades mecánicas y físicas y aptitudes tecnológicas del acero, el aluminio y el titanio.

Cabe destacar, que se ha decidido no incluir la fibra de carbono en esta comparativa debido a su elevado coste a pesar de ser un magnífico material para la construcción de bicicletas.

- Aleaciones de acero:

El acero es el material que más difusión ha tenido en la fabricación tanto de cuadros como de horquillas a lo largo de los años. Las aleaciones más conocidas en la fabricación son las de cromo molibdeno y la de carbono y magnesio, con las cuales el acero es mucho más resistente. Éste material tiene una gran relación calidad precio, siendo esta la razón de su popularidad.

- Aluminio 6061:

Es denominado duraluminio. Las características de este material son su reducido peso, su gran flexibilidad y una resistencia a fatiga menor al 50% que el Cromoly (acero de aleación Cromo-Molibdeno). Además, tiene una vulnerabilidad a corrosión muy baja, por lo que resulta muy difícil que se oxide. La aleación 6061 está compuesta principalmente de magnesio y silicio. Esta aleación de aluminio tiene una capacidad de soldadura superior a los de la serie 7000.

- Aluminio 7075:

La aleación de aluminio 7075, si bien no es completamente diferentes a la aleación 6061, es más caro y más propensa a la corrosión. La aleación está compuesta principalmente de zinc como el agente aleante, así como también niveles más altos de magnesio y cobre que los que se encuentran en el aluminio 6061. Esta composición hace que la aleación sea tan dura como muchos aceros y que, al mismo tiempo, siga conservando las cualidades livianas del aluminio.

- Titanio:

Presente en el mundo de la bicicleta desde hace unos cuantos años, el titanio nunca ha llegado a ser un material popular, debido, sobre todo, a su alto precio. Esto es debido a que no podemos encontrarlo en estado puro en la naturaleza, sino que se encuentra en forma de óxidos y aleaciones de otros metales. Tiene unas cualidades excelentes para la fabricación de cuadros, ya que posee una baja densidad (mucho menos pesado que el acero) y es muy resistente a la fatiga y a la corrosión, además de su gran elasticidad.

Estudio resistencias

	Acero	Al 6061	Titanio
Peso Específico (gr/cm ³)	7,85	2,70	4,51
Punto de Fusión (°C)	1535	658	1650
Coefficiente de dilatación Térmica Lineal (10 ⁻⁶ °C)	11	23	26
Resistividad Eléctrica (microhmios-cm/cm)	19	2,8	2,4
Resistencia a Tracción (N/mm ²)	370-620	250-300	400-600
Limite Elástico 0,2 (N/mm ²)	240-360	270	500
Módulo Elasticidad (N/mm ²)	200.000	65.000	107.000

Tabla 6: Tabla comparativa de materiales.

- COMPARATIVA ALUMINIO SERIE 6000 Vs SERIE 7000:

Ya hemos hablado de las ventajas e inconvenientes de uno y otro en apartados anteriores. En las "Tablas 7 y 8" se muestran las propiedades mecánicas y técnicas de cada uno.

-6061- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

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

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

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

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

Módulo elástico N/mm ²	Peso específico g/cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 ⁶ K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - μΩ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70.000	2,70	580-650	23,3	T4-155 T6-166	T4-4,3 T6-4,0	T4-40 T6-43	-0,83

APTITUDES TECNOLÓGICAS

SOLDADURA

A la llama
Al arco bajo gas argón
Por resistencia eléctrica
Braseado



MECANIZACIÓN

Fragmentación de la viruta
Brillo de superficie

Estado: 0



Estado: T6

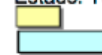


Tabla 7: Aluminio 6061- propiedades.

El aluminio 6061 es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Originalmente denominado aleación "61S".

Estudio resistencias

Tiene muy buenas propiedades mecánicas y físicas, y muy buen comportamiento a soldadura.

Para mejorar aún más las propiedades físicas emplearemos formas templadas; las llamadas 6061-T6. Este será el material empleado en la Gheppio por sus ventajas respecto a los otros materiales estudiados.

-7075- (ALUMINIO – ZINC)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos		Al
Mínimo			1,20		2,10	0,18	5,10		Zr – Ti	Total	
Máximo	0,40	0,50	2,00	0,30	2,90	0,28	6,10	0,20	0,25	0,15	El resto

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

Estado	Espesor	Características a la tracción				Resistencia a la azalladura [N/mm ²]	Dureza Brinell (HB)
		Carga de rotura Rm, N/mm ²	Límite clásico Rp 0,2, N/mm ²	Alargamiento A 5.65%	Límite a la fatiga N/mm ²		
0		225	105		230	150	60
T6	6 – 12	530	450	8	300	350	140
T6	12 – 25	530	450	5	300	350	140
T6	26 – 50	530	450	3	300	350	140
T6	51 – 63	500	430	2	300	350	130
T6	63 – 75	480	410	2	300	350	130
T6	75 – 100	480	390	2	300	350	130
T7351		505	435	13	300	305	140

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

Módulo elástico N/mm ²	Peso específico g/cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1/10 ⁶ K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - μΩ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
72,000	2,81	475-635	23,5	0-175	0-3,8	0-45,5	-0,81
				T6-134	T6-5,2	T6-33,0	

Tabla 8: Aluminio 7075 - propiedades.

