



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## Diseño de cambio de marchas automático y bicicleta

Autor/es

Jose Manuel Peña Peña

Director/es

Ramón Miralbés Buil

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2014

# Diseño de Cambio de Marchas Automático y Bicicleta

## Resumen

El trabajo consiste en el diseño de un cambio de marchas automático destinado a su uso en bicicletas y de una bicicleta destinada a montar dicho cambio de marchas.

La primera parte del proceso consistió en la documentación sobre cambios de marchas para bicicletas, tanto existentes actualmente como en el pasado, y provistos de accionamientos manuales y automáticos.

Una vez visto lo existente en el mercado se procedió al desarrollo del automatismo, que pretende ser más completo que los cambios existentes actualmente, al integrar una mayor cantidad de datos en base a los cuales ajustar la relación de cambio, datos provistos por los sensores dispuestos en la bicicleta.

Una vez vistos los sensores necesarios se desarrolló un cambio de marchas que pudiese aceptar dicho automatismo. El tipo de cambio de marchas que se consideró más adecuado resultaron ser los llamados CVT, que no tienen marchas propiamente dichas sino que pueden adoptar infinitas relaciones de cambio entre su marcha más corta y la más larga. En particular, el cambio desarrollado fue uno de tipo toroidal.

Paralelamente, una vez se estudió el mercado de cambios de marchas existentes, se empezó el estudio del mercado de bicicletas. Dado el tipo de cambio que se estaba desarrollando, se pudo ver que el usuario al que debía destinarse el producto debía ser un ciclista no profesional y se desarrolló una bicicleta polivalente de trekking.

Dicha bicicleta debía cumplir una serie de condicionantes impuestos por el uso de un cambio automático, como son el hecho de disponer de alojamiento para determinados componentes y no ofrecer prestaciones que dicho cambio no pudiera cumplir.

A partir de la definición del tipo de bicicleta, que sería de trekking, y del cambio, se procedió al desarrollo de ambos productos en paralelo.

Desarrollados ambos hasta cierto punto, se procedió en primer lugar al desarrollo de modelos en 3D y planos del cambio, ya que resultaba el elemento más crítico al respecto. La existencia de múltiples elementos internos, muchos de ellos de origen comercial, y la posibilidad de colisión entre ellos hacen necesaria la verificación de determinados factores mediante dichos modelos, verificaciones que la bicicleta no requiere hasta semejante nivel ya que las colisiones e incompatibilidades son mucho más visibles.

Finalmente, a partir de dichos modelos virtuales, se obtuvieron planos e imágenes de presentación, y a partir de dichos planos se pudieron obtener los presupuestos estimados tanto para el cambio de marchas como para la bicicleta.



Indice General

Resumen	2
Indice General	3
Memoria Cambio	4
Memoria Bicicleta	28
Anexo Diseño Cambio de Marchas	47
Planos Cambio de Marchas	132
Pliego de Condiciones Cambio de Marchas	159
Estado de Mediciones Cambio de Marchas	174
Presupuesto Cambio de Marchas	180
Anexo Diseño Bicicleta	201
Planos Bicicleta	306
Pliego de Condiciones Bicicleta	328
Estado de Mediciones Bicicleta	340
Presupuesto Bicicleta	345

---

# MEMORIA CAMBIO DE MARCHAS

Indice	
1.1 Objeto	2
1.2 Alcance	2
1.3 Antecedentes	2
1.4 Normas y Referencias	2
1.4.1 Normativas	2
1.4.2 Bibliografía	3
1.4.3 Programas de Cálculo	3
1.4.4 Plan de Gestión de Calidad	4
1.5 Definiciones y Abreviaturas	4
1.6 Requisitos de Diseño	4
1.7 Análisis de Soluciones	7
1.7.1 Sistema de Paralelogramo	8
1.7.2 Árbol de levas 1	9
1.7.3 Árbol de levas 2	10
1.7.4 Decisión del cambio a desarrollar	11
1.8 Resultados Finales	12
1.8.1 Definición del Producto	12
1.8.2 Características técnicas	15
1.8.3 Componentes individuales: Análisis y características	16
Carcasa	16
Engranajes Planetarios	17
Platos	18
Discos	19

Eje	20
1.9 Conclusiones	21
1.10 Orden Prioridad entre los Documentos Básicos	21
1.11 Resumen del Presupuesto	22

## 1.1 Objeto

El objeto del proyecto es el desarrollo de un cambio de marchas para bicicletas, el cual sea capaz de funcionar de una manera mucho más satisfactoria para el usuario de lo que han resultado intentos anteriores en dicho campo.

## 1.2 Alcance

El cambio de marchas está en principio proyectado para ser fabricado en series cortas en torno a 500 unidades.

## 1.3 Antecedentes

Los estudios previos se encuentran disponibles en el volumen Anexo Diseño Cambio de Marchas.

## 1.4 Normas y Referencias

### 1.4.1 Normativas

No existe una normativa específica relativa a los cambios de marchas, sea específica para bicicletas o general. Por ello, se cumplirán las normativas relativas a las bicicletas a las que va destinado el cambio:

#### **UNE-EN 14764:2006**

Bicicletas de paseo. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.

#### **UNE-EN 15532:2009**

Bicicletas. Terminología.

#### **UNE-EN 15194:2009+A1:2012**

Ciclos. Ciclos con asistencia eléctrica. Bicicletas EPAC.

#### **UNE-EN ISO 4210-1:2014**

Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 1: Términos y definiciones.

### 1.4.2 Bibliografía

La bibliografía existente y disponible sobre cambios del tipo del desarrollado es muy escasa.

Información sobre modelos de cambios y desarrollos de bicicletas se obtuvo de las páginas oficiales de las marcas y de catálogos impresos.

Marín: <https://www.marinbikes.com/>

GT bicycles: [http://www.gtbicycles.com/esp\\_en/](http://www.gtbicycles.com/esp_en/)

Specialized: <http://www.specialized.com/es/es/home/>

Scott: <http://www.scott-sports.com/es/es/products/Bicicletas>

Merida: <http://www.merida-bikes.com.es/>

Shimano: <http://bike.shimano.com/>

SRAM: <https://www.sram.com/>

Rohloff: <http://www.rohloff.de/en/products/speedhub/>

El funcionamiento de los cambios de tipo CVT se estudió gracias a la información disponible online por parte de los fabricantes.

Fallbrook Nuvinci: <http://www.fallbrooktech.com/nuvinci-technology>

Torotrak: <http://www.torotrak.com/>

Información sobre el funcionamiento de cambios de marchas de motocicletas y variadores se obtuvieron de:

Motocicletas Arias-Paz, 31 Edición. Ed. Dossat 2000. Año 2001

Acerca de los fluidos de tracción se recurrió a artículos que ofrecen las propias empresas fabricantes de lubricantes, como:

EHLs: The Secret Behind CVTs, de Michael E. Joachim, Santotrac Traction Lubricants

Development of Traction Fluids for a Range of Applications, de Dr Stephen P. Evans & Dr. Adrian Lee, para Torotrak y Shell.

### 1.4.3 Programas de Cálculo

Autodesk Inventor 2012, en un ordenador con Microsoft Windows 7.

Mediante el uso de dicho software se modeló el cambio, comprobando que no existan interferencias entre los diversos elementos, así como la resistencia de algunas partes consideradas críticas.

También se empleó dicho software para el cálculo de los resortes de compresión, hasta conseguir unos que ejerzan suficiente presión y cumplan con las limitaciones de espacio impuestas.

### 1.4.4 Plan de Gestión de Calidad

Para asegurar la calidad durante la realización del proyecto se tomarán las siguientes medidas:

- Se ensayarán al azar las piezas suministradas por los proveedores, al menos cinco de cada lote.
- De igual manera, las materias primas se ensayarán o analizarán al azar.
- Las primeras unidades de preserie serán sometidas a pruebas exhaustivas, para comprobar su durabilidad y la ausencia de fallos en los ciclos de uso previstos, además de para realizar los ajustes finales en cuanto al funcionamiento de los sistemas, para poder realizar los cambios pertinentes o los ajustes finales.
- Después del montaje de cada unidad final se comprobará que el montaje es correcto. Se comprobará manualmente que los discos y platos se desplazan correctamente antes de proceder al montaje de la carcasa, y una vez ubicada ésta se comprobará el funcionamiento con el motor instalado.
- Adicionalmente, de cada lote de productos fabricados se realizarán las mismas pruebas realizadas a los modelos de preserie a un número de unidades seleccionadas al azar que dependerá del volumen del lote, no siendo nunca inferior a cinco unidades.

## 1.5 Definiciones y Abreviaturas

CVT: Transmisión variable continua (las siglas provienen del inglés Continuously Variable Transmission). En ellas la relación de cambio puede variar a cualquier valor dentro del rango que permite.

## 1.6 Requisitos de Diseño

El primer paso antes de llevar a cabo los estudios y el diseño del cambio, es establecer una serie de condiciones que se considera que el cambio debe cumplir para llevar a término la visión que se tiene para el mismo.

En la práctica, gran parte de esa visión se podría llevar a cabo aplicándola a los

cambios de marchas existentes en el mercado, pero se trataría de una labor costosa al tener que aplicarse a los diferentes modelos, y seguramente encontraría obstáculos por parte de las empresas fabricantes de dichos productos, que harían dicha labor inútil.

Así pues lo lógico es realizar un cambio de marchas específico al que se pueda aplicar el automatismo. Dicho cambio de marchas deberá cumplir al menos una serie de requisitos:

En primer lugar, debe permitir una amplitud en las relaciones de cambio aceptable. No es necesario que se coloque como el cambio de marchas con mayor amplitud, pero tampoco debe destacar negativamente. Para ello se deberán estudiar las amplitudes existentes y actuar en consecuencia.

En segundo lugar, debe permitir su uso con bicicletas que no tengan por qué estar excesivamente adaptadas para su uso. Lo ideal es que permita su adaptación, con mínimos problemas, a cualquier modelo de bicicleta existente, pero en caso de ser esto imposible debe al menos estar preparado para utilizarse en alguna de las adaptaciones existentes en el mercado.

Es también recomendable que se pueda utilizar prescindiendo del automatismo. El principal objetivo del proyecto es el desarrollo de un cambio automático, pero el mecanismo del cambio debería poder adaptarse sin mucha dificultad a un accionamiento completamente manual.

El último requisito en lo que respecta al cambio de marchas específico es que no sea un elemento demasiado especializado. Existiendo una gran variedad de bicicletas en el mercado, destinadas a disciplinas en algunos casos muy específicas, existen en el mercado cambios con características muy ajustadas a determinados deportes. Eso es algo interesante para una empresa asentada en el mercado, pero para una empresa nueva no lo es, a no ser que las innovaciones del producto que se ofrece sean específicas para un tipo de uso concreto. Como no es el caso, ya que el comportamiento del cambio es una ventaja general, no es deseable la especialización.

Por otro lado, el automatismo en sí también deberá cumplir sus propios requisitos, enfocados a hacerlo competitivo. Estos requisitos serán de dos tipos.

En primer lugar encontramos los requisitos físicos. El mecanismo del cambio deberá ser suficientemente robusto y suficientemente rápido a la hora de cambiar entre las relaciones de marchas. Debe tenerse en cuenta, eso sí, que no es necesario que cambie entre las relaciones de marchas más extremas de manera casi inmediata, porque el usuario difícilmente podría llevar a cabo semejante cambio de ritmo.

El segundo tipo de requisitos serán los respectivos al comportamiento. En realidad, son los más importantes, ya que desde un principio se intenta que sea el propio comportamiento del cambio el que lo diferencie.

En primer lugar, y como es totalmente esperable en un cambio automático, debe ser capaz de adaptarse a la velocidad a la que se circula. Esto es algo que ya hacen los cambios automáticos existentes, tanto actuales como pasados.

En segundo lugar debe adaptarse a las necesidades específicas del usuario. Ya se ha mencionado en la introducción, y es un requisito fundamental. Existen cambios automáticos que, mediante controles en el manillar, permiten variar la cadencia de



pedaleo. El cambio a desarrollar, en cambio, debe adaptarse sin necesidad de ese tipo de intervención, sino que el propio pedaleo del usuario debe ser suficiente para que se adapten las relaciones del cambio.

También debe ser posible utilizarlo sin una preparación excesiva. Una de las ventajas que debería presentar un cambio automático es el ser más sencillo de utilizar que un cambio manual. Si el usuario debe saber cómo realizar determinadas acciones, elegir entre una variedad de modos de funcionamiento o saber qué cadencia elegir, se pierde gran parte de esa ventaja teórica.

Por último, debe tener en cuenta posibles ampliaciones. No se trata tanto de tener en cuenta las modificaciones que podría tener cada tipo nuevo de sensor en el comportamiento del mismo, sino de establecer un modo de comunicación con dichos sensores y ciertas posibles relaciones y preferencias entre unas informaciones y otras.

El producto desarrollado debe cumplir con la normativa mencionada en el apartado 1.4.

### 1.7 Análisis de Soluciones

Después de la realización de diversos estudios relacionados con los diversos cambios, tanto convencionales como automáticos, se llega a la conclusión de que es más importante el control del propio automatismo y las decisiones que realiza éste para adecuar el desarrollo a las necesidades del usuario que la propia tecnología utilizada en el cambio de marchas. No obstante, también es posible discernir que ciertas tecnologías se adecuan más a un funcionamiento automático. El mecanismo más apropiado resulta ser el de un cambio de tipo CVT, que al no presentar un número fijo de desarrollos a elegir sino que tiene un rango en el cual hay infinidad de posibles desarrollos, permite un funcionamiento más suave y, además, puede permitir un ajuste más fino del desarrollo a las condiciones de uso.

Estudiando los diversos tipos de cambios CVT existentes, uno de los principales factores de decisión es el que ofrezcan la posibilidad de agrupar los elementos en un mismo eje, ya que al ubicarse el cambio en el buje de la rueda las dificultades para adaptar un mecanismo con varios ejes en un dispositivo de tan pequeño tamaño resultan difíciles de solventar. Se analizaron los diversos tipos de cambio existentes y las posibilidades de aplicarlos a un buje de bicicleta.

En la práctica, a parte de un par de sistemas ya existentes, como son el cambio NuVinci 360 de Fallbrook y el cambio Frolov, no hay muchas más alternativas válidas. Algunas, como son los cambios de tipo magnético o hidráulicos, presentan excesivas pérdidas. Otros, como cambios de conos o aquellos basados en un variador, presentan graves problemas a la hora de permitir un accionamiento a través del eje de giro, o de conseguir un conjunto suficientemente compacto.

Así pues, todos los esfuerzos se centran en el diseño de un cambio de tipo toroidal, que parece satisfacer todos los requisitos. Se plantean diversas alternativas, basadas especialmente en el mecanismo de accionamiento del cambio.

### 1.7.1 Sistema de Paralelogramo

Inicialmente el sistema se planteó mediante un paralelogramo deformable, como se ve en la figura 1. Por un lado se sujeta el disco mediante dos guías, y en el otro extremo un engranaje varía la inclinación del lado corto del paralelogramo, haciendo que las guías se muevan en sentidos contrarios e inclinen el disco en una u otra dirección. El problema que presenta éste sistema es que es muy complejo y pondría en entredicho la resistencia del cambio. El eje que sujeta la rueda debe ser hueco y tener en su interior un eje con un tornillo sin fin en su parte central. Además ese eje portante debe sujetar el balancín que acciona las guías y tener huecos en los que los engranajes puedan girar accionados por el tornillo sin fin. Además la complejidad del montaje aumentaba enormemente, dado que para que el sistema funcionase, dicho eje debía estar dividido en varias partes que se ensamblasen una vez estuviese colocado el tornillo sin fin interior y otras piezas del cambio.

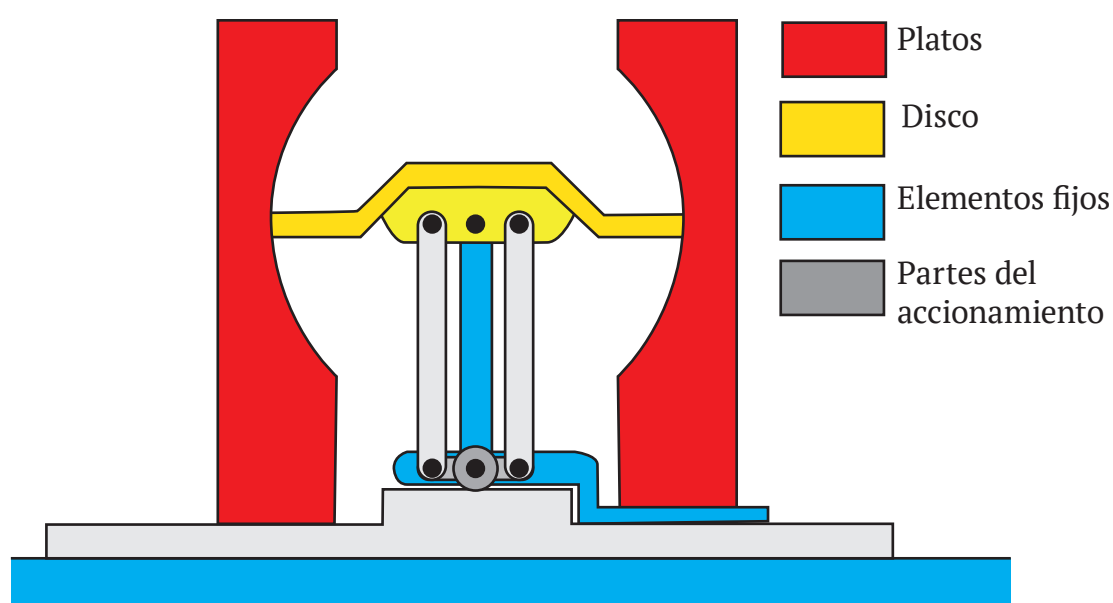


Figura 1. Configuración de elementos en el accionamiento por paralelogramo.

### 1.7.2 Árbol de levas 1

La figura 2 muestra otro enfoque del accionamiento del cambio, como es el uso de un árbol de levas. En el interior del eje que soporta la rueda se instalaría otro eje con forma cónica en su zona central, mientras que en el eje de soporte se practican varios agujeros que permiten el paso de los empujadores. Dichos empujadores incluyen un muelle que permite que siempre estén en contacto con la parte cónica del eje interno, la cual se desplazará en sentido longitudinal haciendo que los empujadores suban o bajen, variando la inclinación de los discos. Pese a que la simplicidad y la robustez del sistema son superiores a los del sistema inicial, no está carente de problemas. Por un lado el movimiento del eje que acciona la leva no es sencillo de realizar, y por otro la alzada posible de la leva es muy pequeña ya que se encuentra en el interior de un eje de 10mm de diámetro externo, con lo que la amplitud del desarrollo del cambio se vería muy mermada.

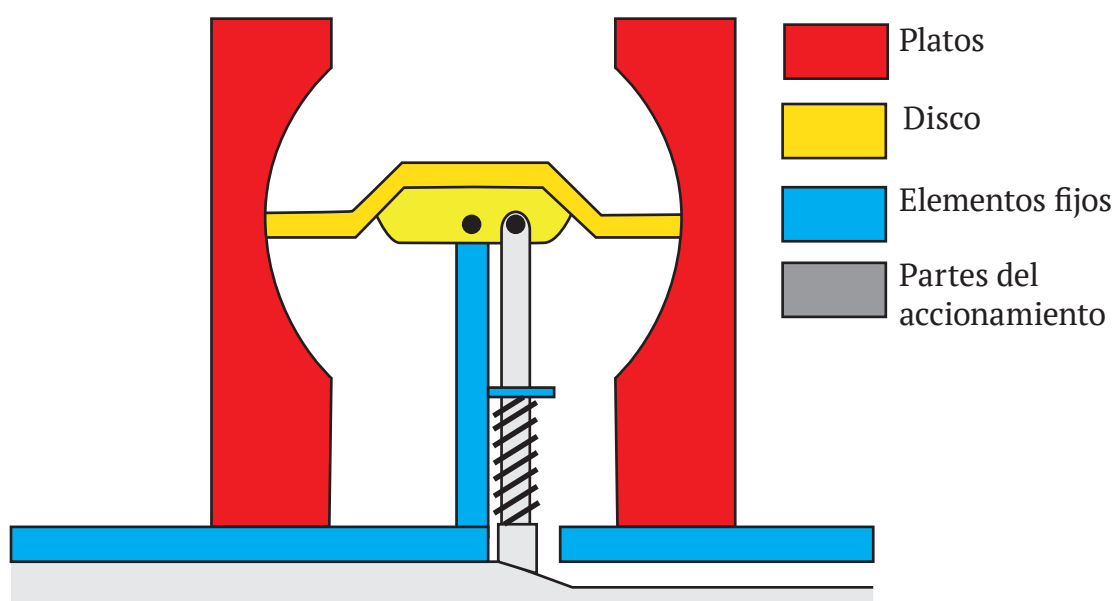


Figura 2. Elementos del accionamiento por árbol de levas 1.

### 1.7.3 Árbol de levas 2

Otra alternativa se basa también en el árbol de levas, pero pasa de tener un movimiento longitudinal a un giro. Además, se cambia su ubicación de manera que en lugar de encontrarse en el interior del eje, lo rodea, como se ve en la figura 3. Así se puede aumentar la alzada tanto como sea necesario, y el sistema en general resulta más robusto y facilita el montaje. Como desventaja, uno de los platos pasa de girar sobre un eje fijo a hacerlo sobre uno que puede girar en una u otra dirección. Como la leva, en principio, debería girar mucho menos que otros elementos y, además de manera puntual y no continua, debería tratarse de un problema menor. Por otro lado, el aumento de la alzada de la leva conlleva una disminución en el espacio interno para otros elementos, y debe vigilarse en dicho sentido.

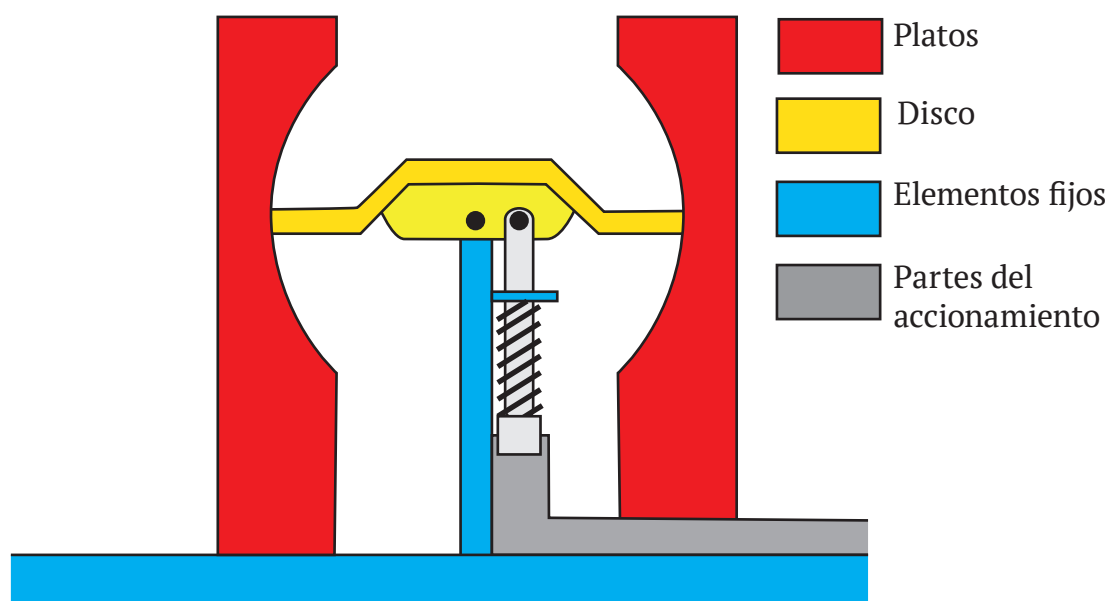


Figura 3. Diversas partes que componen el accionamiento por árbol de levas 2.

## 1.7.4 Decisión del cambio a desarrollar

Para proceder a la decisión acerca del mecanismo de cambio a desarrollar, en primer lugar se estudian las ventajas e inconvenientes de cada sistema como vemos en la tabla 1:

	Ventajas	Inconvenientes	Comentarios
<b>Paralelogramo</b>	<p>Puede permitir una gran precisión.</p> <p>El Mecanismo de Accionamiento puede resultar muy compacto.</p>	<p>El mecanismo resulta muy delicado.</p> <p>El montaje de ciertos elementos resulta muy difícil, con elementos fijos suspendidos de otros que deben girar.</p>	<p>Es un sistema atractivo porque permite un control muy exacto del cambio</p>
<b>Árbol de Levas 1</b>	<p>Es un sistema muy sencillo desde el punto de vista de su fabricación y montaje.</p> <p>Su fiabilidad podría ser muy alta gracias al uso de elementos bastante probados.</p>	<p>Al estar la leva en el interior del eje, la alzada que se puede obtener es muy limitada.</p> <p>Si se maximiza dicha alzada, y por tanto la amplitud del desarrollo, el eje que rodea a la leva será muy fino y por tanto comprometería la mencionada fiabilidad.</p>	<p>Posiblemente sea el más sencillo de fabricar y de montar, pero tiene graves limitaciones en la amplitud de las relaciones de cambio que permite.</p>
<b>Árbol de Levas 2</b>	<p>Resulta tan fiable o incluso más que el sistema de árbol de levas original.</p> <p>La alzada, y por tanto la amplitud de las relaciones, puede ser la mayor de todos los sistemas propuestos.</p>	<p>La ubicación de la leva hace que los platos no puedan ser iguales puesto que uno debe rodearla.</p> <p>El montaje, aunque sencillo, lo es algo menos que en el caso anterior, por la misma razón.</p>	<p>Resulta ser un término medio entre las ventajas de los otros sistemas, solucionando además los problemas más graves de aquellas.</p>

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de cada sistema.

Una vez conocidas las mismas, se procede al desarrollo de un cuadro de decisión en el que, partiendo de las ventajas e inconvenientes conocidos y valorando diversas características deseables en el cambio, se puede realizar una decisión fundamentada sobre qué opción resulta más apropiada. Las cualidades a valorar son las siguientes:

En primer lugar, la facilidad de desarrollo. En dicho apartado puntuará alto un sistema que no presente complicaciones aparentes a la hora de ser fabricado.

A continuación se valorará la robustez del sistema, de modo que un mecanismo que pueda estropearse fácilmente obtendrá una peor puntuación.

El tercer apartado a considerar serán las prestaciones. Se valorará mejor un sistema que permita una mayor amplitud de la relación de cambio y una buena precisión a la hora de seleccionar el desarrollo.

El mecanismo que mejor puntuación obtenga al combinar los tres apartados será aquel que se preferirá a la hora de desarrollar el cambio de marchas.

	Facilidad	Robustez	Prestaciones	Total
Factor	1	1	1	
Paralelogramo	3	4	7	14
Árbol de Levas 1	7	5	5	17
Árbol de Levas 2	8	9	7	24

Tabla 2. Cuadro de decisión del sistema a desarrollar.

Vemos en la tabla 2 que de los tres mecanismos planteados, aquel que presenta un mayor potencial es el que emplea un árbol de levas externo al eje, el denominado “Árbol de Levas 2”, y es el que se desarrolló finalmente.

## 1.8 Resultados Finales

### 1.8.1 Definición del Producto

Cambio de marchas para bicicleta. Mecanismo que permite la variación del efecto que el pedaleo del usuario tiene sobre el movimiento de la bicicleta. Permite hacer que cada pedalada del usuario corresponda a un número diferente de vueltas en la rueda de la bicicleta.

En éste caso se trata de un cambio de tipo CVT toroidal. En ellos se utiliza uno o varios elementos, llamados discos, que sirven para transmitir la potencia de entrada, que en éste caso llegaría a través de la cadena, a la rueda. Dichos discos están en contacto con dos elementos, llamados platos, que ubicados frente a frente forman un toro. Variando la inclinación de los discos dentro de dicho toro, se puede modificar la velocidad de giro a la salida del cambio respecto a la velocidad a la que gira la cadena. Como se puede ver en las figuras 4, 5 y 6, al inclinarse los discos en una dirección determinada entran en contacto con los platos a diferente distancia del centro, lo que genera la variedad de desarrollos.

El resultado final es un cambio con infinitos desarrollos, con una amplitud del 305% que se sitúa en sintonía con los cambios más habituales que se encuentran en el mercado, a excepción de aquellos enfocados a bicicletas con amplitudes de desarrollos extremas.

