

Diseño de una motocicleta deportiva eléctrica

Àlex Salmerón Ruiz

Resumen

El proyecto trata de implementar todos los conocimientos adquiridos durante los años de estudios y aplicarlos al sector automovilístico. El objetivo principal es diseñar una motocicleta deportiva con una mecánica eléctrica de altas prestaciones, desde los primeros bocetos hasta un primer prototipo en 3D.

Éste prototipo inicial, tratará de sentar unas buenas bases en cuanto a estudios, dimensiones y diseño, para en un futuro proyecto poder analizar y verificar cada uno de los elementos de esa motocicleta por separado, para lograr que cumplan todos los requisitos.

Para ello se ha realizado un estudio de todos esos elementos necesarios para poder realizar un primer prototipo. Empezando por buscar el conjunto motor adecuado. De esta forma, una vez claras las dimensiones y datos técnicos del motor y las baterías, se ha seguido eligiendo y diseñando el resto de componentes que se han precisado para su correcto funcionamiento, tanto eléctricos como mecánicos.

El diseño, tanto estético como funcional de cada uno de los elementos, también ha sido un apartado importante en el desarrollo del proyecto para poder remarcar el carácter deportivo del vehículo y dotarle de un estilo propio.

1. Introducción y objetivos

En éste sector, una parte que está en auge es el de las eléctricas, debido a que cada vez más se trata de reducir el número de emisiones contaminantes a la atmósfera, y se tiende a depender menos de los combustibles fósiles, por lo que se podría decir que de aquí en adelante éste tipo de vehículos aumentará considerablemente, pasando a ser el tipo de automóviles por excelencia.

Actualmente la mayoría de éstos modelos, están destinados a los centros urbanos, ya que es donde se suele concentrar el mayor número de gases contaminantes y a que el desarrollo actual de las baterías les permiten una autonomía escasa, y por consecuencia, unas prestaciones a la par. De esto último, se han dado cuenta en el sector y ya se empiezan a encontrar en el mercado motores compactos y potentes que son desarrollados directamente en motocicletas de competición, donde alguna de esas escuderías están

empezando sacar al mercado, motocicletas con grandes prestaciones y aptas para la vía pública.

Por ello, el objetivo principal del trabajo consistirá en realizar un primer prototipo de uno de estos modelos, el cual servirá para sentar las bases en cuanto a estudios, dimensiones y diseño de todos y cada uno de los componentes que conforman una motocicleta, para después, en un futuro proyecto, poder analizar y verificar cada uno de esos elementos por separado, para que cumplan con todos los requisitos necesarios, para finalmente hacer una motocicleta de producción, pero siempre tomando como referencia todo el trabajo realizado hasta ahora.

Primero se comenzará por hacer un estudio de campo, para buscar el conjunto motor que mejor se adapte a las características que se requieren. De esta forma, una vez que se tengan claras las dimensiones, se podrán empezar a elegir y diseñar todos los demás elementos que se precisen para el correcto funcionamiento de la motocicleta.

2. Ventajas y desventajas del vehículo eléctrico

El hecho de decantarse por este tipo de mecánica viene dado por una serie de características que hacen más interesante utilizar dicha energía como principal alternativa a la mecánica clásica

Ventajas:

- **No más gasolineras:** se tiene la facilidad de poder cargar las baterías en casa o en el puesto de trabajo, gracias a una toma de corriente con pequeñas modificaciones.
- **Menos contaminación:** tanto acústica como de emisiones. Los motores no emiten ningún sonido molesto y utilizan solo electricidad, por lo que no emiten ningún tipo de contaminación.
- **Ahorro:** el consumo eléctrico de una carga completa es de entorno a 1,5 euros. También se ahorra al aparcar, ya que hay zonas que para ellos son gratuitas e incluso se pueden encontrar plazas especiales con toma de corriente incluida.
- **Más eficaces:** la mayoría de motores eléctricos tiene una eficacia mecánica entorno al 90%, mientras que en los de combustión se está por debajo del 40%.

- **Mecánica más simple:** más simple significa menos piezas, por lo que tener una avería mecánica es menos probable.

- **Gran par motor:** producen un elevado par motor a bajas revoluciones, incluso desde parado, lo que proporciona una potencia de arranque mayor que en cualquier otro motor.

Desventajas:

- **Tomas especiales:** si se va a cargar en la red doméstica, se recomienda la instalación de una toma de corriente especial, que cuesta unos 2000€, que hay que sumar al total del vehículo, que ya de por sí no es barato.

- **Estaciones de servicio:** actualmente el número de estaciones es muy reducido, por lo que si en casa no se cargan las baterías o hay algún problema con el suministro eléctrico, no habrán muchas otras alternativas para recargar el vehículo. Aunque presumiblemente aumentarán en los próximos años.

- **Talleres:** a no ser que lo lleves al taller oficial, no hay muchos talleres que estén especializados en vehículos eléctricos. Aunque también es previsible que aumenten debido a la demanda que suscitarán.

- **Tiempos de recarga:** las baterías actuales necesitan tiempos de recarga de hasta 8 horas. En algunas ocasiones los fabricantes añaden la posibilidad de cargarlas mediante supercargadores, que reducen el tiempo a pocas horas o incluso minutos.

- **Caros:** debido al coste baterías, los vehículos eléctricos son bastante más caros que sus equivalentes de combustión.

- **Poca autonomía:** las baterías que se utilizan tienen una densidad energética muy baja y un volumen muy alto, por lo que se hace imposible colocar baterías suficientes en el mismo espacio y controlando los pesos, lo que reduce considerablemente la autonomía.

- **Pesados:** por el mismo motivo que en el punto anterior, si se quiere aportar una autonomía parecida a la del resto de vehículos, el número de baterías será mayor, aumentará el peso total.

- **Vida útil:** las baterías actuales tienen una vida útil de entre 4 y 6 años, por lo que pasado ese tiempo habrá que desembolsar una gran cantidad de dinero para sustituirlas.

2.1. Conclusiones

Las ventajas que aportan este tipo de vehículos son muy beneficiosas para todo el mundo, con lo cual, está tecnología debe avanzar, y presumiblemente lo hará en los próximos años debido a la gran concienciación global que existe de cada vez consumir menos recursos no

renovables a favor de este tipo de tecnologías. Todo ello, hace que las desventajas que ahora parecen muchas, se vean reducidas en un futuro muy cercano, debido principalmente a que las grandes empresas del sector están invirtiendo mucho dinero en investigar la manera más factible de que esto se lleve a cabo. De modo que definitivamente se elige esta tecnología para implementarla al diseño de motocicleta que se va a realizar.

3. Elección de componentes

Antes de nada hay que analizar cada uno de los componentes necesarios para que una motocicleta funcione, así como los elementos electrónicos básicos para poder utilizar una mecánica eléctrica.

También hay que empezar a dimensionar cada uno de ellos, para que las medidas sean las correctas, ya que en una motocicleta de características similares, las cotas son muy importantes para un buen comportamiento en carretera.

3.1. Apartado motor

Primero de todo, se empezará por definir el conjunto motor que se utilizará.

Como se quiere utilizar una gran potencia, se determina que el motor que debería llevar tendría que ser de unos 200 CV, que equivalen a unos 150 kW de potencia, para poder equipararse con las mejores modelos del mercado.

Se estudian los diferentes tipos que existen y se determina que la mejor tecnología es la del motor síncrono de imanes permanentes con rotor de jaula de ardilla, que soluciona la carencia de par de arranque de los motores que trabajan en sincronismo, ya que aportan grandes ventajas como gran potencia y compactación del conjunto. Una vez estudiados los diferentes tipos, se pasa a buscar el modelo exacto.

Para ello se pone en contacto con varios distribuidores de estos tipos de motores y se les explica detalladamente cuales son las características que se buscan.

También informan sobre la utilización de determinados componentes, a parte de las baterías, que son básicos para que el motor eléctrico funcione.

Estos componentes son:

- **Unidad de transmisión de potencia:** es la encargada de llevar la energía de las baterías hasta el motor y regularla dependiendo de la cantidad de potencia que requiera el conductor en cada momento.