13.2 Normativas

Según la Comisión Delegada de la RFEC (REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE CICLISMO), las bicicletas eléctricas están reguladas según la Directiva Europea 2002/24/CE. En este apartado hablaremos tanto de la homologación de vehículos de motor de dos ruedas como de la normativa ISO 4210, que nos cita los requisitos de seguridad para todo tipo de bicicletas.

. Normativa ISO 4210: Es la Normativa Europea relacionada con las bicicletas para adultos. Enfocada a la fabricación de la bicicleta y ensayos estructurales desde un punto de vista de la seguridad de las mismas.

Va detallando punto por punto todo a lo que se le tiene que someter a cada una de las piezas que componen una bicicleta para hacerla segura.

Estudio resistencias

Esta norma especifica los requisitos de seguridad y de funcionamiento para el diseño, el montaje y las pruebas sobre seguridad para bicicletas. Contiene las pautas para las instrucciones en el uso y el cuidado de bicicletas. No se aplica a tipos especiales de bicicletas tales como tándem, bicicletas de juguete, etc.

. **Directiva Europea 2002/24/CE:** Relativa a la homologación de vehículos de motor de dos ruedas. Nos permitirá distinguir un ciclomotor de una bicicleta, y por lo tanto, saber que puede circular por el carril-bici y que no requiere seguro ni permiso de conducir.

Como dice la Norma: “La presente Directiva excluye a bicicletas con pedaleo asistido, equipadas con un motor eléctrico auxiliar, de potencia nominal continua máxima de 0,25 kilovatios, cuya potencia disminuya progresivamente y que finalmente se interrumpa cuando la velocidad del vehículo alcance los 25 km/h, o antes si el ciclista deja de pedalear.”

Como resumen, la legislación de la Unión Europea considera bicicletas eléctricas a aquellos vehículos que cumplen estos 3 requisitos:

- Sólo proporcionan asistencia mientras se pedalea. Por este motivo, pueden tener acelerador siempre y cuando sea efectivo únicamente cuando se pedalee.
- El motor se desconecta a partir de los 25 km/h.
- Su potencia no es superior a 250 W.
- Peso no debe superar nunca los 40kg.

13.3 Estudio de resistencias

Este subapartado se aleja del fin de mi Trabajo de Fin de Grado y, por lo tanto, el estudio de resistencias realizado a continuación es muy básico. Me he enfocado únicamente en el estudio de la horquilla delantera de aluminio y en el cuadro de la bicicleta. En particular, podría hacerlo convenientemente un Ingeniero Mecánico.

- Horquilla de la bicicleta:

La horquilla ha sufrido muchos cambios desde los inicios de la bicicleta hasta nuestros días, intentando optimizar al máximo el diseño de las mismas para obtener una mayor funcionalidad.

Emplearemos una horquilla rígida o sin suspensión para nuestro diseño. El modelo principal de Gheppio lleva una horquilla de aluminio del fabricante Nova, aunque se podría escoger una horquilla de fibra de carbono del mismo fabricante.

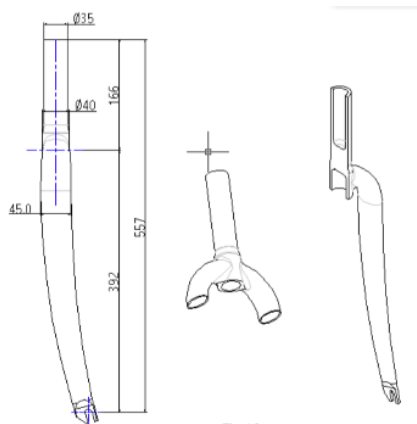
Las horquillas sin suspensión son empleadas en bicicletas urbanas y/o de carretera; ámbitos en los que no existen irregularidades en el terrero o baches. Se componen únicamente de las vainas y de la barra de dirección.

Estudio resistencias

El material que se va a emplear es el aluminio 6061 T6 reforzado de Al₂O₃ al 15%, ya que, por las características tanto mecánicas como físicas, es el más apropiado para unirse por soldadura al cuadro.