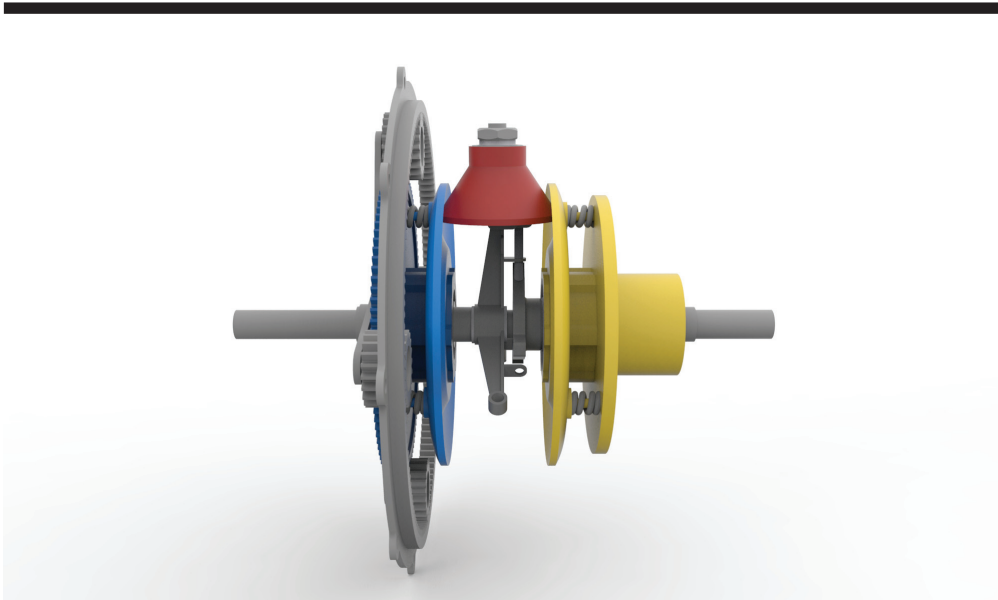


Figura 4. Cambio en posición neutra.

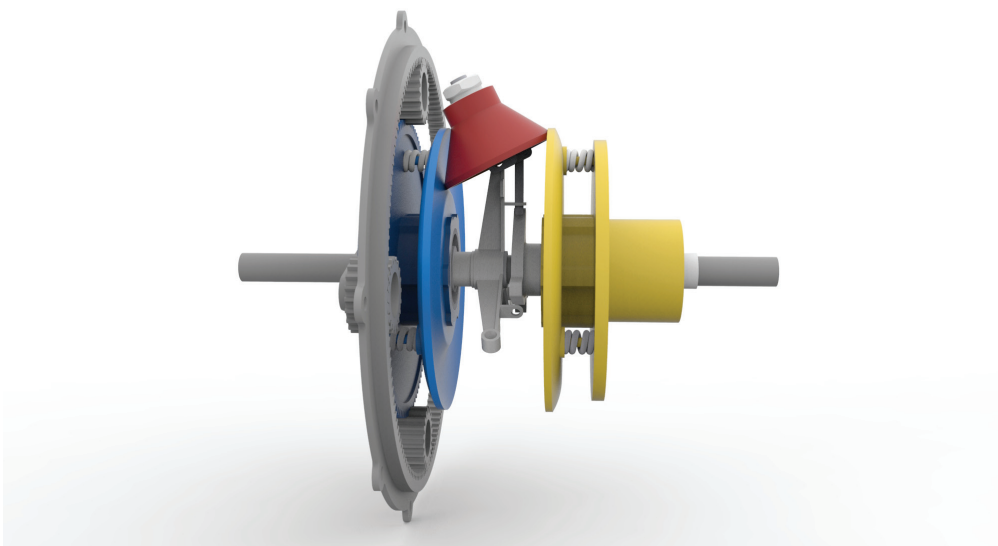


Figura 5. Cambio en posición de desarrollo largo.

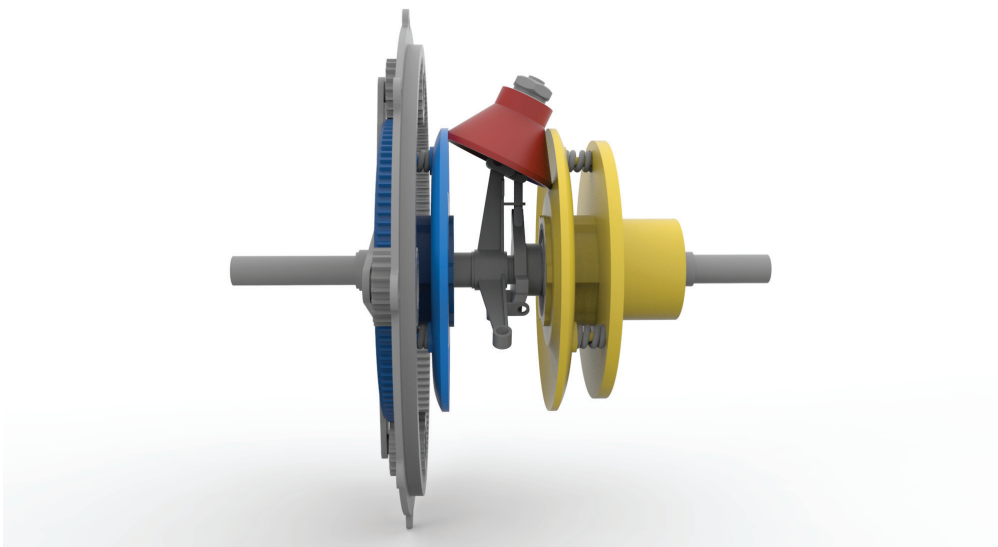


Figura 6. Cambio en posición de desarrollo corto.



Paralelamente a dicho desarrollo mecánico del cambio, se lleva a cabo un desarrollo del cambio desde un punto de vista del comportamiento.

Para que el cambio de marchas automático sea verdaderamente útil y no requiera que el usuario realice cambios manuales, el cambio utilizaría tres sensores que le darían toda la información necesaria:

Un sensor de potencia, ubicado en los pedales, que mide la fuerza que ejerce el usuario a cada pedalada.

Un sensor de velocidad, ubicado en la rueda trasera, que informa de la velocidad a la que se desplaza la bicicleta.

Un sensor de cadencia que informa del ritmo al que pedalea el usuario. Generalmente, tanto los sensores de velocidad como los de potencia suelen medir cadencia, así que se puede elegir aquel que más convenga.

Con la información que proveen dichos sensores, el cambio adapta su ritmo al usuario. El cambio emplea el sensor de potencia y el de velocidad conjuntamente, interpretando el ritmo más adecuado. Para ajustar la cadencia a la deseada por el usuario, el cambio emplea siempre cadencias rápidas, y utiliza conjuntamente la potencia y la cadencia para saber cuando el usuario desea una cadencia más lenta. El comportamiento del cambio, así como tablas que explican la relación entre la información que dan los diversos sensores y la actuación del cambio se pueden encontrar en el documento Anexo Diseño Cambio, en el apartado “Esquema del funcionamiento del cambio”.

### 1.8.2 Características técnicas

Las características técnicas del cuadro desarrollado se muestran en la tabla 3.

<b>Dimensiones</b>	172 mm diámetro y 135 mm de anchura
<b>Peso</b>	2.3 Kg
<b>Amplitud de marchas</b>	305%
<b>Tipo de frenos</b>	ISO
<b>Tipo de piñones</b>	Rueda libre con rosca ISO, 34.92 x 1.058 mm
<b>Lubricante utilizado</b>	Fluido de Tracción. Cantidad y especificaciones a determinar mediante ensayos.

Tabla 3. Características técnicas del cambio desarrollado.

### 1.8.3 Componentes individuales: Análisis y características

El cambio de marchas se compone de varios subgrupos de elementos que son los que permiten que desarrolle su función de manera adecuada. Dichos subgrupos son los siguientes:

#### Carcasa

Es el recubrimiento exterior del cambio. Se une a las ruedas mediante los radios, y es en la práctica la encargada de transmitir la potencia ejercida sobre el cambio a la rueda y, a través de ésta, al suelo.

Se compone de tres elementos fabricados en Aluminio 6061 T6, con un peso en conjunto aproximado de 700 gramos. Se suspende sobre el resto de elementos mediante rodamientos, y se asegura la estanqueidad gracias al uso de retenes. La carcasa aparece en color naranja en la figura 7.

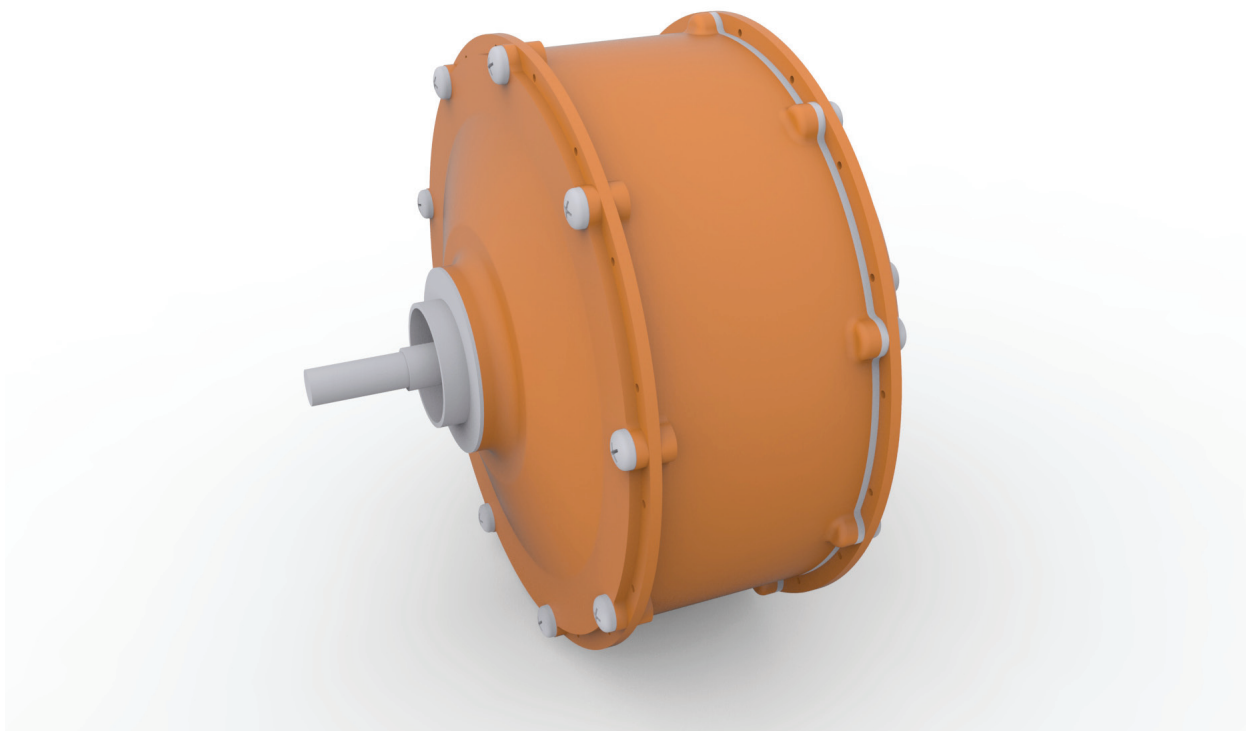


Figura 7. Componentes de la carcasa.

### Engranajes Planetarios

Por el propio funcionamiento del cambio, el sentido de giro de salida es opuesto al de entrada. Para permitir que el sentido de giro de la rueda sea el mismo que el del piñón de entrada, se recurre al uso de engranajes planetarios. El engranaje corona se ancla a la carcasa mediante tornillos, mientras que los engranajes satélites disponen de un soporte que los mantiene en su posición. El engranaje sol forma parte de los soportes de los platos. El peso total del conjunto es de unos 250 gramos. En la figura 8 dichos elementos aparecen destacados en verde.

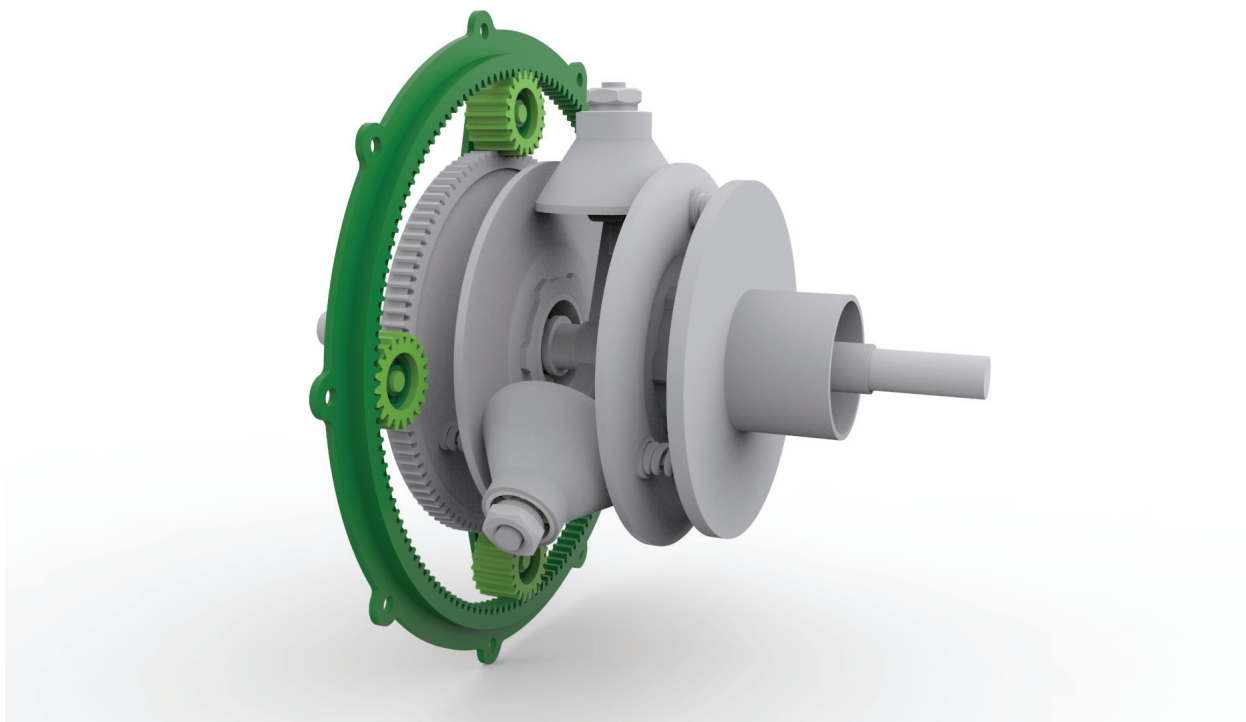


Figura 8. Engranajes Planetarios.

### Platos

Son uno de los elementos más importantes del cambio y se pueden ver en la figura 9. Consta de dos platos con forma de medio toro, uno de los cuales gira solidario con la carcasa y el otro lo hace con el piñón de entrada. Para permitir que ejerzan presión sobre el disco transmisor, se encuentran suspendidos sobre sus anclajes mediante el uso de resortes de compresión. Giran sobre rodamientos y el plato de entrada, además, dispone de retenes que mantengan la estanqueidad. El peso del conjunto es de unos 800 gramos.

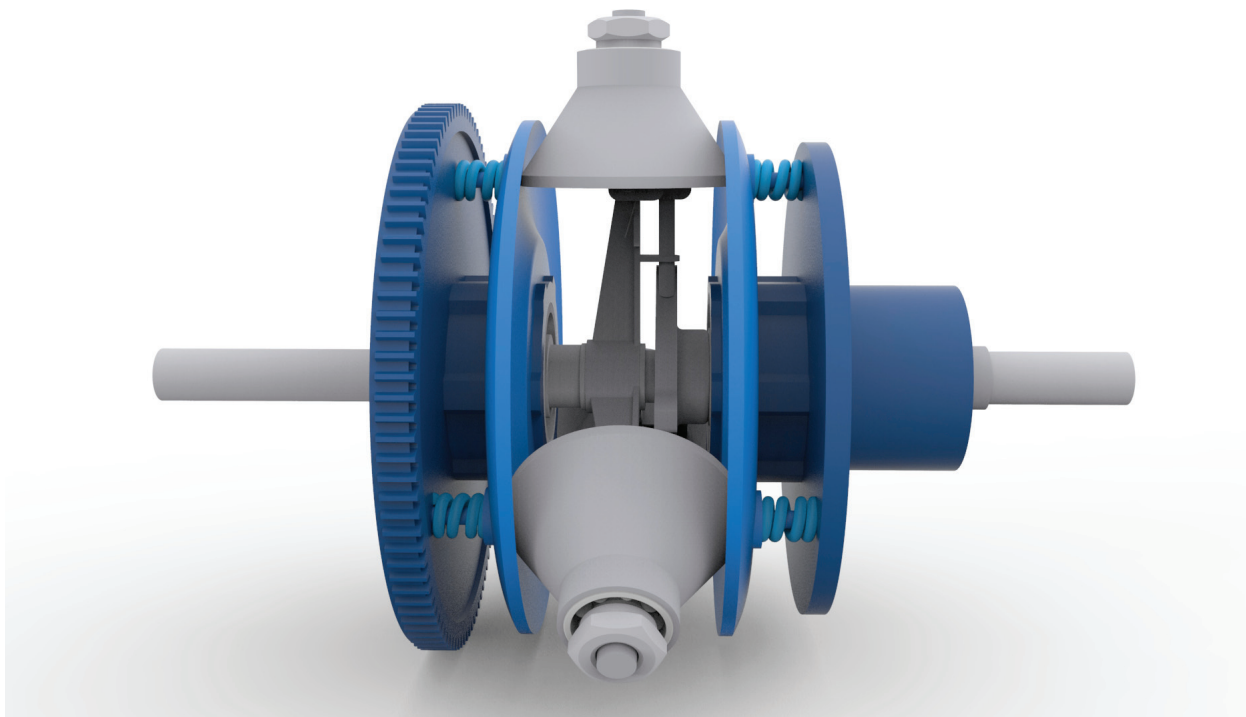


Figura 9. Componentes de los platos.

### Discos

Se trata del elemento que permite que exista una variedad de marchas en el cambio. Se componen de los llamados discos, elementos en forma de campana que pueden oscilar alrededor del centro del toro formado por los platos. Mediante el uso de unos soportes y de empujadores y resortes, dichos discos pueden inclinarse mediante el giro de una leva. El peso del conjunto es de unos 200 gramos. Los discos y su mecanismo de accionamiento se ven en color rojo en la figura 10.



Figura 10. Discos y su sistema de accionamiento.

### Eje

El eje es la parte central del cambio, alrededor de la que se articula todo el conjunto. Tiene un diámetro de 10 mm, que coincide con los habituales en los ejes de bicicletas para incrementar su compatibilidad. A él se unen de manera solidaria los soportes a los que se anclan los discos y los engranajes satélites, y sirve de base sobre la que giran todos los elementos que deben hacerlo. El peso del conjunto es de unos 350 gramos. La figura 11 muestra el eje y el soporte en tonos amarillos.

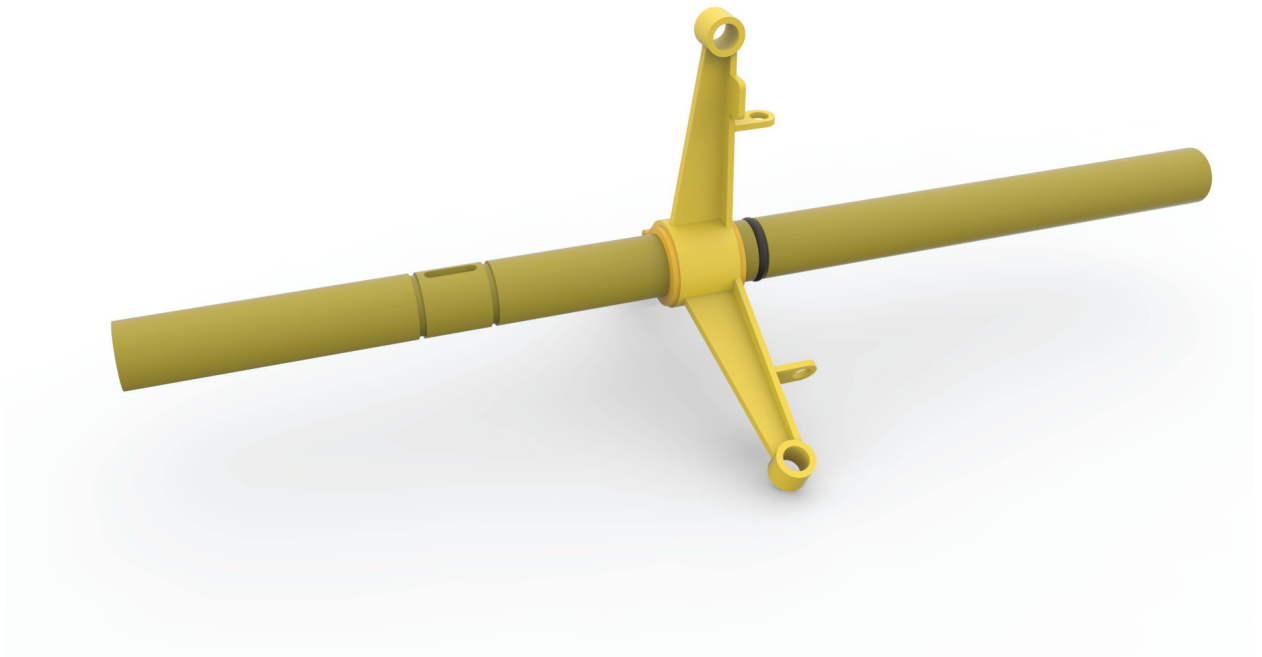


Figura 11. Eje y soporte.

### 1.9 Conclusiones

El cambio desarrollado tiene como principal característica su automatización. Mientras que otros sistemas requieren que el usuario se adapte al ritmo que deciden que debe seguir, o que indique el ritmo que quiere llevar, negando así las ventajas de la automatización, éste cambio emplea toda la información que puede recopilar para adaptarse a los gustos y necesidades del usuario.

Al mismo tiempo, el empleo de un cambio de tipo CVT propio permite explotar al máximo las capacidades de un cambio automático, con una variación continua del desarrollo para mayor comodidad y una electrónica pensada precisamente para ese tipo de funcionamiento.

Además, se ha conseguido un conjunto que permite un coste competitivo frente a otras propuestas del mercado destinadas a un público similar, como pueden ser los cambios de Rohloff o los Shimano Alfine, que parten de precios superiores al del producto desarrollado, y además no disponen de accionamiento automático.

En cuanto a posibilidades de mejora del cambio, la principal debería venir en un incremento de la amplitud de desarrollos. Si bien la que se ofrece es suficiente para la gran mayoría de usos de un cambio de bicicleta, una amplitud mayor suele permitir una mayor libertad al usuario de cara a afrontar diferentes situaciones con su bicicleta. Otros condicionantes, como las dimensiones o el peso del conjunto, se encuentran en sintonía con los cambios existentes en el mercado, y aunque se trata de mejoras que suelen resultar llamativas, la influencia de cien o doscientos gramos más o menos es bastante poco apreciable para un usuario no competitivo, que es al que va destinado el producto.

### 1.10 Orden de Prioridad entre los Documentos Básicos

El orden de prioridad establecido entre los documentos es el siguiente:

Planos

Pliego de Condiciones

Presupuesto

Memoria



## 1.11 Resumen del Presupuesto

El presupuesto total para la fabricación del cambio es de CUATROCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS. A continuación se añade el resumen de dicho presupuesto. El presupuesto completo se encuentra en el apartado “Presupuesto Cambio de Marchas”.

<b>Total Capítulo 1: Eje</b>	14.40 €
<b>Total Capítulo 2: Discos</b>	77.04 €
<b>Total Capítulo 3: Platos</b>	88.87 €
<b>Total Capítulo 4: Engranajes Planetarios</b>	35.12 €
<b>Total Capítulo 5: Carcasa</b>	51.01 €
<b>Total Capítulo 6: Montaje</b>	9.06 €
<b>Total Capítulo 7: Embalaje</b>	3.99 €
<b>Total Presupuesto de Ejecución Material</b>	279.49 €

Gastos Generales (15%)	41.17 €
Beneficio Industrial (16%)	44.72 €
<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata</b>	365.38 €

IVA (21%)	76.73 €
Proyecto (4% PEM)	11.18 €
Dirección de Obra (4% PEM)	11.18 €
Control de Calidad (1% PEM)	2.79 €

<b>Presupuesto Total</b>	467.26 €
--------------------------	----------

---

# MEMORIA BICICLETA

Indice	
2.1 Objeto	2
2.2 Alcance	2
2.3 Antecedentes	2
2.4 Normas y Referencias	2
2.4.1 Normativas	2
2.4.2 Bibliografía	3
2.4.3 Programas de Cálculo	3
2.4.4 Plan de Gestión de Calidad	4
2.5 Requisitos de Diseño	4
2.6 Análisis de Soluciones	5
2.6.1 Concepto 1: Estructura Tradicional	6
2.6.2 Concepto 2: Dirección reforzada	7
2.6.3 Concepto 3: Tubo Doblado	8
2.6.4 Decisión de la bicicleta a desarrollar	9
2.7 Resultados Finales	12
2.7.1 Definición del Producto	12
2.7.2 Características técnicas	13
2.7.3 Componentes individuales: Análisis y características	13
2.8 Conclusiones	17
2.9 Orden de Prioridad entre los Documentos Básicos	18
2.10 Resumen del Presupuesto	18

## 2.1 Objeto

El objeto del proyecto es el desarrollo de una bicicleta modelo que sirva para la demostración del cambio de marchas desarrollado.

## 2.2 Alcance

Como vehículo desarrollado para la demostración del cambio, su fabricación sería en una serie muy limitada, en torno a las 100 unidades, algunas de las cuales se utilizarían para su cesión a periodistas y demostraciones en ferias del sector. No se descarta una fabricación en series más largas en caso de que el público mostrase interés en el modelo.

## 2.3 Antecedentes

Los estudios previos se encuentran disponibles en el volumen Anexo Diseño Bicicleta.

## 2.4 Normas y Referencias

### 2.4.1 Normativas

#### **UNE-EN 14872:2006**

Bicicletas. Accesorios para bicicletas. Porta-equipajes

#### **UNE-EN 14764:2006**

Bicicletas de paseo. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.

#### **UNE-EN 15532:2009**

Bicicletas. Terminología.

#### **UNE-EN 15194:2009+A1:2012**

Ciclos. Ciclos con asistencia eléctrica. Bicicletas EPAC.

#### **UNE-EN ISO 4210-1:2014**

Ciclos. Requisitos de seguridad para bicicletas. Parte 1: Términos y definiciones.

La normativa relativa a ciclos con asistencia eléctrica (UNE-EN 15194:2009+A1:2012) sólo se aplicaría en caso de que se realizase un modelo de demostración de la bicicleta dotada de un sistema de asistencia eléctrica.

### 2.4.2 Bibliografía

La bibliografía empleada proviene sobretodo del estudio de los modelos existentes, para lo cual el empleo de internet y las páginas de los fabricantes resultaron de gran utilidad, especialmente a la hora de estudiar las geometrías, y de prensa del sector.

Páginas web de fabricantes:

Marín: <https://www.marinbikes.com/>

GT bicycles: [http://www.gtbicycles.com/esp\\_en/](http://www.gtbicycles.com/esp_en/)

Specialized: <http://www.specialized.com/es/es/home/>

Scott: <http://www.scott-sports.com/es/es/products/Bicicletas>

Merida: <http://www.merida-bikes.com.es/>

Sugerencias sobre el método para la medición de la talla de bicicletas y ergonomía se obtuvieron de prensa del sector de la bicicleta, en concreto del catálogo 2013 de la revista SoloBici.

### 2.4.3 Programas de Cálculo

Autodesk Inventor 2012, en un ordenador con Microsoft Windows 7.

Con dicho Software se modeló completamente la bicicleta y se realizaron estudios sobre su resistencia, comprobando que cumple con la normativa existente. Dadas las limitaciones del software a la hora de realizar dichos cálculos, particularmente los relativos a fatiga, se modeló también una bicicleta tradicional, de la que se conocen medidas y espesores, y se comprobó que los resultados en los test son comparables entre el modelo diseñado y el existente.