- **Sensor del acelerador:** La potencia que requiere el conductor se analiza a través de un sensor situado en

acelerador de la moto, que dependiendo del ángulo de giro de éste, enviará una señal diferente al inversor, para suministrar la cantidad de potencia necesaria al motor.

- **Transformador de corriente:** este componente no es estrictamente necesario, pero para que una motocicleta de calle pueda tener todos los pequeños elementos eléctricos que necesita y que funcionan a 12V, requiere de un transformador de corriente para variar la que sale de las baterías hasta esos 12V.

Aparte, también aportan datos y precios de modelos determinados de todos esos componentes que van en consonancia unos con otros.

3.1.1. Motor

Los distribuidores aconsejan la utilización del motor Remy HVH250-115DO. Dicho motor aporta una potencia de 150kW y está siendo utilizado en varias motocicletas del campeonato de motociclismo eléctrico TTXGP, y en modelos que estas escuderías han podido llevar a producción y venderlas para un uso público.



Ilustración 1 Remy HVH250-115DO

Tabla 1 Datos técnicos motor Remy HVH250-115DO

150kW Síncrono de imanes permanentes	
Voltaje	380 V
Corriente	800 A
Potencia continua	90 kW
Pico de potencia (60 segundos)	150kW
Par motor continuo	220 Nm
Pico de par motor (60 segundos)	400 Nm
Peso sin ensamblar	41 kg
Peso total ensamblado	57 kg
Revoluciones por minuto (rpm)	10,500 rpm
Refrigeración	Líquida por aceite

3.1.2. Unidad de transmisión de potencia

Para la unidad de transmisión de potencia aconsejan el modelo RMS P100DX de la casa Rinehart Motion. Funciona con un voltaje de hasta 400V, suficientes para hacer funcionar el motor que trabaja a 380V. Tiene unas dimensiones que encajan perfectamente en el conjunto con un peso de solo 7,5 kg. Cuenta con protección IP65 que lo protege contra el polvo y contra el agua y al igual que el motor también incorpora un sistema de refrigeración independiente, por lo que no sería necesario ningún otro sistema de refrigeración aparte.



Ilustración 2 Inversor RMS PM100DX

3.1.3. Transformador de corriente

Para el transformador, aconsejó el de la marca Brusa, concretamente el modelo BSC624-12V



Ilustración 3 Transformador BSC624-12 V

Este modelo trabaja con un rango de voltajes de entrada que van desde los 220V hasta los 400V, suficientes para el proyecto. Además cuenta con unas dimensiones reducidas y al igual que el resto, un sistema de refrigeración líquida integrado. Pesa tan solo 4,8 kg y también cuenta con protección IP65 que lo protege contra el polvo y contra el agua. Como conectores, tiene un conector de 23 pines para conectar cualquier componente que requiera alimentación a 12V y tiene también una entrada de corriente con conector rápido para poder manipularlo más fácilmente y sin problemas.

3.1.4. Sensor de posición del acelerador

Y para el sensor de posición se utilizará una empuñadura que básicamente es igual al acelerador de una motocicleta convencional, al cual se le añade el sensor de posición

para que en vez de funcionar de forma mecánica, lo haga únicamente de manera eléctrica.



Ilustración 4 Sensor de posición

3.1.5. Baterías

En cuanto a las baterías existen muchos modelos, pero después de analizar las clases de baterías más utilizadas del mercado, se concluye que la tecnología que está más avanzada actualmente, es la de litio, pero de estas también existen de diversos tipos, así que se hace un segundo análisis donde se encuentra un modelo concreto de baterías que llaman mucho la atención, las de polímero de grafeno.

Este tipo de baterías, se encuentran aun bajo desarrollo, pero son muchos los fabricantes, algunos de ellos grandes conocidos del sector, que se están interesando por ellas y que están estudiando cómo implementarlas en sus productos, por lo que probablemente salgan en un futuro próximo al mercado.

Concretamente la batería de este tipo que tiene más números de salir al mercado es la de Polímero de Grafeno de la empresa española Graphenano™, con la que se logró poner en contacto y muy amablemente nos aportaron algunos datos para poder seguir adelante, y aunque algunos datos sean aun confidenciales, ha asegurado que la densidad energética con la que están trabajando es de 640 Wh/kg y 404 Wh/L, y que esperan salir al mercado durante el segundo semestre de este 2015. También aseguran que este tipo de tecnología soportaría cargas completas ultra-rápidas de tan solo 8 minutos, aunque para ello sería necesario una instalación completamente preparada para ello que de momento solo existe de forma experimental.

Estas características son muy prometedoras, ya que casi triplican la energía acumulada de las mejores baterías de hoy en día, con lo cual se conseguiría reducir su peso a un tercio, punto a tener muy en cuenta en los vehículos eléctricos. En cuanto a precio, se estima que en un futuro serían capaces de rivalizar con las baterías de Plomo-Acido, aunque cuando salgan al mercado, lo tendrán que hacer con un precio acorde a una tecnología nueva y de características tan llamativas.

Con estos datos se procede a dimensionar las baterías. Hay que tener en cuenta que aporten una autonomía de entre 250-300 km, que es más o menos la autonomía de una motocicleta de esas características pero de

combustión. Se determina finalmente que debería tener unos 18 kWh de autonomía, por lo que jugando con los números que aportaron los de la empresa de las baterías y teniendo en cuenta las dimensiones que iba a tener, tanto de distancia entre ejes, como del largo del basculante y del ancho total, se concluye que sus dimensiones deberían ser de 30x30x50 con un peso de 28,125 kg y un volumen total de 44,55 litros.

Más tarde también se le añadirían los anclajes necesarios para colocarla en el chasis y poder anclar los diferentes componentes que necesita a la caja que la recubre.



Ilustración 5 Baterías acabada

3.1.6. Transmisión

El motor que se ha escogido no necesita una caja de cambios, ya que es capaz de transmitir toda la potencia desde su eje directamente a la rueda, únicamente haciendo uso de ese sistema piñón-cadena-corona. Por lo que se tratará de ajustar los dientes de la corona con los del piñón, para lograr encontrar una buena relación.

Dependiendo del basculante que se vaya a utilizar, si es monobrazo o no, se utiliza un anclaje de corona diferente, debido a que ésta no puede anclar al tipo de llanta del monobrazo. Por lo que hay que determinar antes el tipo de basculante que se utilizará, para saber que componentes se deberán escoger.

3.1.7. Conector

Para el conector de corriente de las baterías, se han analizado los diferentes sistemas que existen y las capacidades que tiene cada uno de ellos, para ver cuál es el que más se ajusta al proyecto.

La comisión europea ha impuesto que a partir del 2018, habrá un sistema único de carga, para así unificar fuerzas y desarrollar mejor esta tecnología, por lo que los demás sistemas quedarán obsoletos en el antiguo continente a partir de esa fecha.

El conector elegido es el CCS combo 2, ya que combina el estándar que se instaurará en un futuro próximo en toda Europa con la posibilidad de la recarga ultra rápida. Por lo

que al tipo de conector que se utilizará se podrán conectar dos tipos de conectores distintos, para poder realizar el tipo de carga que se necesite en cada momento.

Con este conector se puede realizar cargas de hasta 200A, que son unos 120 kWh con lo que las baterías de 18kWh podrían recargarse completamente en menos de 10 minutos si la red de suministro permite dicha intensidad.



Ilustración 6 CCS combo 2

3.2. Suspensiones

En cuanto a las suspensiones, se han estudiado los diferentes tipos que hay y se ha determinado que los sistemas que están más evolucionados y que aportan mejores prestaciones son las horquillas telescópicas invertidas para el tren delantero y para el trasero un amortiguador hidráulico con sistema de bieletas que aportan al conductor mejores sensaciones al tener un recorrido mucho más progresivo.

La marca elegida para suministrar el equipo es Öhlins, que actualmente es la marca líder en el sector y la que más acogida tiene entre los principales fabricantes para utilizar en sus modelos más representativos, debido principalmente a su larga experiencia en competición.

Finalmente se logró poner en contacto con el distribuidor oficial en España quien informó sobre un modelo de cada tipo de suspensión, dependiendo de las características que iba a tener la motocicleta.