La horquilla es un elemento fundamental a nivel estructural en una bicicleta. Al tener que soportar tantas tensiones, el límite elástico es otro factor muy importante. El aluminio que se empleará posee un límite elástico de 317 MPa y una tensión a rotura de 359 MPa (véase la “Tabla comparativa 9”)

Para el estudio estático y dinámico se ha empleado el programa Catia V5. Primero se realizó el modelo geométrico de la horquilla delantera con las dimensiones de la horquilla que adquirimos del proveedor (ver “Ilustración 47”)



Compuesto	Límite elástico (MPa)	Tensión a rotura (MPa)	Elongación (%)	Módulo de Young (GPa)
Al-Mg ₂ Si				
6061 T6	275	310	20	69
6061/Al ₂ O ₃ /15p(T6)	317	359	5.4	87
6061/SiC/15p(T6)	342	364	3.2	91

Ilustración 94: dimensiones horquilla aluminio.

Tabla 9: Propiedades horquilla de aluminio empleada

Se sabe que las horquillas aguantan más verticalmente las cargas, que horizontalmente. En la “Ilustración 95” se muestra el mallado empleado para los estudios realizados de la horquilla por elementos finitos, con una inclinación de 71°.



Ilustración 95: mallado horquilla. Hecho con CatiaV5

En particular, las “Ilustraciones 96 y 97” muestran el comportamiento de la horquilla frente a ciertas fuerzas vectoriales (cargas). En concreto, la fuerza de partida de 1200N (ciclista de 100kg) y las resultantes horizontales y verticales serán respectivamente 951N y 309N.

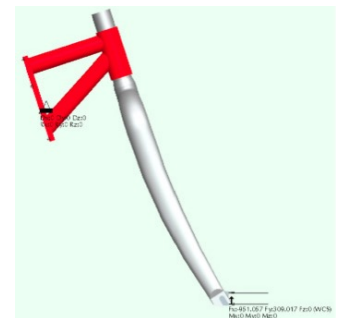
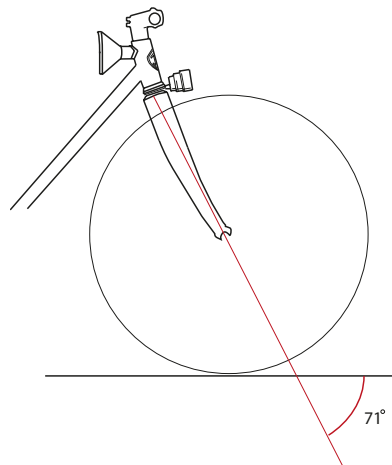


Ilustración 96: Posición horquilla delantera.

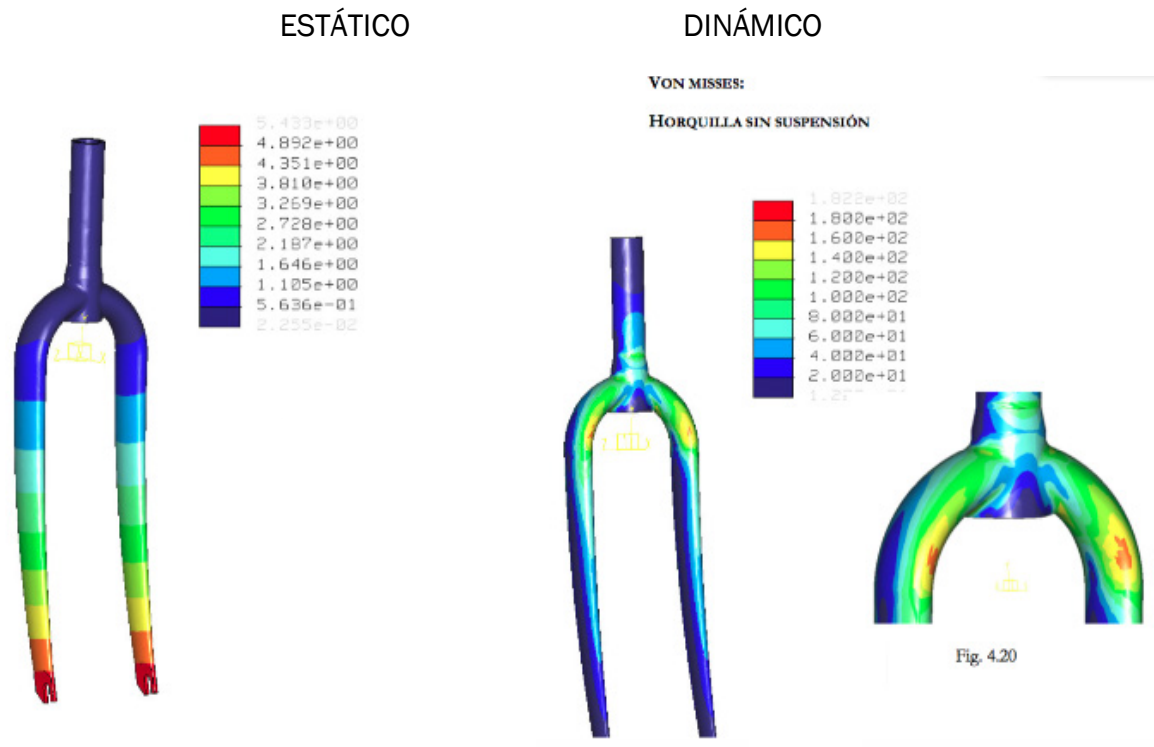


Ilustración 97: Estudio de resistencia estática y dinámica. Hecho con CatiaV5.