Dichos test se explican en el documento Anexo Diseño Bicicleta, en el apartado “Resistencia del Cuadro”. En el test de choque, la bicicleta de referencia falla con una carga de 1000N, mientras que la bicicleta desarrollada soporta dicha carga con un factor de seguridad superior a 2.

En el ensayo de fuerzas de pedaleo, la bicicleta de referencia rompe con una carga de 2000N y, de nuevo, la bicicleta desarrollada soporta dicha carga, aunque en ésta ocasión con un factor de seguridad de 1.6.

En el test de carga vertical ambos modelos fallan con la misma carga de 2000N, con esfuerzos internos similares.

### 2.4.4 Plan de Gestión de Calidad

Para asegurar la calidad durante la realización del proyecto se tomarán las siguientes medidas:

- Se ensayarán al azar las piezas suministradas por los proveedores, al menos cinco de cada lote.
- De igual manera, las materias primas se ensayarán o analizarán al azar.
- Las primeras unidades de preserie serán sometidas a pruebas exhaustivas, para comprobar su durabilidad y la ausencia de fallos en los ciclos de uso previstos. Se someterán a los ensayos exigidos por la normativa pertinente, y más allá de ellos se someterán a los mismos ensayos, aunque aumentando las cargas y los ciclos hasta conseguir la rotura de los materiales
- Después del montaje de cada unidad final se comprobará que el montaje es correcto.
- Adicionalmente, de cada lote de productos fabricados se realizarán las mismas pruebas realizadas a los modelos de preserie a un número de unidades seleccionadas al azar que dependerá del volumen del lote.

## 2.5 Requisitos de Diseño

La propia existencia de la bicicleta tiene su origen en ser una exposición de las ventajas de un cambio automático como el que se desarrolla. Por tanto, el primer requisito es estar en sintonía con las características de dicho cambio.

Otro requisito es que no debe ser una bicicleta muy específica. Es cierto que es imposible el desarrollo de un cambio que se adapte a cualquier posible uso, pero desarrollar una bicicleta para una disciplina concreta impediría demostrar las ventajas del cambio a usuarios ajenos a dicha disciplina.

Tampoco puede ser una bicicleta mediocre. El cambio desarrollado difícilmente podrá ser económico, aunque sólo sea debido a los automatismos y sensores necesarios, y por tanto no tiene sentido montarlo en una bicicleta de bajo coste que empeore las prestaciones que se puedan obtener.

En relación al primer requisito, es imprescindible que esté preparada para alojar elementos que pueda requerir el cambio, como una centralita o una batería.

No debe tratarse de una bicicleta con asistencia eléctrica al pedaleo. Es cierto que un cambio automático es una gran base para una bicicleta con asistencia eléctrica, pero al mismo tiempo dicha asistencia enmascararía las cualidades del cambio. Si el cambio, por ejemplo, tiene reacciones lentas pero se ven compensadas con la asistencia al pedaleo, se estará engañando a aquel que pruebe la bicicleta para emitir una opinión sobre el cambio.

Otro requisito importante es que a la hora de seleccionar la tipología de bicicleta,

sea una en la que haya cierta aceptación de los cambios comparables al que se va a desarrollar.

Es imprescindible que la bicicleta cumpla con los estándares existentes y que permita el uso de accesorios comerciales, al menos en lo relativo a aquellos que sea más habitual incorporar o cambiar, como son los sillines y manillares.

De igual manera que debe adaptarse a los estándares y elementos comerciales existentes, deberá cumplir con la normativa existente y aplicable al producto.

El producto desarrollado debe cumplir con la normativa mencionada en el apartado 1.4.

## 2.6 Análisis de Soluciones

Al tratarse de un concepto ligado íntimamente al cambio de marchas, el tipo de bicicleta a desarrollar y sus prestaciones deben ser acordes con el segmento en el que se proyecta una mejor aceptación.

En estudios previos se vio que el segmento más apropiado para un cambio de éstas características son las bicicletas urbanas, un segmento en el que la reducción de mantenimiento que suponen los cambios integrados en el buje y, especialmente, la desaparición de la necesidad de cambiar de marcha, suponen una gran ventaja. Como, al tratarse de una bicicleta que debe servir también como vehículo para publicitar los beneficios del cambio, es también necesario que tenga unas prestaciones y versatilidad aceptables, el segmento concreto en el que se ubicará será el de las bicicletas de trekking, que combinan una posición cómoda, la capacidad de desplazarse velozmente y permiten adentrarse en rutas fuera de pista siempre que éstas no sean demasiado exigentes.

Una de los problemas que presenta éste segmento de cara al diseño de la bicicleta es su relativa uniformidad. Así como en otros segmentos, como las bicicletas de ciclismo en ruta o las de montaña, que generalmente pueden verse envueltas en algún tipo de competición, es más fácil encontrar una variedad de soluciones que pretenden ser una ventaja competitiva, las bicicletas que no tienen ese cariz deportivo tienden a cierta uniformidad. Pese a ello, el primer paso en el diseño de la bicicleta fue un estudio de diversas alternativas en lo relativo a los entramados. Además de una función puramente estética, se estudió en ellos las posibilidades que ofrecen en cuanto a la integración de accesorios como pueden ser los portabidones o un compartimento en el que poder integrar la batería, especialmente en previsión a una posible conversión en bicicleta con asistencia eléctrica al pedaleo, y otros factores como la facilidad de fabricación o el posible coste.

Como cabe esperar, el entramado que ofrece un mejor compromiso entre los factores decisivos, es la tradicional estructura de triángulo doble, que permite un buen espacio en el que instalar accesorios, una rigidez bastante apreciable y es más sencilla de fabricar que otras opciones.

Decidida una estructura general para la bicicleta, se propusieron tres posibles diseños:

## 2.6.1 Concepto 1: Estructura Tradicional

El primer concepto propuesto es el más tradicional de todos y aparece en la figura 1. Consiste en dos triángulos de tubos rectos, con una leve inclinación hacia atrás, de manera que aunque permite un gran espacio en el interior del triángulo para la incorporación de accesorios, también permite obtener una altura media baja que permita al usuario subir a la bicicleta con comodidad, sin recurrir a tubos doblados, y forma visualmente una unidad con el tirante trasero, que forma un arco casi continuo con él. Dicha inclinación del triángulo principal es fruto de la altura elevada del tubo de dirección que impone el uso de la suspensión, que hace que éste quede por encima del tubo del sillín, que tiene unas dimensiones fijas que marcan la talla de la bicicleta.



Figura 1. Concepto 1. Estructura Tradicional.



### 2.6.2 Concepto 2: Dirección reforzada

Siguiendo, al igual que el primer concepto, la idea de tener una altura de acceso baja, en el segundo concepto se baja la altura de unión entre el tubo horizontal hasta hacer que se una a la dirección casi a la altura del tubo oblicuo, pero se añade un refuerzo superior que añade rigidez al conjunto, como se ve en la figura 2. Dicho refuerzo se plantea en principio como un añadido soldado que ayuda a incrementar la rigidez en uno de los puntos críticos del cuadro. Con dicho diseño se consigue una altura al suelo menor incluso que en una bicicleta con los triángulos inclinados como el concepto 1, aunque a costa de perder algo de espacio en el interior del triángulo, lo que perjudica la facilidad para incorporar ciertos accesorios.



Figura 2. Concepto 2. Dirección Reforzada.

### 2.6.3 Concepto 3: Tubo Doblado

El tercer concepto se basa un triángulo principal que deja de ser un triángulo propiamente dicho, para presentar una curva a media altura como se aprecia en la figura 3. Dicho diseño tiene como principal ventaja el incrementar el espacio disponible en el interior del triángulo, especialmente en la parte frontal cercana a la dirección. En su contra, aunque en la zona cercana al sillín se puede conseguir una altura muy baja, en el punto de Standover, a media distancia entre el sillín y el manillar, generalmente la altura será mayor que en los otros conceptos.



Figura 3. Concepto 3. Tubo Doblado.

### 2.6.4 Decisión de la bicicleta a desarrollar

En primer lugar se valoraron las diferentes ventajas e inconvenientes de cada diseño posible, como muestra la tabla 1.

Concepto	Ventajas	Inconvenientes	Comentarios
<b>Concepto 1</b>	<p>Su estética tradicional hace que sea aceptada fácilmente.</p> <p>Al ser un diseño sencillo, sus costes serían bajos en relación a opciones más complejas.</p>	Destaca poco, aunque se acepte fácilmente es difícil que enamore.	Es un concepto muy adecuado para una fabricación en grandes series, porque sería económica.
<b>Concepto 2</b>	<p>Permite un acceso muy cómodo, al ser la que tiene el tubo horizontal más bajo.</p> <p>Los tubos reforzados le hacen ser muy sólida.</p>	El refuerzo en la parte superior del tubo horizontal puede encarecer mucho el producto.	Es un diseño que permite acceder a un cliente que desee gastar una mayor cantidad, pero tiene el inconveniente de ser menos diferenciadora que el tercer concepto.
<b>Concepto 3</b>	<p>El diseño del cuadro le da un aspecto muy diferenciador.</p> <p>Tiene un aspecto más agresivo, cercano a las bicicletas de montaña.</p>	<p>Los costes de los tubos conformados son elevados.</p> <p>La altura media del tubo horizontal es superior a los otros conceptos y la hace más incómoda, y una versión femenina debería ser completamente distinta.</p>	<p>Es el concepto más atrevido desde un punto de vista del diseño.</p> <p>Además, tiene una estética muy diferenciadora que puede resultar interesante de cara a la creación de gama.</p>

Tabla 1. Valoración de las ventajas e inconvenientes de los tres conceptos

Una vez vistos los tres conceptos y analizadas sus ventajas e inconvenientes, se procede a la decisión final sobre cual de ellos desarrollar. Para ello se valorarán en una tabla diversas cualidades que se esperan del proyecto. Aquel que obtenga una mayor puntuación total será el que se desarrolle finalmente.

Las cualidades a valorar serán las siguientes:

La primera cualidad es la estética. Se valorará positivamente que la misma sea atractiva, sin dejar de adecuarse al sector al que se enfoca la bicicleta.

En segundo lugar se valorará el espacio disponible. La posibilidad de incorporar accesorios preexistentes, como portaequipajes, o de incorporar kits de conversión a

bicicleta eléctrica.

La siguiente cualidad a valorar será la facilidad de acceso. Cuanto más baja sea la altura del tubo horizontal más fácil será para el usuario subir o bajar de la bicicleta.

Otra cualidad a valorar será el coste. Se considerará positivamente el que los costes de fabricación sean contenidos.

El quinto factor a tener en cuenta será la integración. El desarrollo de la bicicleta está íntimamente unido al del cambio de marchas automático, y por tanto se valorará muy positivamente el que permita la integración de los elementos que conocemos deberá incorporar. En éste factor también se tendrá en cuenta el que el concepto transmita las cualidades de novedad que supone el cambio.

A la hora de realizar una valoración de cada concepto se tiene muy en cuenta que se trata de conceptos muy iniciales y sujetos a cambios. Factores como el espacio y el acceso, si bien se valoran de una manera objetiva en base a los conceptos, midiendo el espacio que dejan libre los tubos y la altura del tubo horizontal, estarán siempre sujetos a cambios conforme evolucione el concepto, aunque son válidos para comparar. Dichas comparaciones visuales aparecen, respectivamente, en las figuras 4 y 5.

El coste es un caso similar, pero también resulta inevitable que si un concepto va a precisar de más elementos o si las partes que componen el cuadro precisan más procesos para producirse, a igualdad de desarrollo los conceptos que se han considerado más caros seguirán siéndolo.

Por último, la estética y la integración estarían muy sujetas a cambios durante el desarrollo del concepto, así que se valoran las posibilidades que ofrecen más que sus cualidades en el estadio actual.

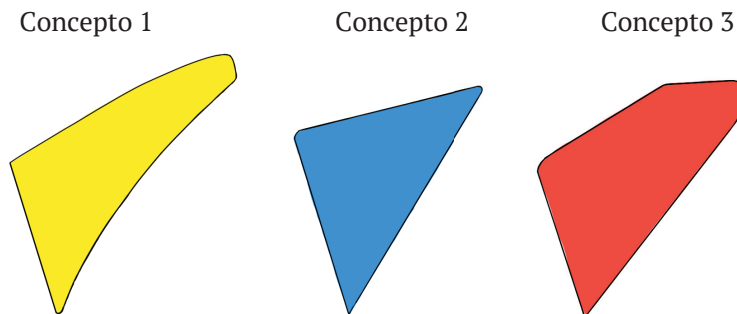


Figura 4. Comparación visual del espacio disponible en los cuadros.

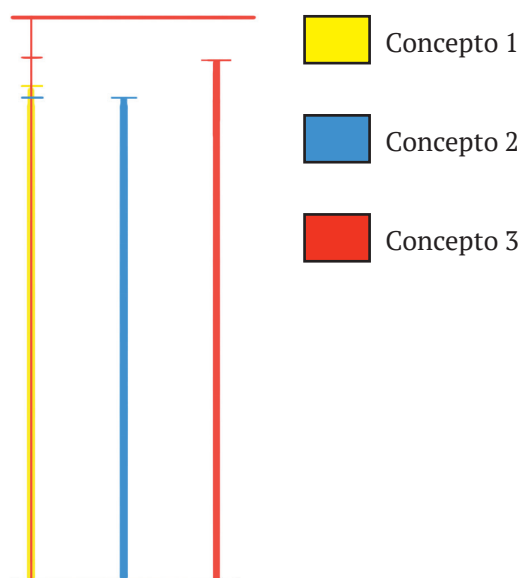


Figura 5. Comparación visual de la altura del tubo horizontal.

	<b>Factor</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
<b>Estética</b>	1	5	5	7
<b>Espacio</b>	0,5	7	5	6
<b>Acceso</b>	0,5	8	8	5
<b>Coste</b>	1	8	6	6
<b>Integración</b>	0,5	6	6	8
<b>Total</b>		23,5	20,5	22,5

Tabla 2. Cuadro de decisión del concepto a desarrollar.

Como muestra la tabla 2, pese a que estéticamente a priori es el concepto más anodino por su propia forma, el concepto 1, gracias a una mayor versatilidad y facilidad de fabricación acaba siendo la mejor opción. El concepto 3, aunque resulta más interesante desde un punto de vista formal y su facilidad para transmitir la novedad del cambio, se ve muy penalizado por su coste y su altura de acceso elevada.

## 2.7 Resultados Finales

### 2.7.1 Definición del Producto

Bicicleta. Vehículo dotado de dos ruedas en el que la tracción es generada por el propio usuario, que ejerce la fuerza pedaleando.

La bicicleta desarrollada en concreto es una bicicleta híbrida de trekking, apta para su uso tanto en asfalto como fuera de él, y se puede ver en la figura 6. Se trata de bicicletas que combinan una postura similar a la de las bicicletas de montaña, relativamente erguida, con ruedas de gran diámetro y no mucha anchura que les permiten alcanzar una buena velocidad.

Como además la bicicleta debe montar el cambio desarrollado y dar una buena sensación respecto al mismo, se intentó conseguir un producto competitivo y con su objetivo puesto en las bicicletas de gama alta.

Para conseguir ese propósito se recurre a la fabricación en aluminio 6061 T6, con piezas realizadas mediante fundición con molde de arena y otras de extrusión, que le confieren un acabado distintivo y de alta calidad. Como la posibilidad de conseguir dicho acabado uniendo las piezas mediante soldadura es muy limitada, se recurre al uso de adhesivos para la unión de las piezas. Aunque dicho método de fabricación no es muy habitual en tiempos recientes, sí encuentra su uso tanto en el sector automóvil como en bicicletas de fibra de carbono, por lo que es un método bastante probado. El uso de adhesivos, además tiene la ventaja de que, al permitir estos una cierta amortiguación en las uniones, pueden incrementar el confort de marcha.

Otro elemento distintivo de la bicicleta es el compartimento que aloja los componentes eléctricos que permiten el accionamiento automático del cambio de marchas. Dicho compartimento se ubica en el tubo del sillín, lo que tiene por un lado una cierta ventaja mecánica ya que coloca dichos elementos lo más cerca posible tanto del cambio de marchas como del centro de masas de la bicicleta, y por el otro ayuda a distribuir de una manera más equitativa el peso visual de los componentes de la bicicleta, que de ubicarse en otra posición quedarían más descompensados.



Figura 6. Bicicleta de Trekking desarrollada, con todos los componentes necesarios.

### 2.7.2 Características técnicas

<b>Dimensiones</b>	
<b>Peso</b>	2.395 Kg
<b>Material</b>	Aluminio 6061 T6
<b>Adhesivo Utilizado</b>	3M SA5027

Tabla 3. Características técnicas de la bicicleta.

### 2.7.3 Componentes individuales: Análisis y características

La bicicleta se compone de dos partes diferenciadas.

Por un lado encontramos el cuadro de la bicicleta. Está formado por elementos de Aluminio 6061 T6 que se unen entre sí mediante el uso de adhesivos estructurales para metales. En la práctica se utilizan perfiles de aluminio para los tubos, que se unen a elementos intermedios fabricados mediante moldeo y mecanizado. Dicha construcción permite uniones de gran calidad entre los elementos y una gran versatilidad a la hora de conseguir adaptar la geometría empleando series cortas.

La segunda parte es el compartimento. Al emplearse en la bicicleta el cambio automático descrito en la parte correspondiente del trabajo, se requiere que la bicicleta disponga de la batería, electrónica y motor necesarios para el accionamiento del mismo. Dicho compartimento es el encargado de albergar dichos elementos en el tubo del sillín. Se compone de dos elementos fabricados mediante moldeo de plástico ABS, y un elemento extra fabricado en caucho y que asegura la estanqueidad de la salida de cables necesarios.



Las piezas fabricadas mediante moldeo y mecanizado de Aluminio 6061 son las que aparecen en la figura 7 destacadas en color rojo. Se corresponden, como se puede ver, con los puntos de unión entre los diferentes perfiles de aluminio que conforman la estructura de la bicicleta. Para su fabricación se parte de elementos de fundición en arena, a los cuales se mecaniza los extremos para asegurar un buen acabado superficial. También se mecanizan zonas internas como puede ser el pedalier, la dirección y el tubo del sillín ya que son zonas que deben cumplir requisitos dimensionales más o menos estrictos dependiendo de la zona para asegurar su compatibilidad con elementos estándar.



Figura 7. Elementos del cuadro fabricados mediante moldeo y mecanizado.



Las piezas fabricadas mediante extrusión o que son perfiles existentes aparecen en la figura 8 en color amarillo. En particular, los componentes del triángulo trasero, es decir, el tirante del sillín y el tirante de la cadena, utilizan medidas que son habituales en fabricantes de tubería para bicicletas, de modo que en caso necesario se pueda recurrir a su adquisición sin necesidad de usar perfiles específicos. Los componentes del triángulo principal, por su parte, son perfiles específicos para la bicicleta ya que las necesidades no hacían posible el uso de perfiles comerciales.



Figura 8. Perfiles que componen el cuadro, tanto comerciales como extrudidos.

Los componentes fabricados por otros medios son los que se presentan en color verde en la figura 9. Son los que componen el compartimento que aloja los componentes eléctricos y electrónicos que permiten el automatismo del cambio. Dicho compartimento está fabricado mediante moldeo de plástico ABS.



Figura 9. Compartimento que aloja los componentes relacionados con el accionamiento del cambio.

El método de fabricación escogido, que mezcla el uso de componentes moldeados con tubos extrudidos, permite una gran flexibilidad para series cortas, además de conseguir unos acabados muy buenos acorde con el objetivo planteado para la bicicleta.

Como se puede ver en la figura 10, y como se explica en profundidad en el documento Anexo Diseño Bicicleta, apartado Adaptación a Tallas, el método de fabricación aprovecha la escasa variación en gran parte de las medidas de la bicicleta para permitir una adaptación sencilla a las tallas más habituales, mediante el cambio únicamente de un componente, que es el tubo del sillín, manteniendo al mismo tiempo unos acabados y un diseño que no se podrían conseguir de otra manera.

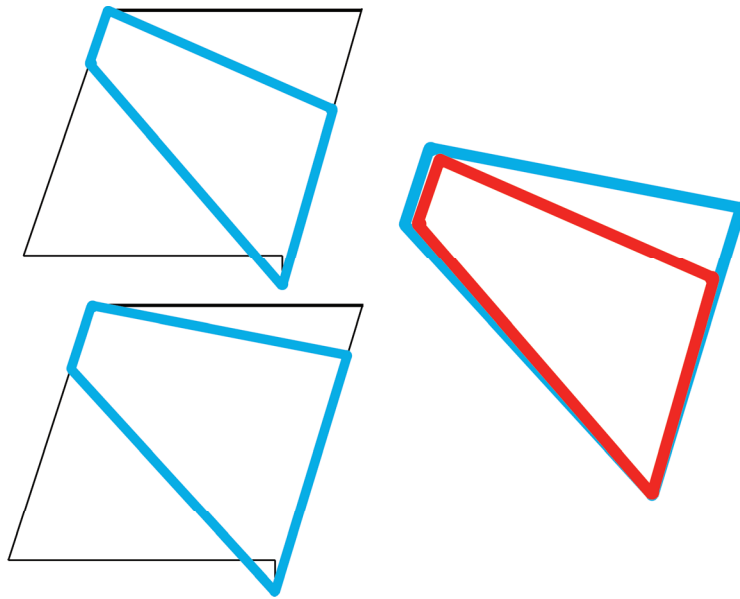


Figura 10. Diferencia en las medidas entre una bicicleta de talla 41 (rojo) y una de talla 55 (azul).

## 2.8 Conclusiones

La bicicleta desarrollada tiene que entenderse en conjunción con el cambio de marchas. En ese sentido se encuentra perfectamente adaptada para alojar los componentes necesarios, y se enfoca al usuario del cambio, un usuario que no busca una bicicleta de competición, sino una bicicleta polivalente que no exija atención ni conocimientos especiales de su usuario.

Otro objetivo de la bicicleta era desarrollar un producto claramente diferenciado y que proporcione una gran sensación de calidad, objetivo que se logra gracias al método de fabricación empleado, que hace que resulte atractiva y diferente a otras propuestas que se encuentran en el mercado.

Mientras tanto, otras características como el coste de la bicicleta o sus prestaciones, peso y dimensiones se han mantenido dentro de lo razonable para una bicicleta que no deja de ser de gama alta. No se trata de una bicicleta económica, pero tampoco lo es el cambio, ni los cambios de la competencia, y debe verse en dicho contexto.

Otro carácter diferenciador es la posibilidad de adaptarse a múltiples tallas con unos cambios mínimos. Habitualmente para adaptar un modelo a diferentes tallas se recurre a montajes completamente diferentes, pero en la bicicleta propuesta se consigue dicha adaptación manteniendo prácticamente la totalidad de elementos.

## 2.9 Orden de Prioridad entre los Documentos Básicos

El orden de prioridad establecido entre los documentos es el siguiente:

Planos

Pliego de Condiciones

Presupuesto

Memoria

## 2.10 Resumen del Presupuesto

El presupuesto total para la fabricación de la bicicleta es de QUINIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS. A continuación se añade el resumen de dicho presupuesto. El presupuesto completo se encuentra en el apartado “Presupuesto Bicicleta”.

<b>Total Capítulo 1: Piezas Conformado</b>	103.86 €
<b>Total Capítulo 2: Piezas Extrusión</b>	21.64 €
<b>Total Capítulo 3: Piezas Corte</b>	6.06 €
<b>Total Capítulo 4: Compartimento Eléctrico</b>	129.28 €
<b>Total Capítulo 5: Montaje</b>	53.79 €
<b>Total Capítulo 6: Embalaje</b>	9.03 €
<b>Total Presupuesto de Ejecución Material</b>	323.66 €

Gastos Generales (15%)	48.55 €
Beneficio Industrial (16%)	51.79 €
<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata</b>	424 €

IVA (21%)	89.04 €
Proyecto (4% PEM)	12.95 €
Dirección de Obra (4% PEM)	12.95 €
Control de Calidad (1% PEM)	3.24 €

<b>Presupuesto Total</b>	542.28 €
--------------------------	----------

---

# ANEXO DISEÑO CAMBIO DE MARCHAS

Indice	
Introducción	2
Requisitos	3
Tipos de cambios de marchas	5
Automatismos	12
Ubicación del Cambio	14
Cambios CVT	17
Medidas estándar	21
Otras Restricciones del cambio	23
Elección del tipo de cambio	24
Desarrollo del Cambio	31
Desarrollo Mecánico	32
Estructura interna	33
Accionamiento del cambio	35
Mecanismo del Cambio	39
Componentes	40
Dimensionado de los elementos	49
Desarrollo del Automatismo	55
Funcionamiento del cambio	56
Esquema del funcionamiento del cambio	57

Protocolo de Conexión	66
Accionamiento Eléctrico	67
Esquema Eléctrico	68
Componentes	71
Diseño Final: Dibujos de Presentación	76

### Introducción

La idea de desarrollar un nuevo cambio automático surge de varios frentes.

El primero es la cada vez mayor implantación de elementos como teléfonos móviles, el llamado “internet de las cosas” y automatismos varios. Cada vez más, están a disposición del público una gran cantidad de sensores, pero además está disponible la oportunidad de entrelazarlos y relacionarlos de las más variadas formas.

Por otro lado, existen proyectos que llevan esa tendencia un paso más allá, como el coche autónomo de Google, que ha recorrido ya millones de kilómetros en carreteras y ciudades americanas. Lo que hace que, por el momento, se adelante a los intentos de la competencia, no es el tener una mayor tecnología, sino el tener más información. En el mundo de internet es un concepto ampliamente asumido el hecho de que tener más información proporciona no sólo una ventaja competitiva, sino también poder. En cambio, en muchos otros ámbitos donde ésta máxima se podría aplicar, no se hace y se ignoran las posibilidades que ofrece a una gran variedad de productos.

En particular, el mundo de la bicicleta parece bastante apropiado para aplicar dicha idea. Se trata de un mercado en el que los avances tecnológicos siempre han ido encaminados a mejorar lo existente, pero no a cambiar los conceptos generales. Los mecanismos de cambio son esencialmente los mismos que se utilizaban hace décadas, y la estructura general también lo es. Los materiales y técnicas utilizadas para su fabricación sí se han adaptado a los tiempos, y como ocurre en otros mercados la oferta se ha diversificado ampliamente, para crear una tipología de bicicleta específica para cualquier uso que se le pueda dar.

En relación a la idea expuesta, la información es utilizada únicamente para informar al ciclista. La bicicleta, y accesorios como pulsómetros o velocímetros, pueden proporcionar al ciclista gran cantidad de información, desde su estado físico a la intensidad del ejercicio que realiza, velocidades, distancias, etc. Pero dicha información no se utiliza para nada más, es el ciclista quien, en función de esos datos que puede o no recibir (en general, se trata de accesorios, y casi siempre destinados a profesionales), puede ajustar el ejercicio y condiciones de la bicicleta. Pero en realidad, toda esa información que actualmente se puede generar, y la que se podría generar si se deseara, podrían ser utilizadas por la propia bicicleta, y que ésta se adaptase a las condiciones físicas del usuario, y al terreno por el que circula. Una bicicleta que, conociendo la velocidad a la que circula, la orografía del terreno o la fuerza que ejerce el ciclista, ajustase el cambio de marchas o incluso la dureza de las suspensiones en caso de tenerlas.

En principio, gran parte de la información generada podría pasar a través de un smartphone. Éste podría recibir información de diversos sensores de la bicicleta, lo que unido a sus propios sensores, como GPS, barómetros, etc, posibilitaría dar una respuesta bastante precisa. El problema de un sistema así es que la dependencia de un elemento externo como es el teléfono es total, y si el usuario olvida llevarlo, lo pierde o se estropea, la bicicleta queda inutilizable. Por eso la posibilidad de utilizar el teléfono es mejor aplicarla como opción, y que la bicicleta, con sus propios sensores y centralita, pueda funcionar de manera autónoma ajustando el cambio de marchas.



### Requisitos

El primer paso antes de llevar a cabo los estudios y el diseño del cambio, es establecer una serie de condiciones que se considera que el cambio debe cumplir para llevar a término la visión que se tiene para el mismo.

En la práctica, gran parte de esa visión se podría llevar a cabo aplicándola a los cambios de marchas existentes en el mercado, pero se trataría de una labor costosa al tener que aplicarse a los diferentes modelos, y seguramente encontraría obstáculos por parte de las empresas fabricantes de dichos productos, que harían dicha labor inútil.