Para el tren delantero aconsejó el uso de la horquilla Öhlins FGRT200, que aunque existe un modelo superior, ese está diseñado especialmente para el mundo de la competición y hay para el usuario de a pie, las diferencias son casi inapreciables para desembolsar los más de 10.000€ de diferencia que hay entre un modelo y otro.



Ilustración 7 Öhlins FGRT200

Y en la suspensión trasera, dijo que el modelo TTXGP es el más evolucionado que tienen actualmente.



Ilustración 8 Öhlins TTXGP

También hay otros elementos que tiene que ver con la suspensión, como el anclaje de ésta, que se diseñará más adelante y el amortiguador de dirección.

Aunque de este último no hay mucha variedad para motocicletas de carretera, Öhlins también tiene un modelo para este, que es el lineal SD.



Ilustración 9 Öhlins lineal SD

3.3. Llantas

Normalmente cada fabricante opta por diseñar sus propias llantas, aunque en la mayoría de casos, para sus motos más deportivas, acuden a un fabricante externo para el desarrollo de una llanta con el menor peso posible. Este método, aparte de asegurar un buen resultado, aporta cierto renombre a la versión en la que se utiliza, si el fabricante es muy importante. En este caso, un fabricante muy conocido dentro del sector es Marchesini, a la cual la avalan los muchos años que lleva utilizándose en la máxima competición.

Existen diferentes modelos, en aluminio o en magnesio, pero para el proyecto se han elegido el modelo M10RS Corse en magnesio ya que rebajan el peso considerablemente. El conjunto pesa un total de tan solo 7,6 kg lo que representa una reducción de peso de entre el 20 y el 40 % si se compara con la mayoría de llantas que se montan de serie en los modelos de motocicletas deportivas.



Ilustración 10 M10RS Corse

3.4. Neumáticos

En cuanto a los neumáticos, es difícil decantarse por uno u otro ya que después de hacer un análisis de los mejores del mercado, todos ellos aportan características similares.

Finalmente para el estudio se utilizará el neumático Diablo Supercorsa SP de la marca Pirelli por ser el más utilizado en las motocicletas analizadas en el estudio de mercado.

Lo más recomendable es montar los neumáticos más anchos que pueda el modelo, ya que aumentaría la huella de contacto con el asfalto, mejorando el agarre y la respuesta en aceleraciones. También juega un papel muy importante cuando se pueden alcanzar grandes velocidades, ya que evacuará mejor el calor. Por lo tanto se escogerá la goma más ancha para la rueda trasera. Quedando, en este caso, en 120mm para el delantero y 200mm para el trasero, ambos en 17 pulgadas.



Ilustración 11 Pirelli Diablo Supercorsa SP

3.5. Frenos

Después de analizar cada uno de los componentes que constituyen los frenos, se pasa a determinar los modelos adecuados. Como se ha visto en el estudio de mercado realizado, la mayoría de modelos utilizaban frenos de una marca en concreto, Brembo, que al igual que Öhlins o Marchesini, está avalada por su gran experiencia en competición. Por lo cual, como se requiere los mejores componentes para el proyecto, la motocicleta montará un equipo de frenos íntegro de la marca. Para ello se pidió asesoramiento a la propia empresa, quienes propusieron los componentes que finalmente se han utilizado.

- Discos de freno HPK Supersport con sistema flotante y 330mm de diámetro.
- Pinzas de freno radial monobloc 32/36 de anclaje radial y hechas de un bloque de aluminio mecanizado por CNC para una mayor resistencia y menor peso, reduciendo la masa no suspendida¹.
- Bomba de freno delantero con anclaje radial 19x18 para una frenada más precisa.

¹ **Masa no suspendida:** cualquier elemento cuyo peso no tenga que soportar la suspensión como son los neumáticos, llantas, frenos y guardabarros. La disminución de esta masa aporta mejores prestaciones y manejabilidad a la moto.

3.6. Ordenador de abordo

El ordenador de abordo es necesario para que el conductor tenga conocimiento en todo momento de cómo está funcionando cualquier parte de la motocicleta. Es básicamente un pequeño ordenador que estará conectado a todos los componentes pasando por el transformador de corriente e indicará toda información que sea necesaria como la autonomía que le queda a las baterías, la velocidad a la que se está yendo o las revoluciones por minuto a las que está el motor.



Ilustración 12 Ordenador de abordo QX700 QOBIX

3.7. Comando de luces y encendido

En una motocicleta suele haber dos de estos comandos anclados cada uno a uno de los semimanillares. Son exactamente iguales al de las motocicletas de combustión, ya que únicamente son contactos que pasan corriente a los diferentes componentes a los que esté conectado. La botonera de la derecha tiene los botones de arranque y de parada del motor, y la izquierda, en cambio, sirve para controlar todas las luces de la motocicleta.

4. Geometría de la motocicleta

Antes de empezar a diseñar, hay que tener en cuenta ciertas partes de la moto que necesitan una geometría determinada, ya que afectan de forma directa al comportamiento de la motocicleta en marcha. También es importante saber que cada uno de estos aspectos tienen mucho que ver entre ellos, y si se modifica uno cambiarán seguramente las cotas de los demás.

Suspensión delantera



Ilustración 13 Medidas de la suspensión delantera

Avance

En motocicletas con horquilla delantera, el eje de la rueda y el eje de dirección no están alineados. Esta diferencia se denomina avance y gracias a él la dirección se mantiene recta. El avance proporciona un momento en la rueda delantera que hace a la dirección más manejable. Si el avance es positivo, este momento ayudará a la dirección para que la rueda siga el sentido correcto. En cambio, si el momento se vuelve negativo, cosa que puede pasar si se hunde demasiado la horquilla, éste hará que la dirección gire bruscamente hacia dentro, lo que suele llamarse cierre de dirección y que provoca que el piloto pierda el control de la moto.

Esta distancia suele estar entre 80 y 120mm, aunque cualquier variación en esta comporta un gran cambio, hay que buscar un equilibrio óptimo entre agilidad y estabilidad, ya que un avance grande proporciona un momento mayor, empeorando la agilidad, y al revés con un avance menor.

Ángulo de ataque o de avance

Éste es el ángulo de la dirección respecto a la perpendicular del suelo. Un ángulo mayor aporta gran estabilidad en marcha y menor manejo en curva, y un ángulo menor aporta gran maniobrabilidad a la vez que empeora su estabilidad. Normalmente este ángulo varía entre 22 y 29 grados, dependiendo del tipo de motocicleta. Como en el proyecto se requieren las dos características se deberá buscar un equilibrio entre ambas.

Distancia entre ejes

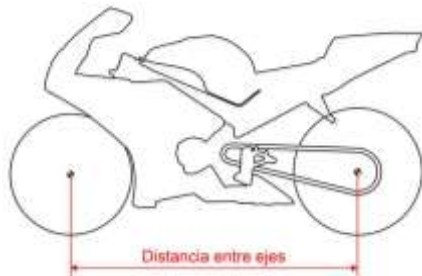


Ilustración 14 Distancia entre ejes

Es la distancia que existe entre ambos ejes de las ruedas y dependiendo del tipo de moto se buscan unas características u otras. Una distancia entre ejes corta, favorece el manejo y empeora la estabilidad y una distancia larga proporciona más estabilidad en detrimento de la maniobrabilidad. En el caso de una motocicleta que necesite tener un buen comportamiento, tanto en carretera como en circuito, se deberá encontrar un buen equilibrio entre ambas.

No hay una distancia entre ejes exacta, pero las motocicletas de gran cilindrada y potencia suelen estar en torno a los 1400mm, sin llegar a superar los 1450mm que es cuando la motocicleta empieza a ser menos ágil.

También es importante comentar que estas tres primeras distancias analizadas deben medirse siempre en parado ya que debido a las fuerzas que se ejercen en las suspensiones durante su uso, en frenadas y aceleraciones sobre todo, cambian esta distancia por la transferencia de cargas, reduciéndola o aumentándola respectivamente.