Como observamos en la “Ilustración 97”, los esfuerzos a los que se somete la horquilla en ambas situaciones no superan la tensión máxima de rotura. Observamos que en las áreas de color rojo (zonas más expuestas) las tensiones no superan los 100MPa, muy por debajo de los 359MPa soportados por la horquilla.

- Cuadro de la bicicleta:

Tras haber realizado el estudio de resistencias de la horquilla delantera, nos disponemos a realizar un estudio del cuadro de la bicicleta para comprobar su viabilidad.

A simple vista, la estructura tubular de aluminio no debería suponer ningún problema estructural puesto que no presenta excesivos retos de fabricación ni demasiadas formas complejas. Aun así, para demostrar que se cumple la Normativa Europea, vamos a realizar un desarrollo numérico de las zonas más propensas a deformación y, por lo tanto, con mayores esfuerzos: la unión de los tirantes traseros, la barra de potencia, el eje pedalier y la parte superior de la barra vertical.

Comenzaremos aplicando una carga de 1200N en la parte superior de la barra vertical, simulando el peso de una persona de 100kg.

Estudio resistencias

Una vez modelado el cuadro en Catia V5 (“Ilustración 98”) y aplicado el vector de fuerza en dirección vertical hacia abajo, vemos que la deformación máxima soportada será de 0,0019mm,

lo que a nivel estructural no supondría ningún problema y el cuadro sería perfectamente viable si supusiéramos que sólo actúa esa fuerza. Además, el programa nos ofrece datos como la mayor deformación elástica, de 0,000877 mm o la tensión máxima soportada, que será de 6,22 MPa en ese mismo punto.

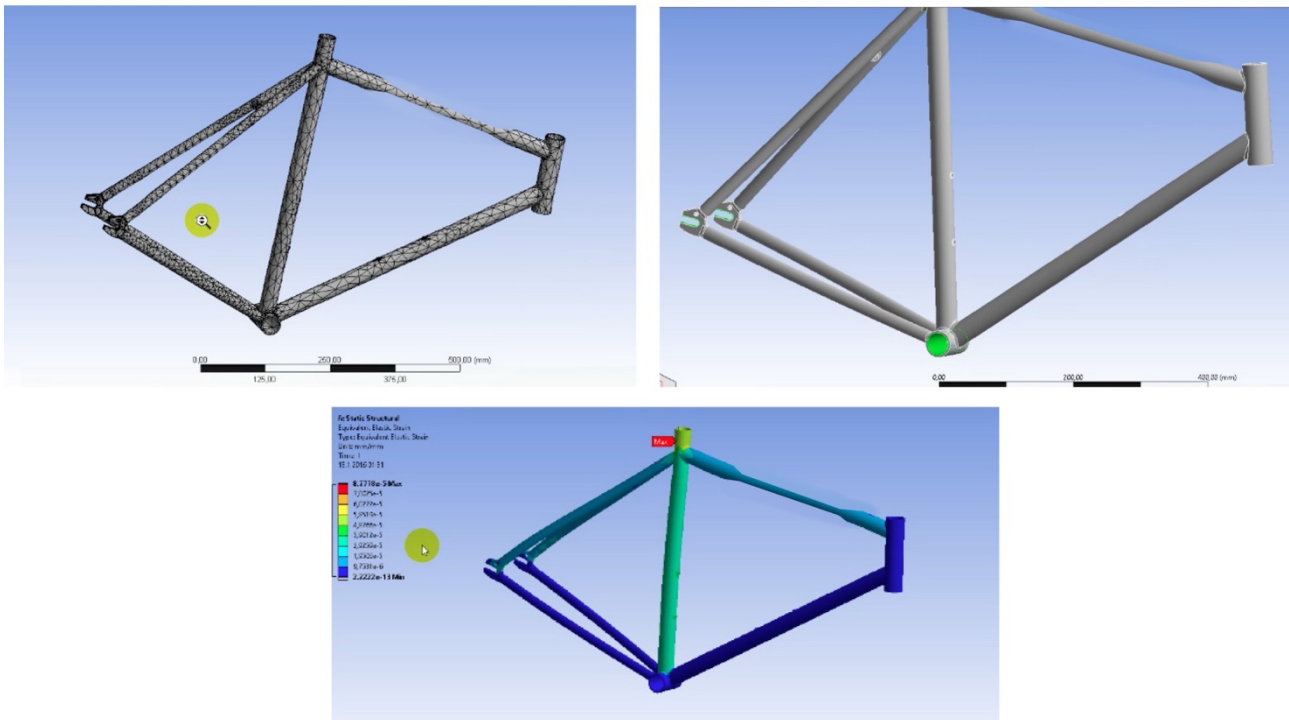


Ilustración 98: Modelado y estudio resistencias cuadro. Captura de pantalla CatiaV5.