Así pues lo lógico es realizar un cambio de marchas específico al que se pueda aplicar el automatismo. Dicho cambio de marchas deberá cumplir al menos una serie de requisitos:

En primer lugar, debe permitir una amplitud en las relaciones de cambio aceptable. No es necesario que se coloque como el cambio de marchas con mayor amplitud, pero tampoco debe destacar negativamente. Para ello se deberán estudiar las amplitudes existentes y actuar en consecuencia.

En segundo lugar, debe permitir su uso con bicicletas que no tengan por qué estar excesivamente adaptadas para su uso. Lo ideal es que permita su adaptación, con mínimos problemas, a cualquier modelo de bicicleta existente, pero en caso de ser esto imposible debe al menos estar preparado para utilizarse en alguna de las adaptaciones existentes en el mercado.

Es también recomendable que se pueda utilizar prescindiendo del automatismo. El principal objetivo del proyecto es el desarrollo de un cambio automático, pero el mecanismo del cambio debería poder adaptarse sin mucha dificultad a un accionamiento completamente manual.

El último requisito en lo que respecta al cambio de marchas específico es que no sea un elemento demasiado especializado. Existiendo una gran variedad de bicicletas en el mercado, destinadas a disciplinas en algunos casos muy específicas, existen en el mercado cambios con características muy ajustadas a determinados deportes. Eso es algo interesante para una empresa asentada en el mercado, pero para una empresa nueva no lo es, a no ser que las innovaciones del producto que se ofrece sean específicas para un tipo de uso concreto. Como no es el caso, ya que el comportamiento del cambio es una ventaja general, no es deseable la especialización.

Por otro lado, el automatismo en sí también deberá cumplir sus propios requisitos, enfocados a hacerlo competitivo. Estos requisitos serán de dos tipos.

En primer lugar encontramos los requisitos físicos. El mecanismo del cambio deberá ser suficientemente robusto y suficientemente rápido a la hora de cambiar entre las relaciones de marchas. Debe tenerse en cuenta, eso sí, que no es necesario que cambie entre las relaciones de marchas más extremas de manera casi inmediata, porque el usuario difícilmente podría llevar a cabo semejante cambio de ritmo.

El segundo tipo de requisitos serán los respectivos al comportamiento. En realidad, son los más importantes, ya que desde un principio se intenta que sea el propio comportamiento del cambio el que lo diferencie.

En primer lugar, y como es totalmente esperable en un cambio automático, debe ser capaz de adaptarse a la velocidad a la que se circula. Esto es algo que ya hacen los cambios automáticos existentes, tanto actuales como pasados.

En segundo lugar debe adaptarse a las necesidades específicas del usuario. Ya se ha mencionado en la introducción, y es un requisito fundamental. Existen cambios automáticos que, mediante controles en el manillar, permiten variar la cadencia de pedaleo. El cambio a desarrollar, en cambio, debe adaptarse sin necesidad de ese tipo de intervención, sino que el propio pedaleo del usuario debe ser suficiente para que se adapten las relaciones del cambio.

También debe ser posible utilizarlo sin una preparación excesiva. Una de las ventajas que debería presentar un cambio automático es el ser más sencillo de utilizar que un cambio manual. Si el usuario debe saber cómo realizar determinadas acciones, elegir entre una variedad de modos de funcionamiento o saber qué cadencia elegir, se pierde gran parte de esa ventaja teórica.

Por último, debe tener en cuenta posibles ampliaciones. No se trata tanto de tener en cuenta las modificaciones que podría tener cada tipo nuevo de sensor en el comportamiento del mismo, sino de establecer un modo de comunicación con dichos sensores y ciertas posibles relaciones y preferencias entre unas informaciones y otras.

### Tipos de cambios de marchas

La primera fase del estudio consistirá en investigar los tipos de cambios de marchas presentes actualmente en las bicicletas. El accionamiento de los mismos suele ser o bien mecánico, mediante cables que el usuario mueve para que accionen el mecanismo o, recientemente, electrónico, en el cual se emplea un motor para realizar dichos cambios. Para ésta parte del estudio se apartarán dichos sistemas de accionamiento y nos centraremos en los mecanismos de cambio propiamente dichos.

Los más extendidos son dos:

Cambio externo o de desviador (en inglés y en muchos ámbitos se utiliza la palabra francesa “dérailleur”.) Es el más habitual, presenta una serie de piñones externos a los cuales se fuerza a la cadena a acoplarse mediante el mencionado desviador. Se suele combinar desviadores en el plato y en el piñón para aumentar la cantidad de marchas.

Cambio interno o en el buje (en inglés, hub gears). Éste cambio tiene una serie de engranajes planetarios en el mismo eje de la rueda posterior, y moviendo el eje central se va saltando de una relación de cambio a la siguiente.

De los dos sistemas mencionados el más extendido es el externo. Se encuentra en la práctica totalidad de bicicletas de ruta y de montaña, y en gran parte de las bicicletas de paseo. El cambio interno suele reservarse para bicicletas de paseo, ya que las prestaciones son menos importantes y el menor mantenimiento necesario y suavidad del sistema son claramente ventajosos. En cambio, en bicicletas más prestacionales la posibilidad de cambiar las relaciones de cambio montadas, el menor peso (especialmente en la propia rueda) y la posibilidad de realizar cierto tipo de reparaciones por el propio usuario hacen preferible un cambio externo.

A continuación se estudiarán con mayor profundidad ambos tipos de cambios

#### Cambio Externo o de Desviador

Como ya se ha mencionado es el más extendido. Para obtener las relaciones de cambio generalmente se combinan entre dos y tres platos y de ocho a diez piñones. Aunque los platos suelen ir solidarios con los pedales y no se cambian, los “casette” de piñones sí permiten un cambio relativamente fácil y es habitual que las empresas que fabrican estos cambios ofrezcan diversas relaciones para adaptarse a las necesidades del usuario.

La parte del sistema que permite el cambio son los desviadores delantero y trasero. Aunque formalmente son muy diferentes, el principio de funcionamiento es el mismo, consistiendo en sendos paralelogramos dotados de muelles. Los muelles intentan colocar el desviador en una posición determinada, mientras que con los accionadores de cambio podemos soltar cable para que el cambio se acerque más a su posición de reposo o tirar para alejarlo de la misma. Como en éste tipo de cambios la cadena pasa de una posición a otra en la dirección del eje de la rueda y además la longitud de cadena necesaria para las diversas relaciones de cambio no es la misma, el desviador trasero suele incluir un tensor de cadena que hace que ésta siempre esté tensa para evitar que se salga.

El desviador descrito correspondería a uno actual. Los cambios de marchas externos llevan presentes desde finales del siglo XVIII, y a lo largo de su historia han sufrido numerosos cambios hasta llegar a la configuración actual de paralelogramo.

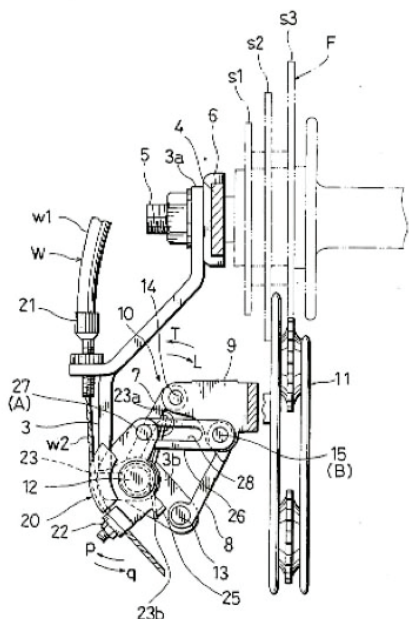


Figura 1. Esquema de un cambio de desviador.

### Cambio interno

Los cambios internos se basan, como se ha mencionado, en el uso de engranajes planetarios. Generalmente disponen de un eje fijo y otro que se hace girar o desplazarse mediante el cable que acciona el cambio. Al girar dicho eje a las posiciones prefijadas, en las cuales se fijan los diferentes engranajes sol, planeta o anillo, consiguiendo las diferentes marchas posibles. En la actualidad existen cambios de éste tipo de hasta 14 marchas, con un rango comparable al de los cambios de 27 marchas en un cambio externo, debido a que en éstos las combinaciones de plato y piñón suelen tener desmultiplicaciones repetidas.

Éste tipo de cambios, además, suelen presentar diversas configuraciones según el tipo de freno a utilizar. Se pueden encontrar con freno de tambor integrado, freno a contrapedal o de giro libre para el uso de frenos externos. Al reemplazar al propio buje de la rueda, también hay modelos especiales para el uso de frenos de disco.

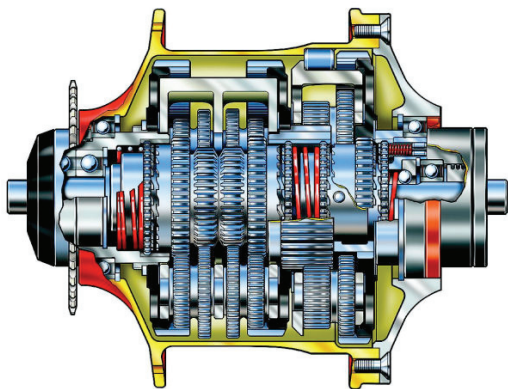


Figura 2. Esquema de un cambio interno.

### Otros elementos

En una bicicleta lo más habitual es que la transmisión entre el plato y el piñón se realice mediante una cadena. En un cambio externo es, de hecho, obligatorio, ya que el uso de otro sistema como pueda ser una correa dentada haría que el sistema fuese demasiado ancho para ser práctico y además haría difícil el guiado especialmente por parte del desviador trasero. En bicicletas de paseo dotadas de cambio interno sí que se pueden encontrar modelos que utilizan transmisión por correa dentada dado que la misma no tiene por qué desplazarse a lo largo del eje de la rueda. Sería posible incluso el uso de una transmisión por cardán, que se utiliza en algunos modelos de bicicletas públicas sin marchas (similares al servicio Bizi de Zaragoza) dado que es un sistema muy robusto y además evita la tentación del desmontaje con fines vandálicos o de robo ya que no es un elemento intercambiable a otras bicicletas.

Se ha mencionado anteriormente que el sistema de actuación del cambio suele ser mediante cables o sirgas. Dichos cables suelen ser accionados por el usuario directamente, bien mediante empuñaduras giratorias en el manillar o mediante las clásicas palancas, montadas en el manillar o en el cuadro. Actualmente empiezan a verse de manera más habitual cambios electrónicos, en los que el accionamiento del cambio se realiza por impulsos eléctricos. Asociados a un cambio de desviador, el movimiento de los desviadores es gobernado por un motor alimentado por una pequeña batería. Además de eliminar la posibilidad de hacer cambios en falso y tener un accionamiento más suave, tienen la ventaja importante de calibrarse automáticamente, mientras que en un cambio tradicional debe ajustarse la posición de los desviadores para que abarquen todo el rango de platos o piñones y no produzcan roces con la cadena. Por contra, no suelen disponer de un sistema de seguridad que permita operar el cambio de forma completamente manual en caso de que el sistema falle o se quede sin alimentación eléctrica.

### Otros sistemas

Además de los dos sistemas mencionados, existen o han existido anteriormente otros sistemas para el cambio de marchas en bicicletas. A continuación se estudian brevemente los que se han considerado más interesantes.

#### Nuvinci 360

Ya se ha hablado de los dos sistemas más habituales que se pueden encontrar actualmente en bicicletas. Un sistema muy interesante y de reciente aparición es el de Nuvinci, de la empresa Fallbrook. Se trata de un sistema CVT (Continuously Variable Transmisión) o, como ellos lo llaman, CVP (Continuously Variable Planetary). Como la descripción que ellos utilizan da a entender, el acoplamiento es de tipo planetario. Utiliza dos discos independientes, uno de entrada de potencia acoplado al piñón, y otro de salida acoplado al buje de la rueda. Los dos discos se conectan mediante una serie de esferas (de 3 a 12) atravesadas por un eje acoplado a una estructura. Al accionar el cambio, dicha estructura se mueve en la dirección del eje, haciendo que el ángulo de las esferas varíe. Como éstas giran alrededor de un eje, dependiendo de su inclinación cambia la desmultiplicación del cambio, pudiendo adoptar infinitas posiciones dentro del rango que permite el cambio de inclinación de las esferas. Pese a disponer de infinitas posibilidades ello no implica que su rango sea mayor que el de otras alternativas, siendo éste de un 360%, equivalente a una bicicleta con cambio externo de 18 marchas.

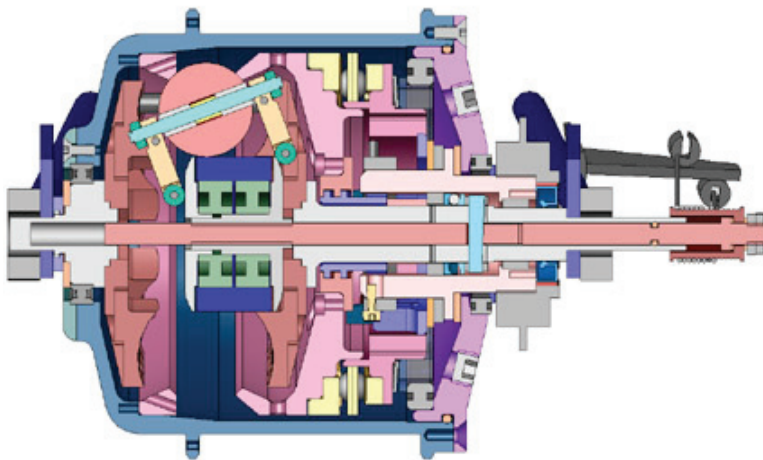


Figura 3. Esquema del cambio CVT Nuvinci 360.



## Variador Frolov CVT

Se trata de otro sistema CVT diseñado para su uso en bicicletas, en éste caso para bicicletas reclinadas (recumbent bicycles en inglés). El sistema, como su nombre indica, guarda muchas similitudes con un variador. En éste, el piñón acciona un eje central que contiene una parte troncocónica fija. Al accionar el cambio, se hace moverse en la dirección de dicho eje otra pieza troncocónica enfrentada a la que va solidaria con el eje. Entre dichas piezas se colocan varios discos, que según la proximidad de las piezas troncocónicas harán contacto con ellas a diferente distancia del centro del eje y, por tanto, lo harán con diferente velocidad. Al otro lado los discos hacen contacto con otras piezas troncocónicas, una de ellas fija y la otra que se puede mover en dirección del eje y que hace presión gracias a la presencia de unos muelles. Dichas piezas se engranan con la parte exterior del sistema, que es a la que se fijan los radios y hace girar la rueda. El sistema dice tener un peso algo inferior al del cambio CVT de Fallbrook y un rango de velocidades algo mayor, aunque no se da información precisa.

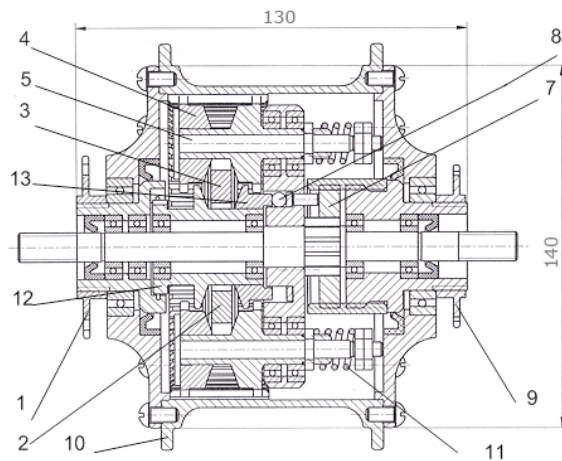


Figura 4. Esquema del cambio CVT Frolov.

## Browning

El sistema de cambio Browning es un cambio externo, aunque utiliza un método completamente diferente para cambiar de un plato a otro respecto a los desviadores habituales. En éste caso, una sección completa de los platos o piñones se puede mover. Así, al cambiar de marcha dicha sección gira hasta que los piñones forman una rampa entre la marcha actual y aquella a la que el usuario quiere cambiar. El sistema, igual que los de desviador, sigue requiriendo un tensor de cadena, pero en éste caso su función es únicamente la de tensar la cadena y no colabora en el guiado de la misma, con lo que su funcionamiento es pasivo.

U.S. Patent

Apr. 27, 1993

Sheet 3 of 6

5,205,794

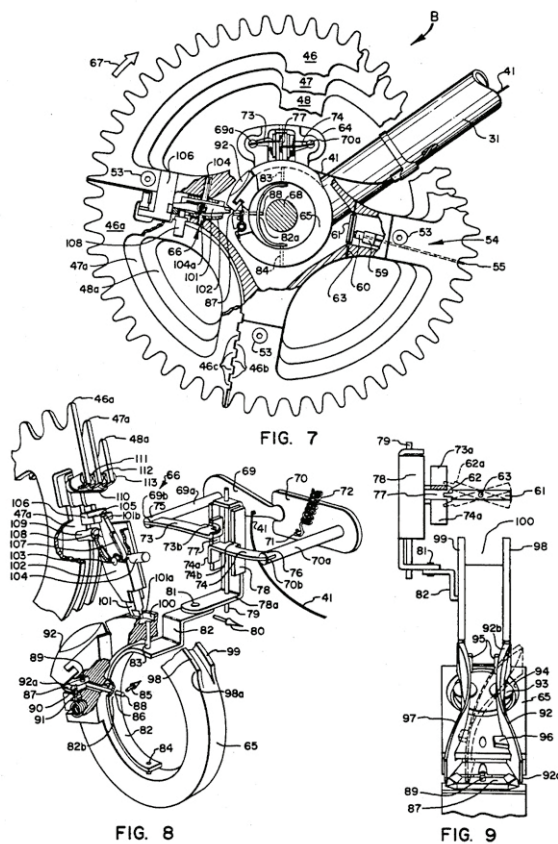


Figura 5. Esquema y accionamiento de un cambio Browning.



Los tres tipos de transmisión mencionados (cambio externo, cambio interno y CVT) siempre van a presentar algún tipo de pérdida de potencia por el propio mecanismo. Como se puede suponer, dada la mayor complejidad en cuanto a engranajes, rodamientos, etc, un cambio de tipo interno, aunque están muy optimizados, suele tener unas mayores pérdidas debido a los mayores rozamientos presentes. De igual manera, el cambio de tipo CVT, al no presentar engranajes también tendrá unas pérdidas mayores que los otros dos sistemas. La importancia de ésta cuestión de la eficiencia radica, sobretodo, en el público al que se vaya a destinar el producto. De hecho es, junto con la ligereza del conjunto, una de las principales razones por las cuales en bicicletas de altas prestaciones se suelen imponer los cambios externos. Es muy complicado que en el ciclismo profesional pueda imponerse un sistema con un rendimiento menor, a no ser que se ofrezcan ventajas que lo compensen con creces.

## Automatismos

La incorporación de métodos automáticos de cambio ha tenido esencialmente dos tipos de aproximación:

### Métodos mecánicos

Con éste tipo de métodos hablaríamos de cambios en los que las marchas cambian por sí mismas. En éste sentido ha habido al menos un par de intentos de acoplar mecanismos a cambios de desviador para que éstos cambien por sí mismos. Se basan en un sistema con un contrapeso acoplado mediante un engranaje a la rueda. Cuanto mayor es la velocidad de giro de la rueda, más rápido se hace girar al contrapeso, el cual está dividido en varias partes. Al girar, la inercia hace que dichas partes intenten separarse, y al hacerlo tiran del desviador, forzando a pasar a un piñón más pequeño. Cuando la velocidad se reduce, los contrapesos se separan menos y se permite al desviador volver a un piñón más grande. Uno de los problemas que presenta éste tipo de cambio es que a ciertas velocidades el cambio quedará en una posición entre dos marchas, con el maltrato que eso supone para la cadena. Además, puede haber situaciones en que se quiera ir en una marcha que el sistema no considera apropiada, además de que de cara a la salida siempre va a estar en el piñón más grande, sea esto deseable o no. Algún modelo presenta la posibilidad de acoplar un cable y, de alguna manera, poder operar manualmente, aunque dado que los contrapesos van a seguir girando va a actuar más como un límite.

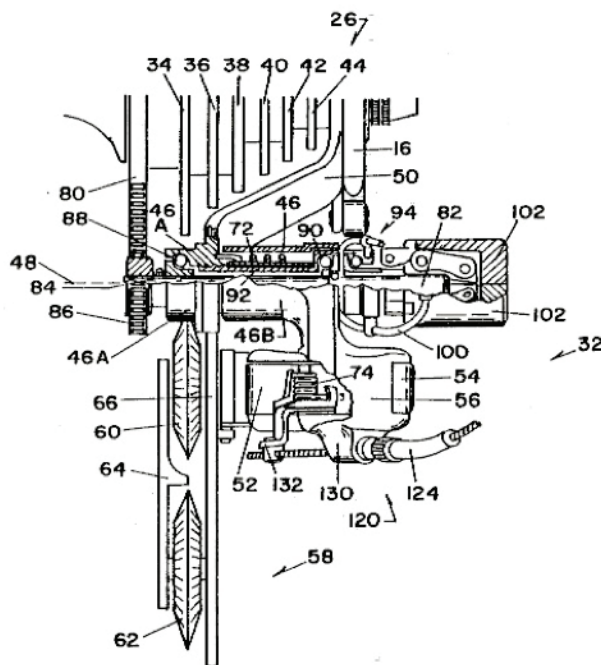


Figura 6. Esquema de un automatismo mecánico para cambio de desviador

### Métodos eléctricos

En algunos casos se han incorporado motores que son los que controlan el cambio. En ellos, en lugar de accionarse el cambio mediante un control por parte del usuario, es un motor eléctrico el que se encarga de realizar el cambio en función de la velocidad a la que se desplaza la bicicleta. Generalmente, para conseguir esto, se incorpora un sensor de velocidad de la rueda. Cuando dicho sensor informa al sistema de cambio de que la velocidad aumenta, éste puede engranar un desarrollo más largo, y viceversa, adoptar un desarrollo más corto si la velocidad baja.



Figura 7. Cambio automático Shimano Nexus. El motor, que es el componente de la derecha, acciona el cambio a través del eje.

### Ubicación del Cambio

Existen dos ubicaciones posibles para el cambio de la bicicleta que se va a desarrollar, bien fijado en el cuadro, directamente en el eje del pedalier o cerca del mismo, o bien en el eje de la rueda trasera, sustituyendo al buje de la misma. Como es una decisión de extrema importancia de cara al posterior desarrollo del sistema de cambio, se analizarán detenidamente los pros y contras de cada ubicación posible.

#### Cambio en el cuadro

##### Ventajas:

Permite una mayor diversidad en cuanto a las posibles distribuciones internas de elementos, agrupándolos en un eje, en varios, etc.

Menor masa en las ruedas, aunque el ahorro de masa que rota solidaria con la rueda no se puede cuantificar a priori.

Menores restricciones en cuanto al tamaño de los elementos, gracias a la libertad de distribución mencionada en el punto 1 y a que no tiene las restricciones de tamaño impuestas por la rueda.

Reducción del cableado necesario, ya que al ubicarse en el cuadro está más cerca de otros elementos a los que deba conectarse (batería, centralita de control, etc.)

##### Inconvenientes:

Requiere el uso de un cuadro específico, lo cual elimina la posibilidad de instalarlo en cualquier bicicleta. En bicicletas de montaña existe un “estándar” llamado G-Boxx que contempla la ubicación de cambios de marchas en el cuadro (que, en bicicletas con doble suspensión puede tener el beneficio extra de maltratar menos la cadena), pero no está muy extendido, incluso entre las marcas que han decidido usar cambios en dicha ubicación.

Si bien un cambio destinado a usarse en el buje podría adaptarse con relativa sencillez a una ubicación en el cuadro, adaptar un cambio destinado a usarse en el cuadro para usarlo en el buje en una bicicleta convencional será casi siempre imposible.

#### Cambio en el buje

##### Ventajas:

Se puede adaptar fácilmente a cualquier cuadro de bicicleta existente.

Si se considerase necesario, se podría implementar un sistema de seguridad de manera que en caso de rotura interna del cambio la bicicleta pudiese seguir rodando, convirtiéndola en una bicicleta single speed.

Podría permitir la integración del freno en el buje y eliminar algunos componentes.

No afectaría demasiado a la estética de la bicicleta, que seguiría teniendo un aspecto básicamente idéntico a una bicicleta convencional.

### Inconvenientes:

Impone más restricciones en cuanto al volumen o disposición de elementos internos en el cambio.

La ubicación en el buje de la rueda puede en ocasiones estar más expuesta a golpes.

Para completar la decisión, se realizará un cuadro de decisión, estudiando las posibles alternativas que nos presentan los dos sistemas mencionados. A ellos se añadirá una tercera opción, que sería la de adaptar un sistema de cambio automático como el propuesto a un cambio ya existente.

Estado Naturaleza	Receptivo	Dubitativo	Pesimista
Alternativas			
Sistema Existente	7	5	4
Buje	9	5	3
Cuadro	8	4	1
Probabilidad	0,3	0,5	0,2

Tabla 1. Cuadro de decisión de los diversos sistemas posibles.

Del cuadro se desprende que la mejor opción es el desarrollo de un sistema de cambio nuevo ubicado en el buje, ya que en general es la opción más equilibrada y que más éxito puede llegar a cosechar. También debe tenerse en cuenta que, si bien en un entorno pesimista la adaptación de un sistema existente tiene más posibilidades de éxito al reducir costes, también disminuye el margen de beneficio, especialmente si se adapta a un sistema de otra compañía.

Los resultados del cuadro de decisión, unidos a las ventajas y desventajas expuestas anteriormente, hacen preferible el uso de un sistema de cambio integrado en el buje

Debe notarse que las posibilidades de éxito estudiadas tienen en cuenta que, en ningún caso, debe esperarse que sea un sistema adoptado de manera mayoritaria inmediatamente. De hecho, la abrumadora superioridad que presentan los sistemas de cambio de desviador actualmente respecto a otros sistemas alternativos podría incitar a pensar que la recepción a un sistema de este tipo sería mayoritariamente pesimista.

Pero cabe mencionar que, pese a ser minoritarias, propuestas como los cambios en el buje con engranajes planetarios de Rohloff y Shimano tienen un mercado bastante aceptable en determinados nichos, y que propuestas de cambios CVT suelen ser recibidas con bastante interés, independientemente de que luego su éxito sea mayor o menor. Además, no existe en el mercado, ni ha existido previamente, ningún cambio con las características propuestas. Su capacidad de respuesta y, ante todo, de adaptación al uso que hace del cambio el usuario es escasa o nula, lo cual los hace poco atractivos para mucha gente. La situación guarda gran similitud con la situación que había en el mercado automovilístico hasta épocas recientes. Avances como los cambios semiautomáticos o los actuales cambios de doble embrague han ayudado a olvidar la imagen de coches aburridos que tenían tradicionalmente los coches automáticos. De manera similar, en el mundo de la motocicleta los cambios automáticos empiezan a salir del nicho de los ciclomotores (a donde tradicionalmente se han visto reclusos los cambios de tipo variador), habiendo ya en el mercado algunos modelos de motocicletas de altas prestaciones equipadas con cambios de tipo CVT y también de doble embrague.

También debe tenerse en cuenta el fuerte crecimiento que han tenido en tiempos recientes las bicicletas con asistencia eléctrica al pedaleo, que es especialmente llamativo en países como China. Este crecimiento, de cara al cambio que se planea realizar, presenta dos importantes consecuencias. Por un lado un cambio automático se adapta muy bien a las necesidades que tiene una bicicleta eléctrica, al adaptar la relación de cambio a la potencia que esté transmitiendo el motor y el usuario sin que éste note variaciones en la resistencia al pedaleo ni deba adaptarse al mismo. Por otro, las bicicletas eléctricas abren el mercado de la bicicleta al llamado “océano azul” de gente que nunca ha sido ciclista y no tienen ideas preconcebidas. De igual manera que sería un error enfocar el cambio a dicho mercado exclusivamente, también sería un error no considerar dicho mercado de cara a las posibilidades de éxito.