En especial, las horquillas telescópicas son beneficiosas en este aspecto ya que cuando se frena para entrar en una curva, el ángulo de ataque, el avance y consecuentemente la distancia entre ejes, disminuyen, haciendo que la motocicleta sea más manejable en la curva; y en aceleraciones, la suspensión se expande, haciendo que estas tres cotas aumenten y mejore la estabilidad.

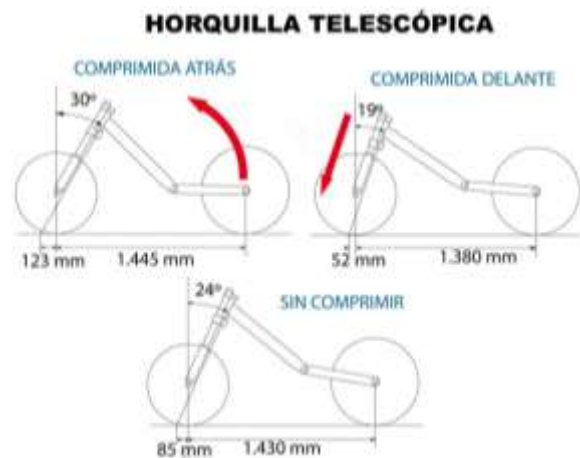


Ilustración 15 Cambio de cotas en movimiento

Largo del basculante

Esta medida afecta al grado de anti-levantamiento del tren trasero. Contra más corto sea el basculante menos se levantará en las frenadas fuertes, por lo que se perderá menos tracción y se liberará de esfuerzo al tren delantero, ganando en maniobrabilidad, pero perdiendo algo de estabilidad. Pero si se quiere ganar en estabilidad, hay que alargar esta distancia, a cambio de perder manejo, con lo que lo más óptimo es buscar un equilibrio entre ambos.

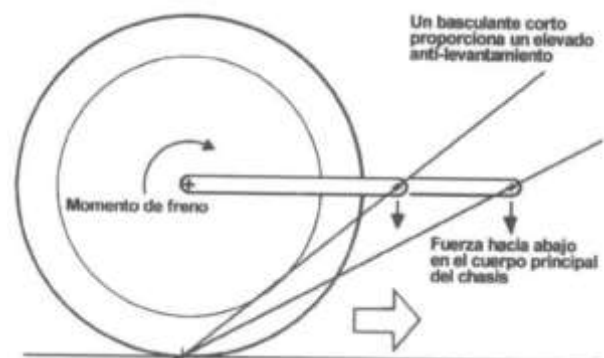


Ilustración 16 Fuerzas que se ejercen en el basculante. Foto extraída del libro "Motorcycle Handling and Chassis Design- the art and science" de Tony Foale

Distribución de masas (Centro de gravedad)

Es sabido que a igualdad de potencia, una menor masa será siempre mejor, debido a que se necesitará menos esfuerzo para mover todo el conjunto, pero aparte de esto, también influye como esté distribuida toda esa masa, ya que afecta al equilibrio de la moto y al paso por curva.

La distribución de masas y la posición del centro de gravedad (CdG), son muy importantes cuando se diseña una motocicleta de altas prestaciones. En este tipo de motos se busca centrar la mayor parte del peso en la parte inferior, para poder tener el centro de gravedad lo más bajo posible y en torno a un 50% de lo que mide la distancia entre ejes. Si el centro de gravedad está alto, la transferencia de carga en frenadas será mucho mayor debido al hundimiento de la suspensión que se produce y haría que la rueda trasera se levantara y no ayudara en la frenada.

Aparte de en las frenadas, también tiene mucho que ver en el paso por curva a la hora de inclinar hacia un lado. Si el peso es mayor o el centro de gravedad está muy alto, el par desestabilizador aumenta como puede verse en la siguiente imagen, lo que hace más complicado atravesar una curva.

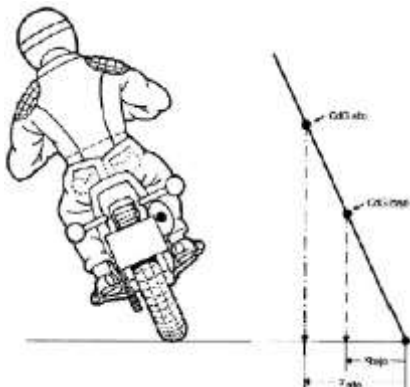


Ilustración 17 Par desestabilizador. Foto extraída de un fragmento del libro "Motorcycle Handling and Chassis Design- the art and science" de Tony Foale

Distancia piñón de ataque y eje del basculante

En la mayoría de los casos existe una pequeña distancia que separa el eje del piñón que transmite la potencia del motor con el eje del basculante. Si esta distancia es nula, es decir, coinciden en el mismo eje, el sistema se denomina eje coaxial.

Si esta distancia es excesiva, cuando se mueve el basculante se generan grandes diferencias de tensiones en la cadena que transfieren masa a la rueda trasera. Poniéndolo coaxialmente, estas fuerzas sobre la cadena desaparecen, ya que la tensión es constante, aunque es un sistema algo complejo.



Ilustración 18 Basculante con eje coaxial de una BMW-C-650

En las motocicletas deportivas esto no es un gran problema, ya que el recorrido de la suspensión trasera es muy corto, por lo que el basculante no realiza movimientos muy grandes.

Pero si se busca un buen comportamiento en aceleración, esa tensión de la cadena puede hacer que la rueda baje cuando se acelera, produciendo durante unos instantes un extra de potencia al tener mayor adherencia. Este efecto se denomina anti-squat, o anti-hundimiento, y sin él, la suspensión tendería a comprimirse cuando se acelerara, por lo que no tendría recorrido disponible para poder absorber las irregularidades del terreno, pudiendo perder el contacto con el suelo.

El efecto de la cadena

Fig. 8.8. Tanto la fuerza del momento como la fuerza de la cadena actúan sobre el basculante y su punto de giro. En una primera aproximación, F_{ca} la fuerza del basculante es igual a la expresión de la figura.

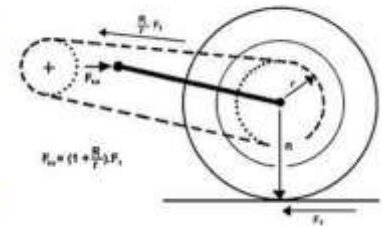
Donde:

r = radio medio de la corona trasera

R = radio de la rueda trasera

F_1 = fuerza de tracción del neumático

Estamos ignorando el ángulo del basculante y la cadena, pero aún así se tiene una buena indicación acerca de la fuerza del momento de la suspensión.



$$F_{ca} = \left(1 + \frac{R}{r}\right) F_1$$

Existen tres aspectos principales del efecto de la cadena en el diseño de la suspensión trasera:

- Estructural
- Holgura de la cadena.
- Anti-squat. Este efecto se cubre en un capítulo a parte.

Ilustración 19 Efecto de la cadena sobre el basculante. Foto extraída de un fragmento del libro "Motorcycle Handling and Chassis Design- the art and science" de Tony Foale

5. Ergonomía del piloto

La posición del conductor es otro factor muy importante, ya que si no se encuentra a gusto mientras conduce o la postura que adopta es inadecuada las sensaciones que se tendrían al conducirla no serían las mejores. No existen unas medidas exactas, cada persona tiene una fisonomía distinta, por lo que no se puede hacer una motocicleta idónea para todo tipo de público.

En una motocicleta deportiva, los pies se colocan por detrás de la cabeza, lo que hace a la espalda inclinarse sobre el depósito y con los brazos flexionados, recayendo todo el peso sobre el manillar. Al mandar todo el peso al

tren delantero, se proporciona mayor control en las curvas, pero resulta en una postura cansada sobre todo en viajes largos.

La principal medida que influyen mucho en este apartado es la altura del asiento. Esta medida es alta en comparación con el resto de motocicletas, para poder tener un mayor control. Suele estar por encima de los 800mm para después acabar de ajustar la posición de conducción con los estribos y el manillar.