Pero en la práctica, el peso de la persona no es la única fuerza que influye. Además, se deben tener en cuenta la fuerza ejercida al pedalear y la fuerza ejercida al apoyarse en el manillar.

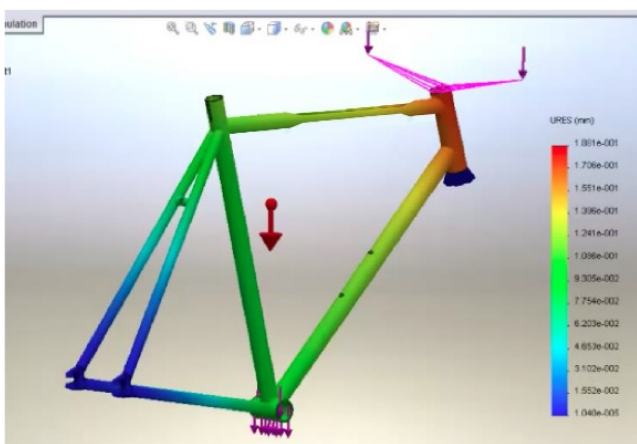


Ilustración 99: Estudio de resistencias en movimiento. Realizado en Catia V5



Ilustración 100: Render Gheppio con vectores de fuerza.

Estudio resistencias

Realizando los ensayos conforme a la norma AENOR: UNE-EN ISO 4210 del 2015, en la “Ilustración 99” se muestra la captura de pantalla del programa Catia V5, en donde, se aplicaron los vectores de fuerza a la altura del manillar y en el eje pedalier. Se observa cómo en la parte delantera del cuadro y en la parte central se acumulan los mayores esfuerzos, con máximos de 6,22 MPa de tensión.

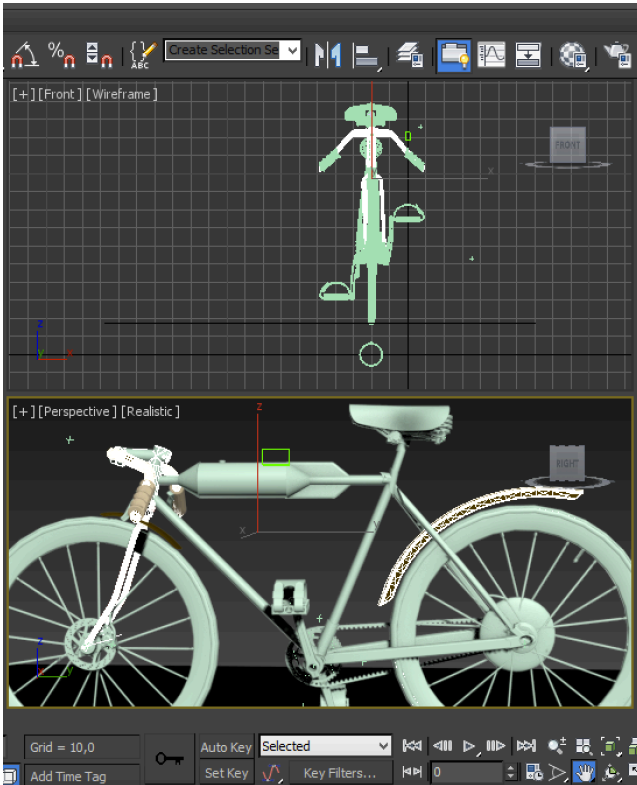


Ilustración 101: mallado Gheppio programa 3DS Max.

En el caso del manillar, repartí la carga de 1200N que marca la Normativa en dos vectores, con una separación de 30cm (600N cada uno). En el eje de pedalier repartí la fuerza en una superficie de 68x35mm (superficie correspondiente a la caja de pedalier de mi diseño).

Los resultados mostraron que la deformación máxima en mm (URES) será de 0,1951 mm en la barra de potencia de la bicicleta, siendo mínimos los esfuerzos soportados por la caja de pedalier. Por tanto, el rendimiento del diseño no supondrá ningún problema estructural mientras se pedalea.

14. Renders finales Gheppio:

Para concluir el TFG, presento diferentes formas de ver la e-Bike Gheppio. El resultado es un modelo clásico y sofisticado, frente a otro con una línea más deportiva con elementos en fibra de carbono.

La idea es poder personalizar la Gheppio a tu gusto y hacer que sea una experiencia más personal y único para cada cliente.