### Cambios CVT

El cambio de tipo CVT (continuous variable transmission) es el más adecuado para la realización de un cambio automático. La posibilidad de incorporar infinitas relaciones de cambio entre sus extremos permite adaptar las condiciones de la bicicleta cualesquiera que sean las condiciones del terreno y del ciclista. Además, al no existir relaciones fijas, no existen saltos en la resistencia al pedaleo ni tirones en la cadena, proporcionando un rodar suave y cómodo. En el aspecto negativo, sus pérdidas mecánicas son algo mayores que en cambios de piñones dentados, y resultan relativamente caros al existir piezas que deben presentar una gran precisión.

En cualquier caso, resultan idóneos para el tipo de uso que se les va a dar, de ahí que sean la opción elegida para el cambio automático.

Pero no todos los tipos de cambio CVT son iguales, y no todos son adaptables a su funcionamiento en el buje de la rueda. Existe una gran variedad de diseños, la mayoría de los cuales no han alcanzado una producción en serie. A continuación se estudiarán los tipos más habituales, en busca de aquel que mejor se adapte al uso esperado de los mismos.

#### Cambios Toroidales

Un cambio toroidal consiste, a grandes rasgos, en unos discos ubicados en el interior de un toroide. Según la inclinación que dichos discos adopten, tocarán al toroide a diferente altura a cada lado. Si dicho toroide es dividido en dos, actuando una mitad como entrada de potencia y la otra mitad como salida, el hecho de que los discos toquen al toroide a diferentes alturas a cada lado hacen que se modifique el desarrollo del cambio.

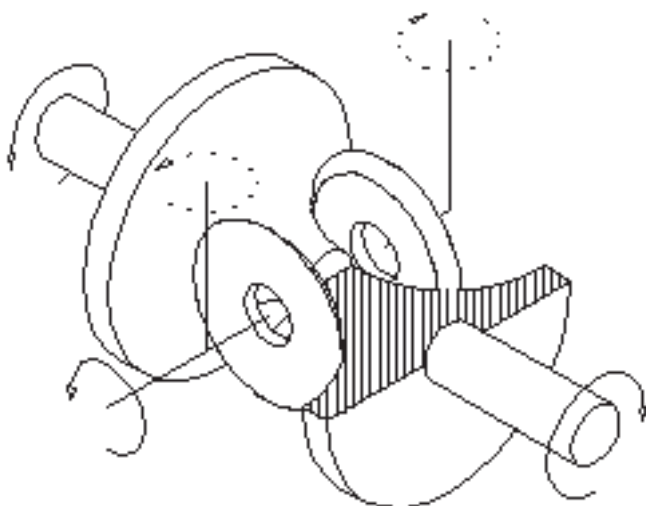


Figura 8. Esquema básico de un cambio toroidal.



### Cambios de Variador

Se trata de un tipo de cambio muy popular en el mundo de los ciclomotores. Es un cambio de correa, en el que dicha correa gira entre dos poleas con una forma interior cónica, y cuya anchura puede variar. La polea unida al motor dispone de unos contrapesos, que cuanto mayor sea la velocidad de giro, más querrán separarse de su eje, e intentarán hacer que las dos mitades de la polea se unan, haciendo que la correa gire más lejos del eje. Por su parte, la polea situada en la rueda dispone de un embrague, cuya misión es mantener la tensión en la correa. En reposo, hace que la polea estén juntas, haciendo que la correa gire más alejada del eje. Cuando el motor empieza a girar y hace que la polea delantera lleve la correa hacia el exterior, la tensión de la correa superará poco a poco a la del muelle y hará que la polea se separe, permitiendo a la correa girar más cerca del eje. En dicha polea existe además un embrague, que se encarga de que si la velocidad del motor es muy alta pero la de la rueda muy pequeña no se produzcan problemas al intentar mover directamente un desarrollo imposible. Generalmente la correa es de caucho, aunque en aplicaciones de alta potencia se ha hecho uso de cadenas metálicas.

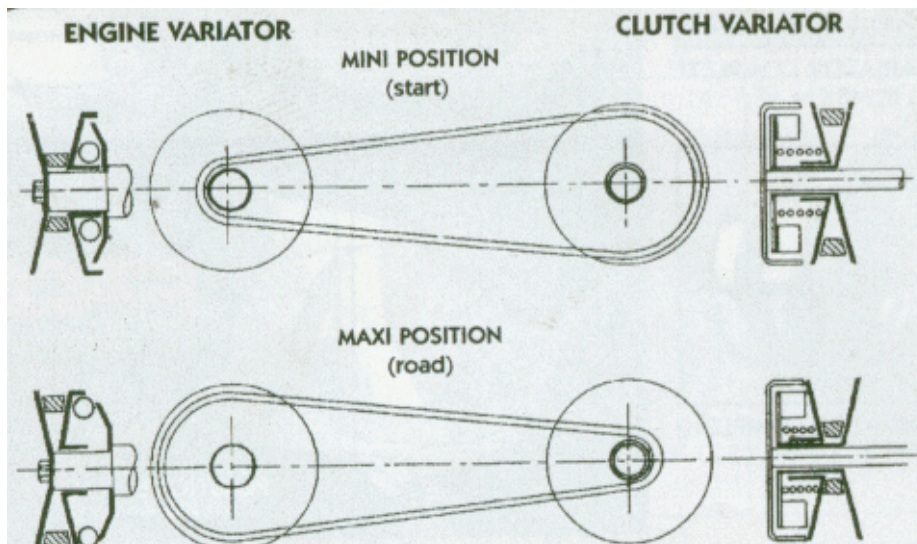


Figura 9. Esquema de un variador, y posiciones extremas del mismo.



### Cambios hidrostáticos

Existen cambios de tipo CVT hidrostáticos. En ellos lo que controla la relación de cambio es la presión que el movimiento genera en una bomba hidráulica. Al principio, el movimiento ejercido por la potencia de entrada no se transmite. En cambio, conforme ese movimiento aumenta, ejerce presión en la mencionada bomba hidráulica, que hace que progresivamente se transmita más potencia al eje de salida, ejerciendo presión en los platos que la unen a la bomba de salida. Modificando el ángulo de la bomba situada a la salida, además, se modifica el desarrollo.

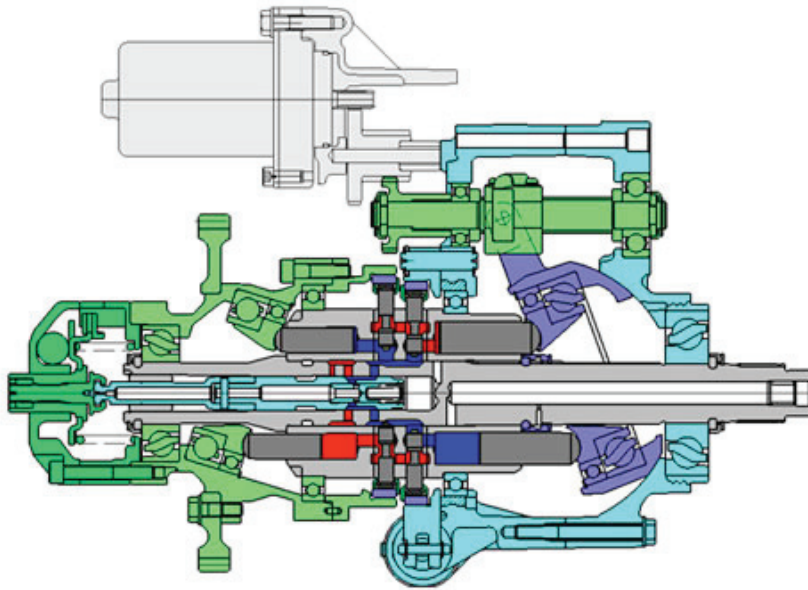


Figura 10. Diagrama de un cambio hidrostático.

### Cambios cónicos

Los cambios cónicos consisten, someramente, en dos conos situados con sus generatrices paralelas entre sí. Un disco de caucho, o una correa ubicada entre ambos, se encarga de transmitir la potencia. Al desplazarse dicho disco o correa, entra en contacto con los dos conos a diferente altura, y por tanto modifica la relación de cambio.

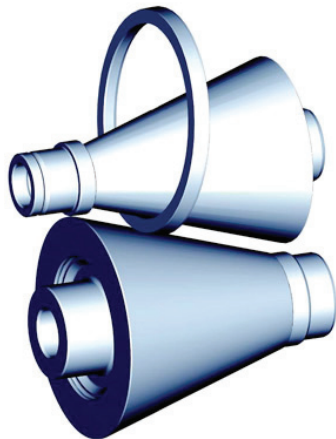


Figura 11. Esquema de un cambio cónico.

### Otros

Además de los mencionados, existen otros tipos de cambios menos extendidos, o variaciones de los cambios ya mencionados. Dichos cambios se obvian, bien por su escasa o nula aplicación práctica (existen, por ejemplo, cambios basados en la deformación de las láminas metálicas que conforman en ellos el eje de transmisión), o bien porque ofrezcan una solución poco apropiada para un cambio de bicicleta, como pasa con cambios hidráulicos en los que toda la potencia se transmite mediante un fluido y no por fricción, o los cambios magnéticos que emplean electroimanes para controlar el desarrollo, y que por tanto tendrían un consumo eléctrico inasumible para una bicicleta.

### Medidas estándar

Una vez decidido el uso de un cambio instalado en el buje de la rueda trasera, es conveniente estudiar las medidas de las diferentes partes de la bicicleta con las que puede interactuar.

Generalmente, muchos elementos de la bicicleta tienen medidas comunes. Esto resulta lógico, ya que es bastante habitual el sustituir componentes, que normalmente no van a estar fabricados por la misma empresa que comercializa la bicicleta. Así, ejes de rueda, tubos del sillín o ejes de manillar tienen una serie de medidas comunmente adoptadas que permiten el reemplazo de las piezas por otras. De cara al diseño del cambio, las medidas que nos interesarán son las medidas de los bujes y la del eje del pedalier (donde se colocan las bielas).

Los bujes, generalmente, se miden por la distancia entre las punteras del cuadro, por lo que generalmente el eje en sí tendrá una longitud mayor, pero que podrá variar en función de que incluya un sistema de cambio rápido, o como sea dicho sistema. En el eje trasero, que es el que nos interesa, encontramos varias medidas. La más habitual es la de 135mm de distancia entre punteras, que se puede utilizar con ejes de 10 y de 12 mm de diámetro y se suele encontrar en bicicletas de montaña, de trekking y de ciclocross.

En bicicletas de ruta, la medida más habitual es de 130mm. La razón para el uso de una medida superior en las bicicletas mencionadas anteriormente es para que permitan acomodar un freno de disco. Los frenos de disco, que comenzaron siendo un elemento poco usual en bicicletas de montaña, se han ido imponiendo poco a poco, igual que lo han hecho después en el mercado de las bicicletas de ciclocross, que son bicicletas de ruta adaptadas para su uso fuera del asfalto. En tiempos recientes se han empezado a comercializar algunos modelos de bicicleta de ruta con frenos de disco y eje trasero de 135mm. La razón de que, de momento, no se imponga, es ante todo reglamentaria, ya que los frenos de disco no están homologados por la UCI para su uso en ciclismo en ruta, pero dada la tendencia vista en otros mercados, y lo problemáticos que pueden ser los frenos de fricción en el aro de la rueda cuando se utilizan llantas de carbono, es de esperar que en un futuro no muy lejano la tendencia a usar frenos de disco vaya al alza.

En bicicletas de montaña, en particular bicicletas de descenso y freeride, que suelen recibir un trato más duro, la distancia entre punteras es en muchas ocasiones de 150mm, asociada ésta distancia siempre a un eje de 12mm.

Bicicletas específicas como las llamadas “fixies” (que no tienen rueda libre), la distancia se puede reducir hasta 120mm, y en los tandems, las medidas habituales de distancia entre punteras son de 140, 145 y hasta 160mm.

El buje delantero se presenta en tres medidas, 100mm de distancia entre punteras para ejes de 9 o 15mm de diámetro, y 110mm para ejes con un diámetro de 20mm.

La anchura de la caja del pedalier también tiene varias medidas habituales. Las más fáciles de encontrar son de 68 y 73 mm, aunque de nuevo en las bicicletas de descenso es habitual encontrar cajas de mayor tamaño, con 83mm e incluso algunas que alcanzan los 100 mm de longitud. El diámetro del eje, en cambio, es muy variable, dependiendo del tipo de pedalier que se usa, y de la marca que fabrique los platos y bielas

## ANEXO DISEÑO CAMBIO DE MARCHAS

Eje	Longitud	Diámetro	Notas
Delantero	100 mm	9 mm	Muy habitual, especialmente con cierre rápido.
	100 mm	15 mm	Medida más habitual en el eje delantero.
	110 mm	20 mm	Bicicletas sometidas a trato especialmente duro.
Trasero	120 mm	10 / 12 mm	Bicicletas sin marchas.
	130 mm	10 / 12 mm	Bicicletas de ruta.
	135 mm	10 / 12 mm	Bicicletas con frenos de disco.
	150 mm	12 mm	Bicicletas sometidas a trato especialmente duro.
	140 mm	10 / 12 mm	Medidas utilizadas en tandems.
	145 mm	10 / 12 mm	
	160 mm	10 / 12 mm	

Tabla 2. Diferentes medidas que presentan los ejes de bicicletas.

## Otras Restricciones del cambio

Además de las medidas impuestas previamente, otra restricción importante es el mecanismo de accionamiento del cambio. Al ubicarse el cambio en el buje de la rueda, la única manera de accionarlo satisfactoriamente es a través de su eje, que es la única parte que, en principio, puede no girar. Las posibilidades existentes son, o bien desplazar el accionamiento en el sentido del eje, o bien hacerlo girar, cualquier otro tipo de accionamiento no sería válido.

Una tercera restricción es la amplitud de las marchas. Para ello se han estudiado los cambios de diversas bicicletas existentes en el mercado. En la mayoría de bicicletas dicha amplitud se acerca a un 400%, mientras que en los casos más extremos dicha amplitud alcanza el 500% como máximo, o un 200% en los casos de menor amplitud. El cambio a desarrollar debe tener una amplitud, por tanto, situada entre dichos valores. Se descarta de entrada el valor mínimo del 200%, dado que se usa únicamente en bicicletas con unos requerimientos muy extremos, así que se buscará una amplitud de entre un 300 y un 500%, con los cuales se puede satisfacer la mayoría de necesidades.

Modelo	Categoría	Platos	Casete	Ratio
Specialized Venge	Carretera Competición	52/36	11-28	360%
Specialized Ruby	Carretera Resistencia	50/34	12-30	370%
Marin San Rafael	Trekking	48/38/28	11-32	500%
Marin Cortina	Cross	46/36	11-28	320%
Cannondale Scalpel	Montaña suspensión corto recorrido	42/28	11-36	500%
Trek Session	Montaña suspensión largo recorrido	36	11-26	235%
Giant Flourish	Urbana	48/38/28	14-24	290%
Giant Expressway	Urbana Plegable	52	14-28	200%

Tabla 3. Amplitud de marchas según la categoría de bicicleta.

### Elección del tipo de cambio

Antes de proceder al desarrollo del mismo cambio, y una vez decidida su ubicación, se estudiaron diversas posibilidades en cuanto al tipo de cambio que se debía desarrollar. Desde un principio se hace patente que las ventajas que ofrece un cambio de tipo CVT a un cambio automático son muy amplias, y por tanto es en dicho sentido donde se encaminan los estudios. Un cambio de engranajes planetarios, que sería la siguiente alternativa, ofrece una elevada complejidad interna y al disponer de un número fijo de marchas, también ofrece un extra de complejidad en el desarrollo del automatismo, que se verá limitado a cambiar entre dichas relaciones de cambio, que además en algunas ocasiones no estarán escalonadas de manera equitativa. Tampoco resulta idónea la existencia de marchas, que hace que el funcionamiento del cambio sea más evidente para el usuario. Un cambio de tipo CVT, por otra parte, incrementa enormemente las posibilidades de ajuste fino de la relación de marchas y podría ser transparente al usuario, que únicamente notaría que la relación de cambios es siempre la adecuada.

A la hora de estudiar las diversas posibilidades en cuanto a los cambios que se podrían desarrollar, se tuvieron en cuenta diversos factores.

Dado que se desarrollará un cambio en el buje, al ofrecer dicha ubicación una serie de ventajas que ya se estudiaron anteriormente, la primera limitación es que el mecanismo de cambio a desarrollar permita la colocación de sus elementos en torno a un eje.

Otro detalle muy a tener en cuenta es la aparente facilidad que ofrezcan para obtener un sistema compacto y su sencillez. Dado que el espacio disponible es muy limitado, sistemas que puedan requerir un gran volumen o que impliquen el uso de una gran cantidad de piezas no son recomendables, al poder hacer la fabricación imposible.

Los tres sistemas que, aparentemente, presentan mayores posibilidades de cumplir dichos requisitos son el de tipo variador, el toroidal y el de conos. Un cambio de tipo toroidal puede integrarse de una manera muy similar al uso que se les da actualmente, mientras que en los otros casos una modificación podría permitir su uso.

### Cambio de variador

Un variador consiste, en su uso habitual, de dos poleas cónicas con una separación variable entre los platos que las componen. Una de las poleas puede aumentar o disminuir la separación en función de su velocidad de giro, mientras que la otra utiliza un muelle que permite que la separación cambie de forma opuesta a la primera, cambiando la relación de cambio y permitiendo que la correa que las une no quede suelta ni se estire. Sustituyendo la polea de salida por una o varias ubicadas de forma radial a la polea de entrada se consigue un cambio similar al Frolov [] que permitiría su ubicación en el buje de la rueda. De usarse correas, se necesitaría multiplicar las poleas de entrada (por ejemplo, si se usan tres poleas de salida, tener también tres poleas de entrada, con sus correspondientes correas) o bien utilizar un mecanismo, mediante tensores, que haga que la correa se mantenga en contacto con la polea central.

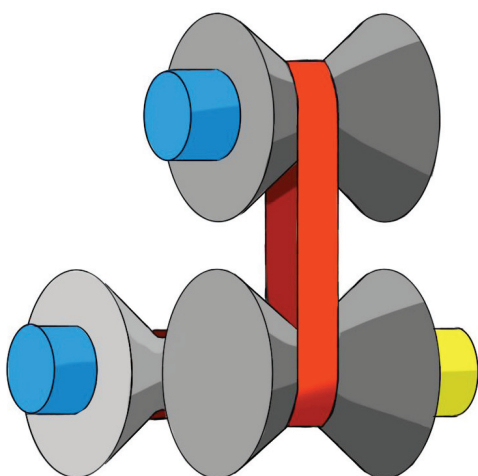


Figura 12. Estudio de una posible disposición para un cambio de tipo variador.

### Ventajas

Se trata de un tipo de cambio muy utilizado y ello puede facilitar el adaptar soluciones probadas.

Se puede hacer bastante robusto, especialmente gracias a que las poleas y el accionamiento no tienen grandes limitaciones de tamaño.

La amplitud que se puede conseguir es grande.

### Inconvenientes

El uso de correas puede ser problemático de cara a la vida del producto debido a su desgaste.

El uso de poleas y la construcción compacta pueden hacerlo muy pesado.

### Cambio toroidal

Un cambio toroidal se compone de dos o más platos que giran alrededor de un eje, y uno o más discos que van ubicados entre los platos y pueden variar su inclinación respecto a éstos. Uno de los platos, el de entrada, gira en función de la velocidad del motor o del pedaleo, mientras que el segundo es accionado por los discos, que contactan con ambos platos. Al variar la inclinación de los discos, éstos cambian la relación de cambio, haciendo que el disco de salida gire a mayor o menor velocidad en relación al disco de entrada. Al ubicarse ambos platos en el mismo eje de giro es el sistema que se puede transportar de una manera más directa al buje de una bicicleta, aunque en aplicaciones automovilísticas se suele ubicar el mecanismo que modifica la inclinación de los discos de manera externa.

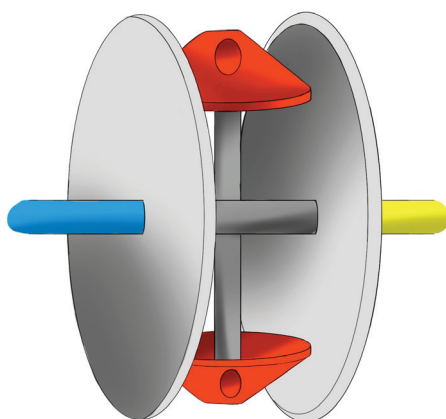


Figura 13. Posible ubicación de elementos en un cambio toroidal para bicicleta.

### Ventajas

En general puede hacerse un cambio bastante resistente y que soporte bien el maltrato.

El sistema de platos y discos da lugar a espacios vacíos que lo podrían hacer bastante ligero.

Existen cambios que utilizan métodos similares y pueden servir como base al sistema.

### Inconvenientes

El método de accionamiento puede ser delicado.

La amplitud puede verse perjudicada en una aplicación compacta como el cambio de una bicicleta.



### Cambio de conos

Un cambio de conos consiste en dos troncos de cono ubicados con sus ejes y generatrices paralelos entre sí. En el hueco que queda entre las generatrices de los dos conos, se ubica una rueda, generalmente de caucho o materiales similares, que puede girar y moverse longitudinalmente a través de un eje paralelo a las mencionadas generatrices. Uno de los conos actúa de entrada y el otro de salida, y la posición de la rueda hará que se modifique la relación de cambio. Para adaptar el sistema al buje de la rueda, se podrían utilizar varios conos de salida alrededor del cono de entrada. Para que el sistema funcione adecuadamente, las ruedas que ponen en contacto los conos deben moverse sincronizadamente, ya que de moverse independientemente podría darse el caso de que una rueda se desplazase de manera diferente al resto, lo cual haría que la velocidad de uno de los conos no fuese la misma y seguramente dañaría los engranajes o ejes que hacen que dicho cono transmita la potencia.

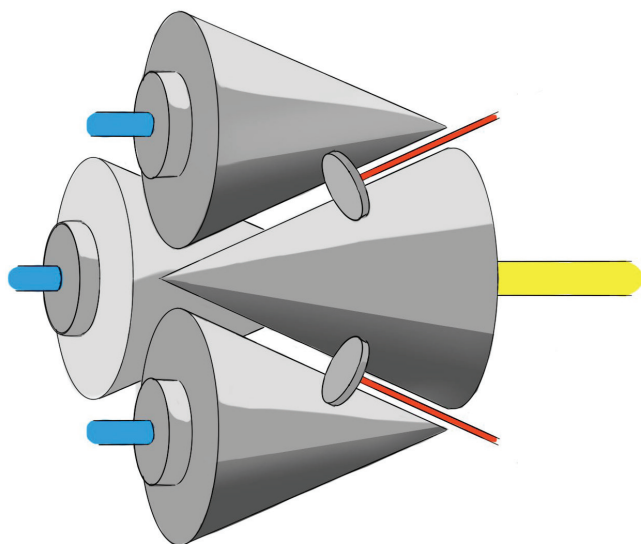


Figura 14. Cambio de conos adaptado para su uso en bicicletas.

### Ventajas

Utiliza elementos como los conos, que pueden soportar bien el desgaste y hacer que sea fiable.

Los conos permiten el aligeramiento del conjunto.

### Inconvenientes

El accionamiento mediante ruedas puede ser muy problemático y mermar la resistencia del cambio.

La adaptación a un cambio de bicicleta puede limitar mucho la amplitud del desarrollo.

Es el que presenta más problemas para adoptar un accionamiento a través del eje del cambio.

### Elección del cambio a desarrollar

En primer lugar cabe mencionar que, a diferencia de su aplicación en sistemas industriales o automotrices, en su aplicación a una bicicleta es desaconsejable que la velocidad de la rueda o la velocidad a la que pedalea el usuario sea la que determine la relación de cambio, en primer lugar porque cada usuario tendrá una cadencia de pedaleo a la que se sentirá cómodo diferente a la de los demás, pero también porque las necesidades de un medio de transporte de tracción humana son diferentes. Así pues, un sistema puramente mecánico, como el usado habitualmente en variadores, es una solución que se evitará, y cualquiera que sea el sistema elegido el accionamiento utilizado para modificar la relación de cambio utilizará asistencia externa.

Para poder seleccionar el tipo de cambio más adecuado entre los estudiados, es necesario analizar una serie de factores.

En primer lugar se valorará la robustez del sistema. Un sistema robusto que no contenga métodos de accionamiento extremadamente delicados será preferible a uno que los tenga. Evidentemente, no se ha desarrollado ninguna de las propuestas al completo, y dicha valoración se hace teniendo en cuenta cómo se fabrican los cambios similares existentes y qué clase de elementos utilizan.

El segundo factor a valorar es la durabilidad. Dado que son cambios que trabajan mediante fricción entre sus elementos, si por el método de cambio utilizado o por los materiales es de esperar un desgaste elevado se tratará de un punto claramente en contra. También afectarán negativamente a la durabilidad elementos distintos del propio accionamiento, como la existencia de elementos internos expuestos a desgaste excesivo.

Un tercer aspecto a considerar es la amplitud del cambio admitida. De nuevo, no se puede realizar un análisis completamente fiable, pero por la propia configuración de los mecanismos se puede aproximar. Los ejes internos, la necesidad de tener rodamientos que limiten la fricción entre elementos o la propia libertad de movimiento de ciertos elementos limitarán la posibilidad de que la velocidad de salida y de entrada varíen mucho.

También se tendrá en cuenta el peso. Incluso teniendo en cuenta que generalmente se rellenarán los cambios con lubricantes o elementos similares, al ser la mayor parte de los componentes internos metálicos de la abundancia de los mismos dependerá mucho el peso. A igualdad de volumen, un cambio que permita la existencia de espacios vacíos debería ser más ligero que uno en el que todos los elementos estén muy agrupados.

Existen otros factores que, aunque sería conveniente poder valorar, en un estado tan embrionario resulta imposible estimarlos siquiera de manera aproximada. Las prestaciones, entendiendo como tales la velocidad a la que el cambio pueda modificar la relación de marchas, son imposibles de estimar sin conocer las dimensiones finales ni los desplazamientos necesarios para cada tipo de cambio, aunque dado que seguramente el usuario tenga una capacidad de variar el ritmo menor que la de el propio cambio no debería ser un factor determinante.

Tampoco se valora la compacidad de los diferentes sistemas, porque no es especialmente relevante por sí misma, sino en relación con su peso o su amplitud admitida, que sí se han valorado. La anchura del cambio vendrá fijada por su ubicación, y su diámetro, si permite la misma amplitud de cambio y el mismo peso, resultaría irrelevante más allá del aspecto estético, que será subjetivo.

	Robustez	Durabilidad	Amplitud	Peso	Total
Peso del Factor	1	1	1	1	
Variador	6	3	6	3	18
Toroidal	6	7	7	5	25
Conos	4	5	5	6	20

Tabla 4. Tabla de selección del tipo de mecanismo del cambio

Como se puede ver, en la tabla el cambio de tipo Toroidal tiene una clara ventaja. Las razones son varias.

En primer lugar, es el que más garantías ofrece de cara al desgaste. El cambio de tipo variador, que en su utilización habitual, externo y con las correas de transmisión muy accesibles, resulta sencillo, fiable y fácil de reparar, es problemático en una utilización cerrada como la que se requiere, además de que elementos como las correas no resistirían muy bien la disminución de tamaño. El cambio de conos parece ofrecer más garantías, pero tampoco es muy segura su utilización. Para que ofrezca una amplitud aceptable las ruedas y sus rodamientos deben ser bastante pequeñas. En caso de ser de materiales gomosos su desgaste sería muy rápido, mientras que si se hacen metálicas las presiones de trabajo podrían hacerlas frágiles, aunque dichos problemas parecen más solventables. El cambio toroidal utiliza elementos metálicos y, aunque trabajen a grandes presiones, no existe problema en utilizar espesores adecuados para dotarlos de la rigidez necesaria.

En el apartado de la robustez, la buena nota obtenida por el cambio de tipo variador es totalmente dependiente de que se consiga una solución fiable para las correas. En caso de conseguirse dicha solución, las poleas y su accionamiento serían elementos sobradamente robustos. En cuanto al cambio de tipo toroidal, las razones por las que se puede conseguir que los elementos resistan el desgaste hacen que sean suficientemente robustos. El cambio de conos, por su parte, vuelve a pecar de un sistema de accionamiento que es muy difícil hacer que resista grandes fuerzas sin hacerlo tan grande que sea poco práctico.