Estos tres elementos forman el denominado triángulo ergonómico, ya que su posición repercute directamente en la comodidad del conductor. Proporciona tres medidas básicas que deberá tener en cuenta el conductor a la hora de elegir motocicleta: El ángulo de inclinación que adopta la espalda respecto a la vertical, el ángulo de torsión de la cadera, y el ángulo de flexión de las rodillas.



Ilustración 20 Triángulo ergonómico

6. Fase inicial de diseño (concepto)

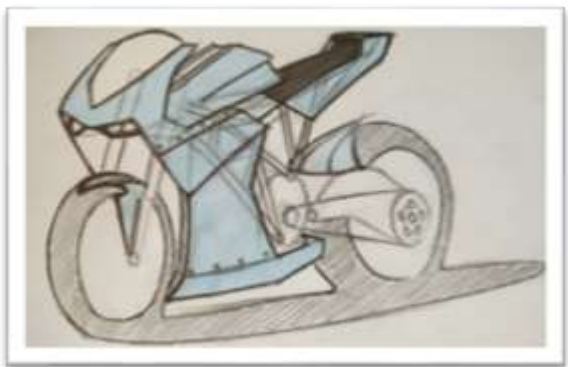


Ilustración 21 Bocetos iniciales de las líneas del prototipo

Estos son los primeros bocetos del proyecto, de aquí parte todo el diseño de la moto. Líneas afiladas, aerodinámicas, colín inspirado en las motos de carreras antiguas, fluidez desde la cúpula hasta la trasera. Estas son algunas de las señas de identidad que se le quieren imprimir a la motocicleta para aportarle un aspecto más deportivo. Como se acaba de decir, estas serán las líneas básicas que seguirán los componentes en cuanto a diseño se refiere, pero habrá que ver cómo influye en los componentes y si el diseño final tendrá que variar forzosamente o no.

7. Diseño de componentes

En este apartado se analizan los requerimientos básicos de cada uno de los componentes que deberán ser diseñados. Este proyecto busca hacer un primer prototipo, donde estudiar cada componente y proponer una solución para validar medidas y estética entre otras, y tener unas pautas que seguir en un futuro proyecto, donde se desarrollaría cada uno de los componentes por separado, analizando que cumplan los requisitos básicos de resistencia, modificarlos si hiciera falta y validar definitivamente cada uno de ellos para poder llevarlos a producción.

7.1 Tapas del motor

La primera pieza que hay que empezar a diseñar son las tapas que recubren el motor, ya que es el principal elemento mecánico y estructural del vehículo, ya que anclarán el chasis, el subchasis y el basculante.

En este caso, hay plena libertad de diseño, ya que el fabricante no impone unas tapas en especial, solo unas medidas básicas que hay que respetar para que el motor encaje dentro de ellas.

Como material se utilizará aluminio 6061-T6 debido a sus prestaciones y poco peso. Es una de las más utilizadas debido a que es uno de los aluminios soldables más resistentes con un límite elástico de 275 MPa y una tensión a rotura de 310 MPa y se decide dividir estas tapas en tres, la central y las dos laterales.

La central se ha creado con 20mm de grosor de pared para poder soportar correctamente las tensiones que sufrirá, a los cuales se le practicará una hendidura central para rebajar material y uno de los laterales se adapta para soporte del motor. También se le han añadido los agujeros pasantes necesarios para los ejes del chasis y del basculante, en el caso de este último también se le han añadido los huecos que necesitan los cojinetes de agujas que lleva el basculante para girar adecuadamente.

La distancia entre el eje del basculante y el eje motriz es una medida de gran importancia, como se ha comentado con anterioridad. Esa medida ha quedado en tan solo 13 cm, una distancia que está dentro de los baremos que se suelen barajar.

El subchasis también va anclado aquí, por lo que finalmente se le añaden los anclajes a la parte superior y los agujeros roscados para las tapas laterales.



Ilustración 22 Tapa central acabada

Las tapa frontal se hacen a partir de una chapa de 10mm de grosor, con un orificio en el centro el eje motriz y por la parte de detrás se practica el hueco para encajar el cojinete de dicho eje. En la parte delantera se le rebaja material, tanto para reducir peso y reforzar la estructura, como para aportar algo de estética. También se le añaden los respectivos orificios para el chasis y el basculante, a este último se tiene que añadir más parte plana para que no obstruya nada durante todo el recorrido del basculante. Finalmente se añaden los orificios para anclar la tapa a la central y se ponen dos anclajes más para el estribo que irá sujeto aquí.



Ilustración 23 Tapa frontal acabada

Para la tapa trasera se hace exactamente igual que con la frontal, pero sin orificio para el eje y añadiéndole la parte correspondiente a los conectores que irán al motor para darle potencia.

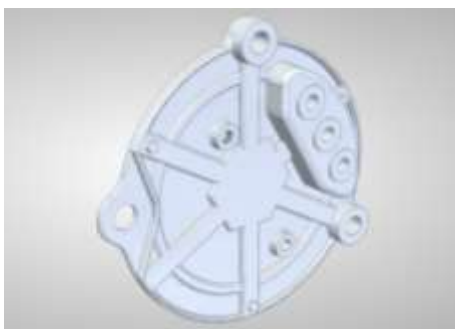


Ilustración 24 Tapa trasera acabada

7.2. Basculante

Antes de nada se hace un análisis de las características principales de los diferentes tipos de basculantes, para determinar que el basculante monobrazo de sección variable era el más recomendable para el proyecto ya que con un buen diseño estructural no tiene nada que envidiarle a cualquier otro tipo de basculante y aporta una estética muy deportiva a la moto.

Para el material, los que se pueden utilizar para el basculante son muchos, algunos de ellos muy exclusivos como el titanio o el carbono y otros muy pesados como el acero, con lo cual se decide utilizar la misma aleación de aluminio que para las tapas del motor, la 6061-T6, que aporta buena resistencia y un peso más controlado.

Antes de empezar a diseñar el basculante, hay que diseñar primero el sistema de eje, que no es el mismo que para los demás. Está formado por el eje de la rueda y por una rueda excéntrica, donde el eje de giro no corresponde con su eje geométrico, pudiendo tensar la cadena o variar la longitud del basculante con tan solo girarla.

El sistema es muy sencillo, consta de un cilindro principal, al cual tiene un orificio en los laterales con una excentricidad de 12,5 mm. Por una de las bandas tiene el soporte más largo que hace la distancia que hay del basculante a la llanta, al cual se le ponen los respectivos huecos para los cojinetes. En la otra banda se hace exactamente los mismo pero para el interior, ya que la corona irá muy cerca del basculante, y se le practican los surcos para la herramienta especial que necesita.



Ilustración 25 Excéntrica acabada

Para el eje se parte de una barra hueca, a la cual se le ha añadido la parte correspondiente a la sujeción de la llanta y el disco de freno, que tiene un pequeño labio para centrarlo. Después se procede a adaptarlo para encajar los cojinetes de la rueda excéntrica, las dos tuercas y la corona que se ancla mediante un sistema de rueda dentada, ya que no puede hacerlo directamente a la llanta.



Ilustración 26 Eje trasero final

Finalmente se diseña el basculante basándose en las líneas de los primeros bocetos que se realizaron..

Primero de todo se marcan los anclajes para la rueda excéntrica y el eje del basculante. Éste último con los huecos correspondientes a los cojinetes. El largo del basculante queda finalmente en 508mm. Después se marcan las líneas básicas para crear el cuerpo del basculante y se hace el hueco para la cadena y el neumático. Para acabarlo se añade el pasador de la placa de sujeción de la pinza de freno y los anclajes correspondientes para la suspensión y el guardabarros.



Ilustración 27 Basculante acabado

7.3. Placa de sujeción para la pinza de freno trasera

El material que se utilizará en esta pieza no es otro que el aluminio, pero debido a las fuerzas que debe resistir y a que puede ser fabricado mediante técnicas de control numérico computarizado CNC, está se hará del aluminio 7075-T6, que es una de las aleaciones más resistentes que hay dentro de los aluminios, con un límite elástico de 503 MPa y una tensión de rotura de 572 MPa, igualando a algunos aceros, pero que no puede soldarse así que solo se fabrican mediante este tipo de procesos.