Ilustración 102: Render final 1



Ilustración 103: Render final 2

Renderizado

“Gheppio, la bicicleta eléctrica para los amantes de lo clásico”

Para realizar estos renderizados utilicé el programa 3DS Max, el cuál aprendimos a manejar en la Universidad de Valladolid y me ha sido de gran ayuda en muchos otros proyectos, ya que te permite plasmar las ideas con mayor claridad y hacer tu diseño más atractivo.

Es un programa de modelado muy completo que permite además importar piezas de otros programas de modelado 3D, como Catia V5. Una vez hecha la malla de puntos permite añadir texturas de infinidad de materiales, luces, fondos, incluso realizar animaciones en movimiento con los objetos mallados.

Además de este programa, exporté los modelos que había modelado al programa KeyShot. Con este otro programa inserté mi modelo de Gheppio en fotografías reales para dar mayor realismo al producto. Podemos ver el resultado en las “Ilustraciones 105 y 106”.

Por último, para ajustar las luces y mejorar la composición, edité los renderizados con el programa Adobe Photoshop y su completo editor de imagen.

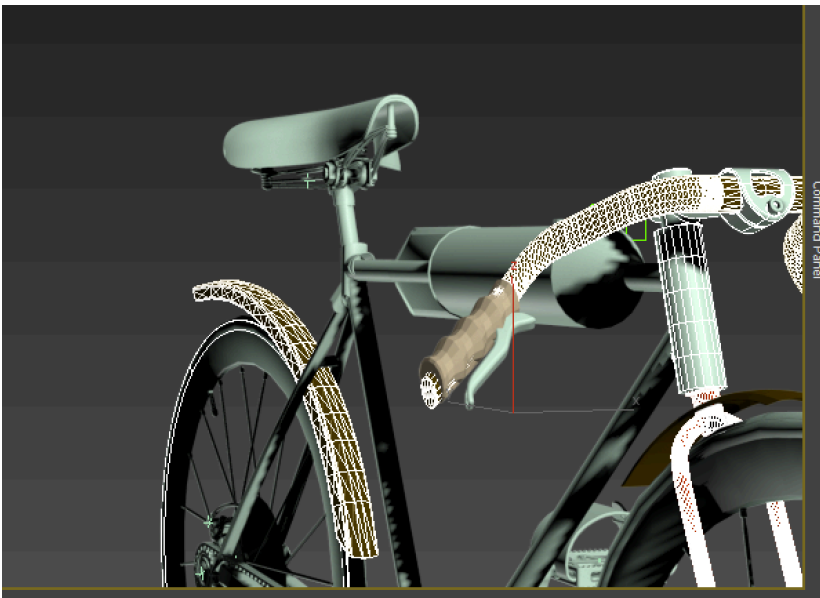


Ilustración104.1: Modelado bicicleta antes de agregar texturizados. 3DS Max

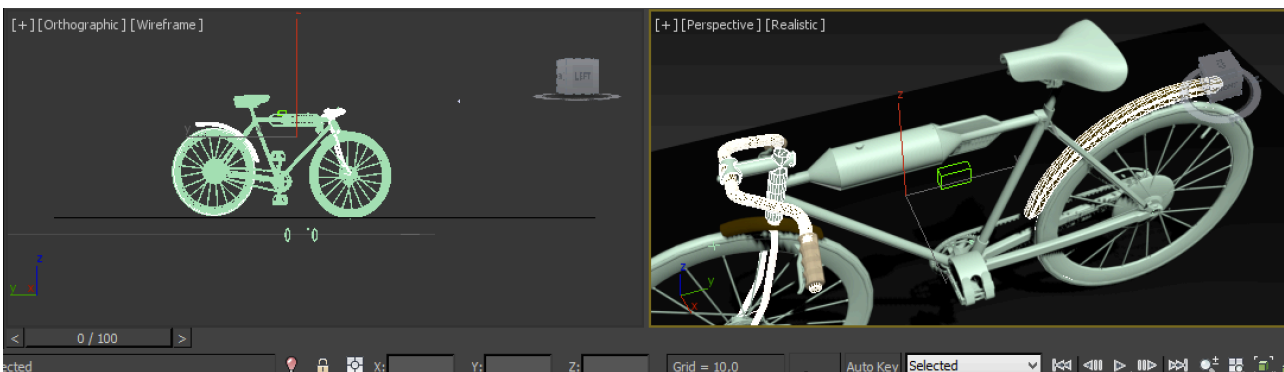


Ilustración 104.2: Vistas modelado antes de agregar texturizados. 3DS Max

Renderizado



Ilustración 105: Render final 3.



Ilustración 106: Render final 4.