De cara a la amplitud de las relaciones de cambio obtenibles, el factor limitante es el sistema de accionamiento. Tanto el variador como el cambio de conos, para conseguir amplitudes grandes necesitan que los sistemas de accionamiento puedan ser muy pequeños, y mientras que el cambio variador parece que esto podría ser posible, el de conos presenta serias dudas al respecto. El cambio toroidal, en cambio, depende del tamaño que se pueda obtener de los discos y cuánto se puedan inclinar éstos, condiciones más fáciles de cumplir.

En cuanto al peso, el cambio de variador está muy penalizado por la necesidad de utilizar múltiples poleas que deben ser robustas y además requieren medios externos para tensarlas, lo que acaba haciendo un conjunto pesado y voluminoso. El cambio toroidal y el de conos, por su parte, pueden aligerarse ya que sus elementos principales tienen un tamaño suficiente como para utilizar nervios en lugar de piezas macizas si es necesario, además de existir más espacios libres de elementos.

A parte de las mencionadas, el cambio toroidal presenta otras ventajas.

En primer lugar, en él se pueden instalar los componentes principales sobre un mismo eje de manera muy sencilla, que es un requerimiento funcional muy importante. Los platos que transmiten la potencia se encuentran alineados en dicho eje, y los discos que oscilan para cambiar el ratio deben oscilar en un punto ubicado en el toroide formado por los platos, de modo que podrían anclarse al eje, y el mecanismo que controle esa oscilación también debería poder ubicarse en el eje. En los otros tipos de cambios, la entrada de potencia se produce por el eje del cambio, pero se transmite a elementos colocados radialmente, pero que tendrán que estar unidos al eje de manera resistente.

Otra ventaja es que es un sistema conocido y usado para otro tipo de aplicaciones, aunque no específicamente a la que se le va a dar. Entre los diversos tipos de cambios CVT existentes, muchos son poco o nada utilizados, y algunos tienen un funcionamiento dudoso, así que optar por una solución con cierta solvencia elimina incertidumbres en cuanto a la viabilidad del proyecto, y en caso de que aparezcan obstáculos durante el desarrollo permite tener una referencia sobre la manera en que se solucionan. También cabe mencionar que la solución propuesta, aunque diferente a otros cambios toroidales existentes, no es un cambio excesivamente grande respecto a ellos como pasa con el cambio de tipo variador, que utiliza el mismo principio que los variadores pero es completamente diferente a ellos.

Por otro lado, el uso de discos implica, frente a otras soluciones, la posibilidad de minimizar la pista de contacto entre los platos y los discos. Los cambios de tipo CVT funcionan mediante fricción, e idealmente no debe haber deslizamiento en el contacto entre las piezas. Por ello se utilizan fluidos de tracción, lubricantes que sometidos a suficiente presión se comportan como sólidos transmitiendo el movimiento entre las diversas piezas, y evitando un contacto directo entre las mismas que produzca desgastes excesivos. Pero pese a que el deslizamiento, gracias a dichos fluidos, no produciría desgastes, sí implicaría pérdidas indeseables en la transmisión de la fuerza. Al emplear discos, el área de contacto entre las piezas es menor que en otras soluciones, el deslizamiento será menor y por tanto el sistema será más eficiente, especialmente respecto al sistema de conos, que no sólo necesitaría una rueda con un cierto tamaño para soportar los esfuerzos, lo que la haría deslizar, sino que además para ajustar la relación de cambio requiere de dicho deslizamiento, incrementando las pérdidas.

### Desarrollo del Cambio

Ya que se ha decidido qué tipo de cambio se utilizará, se pasa a desarrollar el mismo. Dicho desarrollo se dividirá en dos partes. En primer lugar se desarrollará el cambio desde un punto de vista puramente mecánico, es decir, definir los componentes que lo conforman, dimensionarlos, etc.

Una vez llevado a cabo dicho desarrollo, se procederá a abordar cuestiones externas al propio cambio, como son los sensores encargados de la adquisición de datos, el proceso de toma de decisiones por parte del cambio, etc. Es decir, se definirá cómo funcionan los automatismos del cambio.

La razón para realizar el desarrollo de ésta manera es doble. En primer lugar, porque los automatismos no tendrán una influencia directa en los elementos mecánicos del cambio. Además, dichos automatismos pueden aplicarse de una manera prácticamente independiente del cambio. Contando con los mismos sensores y centralita, la automatización podría aplicarse a cualquier cambio que disponga de un accionamiento eléctrico, o incluso a aquellos que no lo tengan pero puedan adaptarse. La única adaptación necesaria sería sustituir el ajuste continuo que permite un cambio de tipo CVT por uno basado en los pasos posibles de que disponga el cambio a automatizar, y para ello únicamente sería necesaria una pequeña reprogramación del software que controlará el sistema.

### Desarrollo Mecánico

Como ya se ha mencionado, en primer lugar se desarrollará el sistema mecánico que conforma el cambio de tipo CVT. Se trata de un cambio de tipo toroidal. En primer lugar se verá en qué consiste un cambio de tipo toroidal y cuáles son sus componentes más importantes. A continuación, se procederá al diseño básico de los mecanismos que compondrán el cambio. Una vez definidas dichas bases, se desarrollará el cambio en profundidad, dimensionando los componentes, obteniendo la amplitud final del cambio, etc.

## Estructura interna

Una vez definida la utilización de un cambio de tipo toroidal, el primer paso es definir la estructura interna. Las dos piezas más importantes que definen el cambio son los discos y los platos.

Los platos son piezas con forma de disco que giran alrededor del eje del cambio. Uno de ellos, el plato de entrada, gira accionado por la cadena, mientras que el segundo plato, el plato de salida, transmite el giro a la rueda. Dichos platos, cuando se encuentran colocados frente a frente, forman una cavidad interna en forma de rosquilla, de ahí el nombre de cambio toroidal.

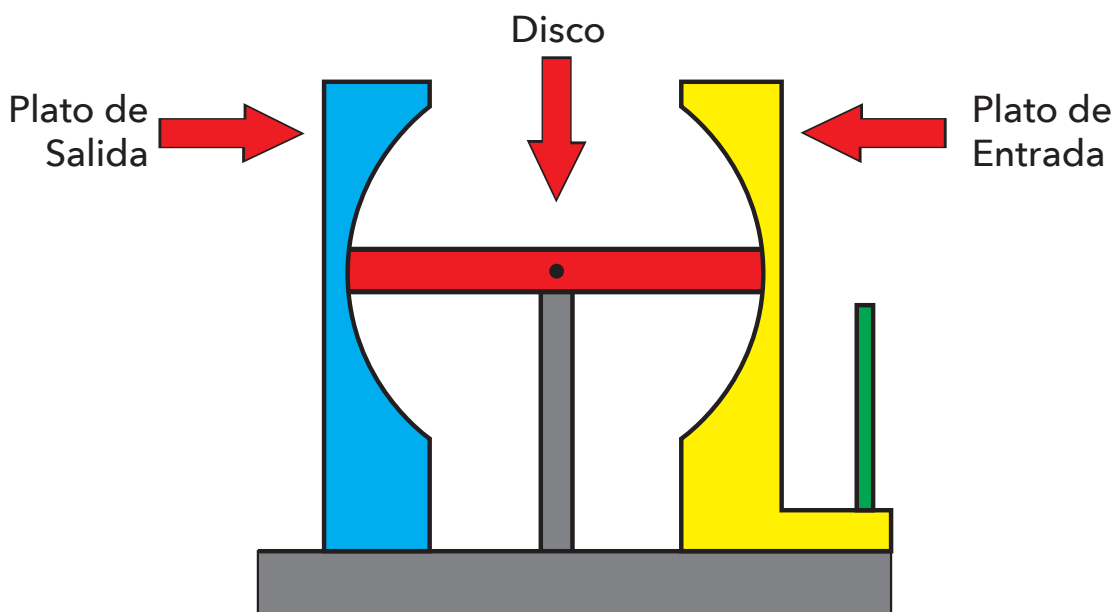


Figura 15. Diagrama general de un cambio toroidal.

Dentro de dicho toro se encuentran los discos, cuyo número podría variar. Estos discos pueden oscilar alrededor del eje del toro, de manera que entren en contacto con los platos en un punto diferente: cuando el disco toca el plato de entrada cerca del eje, toca el plato de salida lejos del mismo, y viceversa. Para entender cómo cambia el ratio del cambio en función de dicha inclinación, supongamos que se hace girar la cadena a velocidad constante. El plato de entrada girará con una velocidad angular determinada. Cuando el disco toca dicho plato cerca del eje, el disco girará despacio, ya que la velocidad a la que gira será igual a la velocidad angular del plato multiplicada por su radio, que en éste caso es pequeño. Éste giro se transmitirá al plato de salida, pero al entrar en contacto con él a mucha distancia del eje, la velocidad angular del mismo será pequeña.

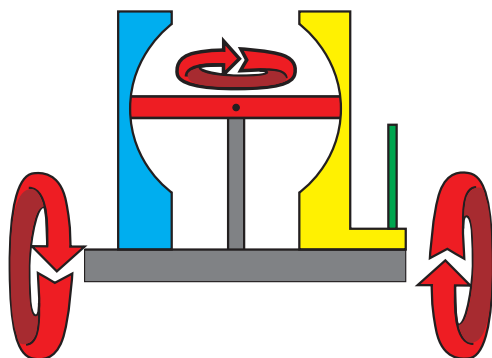


Figura 16. Con los discos en posición neutra, la velocidad de entrada y salida son iguales.

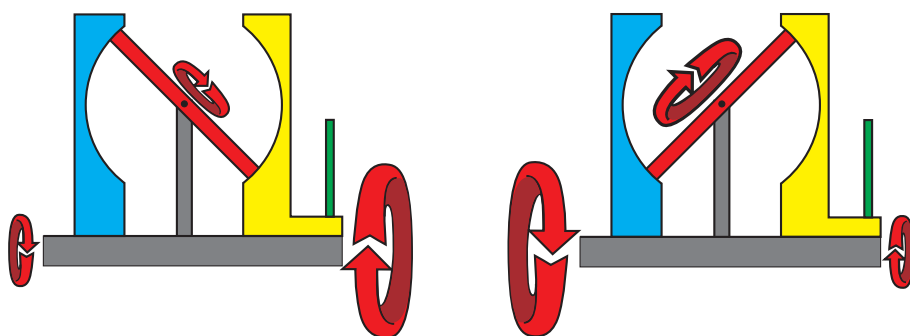


Figura 17. Variación de la velocidad de salida en función de la inclinación de los discos. Cuando están inclinados, las velocidades de entrada y salida cambian.

En muchos cambios de éste tipo, en lugar de utilizarse un toroide completo, los platos sólo forman medio toroide entre sí, para permitir que el accionamiento del cambio sea exterior al mismo. En el caso que nos ocupa, esta estructura no es necesaria ni deseable, ya que el accionamiento del cambio no será externo sino en el eje del cambio, de manera que se utilizará una estructura de toro completo, que además permitirá una mayor amplitud dada la misma anchura del cambio, que recordemos es un elemento limitante.

Como se puede intuir, el giro del plato de salida resultará en la dirección contraria al del plato de entrada, con lo cual éste en lugar de accionar directamente la rueda, deberá tener un engranaje intermedio que cambiará el sentido de giro para que la rueda gire en la dirección apropiada.

El cambio entero va relleno de lo que se llama líquido de tracción. Se trata de lubricantes, generalmente sintéticos, que tienen la peculiaridad de que, sometidos a una gran presión, se comportan como un sólido. De ésta manera, en el punto de contacto entre el disco y los platos, no se produce el deslizamiento que se esperaría en un sistema que utilizase lubricantes tradicionales, ni la fricción y desgaste de los mecanismos que se produciría en un sistema no lubricado.

Vista la estructura general se puede ver que la parte más crítica será el mecanismo de cambio, y será lo primero que abordaremos. Habrá que diseñar un sistema de cambio que pueda instalarse en el eje del cambio. Una vez calculadas algunas dimensiones básicas, como el diámetro del eje, de los rodamientos, etc, se podrá también calcular las dimensiones de los platos y discos para poder alcanzar una amplitud de ratios suficiente y definir completamente dicho mecanismo de cambio y otros elementos.



## Accionamiento del cambio

Durante el desarrollo del cambio se propusieron diversas alternativas para el accionamiento del cambio.

### Sistema de Paralelogramo

Inicialmente el sistema se planteó mediante un paralelogramo deformable. Por un lado se sujeta el disco mediante dos guías, y en el otro extremo un engranaje varía la inclinación del lado corto del paralelogramo, haciendo que las guías se muevan en sentidos contrarios e inclinen el disco en una u otra dirección. El problema que presenta éste sistema es que es muy complejo y pondría en entredicho la resistencia del cambio. El eje que sujeta la rueda debe ser hueco y tener en su interior un eje con un tornillo sin fin en su parte central. Además ese eje portante debe sujetar el balancín que acciona las guías y tener huecos en los que los engranajes puedan girar accionados por el tornillo sin fin. Además la complejidad del montaje aumentaba enormemente, dado que para que el sistema funcionase, dicho eje debía estar dividido en varias partes que se ensamblasen una vez estuviese colocado el tornillo sin fin interior y otras piezas del cambio.

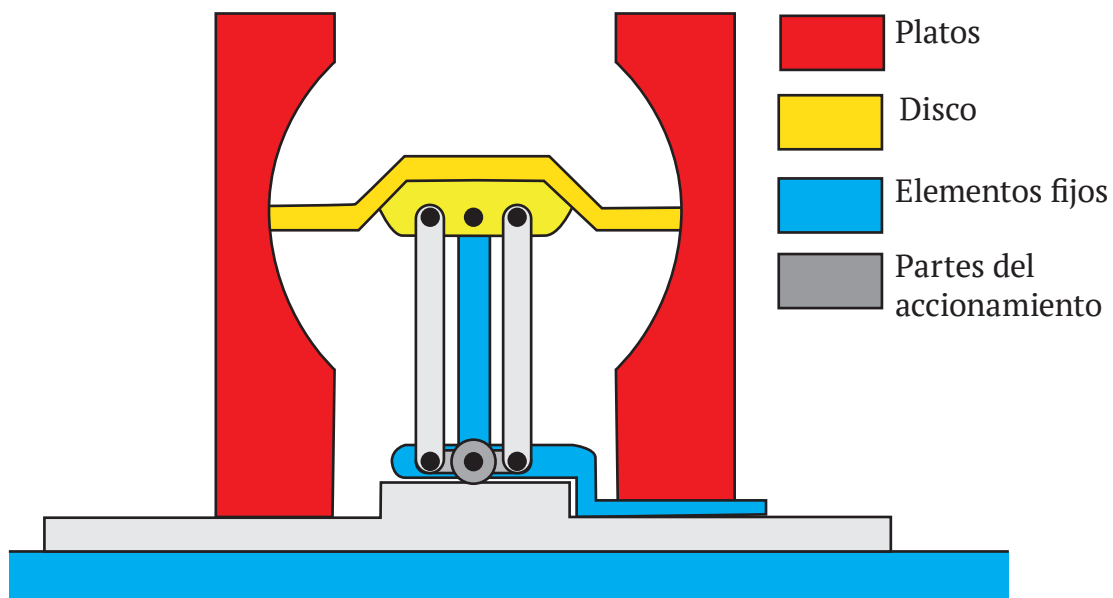


Figura 18. Posible disposición de elementos para un accionamiento por paralelogramo.

## Árbol de levas 1

Otro enfoque del accionamiento del cambio es el uso de un árbol de levas. En el interior del eje que soporta la rueda se instalaría otro eje con forma cónica en su zona central, mientras que en el eje de soporte se practican varios agujeros que permiten el paso de los empujadores. Dichos empujadores incluyen un muelle que permite que siempre estén en contacto con la parte cónica del eje interno, la cual se desplazará en sentido longitudinal haciendo que los empujadores suban o bajen, variando la inclinación de los discos. Pese a que la simplicidad y la robustez del sistema son superiores a los del sistema inicial, no está carente de problemas. Por un lado el movimiento del eje que acciona la leva no es sencillo de realizar, y por otro la alzada posible de la leva es muy pequeña ya que se encuentra en el interior de un eje de 10mm de diámetro externo, con lo que la amplitud del desarrollo del cambio se vería muy mermada.

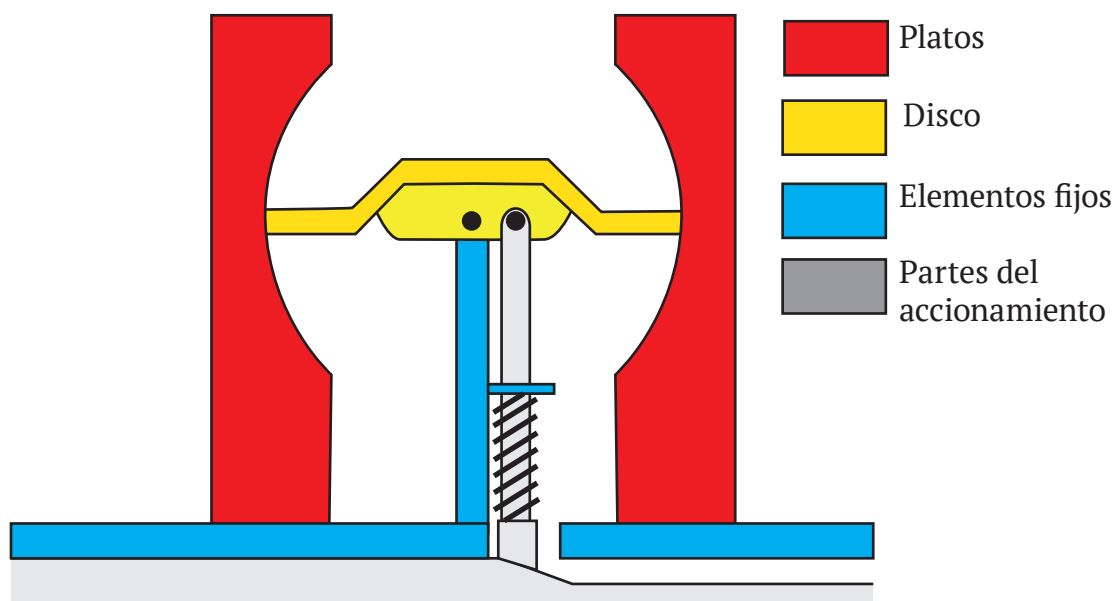


Figura 19. Primera opción de accionamiento mediante árbol de levas.

## Árbol de levas 2

Otra alternativa se basa también en el árbol de levas, pero pasa de tener un movimiento longitudinal a un giro. Además, se cambia su ubicación de manera que en lugar de encontrarse en el interior del eje, lo rodea. Así se puede aumentar la alzada tanto como sea necesario, y el sistema en general resulta más robusto y facilita el montaje. Como desventaja, uno de los platos pasa de girar sobre un eje fijo a hacerlo sobre uno que puede girar en una u otra dirección. Como la leva, en principio, debería girar mucho menos que otros elementos y, además de manera puntual y no continua, debería tratarse de un problema menor. Por otro lado, el aumento de la alzada de la leva conlleva una disminución en el espacio interno para otros elementos, y debe vigilarse en dicho sentido.

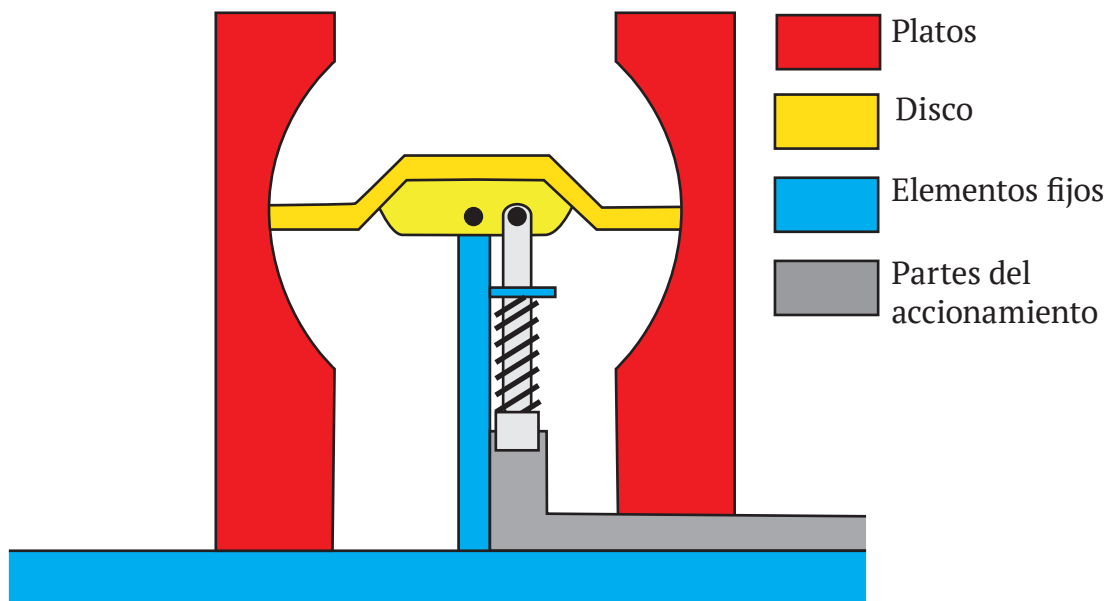


Figura 20. Segunda posibilidad de elementos para un accionamiento mediante árbol de levas.

	Ventajas	Inconvenientes	Comentarios
<b>Paralelogramo</b>	<p>Puede permitir una gran precisión.</p> <p>El Mecanismo de Accionamiento puede resultar muy compacto.</p>	<p>El mecanismo resulta muy delicado.</p> <p>El montaje de ciertos elementos resulta muy difícil, con elementos fijos suspendidos de otros que deben girar.</p>	<p>Es un sistema atractivo porque permite un control muy exacto del cambio</p>
<b>Árbol de Levas 1</b>	<p>Es un sistema muy sencillo desde el punto de vista de su fabricación y montaje.</p> <p>Su fiabilidad podría ser muy alta gracias al uso de elementos bastante probados.</p>	<p>Al estar la leva en el interior del eje, la alzada que se puede obtener es muy limitada.</p> <p>Si se maximiza dicha alzada, y por tanto la amplitud del desarrollo, el eje que rodea a la leva será muy fino y por tanto comprometería la mencionada fiabilidad.</p>	<p>Posiblemente sea el más sencillo de fabricar y de montar, pero tiene graves limitaciones en la amplitud de las relaciones de cambio que permite.</p>
<b>Árbol de Levas 2</b>	<p>Resulta tan fiable o incluso más que el sistema de árbol de levas original.</p> <p>La alzada, y por tanto la amplitud de las relaciones, puede ser la mayor de todos los sistemas propuestos.</p>	<p>La ubicación de la leva hace que los platos no puedan ser iguales puesto que uno debe rodearla.</p> <p>El montaje, aunque sencillo, lo es algo menos que en el caso anterior, por la misma razón.</p>	<p>Resulta ser un término medio entre las ventajas de los otros sistemas, solucionando además los problemas más graves de aquellas.</p>

Tabla 5. Ventajas e inconvenientes de cada uno de los sistemas planteados.

## Mecanismo del Cambio

Para seleccionar el mecanismo del cambio, se procede a valorar los tres sistemas planteados. Las cualidades a valorar serán las siguientes:

En primer lugar, la facilidad de desarrollo. En dicho apartado puntuará alto un sistema que no presente complicaciones aparentes a la hora de ser fabricado.

A continuación se valorará la robustez del sistema, de modo que un mecanismo que pueda estropearse fácilmente obtendrá una peor puntuación.

El tercer apartado a considerar serán las prestaciones. Se valorará mejor un sistema que permita una mayor amplitud de la relación de cambio y una buena precisión a la hora de seleccionar el desarrollo.

El mecanismo que mejor puntuación obtenga al combinar los tres apartados será aquel que se preferirá a la hora de desarrollar el cambio de marchas.

	Facilidad	Robustez	Prestaciones	Total
Factor	1	1	1	
Paralelogramo	3	4	7	14
Árbol de Levas 1	7	5	5	17
Árbol de Levas 2	8	9	7	24

Tabla 6. Cuadro de decisión del mecanismo del cambio

De los tres mecanismos planteados, aquel que presenta un mayor potencial es el que emplea un árbol de levas externo al eje, el denominado “Árbol de Levas 2”. Destaca especialmente en el apartado de robustez, dado que tiene un mecanismo más sencillo que los otros sistemas, tanto a la hora de montarlo como de fabricarlo. También es el que menos problemas plantea de cara a su desarrollo, y sus prestaciones son bastante buenas.

Por contra, el mecanismo denominado “Árbol de Levas 1” presenta peores prestaciones y robustez, debido a que el sistema con la leva ubicada en el interior del eje permite una menor amplitud y es más proclive a tener problemas.

El sistema peor puntuado es el de paralelogramo. Si bien se valoran muy positivamente sus prestaciones, debido en primer lugar a su gran precisión y a que la ausencia de muelles de retorno puede permitir una buena alzada, la complejidad del mecanismo de accionamiento juegan en su contra a la hora de valorar la facilidad de desarrollo y la robustez.

### Componentes

A continuación se hará un repaso a los componentes más críticos del cambio, como los platos, los discos y los elementos que componen el sistema de accionamiento.

En primer lugar tenemos un diagrama completo, en el que se ven los diversos elementos. Las medidas de dichos elementos no se hayan reproducidas a escala, sino que muchas medidas se sobredimensionan respecto a lo que se espera obtener en el cambio final, con el objeto de hacer los componentes más fáciles de apreciar.

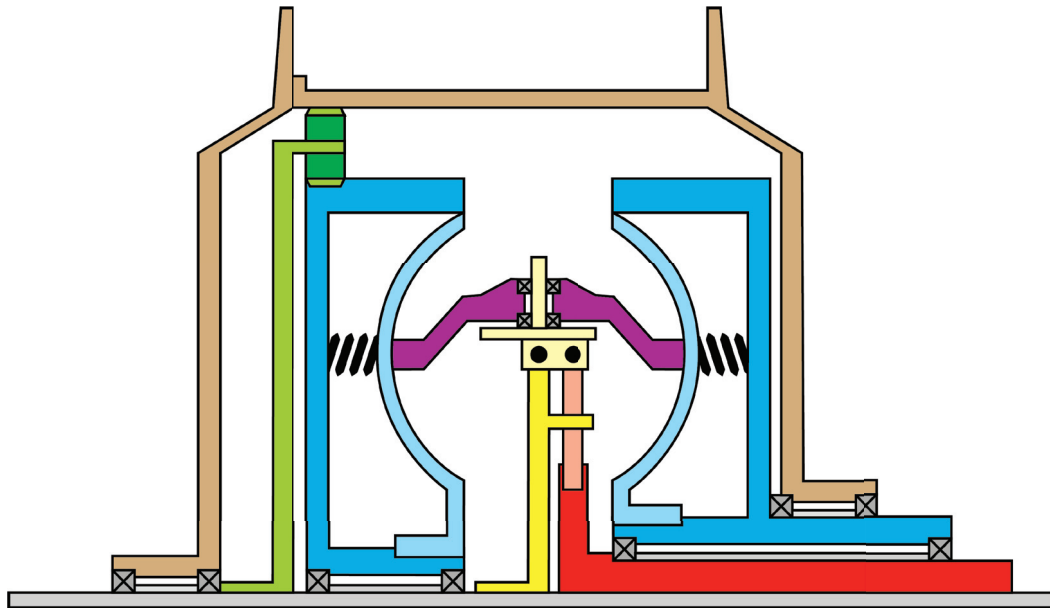


Figura 21. Diagrama de los principales elementos del cambio. Se trata de un corte a un cuarto del cambio completo.