Esta pieza irá colocada en la rueda excéntrica, justo al lado del disco de freno, por eso el orificio principal es del mismo diámetro. También tiene los anclajes para la pinza y para sujetarse al basculante, para que no rote con las fuerzas que se generarán durante el frenado.



Ilustración 28 Sujeción pinza trasera

7.4. Dirección

Es el elemento de unión entre la suspensión delantera y el chasis, por lo que sufrirá muchas cargas y tensiones sobre todo durante las frenadas. Por eso y porque se podrá hacer mediante CNC, también utilizará la aleación de aluminio 7075-T6, que es mucho más resistente.

Consta de tres piezas, el eje de la pipa de dirección que es el eje de rotación y los dos anclajes, llamados tijas.

Para la tija superior se parte de un bloque de aluminio al que se le practican los orificios para las barras de la suspensión, a una distancia determinada para que quepa perfectamente el neumático de 120mm; y para el eje de la pipa de dirección, el cual debe estar más atrasado para proporcionar cierto avance de la dirección, en este caso 106mm con un ángulo de avance de 25°. Después se hacen las hendiduras para la sujeción mediante tornillos y los agujeros para estos. Finalmente se hace un vaciado para eliminar material y se añade la sujeción para el contacto.



Ilustración 29 Tija superior

Para la tija inferior se parte igualmente de un bloque de aluminio, al cual se le hace los orificios para las barras y un agujero roscado en el centro para el eje de la pipa de dirección. Al ser la primera que recibe toda la tensión de la suspensión y sujeta todo el peso de la moto, ésta debe estar más reforzada, con lo cual es más gruesa y se le quita material vaciando la parte interior.



Ilustración 30 Tija inferior acabada

7.5. Suspensión trasera

Para la suspensión trasera se utilizará un sistema a bieletas. Existen varias maneras de diseñarse, y el que se ha elegido consiste en dos elementos a parte del amortiguador. Uno es un triángulo que bascula respecto a su anclaje con la parte fija y en sus dos extremos se anclan el amortiguador y una biela que sirve para transmitir el movimiento del basculante al triángulo, haciéndolo rotar, y que este a su vez comprima el amortiguador.

Este sistema funciona debido a que las distancias entre la biela y su paralela al punto de rotación y entre el amortiguador y su paralela al punto de rotación, varían durante su recorrido, dotando a la suspensión de cierta progresión.

El material que se utilice, puede ser también el aluminio 7075 ya que son piezas que pueden mecanizarse de un bloque macizo y necesitan poder resistir grandes esfuerzos.

Para el triángulo, primero de todo se pone el primero de los anclajes, el central, que rotará respecto al subchasis. Después se le colocan los otros dos anclajes para la bieleta y el amortiguador, a las distancias necesarias para que el sistema funciones correctamente.

El amortiguador y la bieleta ya llevan sus cojinetes, por lo que solo será necesario poner el del centro, así que se hacen los huecos pertinentes. Finalmente se le dota a la pieza de una estructura en forma de H para que soporte las tensiones correctamente.



Ilustración 31 Triángulo de la suspensión acabado

Esta bieleta es un biela normal y corriente con dos puntos de unión con cojinetes y con una distancia entre centros de 179,5mm.



Ilustración 32 Bieleta de la suspensión

7.6. Chasis

Es el elemento estructural de la motocicleta, en el cual se sujetan el resto de componentes. Después de analizar los diferentes tipos que existen se decide utilizar el tubular ya que aporta mayor posibilidad de diseño, a la vez que puede lograrse gran resistencia.

En cuanto a materiales, este tipo de chasis utilizan sobretodo acero al cromo-molibdeno, ya que se logra una resistencia enorme y si se utilizara aluminio se debería utilizar mayor cantidad lo que el ahorro de peso sería mínimo.

Primero de todo se diseña la pipa de dirección, que debe tener el hueco para los dos cojinetes y un ángulo de inclinación de 25° para el avance necesario. Después se colocan en su posición los anclajes para el motor y se procede a soldar la primera estructura de tubos de 35mm de diámetro y 2 mm de grosor, teniendo en cuenta la batería, que estará envuelta por el chasis.

Después se empiezan a soldar el resto de tubos más pequeños de 30mm de diámetro, formando una estructura en celosía que trabajará a tracción y a compresión. Finalmente se refuerza la parte delantera para soportar mejor los achaques de la suspensión y se ponen los anclajes para las tapas, para la araña de sujeción delantera y para el amortiguador de dirección, así como los de las baterías, que servirán también como refuerzo y los del subchasis.



Ilustración 33 Chasis acabado

7.7. Subchasis

Esta es la estructura, generalmente tubular, que sujeta toda la parte trasera de la moto, y en esta ocasión, también la suspensión trasera.

El material que se utilizará será el mismo que para el chasis ya que se formará exactamente de la misma manera, empezando por los anclajes al motor, al chasis y a la suspensión, para poder empezar a soldar toda la estructura de tubos en celosía, dando la forma predeterminada en los bocetos para el colín. La parte del asiento estará más bajada, ya que tiene mayor grosor que las tapas y así, una vez puesto seguirá a la perfección con todas las líneas del diseño. Finalmente se añadirán refuerzas a la estructura y se pondrán los anclajes necesarios.



Ilustración 34 Subchasis acabado

7.8. Carenado

El carenado de una moto es el conjunto de tapas que sirven para proteger todos los componentes y al piloto, a la vez que se gana en aerodinámica.

Los materiales que se utilizan son plástico ABS en la mayoría de los casos, fibra de vidrio para hacer

modificaciones y fibra de carbono o kevlar en ocasiones determinadas y sobre todo en competición.

Como material se escoge finalmente la fibra de carbono, ya que se pueden conseguir piezas de un grosor mínimo y poco peso, y siendo un modelo de grandes prestaciones, aumenta su exclusividad.

Cúpula

Esta es la parte delantera de la moto, y consta básicamente de 3 elementos, la propia cúpula, la araña que la sujeta y la burbuja, que es el parabrisas.

El diseño de la cúpula sigue, una vez más, sigue las líneas de los primeros bocetos y se ancla mediante unos orificios al lado de la burbuja para la araña de sujeción y 4 en la parte inferior de cada lado para las tapas laterales.



Ilustración 35 Cúpula

Partiendo del hueco que se ha creado en el medio, se diseña la burbuja, la cual irá anclada a la cúpula mediante remaches.



Ilustración 36 Burbuja

Y finalmente la araña de sujeción, que se hará de aluminio 6061-T6, ya que debería realizarse en dos piezas, la barra de sujeción y el resto del cuerpo en chapa, que serían soldadas más tarde. La barra de sujeción lleva los anclajes pertinentes al chasis, y el resto del cuerpo se adapta a las líneas de la cúpula. También se añade una parte plana en el centro que servirá de base para el ordenador de a bordo, y los anclajes para el foco delantero en la parte inferior.

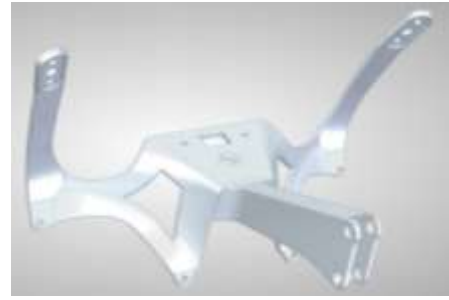


Ilustración 37 Araña de sujeción

Tapas laterales

Las tapas de cada uno de los lados, son una prolongación de la cúpula y se anclan a ella mediante tornillos especiales para carenado. Siguen las líneas marcadas por los diseños iniciales, a las cuales se le han añadido unas salidas de aire para evacuar el calor desprendido del neumático delantero y los frenos.



Ilustración 38 Tapa lateral

Quilla

Esta va seguidamente de las laterales, y junta las dos bandas por la parte inferior, creando todo un bloque conjunto, haciéndolo más aerodinámico, ya que deja fluir el aire por su superficie, sin ser intervenido por nada.



Ilustración 39 Quilla

Colín

Para el diseño del colín, se ha inspirado en modelos de carreras antiguos, creado como una pequeña burbuja al final de este y se ancla mediante 4 tornillos al subchasis. Al final de éste se le ha hecho un orificio para poder acoplar el foco trasero.