Renderizado

15. Marca:

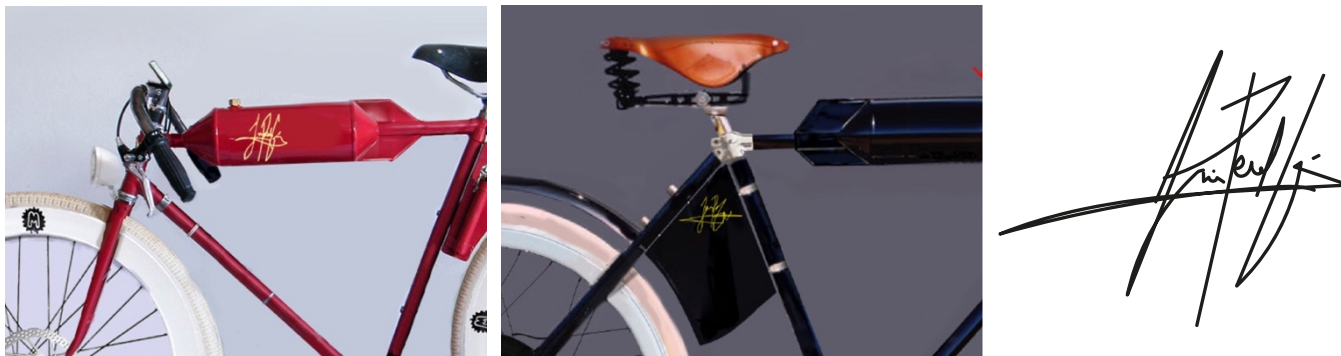


Ilustración 107: Logotipo secundario.

Logotipo secundario marca:

La firma que presenta la "Ilustración 107", puede ser empleada como logotipo secundario en este diseño. En concreto, la he empleado para firmar todos los diseños de productos a lo largo de la carrera. Quería incorporarla en el diseño de alguna manera, puesto que me parece algo muy representativo de todo lo que he creado o trabajado. En la Gheppio podrá situarse en el depósito de la batería o en compartimento trasero (dependiendo del modelo).



Logotipo principal de la marca:

"JP" son las iniales de mi nombre y primer apellido. Será el logo de marca y estará situado en la parte frontal del cuadro, realizado en chapa metálica con un acabado pulido.

Ilustración 108: Logotipo principal de la marca.

Modelo de la marca: Gheppio (cernícalo), en italiano.

Desde siempre me ha apasionado la ornitología; el estudio de las aves y, en concreto, el arte de la cetrería. Por lo general las aves rapaces son ejemplares fuertes. Sus garras y picos tienden a ser relativamente grandes y potentes. El término "rapaz" se deriva de la palabra latina *rapere*, es decir, "apoderarse" o "tomar por la fuerza".

Me parecen animales fuertes y agresivos, pero al mismo tiempo son estilizadas y muestran gran elegancia en su vuelo. De alguna manera, quise plasmar todas estas características que las definen en mi diseño en el presente TFG.

Renderizado

Escogí “gheppio” por ser un ave rapaz diurno de pequeño tamaño. Para mí, éste ave posee todas las cualidades que quería que tuviese mi bicicleta eléctrica: ligereza, agilidad, elegancia, velocidad y agresividad.

Quise plasmar estas cualidades en la tipografía diseñada. El primer paso a la hora de hacer un diseño tipográfico es escoger el concepto básico, el que queremos transmitir, y a partir de aquí, decidir sobre cuál es la manera tipográfica más adecuada para transmitir ese concepto.

En cuanto a la macrotipografía, es decir, la composición, distribución, organización de los elementos; espacio, posición, etc., quise transmitir agilidad y unidad. Se trata de la primera impresión y, por lo tanto, quise dar la sensación de conjunto.

También me pareció fundamental la microtipografía, es decir, los detalles, la esencia, las forma de las letras, líneas, etc., los cuales, normalmente no son detectados conscientemente pero sí de forma inconsciente.

Las letras curvas empleadas podrían entrar dentro del tipo “fantasía-caligrafía”. Se caracterizan por ser fuentes únicas y, por lo tanto, con mucha personalidad. El hecho de ser letras “caligrafía” muestra elegancia, refinamiento, fragilidad, delicadeza... y al estar todas unidas sin separación entre ellas, junto con la línea inferior ascendente y la silueta del cernícalo al final, dan una sensación de espontaneidad, rebeldía, velocidad y libertad.

The image shows the word "Gheppio" written in a highly stylized, cursive script. The letters are thick and black, with a fluid, interconnected quality. The word is written in a slightly upward curve. At the end of the word, there is a silhouette of a bird in flight, with its wings spread, as if it is the letter 'o' or a decorative flourish. The background is plain white.

Ilustración 109: Nombre de mi bicicleta eléctrica.

16. Conclusiones:

Los objetivos que se fijaron al inicio del proyecto se han cumplido y el proyecto se ha desarrollado durante una movilidad Sicue, lo que me ha permitido aplicar conocimientos aprendidos en la Universidad de Valladolid y en la Universidad Politécnica de Madrid.