### Eje

El elemento básico del cambio, aquel alrededor del cual se articulan el resto, es el eje. El eje es un elemento cilíndrico, con un diámetro que se adapta al de las punteras del cuadro y que se fijaría para que no gire. En la imagen inferior aparece en color amarillo, junto con otros dos elementos. Dichos elementos son los que soportan los discos y los engranajes, de los que se hablará más adelante. Ninguno de esos elementos debe girar alrededor del eje, ya que de hacerlo la bicicleta no se movería. Para

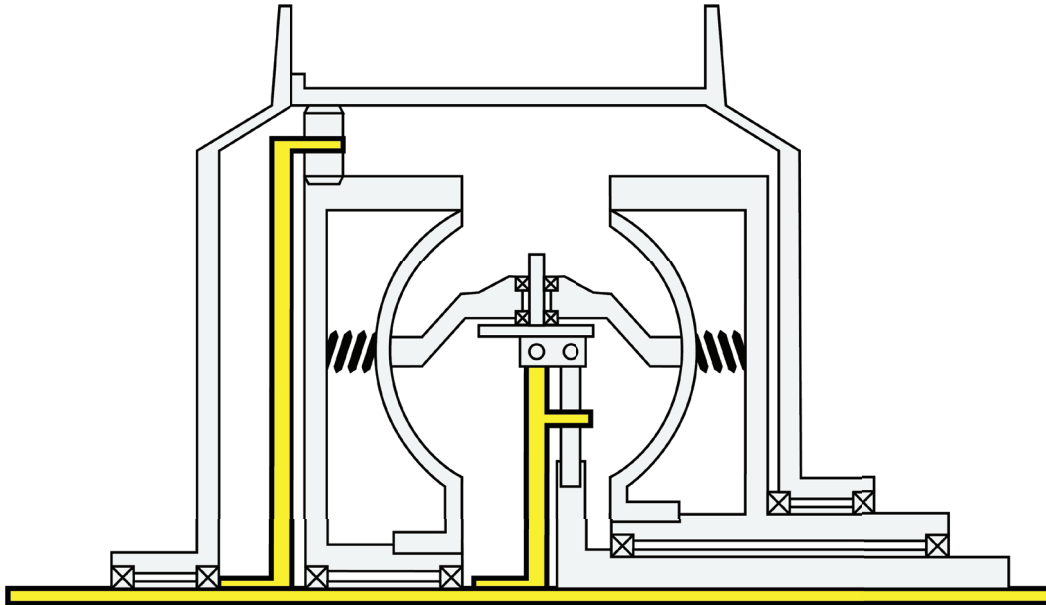


Figura 22. Diagrama del cambio, en amarillo aparecen destacados el eje y otros elementos fijos.

## Platos

Uno de los elementos más importantes del cambio son los platos que sirven de entrada y salida de fuerza del sistema. Para que el cambio y el fluido de tracción funcionen de manera adecuada, la presión de dicho fluido al quedar aprisionado entre los platos y el disco debe alcanzar ciertos valores. En cambios de tipo toroidal utilizados en automóviles se consigue esa presión mediante las propias bombas de lubricación del motor, que desplazan los platos haciendo que éstos ejerzan la presión necesaria sobre los discos. En un sistema adaptado a una bicicleta dicha solución no es posible, de modo que se recurre al uso de resortes que puedan ejercer la presión necesaria. De éste modo al menos uno de los dos platos existentes debe estar constituido de dos piezas, un alojamiento, que no se desplazará, y el propio plato que entra en contacto con el disco, que podrá desplazarse en el sentido del eje. Mediante unas guías se asegura que el plato y su alojamiento no puedan girar entre sí, pero sí permitir dicho desplazamiento.

En un principio tan sólo debía poder desplazarse el plato de salida, otorgando la presión necesaria a todo el conjunto. El problema de ésta aproximación es que, o bien se confía en la deformación del soporte del disco para que permita que éste también ejerza presión sobre el plato de entrada, o se da un cierto juego a la unión entre el disco y su soporte con el mismo fin. Como ambas soluciones ponen en entredicho la robustez del cambio e incrementan la posibilidad de fallos de funcionamiento (al disminuir la precisión del cambio), finalmente se buscó la manera de poder hacer los dos platos móviles pese a las restricciones impuestas por las dimensiones del cambio.

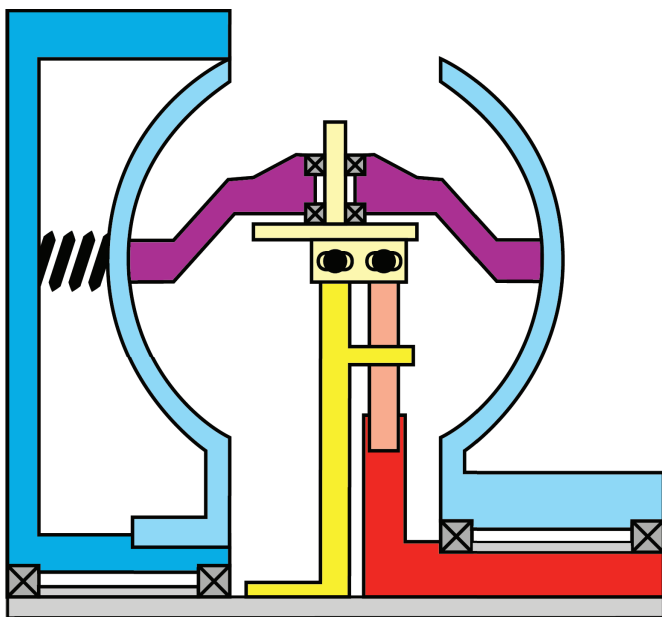


Figura 23. Diagrama del cambio con únicamente un plato provisto de muelles. Para mantener presión en el plato de la derecha, el soporte del disco debe permitir su movimiento.



Para ello, pese a que en un principio se había intentado alcanzar la máxima amplitud posible, alcanzando valores cercanos al 600%, se hace necesario reducir las dimensiones originalmente calculadas para el disco, de modo que se puedan incluir resortes en los dos platos. Así, finalmente la amplitud objetivo se centra en el 400%, cercana de todos modos a lo que es habitual encontrar en cualquier bicicleta no muy especializada, y en línea con lo que ofrecen la gran mayoría de cambios en el buje existentes en la actualidad, sean de engranajes planetarios o de tipo CVT.

Esto presenta además una ventaja extra, y es que ambos platos, que son una de las piezas fundamentales dado que su acabado superficial debe ser muy bueno, se pueden diseñar de manera que sean idénticos, y que sean sus alojamientos los que se adapten a la función específica como plato de entrada y de salida. Así, el alojamiento del plato de entrada presenta una extensión que rodea la leva y que llega hasta el exterior del cambio, siendo a ella a la que se rosca el piñón.

El plato de salida, por su parte, lleva mecanizado en su parte externa el engranaje sol que forma el primer componente del conjunto que se encarga de transmitir la potencia a la rueda. La razón para hacerlo de esta manera no es otra que obtener una mayor compacidad. Se intenta limitar en la medida de lo posible el tamaño de este engranaje planetario, ya que es el responsable último del diámetro final que presentará el cambio. Además, en una configuración como la que utiliza el cambio, en la que se busca invertir el sentido de giro, existen bastantes límites en cuanto al número de dientes utilizable.

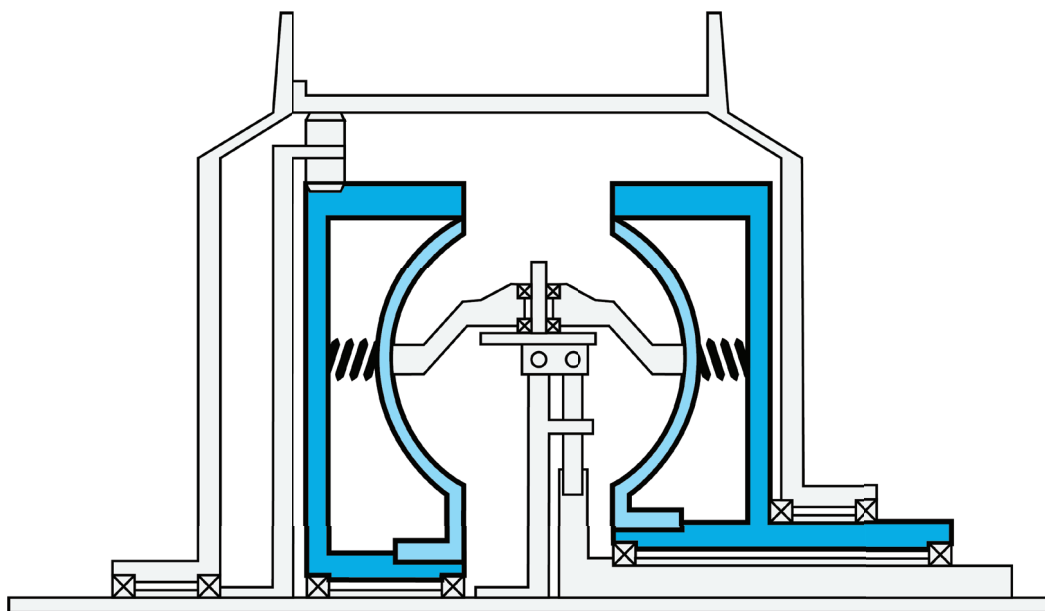


Figura 24. Diagrama del cambio, con los platos destacados en azul. La extensión del plato de la derecha incluiría la rosca para colocar el piñón, y el plato de la izquierda tendría mecanizado el engranaje.

### Discos

Los discos son otro elemento crítico en el diseño del cambio. Por un lado es deseable que sean ligeros, ya que eso disminuye los posibles efectos giroscópicos que se produzcan en el interior del cambio, pero al mismo tiempo deben ser suficientemente rígidos para soportar las fuerzas a las que se verán sometidos. A su vez, la parte más importante en ellos es la pista exterior, donde tocan a los platos. Por un lado debe tener un espesor suficiente para transmitir toda la potencia que soportará el sistema, pero al mismo tiempo cuanto mayor sea, mayores podrán ser las pérdidas debido a que el plato con el que está en contacto no girará a la misma velocidad en la zona superior que en la inferior. Para espesores bajos el efecto es poco importante, pero si se utilizasen discos muy gruesos esas pérdidas podrían ser significativas.

El disco se une mediante rodamientos a una pieza intermedia, que sirve de balancín entre el disco y el sistema de accionamiento. Dichos rodamientos serán de contacto angular, y se montarán dos, de manera que limiten el movimiento tanto de manera radial como axialmente.

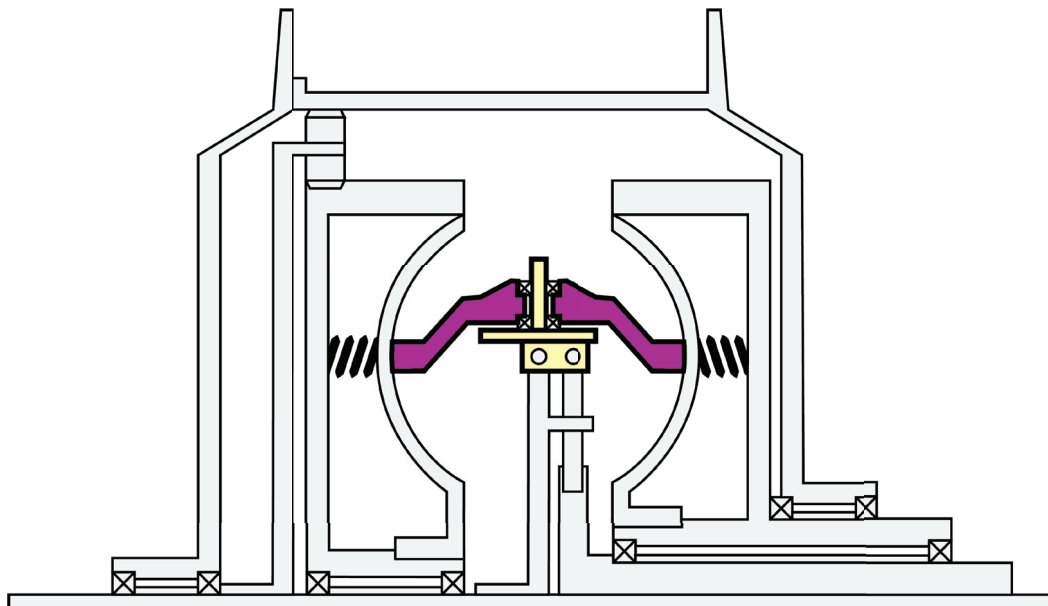


Figura 25. Diagrama, destacando los discos. En morado aparece un disco, mientras que la pieza amarilla corresponde a su soporte, que actúa de intermediario entre el disco, el sistema de accionamiento y el eje.

## Sistema de accionamiento

El sistema de accionamiento consta de tres partes principales. Por un lado se encuentra una pieza, solidaria con el eje fijo del cambio, que únicamente sirve de soporte para los discos. Se compone de un tubo central del que surgen los tres soportes, uno para cada disco. Cada uno de esos soportes debe presentar una guía que asegure que el balancín siga una trayectoria vertical

Por otro lado se encuentra la leva, que actúa sobre los empujadores del cambio. Dicha leva gira sobre el propio eje fijo también, pero no se encuentra anclada a él. Como no se trata de una pieza que vaya a girar continuamente ni que lo vaya a hacer a gran velocidad, se prescinde del uso de rodamientos para suspenderla sobre el eje. Para evitar fallos que permitan a los balancines sobrepasar sus posiciones límite, la leva presenta topes en sus extremos, que impiden que se sobrepase el punto de máxima alzada.

El último componente son los balancines, y es uno de los más complejos. En su parte inferior presentan un acabado biselado que asegura que tengan un buen contacto con la leva. Para que sigan el movimiento de dicha leva cuando ésta hace que deban bajar, presentan un resorte que les empuja a ejercer presión sobre la misma. Como el espacio es limitado, y el uso de un muelle tradicional supone además ciertos problemas a la hora del montaje, se opta por el uso de un resorte radial ubicado en el propio soporte del disco, lo cual además permite maximizar la amplitud del movimiento de la leva, lo cual es un detalle de enorme importancia.

La unión del soporte del disco tanto a su soporte como a los empujadores, se realiza mediante pasadores. Uno de los problemas detectados en la zona es que el espacio disponible para las arandelas o las cabezas de los pernos de la métrica seleccionada sería insuficiente. Al recurrirse a los pasadores se elimina la presencia de dichos obstáculos y la unión puede realizarse sin problemas.

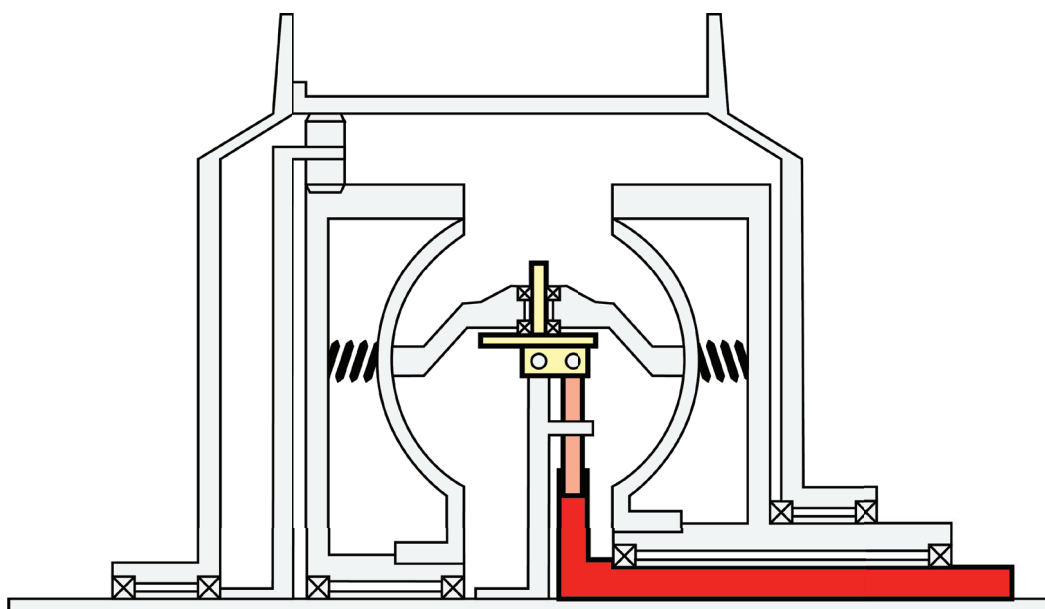


Figura 26. Diagrama del cambio. Destacada en rojo aparece la leva, y en un tono rosa el balancín, mientras que el soporte del disco aparece en color amarillo.

### Otros Elementos

Además de los componentes principales ya mencionados, existen otros a los que también debe prestarse atención.

### Engranaje Planetario

Uno de ellos es el ya brevemente mencionado engranaje planetario que se encarga de invertir el sentido de giro, de manera que al final la rueda gire en la misma dirección que el piñón aunque a diferente velocidad. Dicho engranaje se compone, por una parte, del alojamiento del plato de salida, que actuará como engranaje sol. A su alrededor se ubican cuatro engranajes satélite, que se encuentran en una posición fija gracias a un soporte que se fija al eje del cambio de manera similar a como lo hace el soporte de los discos. Por último existe un engranaje corona, que es solidario con la carcasa externa del cambio. Dicho engranaje, en principio, se mantendría fijo gracias a un ajuste con apriete.

El diseño de un engranaje planetario es relativamente sencillo, aunque presenta toda una serie de restricciones. La primera, y más obvia, es que todos los engranajes utilizados deben tener el mismo módulo. Además, el número de dientes del engranaje corona debe ser igual a la suma de los dientes del engranaje sol y el doble de los dientes de un engranaje satélite. Por último, para conseguir que los satélites queden espaciados y en fase, tanto el número de dientes del engranaje sol como el número de dientes del engranaje planeta deben dar como resultado un número entero al dividirse éstos por el número de engranajes satélite a utilizar. El diseño final dependerá en gran medida de las dimensiones finales adoptadas.

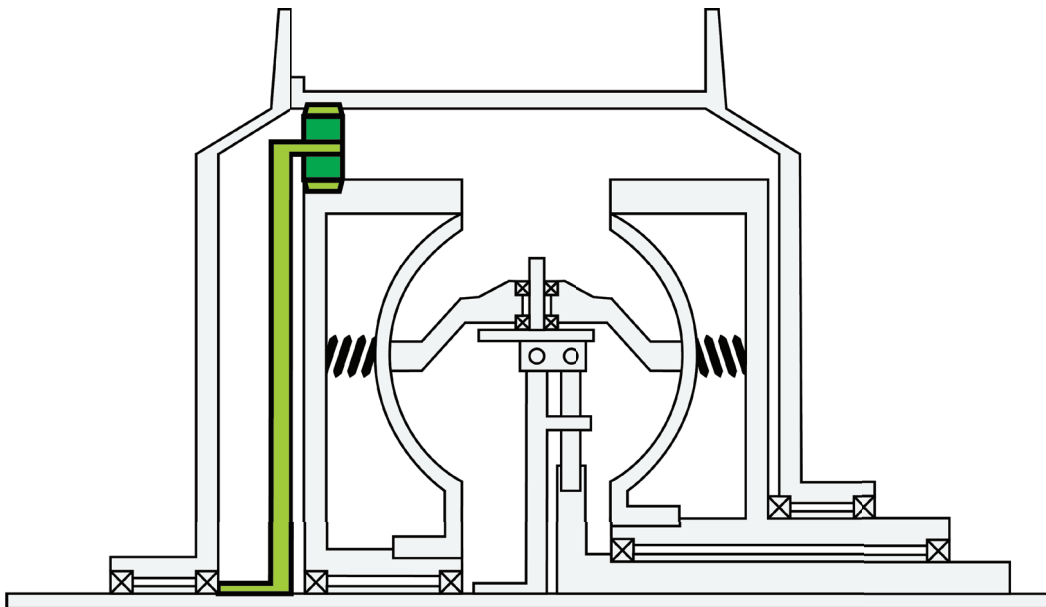


Figura 27. Diagrama del cambio con los elementos correspondientes al engranaje planetario en tonos verdes. El soporte aparece verde claro, y los engranajes satélite en un tono más oscuro. El engranaje sol estaría mecanizado en el plato correspondiente, y el engranaje corona en la carcasa.

### Carcasa

La carcasa es el último elemento a diseñar, y aquel que contendrá el resto de elementos. Se compondrá de dos piezas, que cierran el conjunto por sus dos extremos. Una de las dos mitades actuará como tapa simplemente, mientras que la otra será de mayor tamaño y será la que, en la práctica, albergue todos los componentes del conjunto. Dicha carcasa será, además, la que presente los agujeros a los que se sujetarán los radios de la rueda, a la que se ensamblará el engranaje corona y la que tendrá, en caso de que se utilice, los soportes oportunos para el freno de disco o de tambor. Como en muchos cambios de éste tipo es habitual encontrar modelos diferentes en función de si permite el uso de frenos de disco, de tambor o de contrapedal, y en ocasiones incluso se pueden obtener modelos preparados para un número diferente de radios, la pieza que se deberá cambiar para poder satisfacer todas esas necesidades es precisamente ésta, que si bien tendría una base de diseño común, se podrá modificar en caso necesario.

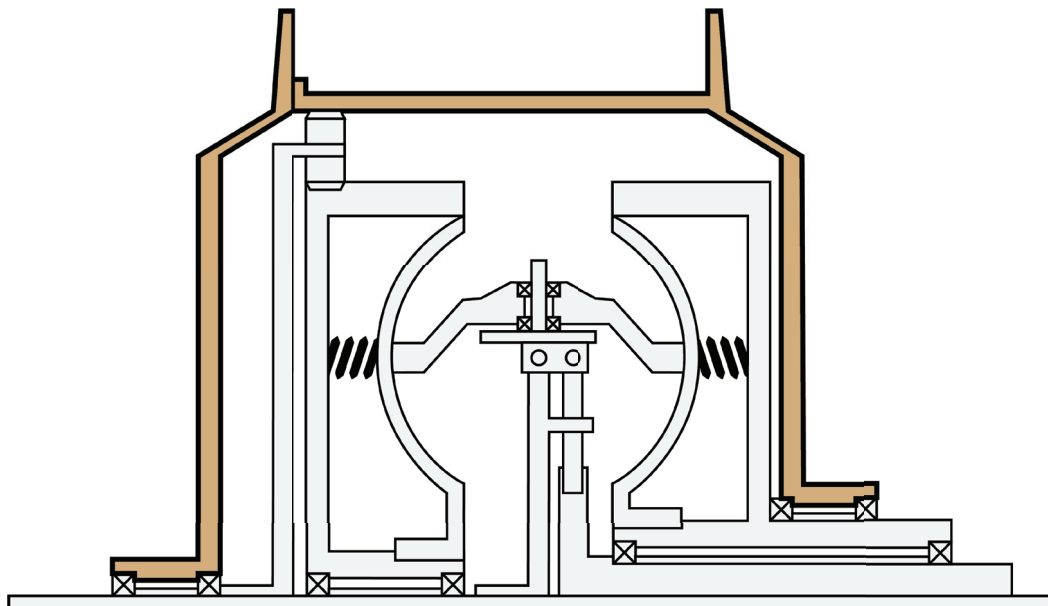


Figura 28. Diagrama del cambio. La carcasa, dividida en dos partes, se destaca en color marrón.

### Elementos Normalizados

Existen dos tipos de elementos normalizados que resultan de importancia capital en el diseño del cambio y que por eso serán mencionados aquí. Por un lado encontramos los engranajes. A parte de los soportes de los discos, que ya se han mencionado, los alojamientos de los platos también se encuentran suspendidos en rodamientos. De nuevo se usarán rodamientos de contacto angular, dado que dichos alojamientos, además de las cargas radiales propias del funcionamiento del cambio, deben soportar la acción de los muelles que mantienen la presión en el conjunto del cambio. También se utilizan rodamientos para soportar los engranajes satélite, en éste caso rodamientos de agujas de pequeño tamaño.

El otro elemento importante serán los elementos de estanqueidad. Al estar el cambio completo sumergido en lubricante, se debe intentar garantizar, en la medida de lo posible, que no se produzcan fugas importantes del mismo. Por tanto, en los extremos del eje se utilizan retenes que garanticen la estanqueidad, y la unión de las dos partes de la carcasa debería utilizar también una junta de estanqueidad que minimice los problemas.

## Dimensionado de los elementos

Antes de proceder al dimensionado de los elementos internos debe tenerse presente cómo conocer la amplitud de marchas.

En un cambio toroidal, la amplitud se obtendrá conociendo la diferencia entre la desmultiplicación que se obtiene con el disco inclinado completamente en ambas direcciones.

En su primera posición extrema, el disco toca al plato de entrada en la posición más cercana al eje posible. Si dicho plato gira, por facilitar los cálculos, con una velocidad angular de 10 rad/s (para el cálculo de la amplitud dicho valor no influye), conociendo el radio en el que hace contacto podemos saber la velocidad, en m/s, a la que se desplaza dicho punto de contacto utilizando la fórmula:

$$v = w \times r$$

donde  $v$  es la velocidad lineal,  $w$  la velocidad radial y  $r$  la distancia entre el punto donde se mide la velocidad lineal y el eje alrededor del que rota el plato.

Dicha velocidad será la misma a la que se desplazará la pista más externa del disco, que es la que hace contacto con los platos, y podemos por tanto conocer la velocidad a la que se desplaza cada punto del plato de salida en su punto más alejado del eje, y realizando la operación inversa, podemos saber la velocidad angular que tendrá la rueda, y por tanto el desarrollo en dicha posición, que será el cociente entre la velocidad angular de entrada y la de salida.

Pongamos, por ejemplo, que el diámetro del plato en sus puntos más extremos es de 10 y 20 cm. El disco, en su posición más cercana al plato de entrada, con una velocidad angular de 10 rad/s, tendrá una velocidad instantánea en su pista de contacto de 1m/s. Dicha velocidad será la misma que tendrá el plato de salida, salvo que en dicho punto la velocidad angular será de:

$$w = \frac{v}{r}$$

Lo que resulta en 5 rad/s con los datos que se tienen, es decir, da la mitad de vueltas que el piñón de entrada.

Como se puede imaginar, colocando el disco en la otra posición extrema obtenemos que la velocidad angular de la rueda será de 20 rad/s, y por tanto dará dos vueltas por cada vuelta de piñón. Conociendo ya que dicho cambio varía entre una multiplicación de 2 y una desmultiplicación de 0.5, la amplitud de las relaciones de cambio es del 400%.

Como se ha podido ver, el cambio de por sí tendrá siempre una amplitud simétrica, que variará entre una desmultiplicación y su inversa. Si se utilizase como un cambio directo en el que el plato y el piñón tuviesen el mismo diámetro, se obtendría un cambio poco adecuado, que tendría una desmultiplicación excesiva y en cambio alcanzaría una multiplicación demasiado escasa. Para compensar dicho problema, se debe tener en cuenta que la relación de cambio también se verá influida por los platos y piñones. Si, por ejemplo, se usa un plato de 46 dientes y un piñón de 23, la propia cadena

tiene una multiplicación de 2. Y multiplicando esa propia multiplicación de la cadena por los valores del cambio, tenemos que el cambio pasaría a tener en sus extremos multiplicaciones de 4 y de 1. Debe notarse que la amplitud de las relaciones de cambio no varía y sigue siendo de un 400%, pero dicha amplitud se sitúa ahora en unos rangos de multiplicación más aceptables.

Una vez conocida la manera de calcular la amplitud, se procede al cálculo de la amplitud real que puede alcanzar el cambio. Para ello, deben tenerse en cuenta varios datos.

Como el buje tiene una serie de componentes internos necesarios y, además, tiene unas restricciones de tamaño que ya se mencionaron, evidentemente no basta con dimensionar los platos y los discos y añadir a posteriori los demás elementos, porque se podría obtener unas dimensiones que no se adaptasen a las necesidades. Se debe tener en cuenta que, en los 135mm de anchura disponibles para el buje, existen otros elementos como el piñón de la cadena o el accionamiento del cambio, que restan espacio interno disponible, además de el mecanismo que hace que los platos tengan presión suficiente.

Lo primero que se hace es calcular el diámetro de los discos. Por razones de espacio, el máximo diámetro que pueden tener es de 40mm. Hay que tener en cuenta que, en los 135mm disponibles entre las punteras del cuadro, deben ubicarse los discos, los platos y sus alojamientos, el tren de engranajes planetarios y otros elementos como el piñón de la cadena o el accionamiento de la leva. Discos de mayor diámetro obligarían a tomar medidas como la eliminación de los muelles en uno de los platos, que como ya se vió no resulta deseable.

Además del diámetro, otro factor muy importante es la altura a la que se encuentra el eje alrededor del que oscilan los discos. Cuanto más cerca del eje del cambio puedan oscilar, menor será la inclinación necesaria para conseguir la misma amplitud, pero como resulta evidente dicha distancia no podrá reducirse tanto como se quiera. En primer lugar hay elementos como el eje del cambio o el propio soporte de los discos que limitarán dicha altura. Pero además de los 5mm de radio que tendrá el eje del cambio, el siguiente elemento en limitar la altura será especialmente la leva que acciona el cambio. En su posición más inclinada, el disco nunca debe poder tocar la leva porque impediría su giro.