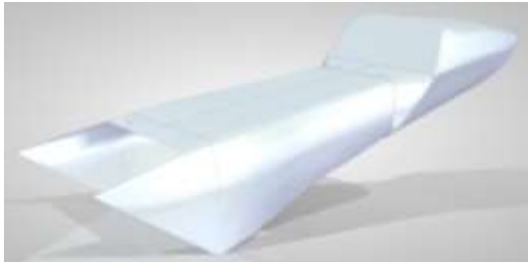


Ilustración 40 Colín

Falso depósito

Este es necesario para que el piloto pueda acoplarse en la motocicleta cuando circula a altas velocidades. Se ha optado por hacer una forma similar, y acoplarle el conector de las baterías en la zona donde iría el tapón de la gasolina, junto a una tapa y una cerradura para que nadie más pueda manipularlo. También se le han achatado los laterales por la zona inferior ya que se necesita ese espacio para las piernas del conductor, y se ha tenido en cuenta que colocará la zona de la entrepierna sobre él, con lo cual a esa parte se le ha dado una medida de unos 100mm para que no sea incómodo. Finalmente, se le han añadido los anclajes necesarios que quedan ocultos bajo el asiento y las tapas, a excepción de el delantero.



Ilustración 41 Vista lateral del depósito falso



Ilustración 42 Tapa del conector abierta

Tapas subchasis

Una vez acabado el carenado principal, era necesario tapar los laterales del depósito, ya que se veía el anclaje del subchasis, y así conseguía un espacio para apoyar las piernas del conductor mucho más uniforme, ya que cuando se conduce se tiende a apretar las piernas contra el carenado.

Estas tapas se crean siguiendo las formas del asiento, para seguir una línea continua y que no entorpezca en la

posición de las piernas del. Tienen dos puntos de anclaje, hundidos por comodidad para el conductor, uno en el subchasis y el otro en el chasis por el punto de unión con el subchasis.



Ilustración 43 Tapa subchasis

Guardabarros delantero

Para diseñar esta pieza hay que tener claras las medidas de los anclajes y del neumático. Éste sufre durante su uso deformaciones por cambios de temperatura y tensiones producidas durante el paso por curva, por ello el guardabarros debe tener cierto margen.



Ilustración 44 Guardabarros delantero acabado

Guardabarros trasero

Su función es exactamente la misma que en el guardabarros delantero, proteger los componentes de cualquier sustancia que pise la motocicleta. Este se diseña siguiendo las líneas del basculante, al cual anclará en 3 puntos diferentes.



Ilustración 45 Guardabarros trasero

7.9. Asiento

Para este tipo de motocicletas se utilizan espumas de alta densidad como las de poliuretano, con una resistencia a la compresión bastante alta comparada con motocicletas como las Touring, con las cuales se hacen rutas de muchos kilómetros.

El asiento está diseñado también, siguiendo las líneas del diseño del resto de componentes. Tiene un poco de respaldo en la zona trasera y por la parte delantera tiene un hueco, que encaja en el falso depósito.

En la parte inferior tiene 4 anclajes, los cuales apoyan de forma plana en el subchasis. Entre ellos dos estará también el colín, que anclará junto con el asiento.

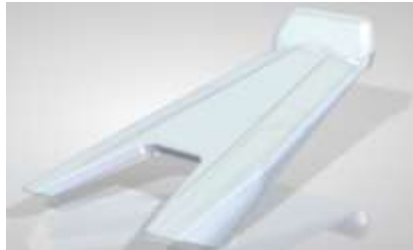


Ilustración 46 Asiento

7.10. Semimanillares

En las motocicletas deportivas, en vez de utilizar un manillar alto y entero, se utilizan semimanillares. Van anclados a cada una de las barras de la horquilla, por debajo de la tija superior, lo que obliga a una posición de conducción más baja para mejorar la maniobrabilidad. Para hacer la posición más cómoda, deben estar inclinados hacia abajo con un ángulo de 25° y hacia dentro con unos 30°. Generalmente está compuesto de dos piezas, el anclaje de la barra y el propio manillar.

En el anclaje se utilizará aluminio 6061-T6 debido a su baja densidad y que es lo suficientemente resistente para dicha aplicación. Para los semimanillares también puede utilizarse perfectamente dicha aleación.

Para el diseño del anclaje, como irá situado en las barras de la suspensión, se utilizará de base las tijas y se le añadirá un anclaje en el lateral para el semimanillar.



Ilustración 47 Soporte semimanillar acabado

Los semimanillares se hacen de un tubo de 22mm de diámetro, que es la medida estándar, con ambos extremos tapados con tapones de teflón.



Ilustración 48 Semimanillar

7.11. Sujeción amortiguador dirección

El amortiguador de dirección tiene dos anclajes, uno va a la parte fija, en este caso el chasis, y la otra va a las barras de suspensión, para que se mueva junto con ellas al girar y pueda hacer su trabajo.

También se utilizará como base para el diseño el anclaje que tienen las tijas, al cual se le añade una pequeña pletina y un agujero de 8mm, con la distancia suficiente para que el amortiguador no toque con la suspensión.



Ilustración 49 Sujeción amortiguador de dirección

7.12. Estribos

Este es el elemento donde el conductor apoya los pies mientras está conduciendo. Además, poseen unos pedales para accionar el freno, en el derecho y para el cambio de marchas en el izquierdo, aunque en este caso no será necesario al no necesitar cambio de marchas.

Esta pieza no es de la que más esfuerzos sufre, pero tiene que ser lo suficientemente resistente para poder soportar todo el peso del conductor, por lo que se ha escogido la aleación de aluminio 6061-T6.

Cada uno de ellos se componen de la sujeción al elemento fijo, el cuerpo del estribo, la propia estribera, un protector para el pie y en caso de ser necesario el pedal.

Estribo izquierdo

Primero de todo se crea el cuerpo, que consta de dos anclajes para la sujeción de los estribos. Los dos agujeros superiores están destinados al protector para que el pie no vaya a parar al interior de la moto. Finalmente, al último de los anclajes irá la estribera para apoyar el pie en su posición y puede ajustarse para ponerse a la medida necesaria. Tanto el protector como la estribera son iguales para cada lado.



Ilustración 50 Cuerpo del estribo izquierdo



Ilustración 51 Estribera



Ilustración 52 Protector del pie

Finalmente, se encuentra la sujeción con la parte fija de la moto, que será el motor, al cual se le han añadido los anclajes pertinentes. Esta sujeción sirve también para cubrir la cadena e imposibilitar que el conductor quede enganchado con ella, siendo un elemento de seguridad primordial. A éste también se le han añadido dos orificios en la parte inferior para poder anclar el caballete lateral.



Ilustración 53 Sujeción estribo izquierdo

Estribo derecho / de freno

El cuerpo es totalmente simétrico al del otro estribo, pero se le han añadido dos anclajes en la parte inferior interna para la bomba de freno y la sujeción en la parte posterior sobre la que rotará el pedal. Dicho pedal tiene un tope para que no suba más de la cuenta y esté siempre disponible para que el conductor lo accione, por ello se le ha practicado un orificio roscado justo encima de donde irá situada la bomba.



Ilustración 54 Estribo derecho por la parte interna

El pedal de freno, también puede ajustarse para que el conductor busque la posición más adecuada a su medida.



Ilustración 55 Pedal de freno completo

Por último, se encuentra la sujeción, la cual no es tan aparatosa como la de la izquierda debido a que no debe cubrir nada ni tampoco sujetar el caballete.



Ilustración 56 Sujeción estribo

7.13. Portamatrículas

Este elemento es únicamente necesario en el caso de que la motocicleta saliese a producción y se comercializara para uso en vía pública. Las medidas básicas las pone el tipo de matrículas que se utilizan en las motocicletas que son de 220mm de largo y 160 de alto. La colocación de este elemento ha de cumplir la normativa, situándose a un mínimo de 0,2 metros del suelo y un máximo de 1,5 metros. También la inclinación cuenta y no deberá de sobrepasar los 30° respecto de la vertical

Generalmente suele utilizarse un polímero como el polipropileno, que puede estar a la intemperie, tiene buena capacidad de absorber golpes y es agradable a la vista. Para los intermitentes que irán en el portamatrículas, los materiales que se utilizan son los mismos que en los faros, Policarbonato para la tulipa exterior y Polipropileno copolímero para el cuerpo.