Los aspectos de diseño y la viabilidad de producción han sido los aspectos más importantes y los que más tiempo han requerido. También ha sido de gran importancia el estudio de mercado previo, los últimos avances en los sistemas eléctricos a día de hoy y el conocimiento de cómo funcionan cada una de las partes de una e-bike.

La buena disposición de la empresa Yamimoto; empresa madrileña que ofrece soluciones de movilidad sostenible en forma de bicicletas eléctricas, modernas y de altas prestaciones, ha ayudado a desarrollar este TFG. Crean diseños basándose en la eficiencia y la ecología. Les agradezco los conocimientos aportados y el haberme mostrado su trabajo en este campo de las bicicletas eléctricas, en el que llevan más de 10 años trabajando.

En el trabajo, el modelado ha requerido de más tiempo porque me serviría posteriormente para realizar los renders del diseño final, mostrar planos y dimensiones de manera más detallada y poder realizar un estudio de resistencias y viabilidad del producto.

La experiencia general ha sido muy buena. Los profesores me han guiado de manera exitosa durante todo el proyecto, y he mejorado muchas habilidades.

Para el futuro, espero poder seguir estudiando el campo de la propulsión eléctrica y otras energías alternativas puesto que me parece que son el futuro y aún hay mucho que mejorar en este campo. También me gustaría seguir aprendiendo programas y software en diseño 3D.

Conclusiones

17. Bibliografía:

Libros:

(1) Historia de la bicicleta. El gran cambio de las bicicletas eléctricas y su evolución. La bicicleta eléctrica como medio de transporte y su futuro. Crear ciudades más silenciosas y sostenibles.

Dani Cabezas (2016), "La revolución silenciosa. La bicicleta como motor de cambio en el siglo XXI", España, Reportajes 360°.

Web:

Todos los enlaces presentes en este apartado han sido comprobados y verificados a fecha de 4 de septiembre de 2017.

(1) Introducción y componentes de las bicicletas eléctricas:

<https://www.bicicletaselectricas.info>

(2) Principales componentes de las bicicletas eléctricas:

https://www.trekbikes.com/es/es_ES/bicicletas-eléctricas/c/B507/

(3) Cómo funciona una bicicleta eléctrica:

<https://bicicletaselectricas.wordpress.com>

(4) Nuevos modelos de e-bikes del mercado:

<https://electricbikereview.com>

(5) Cifras y datos estadísticos de las ventas en España:

<http://www.ciclosfera.com/bicicletas-vendidas-espana-2016-2/>

(6) Definición, componentes y funcionamiento de una bicicleta eléctrica:

<http://vehiculoselectricos.nichese.com>

(7) Información y consejos sobre bicicletas eléctricas:

http://bicicletaselectricas.com/tecnologia_bicicleta_electrica.htm

<http://bicicletaselectricas.com>

(8) Las baterías de ion-litio, funcionamiento:

https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_ion_de_litio

Bibliografía

(9) Página proveedora de componentes de mi diseño. Distribuidor de piezas y componentes norteamericano:

<http://www.cycle-frames.com/bicycle-frame-tubing/home.php>

(10) Mejores bicicletas eléctricas del mercado 2017:

<https://www.bicycleadvisor.com/best-electric-bike/>

(11) Página oficial de fabricante de bicicletas eléctricas español Yamimoto:

<http://www.yamimoto.com>

(12) Inspiración moto clásica Indian:

<http://classic-moto.blogspot.com.es/2009/06/indian-twin-1908.html>

(13) Legislación y Normativa de las e-bikes:

<https://www.bicicletaselectricas.info/legislacion-y-normativa/>

(14) Componentes para una bicicleta eléctrica. Baterías y kits de conversión:

<http://ruedaselectricas.com>

(15) Información sobre la tecnología de hidroformado. Pasos y proceso de fabricación:

<http://hidroformado.weebly.com>

(16) Materiales más empleados en cuadros de bicicletas. Ventajas y características de unos y otros:

<http://lostajas.blogspot.com.es/2012/01/materiales-para-bicicletas.html>

(17) Estudio de las propiedades de los metales:

<http://aluminiosymetalesunicornio.com.mx>

(18) Información y propiedades de diferentes materiales metálicos:

<http://www.alacermas.com>

(19) Página oficial de fabricante de e-bikes marca OTO:

<http://otocycles.com>

(20) Página oficial de fabricante de e-bikes marca Faraday:

<https://www.faradaybikes.com>

Bibliografía

(21) Página oficial de fabricante británico Brooks. Sillines y accesorios para bicicletas hechos a mano:

<http://www.brooksengland.com>

(22) Inspiraciones motocicletas antiguas:

<http://classicharley.com>