Ilustración 57 Portamatrículas

Tiene forma de X para sujetar la matrícula por sus cuatro extremos y un grosor de 5mm. Debe ir iluminado obligatoriamente, por lo que se ha colocado una pequeña luz encima y se ha pasado el cable por detrás. También se le ha añadido un brazo que lo ancla al subchasis por

dentro del colín y será por ahí por donde pasará todo el cableado. Por último, se añaden los intermitentes a cada lado, y se pasan los cables por el interior.

7.14. Caballete

El caballete es un elemento que sirve para aguantar la motocicleta de pie mientras no haya nadie subido. Debido a esto, el material que más se emplea es el acero, que es un material muy resistente.

Siguiendo los estándares, el caballete se compone de un cuerpo, que sujeta el caballete a la moto. Tiene un tope para limitar el movimiento, tanto en posición extendida como plegada.



Una pata, que es la parte que toca con el suelo y lleva incorporado el enganche para el muelle.



Una pletina para bloquear la pata en posición de plegado.



Un muelle, para facilitar el plegado de la pata.



Y un sensor de posición, para no iniciar la marcha si el caballete está desplegado.



7.15. Foco delantero

Los materiales que se utilizan para el cuerpo de los focos son generalmente Policarbonato para las tulipas, debido a que tiene unas buenas propiedades mecánicas, es resistente a los rayos UV y posee una gran transparencia y polipropileno para el resto del cuerpo, ya que es un polímero con unas propiedades excelentes contra el impacto y soporta temperaturas de entre -20° C y 100° C.

Debido a la falta de tiempo y recursos, no se ha podido hacer un análisis en profundidad de este componente, por lo que únicamente se ha elegido el diseño que seguirá, para en un futuro poder llevarlo a cabo y la posible tecnología que pudiera utilizar.

Generalmente las motocicletas están obligadas a llevar luces de posición, de carretera y largas. Como se puede observar, las luces de posición serán una tira de LED como es normal encontrar actualmente. Y para las luces de posición y las largas, se optará por utilizar la última tecnología LED de largo alcance.



Ilustración 58 Diseño del foco delantero

7.16. Foco trasero

Al igual que ha pasado con el foco delantero, debido a la falta de tiempo y recursos, no se ha podido hacer un análisis en profundidad de este otro componente.

Los materiales son los mismos que se utilizan para el foco delantero. Policarbonato para las tulipas y polipropileno para el resto del cuerpo. También se opta por la misma tecnología LED, pero de menor intensidad, ya que el propósito de dicho componente es ser visto por el resto de conductores y avisar de cualquier incidencia.



Ilustración 59 Diseño del foco trasero

7.17. Retrovisores.

Este es un elemento que por normativa debe estar en una motocicleta, pero que no es estrictamente necesario, solo en el caso de que la motocicleta final saliese a producción en un futuro y se comercializara para un uso en la vía pública, y al igual que ha pasado con los focos, debido a la falta de tiempo y recursos, no se ha podido hacer un análisis en profundidad de este otro componente.

El cuerpo de los espejos están realizados íntegramente en Polipropileno copolímero, debido a que es un material muy resistente y con una densidad muy baja.



Ilustración 60 Espejos retrovisores

8. Resultado final



9. Ficha técnica

FICHA TÉCNICA	
Datos generales	
Longitud total (mm)	2052
Altura total (mm)	1122
Distancia entre ejes (mm)	1435
Altura del asiento (mm)	848
Anchura con retrovisores (mm)	735
Avance (mm)	106
Potencia máxima (CV)	200
Par motor máximo (Nm)	168
Régimen de giro del motor para la par máximo (rpm)	10500
Ángulo de lanzamiento (°)	25

Componentes	
Motor	Remy HVH250-115DO de imanes permanentes, Brushless DC con refrigeración líquida
Baterías	De polímero de grafeno
Capacidad baterías (kWh)	18
Autonomía (km)	250-290
Tipo de transmisión	Cadena
Chasis	Tubular con motor autoportante
Basculante	Monobrazo de aluminio
Suspensión delantera	Öhlins FGRT200 (Öhlins FGR300 opcional), cartuchos con tratamiento TiN, ajustable en precarga, compresión y rebote
Suspensión trasera	Öhlins TTXGP ajustable en precarga, compresión y rebote
Freno delantero	Disco flotante HPK Supersport 208, pinza Brembo radial monoblock (x2)
Nº pistones pinzas freno delantero	4 (x2)
Diámetro freno delantero (mm)	320
Freno trasero	Brembo de pistones opuestos
Nº pistones pinzas freno trasero	2
Diámetro freno trasero (mm)	240
Neumático delantero	120/70 ZR 17 M/C (58W) TL - Pirelli Diablo Supercorsa SP
Neumático trasero	200/55 ZR 17 M/C (78W) TL - Pirelli Diablo Supercorsa SP

10. Conclusiones y trabajos futuros

Una vez finalizado el proyecto, se procede a hacer una reflexión sobre todo el recorrido que ha supuesto. Primero de todo se tiene que considerar que ha supuesto todo un reto poder diseñar la mayoría de componentes de una motocicleta sin apenas tener información previa al respecto.

También hay que decir que ha sido tremendamente complicado ponerse en contacto con las empresas relacionadas con el sector y que después faciliten la información a un estudiante, el cual no les va a aportar ningún beneficio. También se entiende que dicha tecnología, de la cual se intentaba buscar la información necesaria, está aun en fases de desarrollo y las empresas no quieren desvelar muchas de sus características, por lo cual permanecen callados ante tales preguntas.

A pesar de todo, se cree que los objetivos primordiales del proyecto, que eran poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante la carrera para diseñar un primer prototipo de una motocicleta partiendo desde cero han sido satisfechos. Es verdad que para tener un prototipo totalmente funcional queda mucho trabajo por realizar aun, pero se han sentado unas buenas bases para poder seguir adelante con el proyecto y poder realizarlo algún día si fuera posible.

Se han diseñado todos los componentes de una motocicleta y se ha propuesto mucha de la tecnología de la que podría utilizarse. Se han analizado todas las características que deben tener todos los componentes de uno en uno y se ha mirado de ubicarlos de la mejor manera posible y que estos tengan todos los elementos de ajuste y anclaje necesarios para que apenas sufran modificaciones en ese sentido.

La mayoría de tiempo se ha dedicado a la investigación de todos y cada uno de ellos, por lo que sería necesario mucho más tiempo para poderlos desarrollar con más precisión, y es por eso mismo que el presente trabajo también se presta a que futuros estudiantes puedan seguir adelante con él, mientras se sigan todos los criterios anteriormente establecidos.

Por último, decir que hay muchas ideas que se podrían desarrollar en un futuro, con más tiempo y dedicación. Algunas de esas ideas podrían ser por ejemplo:

- Trabajar la aerodinámica con programas informatizados y con una maqueta a escala.
- Hacer un análisis de esfuerzos de cada uno de los componentes, sobre todo los que más sufren como el chasis y el basculante y se rediseñarlos en el caso de que fuera necesario.

- Estudiar el centro de gravedad de la motocicleta para poder optimizarlo, rediseñando componentes en la medida que fuese posible.

- Acabar de afinar todos los componentes para poder pasarlos a producción y así poder realizar un prototipo real y funcional de la motocicleta.

- Se miraría de optimizar aun más los espacios disponibles para tener huecos donde poder guardar cosas.

- Se añadirían componentes en opción como una plaza extra, lo que supondría tener otro colín, con otro asiento y estriberas para el acompañante.

- Se podrían añadir sistemas de seguridad y ahorro de energía como el sistema ABS de los frenos, Stop/Start en las paradas y frenada regenerativa.

- Se haría un estudio de marketing, con lo cual se debería crear una imagen para posicionarle en un mercado determinado.