Dicha leva no puede tampoco hacerse tan baja como se desee. Además de que debe permitir una cierta alzada y tener cierta cantidad de material, es necesario que tenga mecanismos de retención de aceite ya que girará sobre el propio eje del cambio y de no tenerlos podría permitir la pérdida de lubricante por ella.

Otro límite a las dimensiones viene dado por los propios discos. Anteriormente se ha visto un diagrama simplificado en el que aparecen, aunque en él se omiten las dimensiones reales y algunos elementos. El disco se une a su soporte mediante rodamientos que hacen que gire sin dificultad. Como, además de girar, los discos se verán sometidos a cargas variadas y a su propio peso, dichos rodamientos deben ser de contacto angular, permitiendo que el disco gire pero impidiendo su desplazamiento



a lo largo del eje de giro. Dichos rodamientos, además del propio disco, su soporte y la arandela y la tuerca que lo fijan al soporte hacen que se pueda dar el caso de que, al inclinarse el disco hasta una posición extrema, impactase con los platos, con las desagradables consecuencias que se pueden imaginar.

Como se ha visto, todos esos factores están íntimamente relacionados entre sí, y también lo están con la alzada de los discos. Teniendo en cuenta todos esos límites, y mediante el uso de modelado en 3 dimensiones para comprobar que no se saltaba una limitación inadvertidamente, se acabaron fijando las dimensiones internas del cambio.

Finalmente, el centro de giro de los discos se puede ubicar, en el mejor de los casos, a 37 mm del eje del cambio. Por otro lado, evitando que el disco propiamente dicho impacte con los platos al tomar sus posiciones extremas, se puede conseguir una inclinación de  $30^\circ$  aproximadamente. Esto, junto a una alzada de la leva de 8mm entre su posición más baja y la más alta, permite que la pista de contacto entre el disco y los platos pueda variar entre 27 y 47 mm de altura respecto al eje. Dicha diferencia de alturas se traduce en un ratio del 305%, entre una multiplicación de 1.74 y una desmultiplicación de 0.57.

A continuación se debe tener en cuenta la desmultiplicación interna debida al tren de engranajes planetarios. Como se ha visto, el engranaje corona tiene 140 dientes, mientras que el engranaje sol tiene 100. Por tanto, para encontrar los ratios reales de marchas que tiene el cambio, se debe dividir los valores obtenidos previamente por 1.4, quedando finalmente las marchas extremas en 1.24 y 0.4.

En la práctica, no es interesante tener una desmultiplicación de 0.4, que hace que se avance muy poco a cada pedalada, y es raro encontrar bicicletas que en alguna marcha bajen del ratio de 1. Como la amplitud de marchas disponible se asemeja mucho a la que, como se ha visto, presentan bicicletas como las urbanas o las de cross [ver tabla 2, pagina xx], se escogerá una combinación de plato y piñón que permitan obtener, en el ratio más corto, una multiplicación de 1.2, es decir, que multipliquen la relación de cambio por 3, pasando a tener un ratio real comprendido entre 3.72 y 1.20.

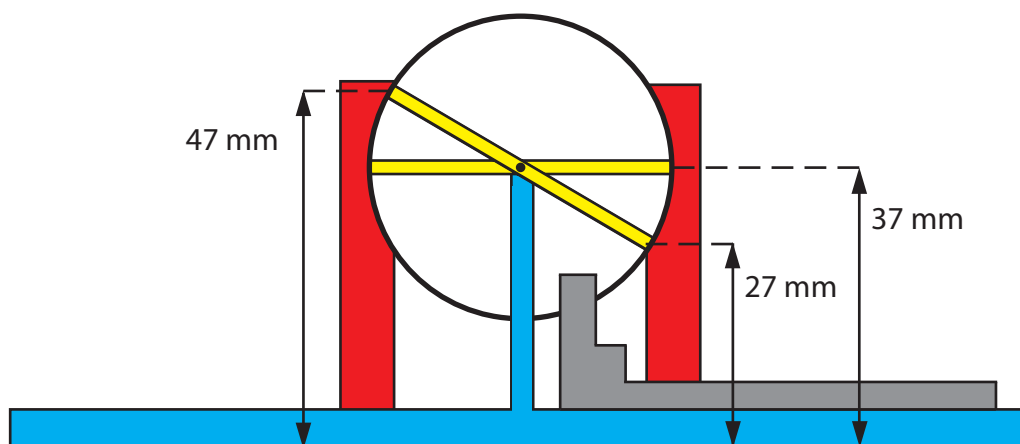


Figura 29. Posición extrema que puede adoptar el disco, con los elementos relevantes del cambio a la misma escala.

Además de las dimensiones de los elementos internos y las relaciones de cambio que podrá adoptar el cambio, se debe tener en cuenta otros elementos como los muelles que fuerzan a que los discos y los platos estén en contacto. Antes de poder dimensionarlos, deberemos conocer la cantidad de fuerza que deberán ejercer.

En principio podría parecer que para saberlo bastaría con conocer la presión a la que trabajan los fluidos de tracción. El problema es que la presión necesaria se sitúa en torno a 1 gigapascal (GPa en adelante). Es una presión muy alta, pero debe tenerse en cuenta que el contacto entre disco y plato es prácticamente unidimensional, y por tanto se pueden conseguir grandes presiones con poca fuerza, ya que el área de contacto es muy pequeña. De hecho, dicha área de contacto sería, en realidad, puntual, ya que la banda de rodadura es muy pequeña y además salvo en su punto central existirá un deslizamiento en el resto de puntos, aunque sea pequeño.

De ahí que la aproximación que se tomará será diferente.

Para calcular la fuerza que es necesario ejercer para mantener el contacto, se parte del dato de que la potencia máxima que se espera vaya a sufrir el cambio es de 500 W. Un ciclista profesional de gran fuerza difícilmente puede generar 500 W de manera continuada, aunque puede llegar a picos de potencia superiores, pero no se trata del público objetivo de este cambio, al menos en principio. Un ciclista amateur con cierto grado de entrenamiento es capaz de generar 250 W, así que hay un margen de seguridad.

Por otro lado, para conocer la fuerza que esos 500W pueden generar en las piezas internas, habría que conocer más datos. Supondremos que la bicicleta tiene ruedas de carretera (700c, con una circunferencia de 2.2 metros), y que dicha potencia de 500 W permite alcanzar 50 km/h en la relación más larga del cambio, que supone una multiplicación interna de 1.24. A 50 km/h, la rueda gira a 375 rpm, o lo que es lo mismo, 39 rad/s, que con dicha desmultiplicación se convierte en 31.45 rad/s en el plato. Sabiendo la potencia que ha generado el usuario y dicha velocidad radial, podemos conocer el par al que se ve sometido el cambio, mediante la fórmula:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad \text{donde } T \text{ es el par, } P \text{ la potencia y } \omega \text{ la velocidad angular.}$$

Si sustituimos los valores conocidos, resulta un par de 15.9 Nm.

Como la fuerza se obtendría gracias a:

$$F = \frac{T}{d} \quad \text{donde } F \text{ es la fuerza, } T \text{ el par y } d \text{ la distancia de aplicación.}$$

La distancia de aplicación en éste caso serían los 27 mm a los que entran en contacto plato y disco, y el par son los 15.9 Nm ya conocidos, de modo que tenemos una fuerza de 588 N que se reparte entre los tres discos, con lo que cada uno transmitirá una fuerza de 196 N.

El caso opuesto, del uso en relaciones de cambio cortas, es mucho más complicado. En arrancadas en parado, o si la rueda se atasca, se pueden obtener velocidades angulares de 0, o cercanas a dicha cifra, y eso nos llevaría a valores de fuerza astronómicos. Para tomar un escenario más realista, no queda más remedio que recurrir a otras fuentes.

Dado que, pese a que el cambio no está destinado a ciclistas profesionales, encontrar datos fiables sobre la fuerza y velocidad a la que un ciclista amateur pueda afrontar una subida es complicado, especialmente si queremos algo significativo y no puntual, la solución es recurrir a datos de ciclistas profesionales, que aunque sean un caso extremo vuelven a permitirnos tener un cierto margen de seguridad sobre el uso esperado. No se han podido conseguir datos recientes, pero en la página [sportsscienstists.com](http://sportsscienstists.com) hay datos sobre algunas subidas del tour de Francia para ciclistas profesionales. En concreto, se comprueban los datos de la subida al Tourmalet de 2010. En ella, un ciclista profesional puede llegar a generar en torno a 400 W y a una velocidad máxima de 20 a 25 km/h. Siguiendo utilizando nuestra potencia de entrada de 500 W, y tomando ahora la desmultiplicación interna correspondiente a la marcha más corta, que es de 0.4, tenemos que a 25 km/h la velocidad angular interna es de 50 rad/s, y el par al que se ve sometido el cambio es de 10 Nm. De nuevo, con dicho par aplicado a una distancia de 27 mm tenemos que la fuerza total aplicada es de 370 N, inferior a los 588 N obtenidos en el caso de la velocidad máxima.

Por último, para que el disco y el plato giren entre sí sin deslizarse, la fuerza de tracción y la de fricción estática deberán ser iguales, y son el escenario que se busca. Para que no se produzca deslizamiento, la fuerza normal ejercida en el punto de contacto entre el disco y el plato debe ser igual o mayor a la fuerza máxima que va a soportar el sistema dividida por el coeficiente de fricción. El problema que encontramos es que es difícil encontrar valores para el coeficiente de fricción en el caso de que actúe un fluido de tracción. Siendo metálicos tanto el disco como el plato, el coeficiente de fricción entre ambos sería de entre 0.6 y 0.8, y con lubricación ronda el 0.1 o 0.2.

Pero los fluidos de tracción, pese a ser lubricantes, en las condiciones en las que se van a ver sometidos no actúan como tales, sino que supuestamente lo hacen como un sólido, y por tanto su comportamiento debería ser más cercano al rozamiento en seco que en un ambiente lubricado, y se asumirá que el coeficiente de rozamiento es el de metal con metal en seco.

Conociendo ya la fuerza que van a recibir los componentes, y el coeficiente de rozamiento que se asumirá para el contacto entre las piezas, podremos calcular la fuerza que deben ejercer los muelles para garantizar que platos y discos no entren en régimen de deslizamiento. Como sabemos, para que el rozamiento sea estático la fuerza de rozamiento debe responder a la fórmula

$$F_r = \mu_e \times N$$

dónde  $F_r$  es la fuerza de rozamiento,  $\mu_e$  es el coeficiente de fricción y  $N$  es la fuerza normal que deben aplicar los muelles.

Sustituyendo los mayores valores obtenidos, es decir, los 196 N a los que se vería sometido a máxima velocidad, obtenemos que la fuerza normal debe ser de 245 N cada muelle para el caso de utilizar ambas piezas de acero, y de 326 si una de las piezas es de acero y la otra de aluminio. En casos en los que la fuerza transmitida sea menor, la fuerza ejercida por los muelles seguirá garantizando el no deslizamiento de los discos. En caso de que la potencia de entrada superase el caso extremo considerado, los muelles

no serían capaces de mantener el rozamiento estático y existiría deslizamiento entre discos y platos. No es recomendable, pero al existir lubricación no debería ser una situación catastrófica como si podría ser en caso de producirse un suceso similar entre engranajes.

En cualquier caso, se trata de valores teóricos. La relativa ausencia de datos disponibles sobre los líquidos de tracción recomiendan prudencia, y sería recomendable construir un prototipo y comprobar diversos muelles y niveles de potencia para comprobar la correlación entre los datos calculados y la realidad.

### Desarrollo del Automatismo

Una vez se han desarrollado prácticamente al completo los componentes mecánicos del cambio, se procede al desarrollo del automatismo del mismo.

Para dicho desarrollo se estudiarán en primer lugar los sensores que se van a utilizar para determinar el ratio que debe adoptar el cambio. Se estudiará qué tipo de datos nos pueden ofrecer, y la mejor manera en que utilizarlos. Conocido eso, se verá cómo combinar los datos de los diferentes sensores, las conclusiones que se pueden sacar de ello y cómo afectará a las decisiones que tome el cambio.

### Funcionamiento del cambio

El cambio dispone de al menos dos sensores de entrada de datos:

#### Sensor de velocidad en la rueda

Mediante éste sensor el cambio conoce cual es la velocidad de giro de la rueda. Gracias a él se conoce la velocidad a la que se desplaza y puede aumentar o disminuir el desarrollo en función de ella.

#### Sensor de fuerza ejercida en los pedales

Gracias a este sensor el sistema conoce la fuerza que ejerce el usuario y puede cambiar el desarrollo antes de que el cambio en la fuerza ejercida se traduzca en un cambio en la velocidad de giro de la rueda. Además, en función de la variación que se produce en la fuerza ejercida en los pedales se puede conocer la cadencia de pedaleo. En principio se adaptaría un sistema comercial, dado que ya existen potenciómetros que miden el trabajo realizado y pueden comunicarse inalámbricamente con diversos modelos de computadores dedicados al ciclismo. El problema es que, al tratarse de productos de uso profesional, tienen una gran precisión dado que su objetivo es medir la potencia generada lo más fielmente posible. El cambio automático, por el contrario, no requiere precisión, sino que su objetivo es conocer la variación en la potencia generada para adaptarse a ella, y por lo tanto podría utilizar un producto más sencillo y económico, que desgraciadamente no existe. Dichos sensores, además, incorporan generalmente la posibilidad de monitorizar la cadencia del pedaleo, de manera que el sistema también podría tomar dicha entrada de datos y ajustar las marchas si detecta que el pedaleo se hace más lento o más rápido.

#### Otros controles y sensores

La inclusión de otros posibles sensores y accesorios influiría de similar manera. En el caso, por ejemplo, de permitirse la conexión de un teléfono móvil con GPS, ésto permitiría al cambio conocer la ruta que sigue el usuario y, en función de su velocidad, conocer cuando va a acercarse a un cambio en el terreno (subidas, bajadas, o incluso curvas) y modificar la relación de cambio cuando se llegue a dicho cambio antes incluso de que éste se traduzca en una modificación en la cadencia de pedaleo del usuario o de la velocidad de la rueda trasera. También podemos pensar en un pulsómetro que si detecta que el ejercicio realizado supera determinados parámetros avise al usuario y, al mismo tiempo, modifique la relación de cambio por una que haga el ejercicio más suave. Como dichos sensores no se incluyen inicialmente, no se tendrán en cuenta las posibles modificaciones que supondrían en el funcionamiento del cambio.

A parte de dichos sensores también existe la posibilidad de convertir el cambio en un sistema semiautomático, con controles en el manillar que permitan seleccionar una cadencia de pedaleo seleccionada por el usuario manualmente en lugar de confiar en los sensores. La razón de que no se haga es, principalmente, porque no resulta demasiado beneficioso, menos aun si se tiene en cuenta que el objetivo que se persigue en el desarrollo del cambio es precisamente el hacer innecesario el uso de controles, y que la relación de cambio se adapte adecuadamente a las necesidades del usuario sin que este deba dar órdenes de manera directa.

### Esquema del funcionamiento del cambio

#### Funcionamiento Normal

A continuación se muestra un esquema del modo en que reacciona el cambio en función de la información que recibe de los diversos sensores y controles disponibles. Determinados valores, como por ejemplo la magnitud de la variación en la cadencia del pedaleo a partir de la cual se ajusta la relación de cambio, podrían modificarse tras una fase de pruebas con el modelo final, dado que es de esperar que según la situación o la cadencia de pedaleo las expectativas respecto a la respuesta más o menos inmediata del cambio varíen.

El mecanismo para controlar la relación de cambio se basa principalmente en la potencia ejercida y la velocidad a la que se desplaza la bicicleta. El sistema comprueba los dos sensores, que pueden devolver cuatro respuestas diferentes:

#### Potencia ejercida en los pedales:

Negativo, no se ejerce ninguna fuerza en los pedales.

Incremento, la fuerza ejercida aumenta.

Disminución, la fuerza ejercida disminuye.

Igual, la fuerza ejercida se mantiene estable.

#### Velocidad de la bicicleta:

Negativo, la bicicleta no se mueve.

Incremento, aumenta la velocidad.

Disminución, disminuye la velocidad.

Igual, la velocidad no varía pero existe movimiento.

Para evitar que el sistema sea demasiado reactivo, los valores necesarios para que se modifique la relación de cambio se establecen en un 5% de aumento o disminución respecto al último cambio, es decir, que el sistema espera a que se acumule dicho incremento para ajustar la relación de cambio.

En el modelo básico no existen más controles a parte de ambos sensores, ni tan siquiera para encender el sistema. El objetivo es que el usuario no deba controlar nada, y sea la bicicleta la que se ajuste siempre a sus deseos, de manera que el uso sea lo más intuitivo posible, dejando los controles manuales o semi-automáticos a versiones más avanzadas enfocadas a un usuario más exigente.

El principal problema a la hora de definir el accionamiento del cambio es que no se pueden considerar las dos entradas por separado, ya que habrá ocasiones en que ambas elecciones serán contradictorias, o se podría producir un efecto acumulativo indeseable. Un ejemplo de contradicción, por ejemplo, sería al negociar una bajada importante. El sensor de velocidad daría la orden de aumentar la relación de marchas, mientras que el sensor de potencia indicaría que se debe mantener la relación de cambio al no pedalear. O incluso disminuir la relación de marchas ya que repentinamente el usuario patea con mucha menos fuerza ya que se deja llevar. Si en esa situación el usuario decide pedalear fuerte, el incremento en la relación de cambio se acumularía, y aunque no sería un caso pernicioso, no resultaría especialmente deseable. Por ello a la hora de definir el comportamiento se recurrirá a órdenes tabuladas, en las cuales se considerarán las entradas de datos y la salida que éstas deben producir.



## ANEXO DISEÑO CAMBIO DE MARCHAS

Entradas	Interpretación	Efecto
Velocidad aumenta Potencia aumenta	El usuario aumenta la fuerza ejercida, y la velocidad	Se incrementa la relación de cambio si alguno de los dos valores aumenta más de un 5%
Velocidad aumenta Potencia se mantiene	El usuario mantiene el ritmo, y la bicicleta sigue acelerando	Se incrementa la relación de cambio proporcionalmente a la velocidad
Velocidad aumenta Potencia disminuye o se anula	El usuario afronta un descenso	Mantener la relación de cambio a no ser que se produzca variación en la potencia o disminuya la velocidad
Velocidad disminuye Potencia disminuye o se anula	El usuario está deteniendo la marcha	Mantener la relación de cambio mientras no se produzcan cambios en la potencia ejercida
Velocidad disminuye Potencia se mantiene o aumenta	El usuario afronta una subida, o ha pasado a moverse por un terreno menos propicio	Disminuir la relación de cambio proporcionalmente al descenso de velocidad
Velocidad se mantiene Potencia se mantiene	El usuario sigue un ritmo constante	Mantener la relación de cambio en espera de variaciones
Velocidad nula Potencia nula	El usuario no está en la bicicleta	Mantener la relación de cambio. Si no se producen incrementos de velocidad o potencia en un plazo de diez minutos, apagar el sistema
Velocidad se mantiene Potencia aumenta	El usuario afronta el comienzo de una pendiente	Mantener la relación de cambio mientras no se modifique la velocidad o disminuya la potencia
Velocidad se mantiene Potencia disminuye	El usuario afronta el inicio de un descenso o llanea sin pedalear	Mantener la relación mientras no se modifique la velocidad
Velocidad muy baja Potencia nula	El usuario mueve la bicicleta sin subirse a ella	Mantener la relación de cambio hasta que haya un incremento de potencia

Tabla 7. Cuadro de acción en función de los datos recibidos por el sistema

### Cadencia del Pedaleo

La cadencia del pedaleo, en principio, no se tendría en consideración junto con las otras dos entradas de datos. Una primera razón para ello es la complicación a la hora de determinar su validez, ya que serían necesarias pruebas con prototipos para comprobar que los usuarios se sienten cómodos con el sistema.

En principio el sistema, sin tener en cuenta la cadencia del pedaleo, intentaría mantener una cierta progresividad en la cadencia, de manera que es mayor en desarrollos cortos y más lenta en desarrollos largos. La razón es bastante sencilla, generalmente en desarrollos cortos, en los que cada pedalada corresponde a pocos giros de rueda, el usuario se encontrará afrontando subidas o situaciones en las que le cueste pedalear. En esos casos, un desarrollo corto con una cadencia alta suele ser la opción más recomendable, ya que se podrá continuar pedaleando y subiendo. En cambio, cuando el usuario consigue alcanzar desarrollos largos, la situación suele ser menos dura, o al menos más controlable, ya que el usuario se encontrará llaneando a alta velocidad o en una bajada.

Si la cadencia es demasiado baja en el primer caso, seguramente significará que el usuario no podrá afrontar la subida y se bajará de la bicicleta maldiciendo el cambio de la misma, si la cadencia es demasiado baja en el segundo caso, el usuario simplemente irá más despacio en la bicicleta de lo que podría conseguir en otro caso.

Además, por defecto, el sistema buscaría cadencias rápidas. Generalmente, se suele recomendar mantener cadencias rápidas ya que resulta en un pedaleo más efectivo y cómodo, aunque al final todo depende de los gustos del usuario y a cada cual le resultará cómoda una forma de pedalear diferente.

Así pues, para integrar el dato de la cadencia se tomaría una aproximación diferente a la realizada con la potencia y la velocidad de la bicicleta, y en lugar de tener en cuenta el incremento o la disminución en la misma sobre un valor previo, se toman en cuenta valores temporales.

En principio el tiempo necesario para que se adopte una determinada cadencia sería de tres segundos. Si el usuario pasa tres segundos pedaleando con un menor ritmo del que lo hacía previamente, pero con similar o superior fuerza, el sistema entiende que desea una cadencia de pedaleo más lenta y alargará el desarrollo del cambio. Al contrario, sin embargo, el sistema no realiza ninguna acción porque el usuario no va a poder aumentar su cadencia en las situaciones en las que sea lo que desea.

En esos casos, como el sistema está diseñado para que en desarrollos cortos la cadencia sea mayor, si el usuario no puede mantener una determinada cadencia lo que ocurrirá será que la velocidad o la potencia que imprimirá a los pedales bajarán, y entonces el cambio acortará el desarrollo. Como, por defecto, cuanto más corto es el desarrollo más alta es la cadencia, se producirá el efecto deseado, aumentar la cadencia.

En caso de que el usuario haya intentado una cadencia que exige desarrollos demasiado largos o, sencillamente, se haya malinterpretado sus intenciones, el sistema regresa a la cadencia original al detectar que la fuerza y la velocidad de la bicicleta descienden después de haber modificado la cadencia.

Un caso muy claro del cambio de cadencia del que se habla es el de un ciclista que se pone de pie, especialmente durante una subida. Al hacerlo, generalmente, lo que se desea es pedalear más despacio pero en desarrollos más largos. Además, por la propia postura y el balanceo que se hace de la bicicleta, el pedaleo suele ser irregular y más lento. La pedalada en sí se realiza rápido y con fuerza, y los golpes de pedal se alternan con paradas algo más pronunciadas, que es exactamente el gesto que se pide al usuario para imprimir una cadencia más lenta.

Entrada	Interpretación	Efecto
Cadencia disminuye	El usuario desea una cadencia menor	Se incrementa la relación de cambio
Potencia se mantiene o aumenta		
Cadencia disminuye	El usuario no puede mantener el ritmo	Se disminuye la relación de cambio hasta que varíe una de las dos tendencias
Potencia disminuye		
Cadencia se mantiene	El usuario está cómodo con la cadencia	Se incrementa la relación de cambio proporcionalmente al aumento de potencia
Potencia se mantiene o aumenta		
Cadencia se mantiene	El usuario desea ir más despacio	Se disminuye la relación de cambio proporcionalmente a la variación de la potencia
Potencia disminuye		
Cadencia aumenta	El cambio ha impuesto una cadencia más rápida al usuario	No realizar cambios hasta que no se de una de las situaciones anteriores
La potencia no se tiene en cuenta en este supuesto		

Tabla 8. Cuadro de acción en función de los datos relativos a la cadencia

Como se ha mencionado al principio, ésta programación sería necesario revisarla mediante pruebas con prototipos, especialmente debido al factor tiempo impuesto. Tres segundos parece un periodo razonable para eliminar la posibilidad de que se impongan cadencias más lentas por error a menudo, y al mismo tiempo no dar la sensación de un cambio que responde muy lentamente. Sin embargo, una vez puesto en práctica dicho tiempo podría no ser el adecuado y siempre sería recomendable comprobar su idoneidad.

Incluso en el mejor de los casos, eso sí, no se trataría de un cambio adecuado para un uso competitivo, aunque desde un principio se ha recalcado que no es el uso al que se enfoca el cambio. Precisamente, un usuario avanzado o competitivo lo que no va a desear es un cambio automático que decida las marchas por él.

### Otros Sensores

Como se ha mencionado, el sistema debe estar preparado para admitir entradas por parte de otros sensores diferentes. La naturaleza de las modificaciones que dichos sensores puedan ejercer en el cambio serán muy diferentes. Un GPS por ejemplo podría preparar la relación de cambio ante un ascenso, disminuyendo el desarrollo antes de que el impulso que lleva el usuario se pierda y empiece a disminuir la velocidad, o incluso podría hacerlo antes, en un tramo llano anterior, previendo que el usuario necesite un ejercicio algo más relajado antes del esfuerzo que supondrá la subida. Un pulsómetro

podría imponer también un ritmo relajado si se considera que el usuario está realizando un sobreesfuerzo, y un computador de a bordo que se hubiese programado con un ejercicio determinado podría modificar la relación de cambio haciendo que el usuario siga dicho programa. Por ejemplo, podría ir haciendo que las relaciones de cambio escogidas por la bicicleta se incrementasen progresivamente a lo largo de una semana en la que el usuario intenta mejorar su condición física, o podrían programarse sesiones en las que se tuviese que mantener una cadencia y un ritmo determinados durante una cierta distancia, seguidos de un corto periodo con una cadencia muy baja a modo de sprint.

Como se ve, dichos sensores pueden variar mucho el comportamiento, pero tienen en común que son accesorios que generalmente utilizan deportistas para su entrenamiento. Desde dicho punto de vista, lo ideal sería que esos sensores especiales fuesen programados, o al menos supervisada dicha programación, por expertos en medicina deportiva o ciclistas, dado que las consecuencias de un mal uso podrían llegar a ser graves.

### Situaciones Particulares

El cambio podrá tener que afrontar situaciones que no entrarán dentro de los parámetros de uso normal, y el sistema debe ser suficientemente inteligente como para poder identificarlos y actuar en consecuencia. A continuación se estudiarán dichas situaciones y la manera más oportuna de afrontarlas.

En primer lugar podemos encontrarnos con que la rueda patine. Si el deslizamiento se produce en marcha, la bicicleta interpretará que la bicicleta se encuentra en un descenso y mantendrá la relación de cambio existente antes del deslizamiento, lo cual es un comportamiento deseado. En cambio, si dicho deslizamiento se produce al arrancar, o mientras el usuario se encuentra aumentando el ritmo, la bicicleta interpretará que el ritmo aumenta y por tanto incrementará la relación de cambio, y dependiendo de la gravedad del deslizamiento cuando la bicicleta recupere motricidad podrá encontrarse en la relación de cambio más larga. Desde un punto de vista de la efectividad del sistema se trataría de un problema poco importante, dado que el sistema notaría enseguida que el usuario no puede mantener dicha relación de cambio y la ajustaría de manera casi inmediata a una relación adecuada, pero para el usuario no dejará de ser una situación fea que interpretará como un mal funcionamiento del cambio y disminuirá su confianza en él, lo cual no es deseable.

Para solucionar dicho problema sería recomendable establecer lo que se podría llamar un “modo de arranque”. Como sabemos, al arrancar la bicicleta el cambio se encuentra en la misma relación de cambio que cuando se dejó de pedalear en la bicicleta por última vez. El cambio espera que el usuario necesite dicha relación de cambio para ponerse en marcha. De la misma manera, como al principio es inevitable que tanto la fuerza como la velocidad aumenten, al ser las dos nulas anteriormente, el instinto del cambio será el de aumentar la relación de manera constante al menos durante los primeros metros. Si la bicicleta en su anterior uso quedó con una relación de cambio muy corta, por ejemplo si se dejó de utilizar en lo alto de una pendiente, puede ser un comportamiento deseable ya que la relación de partida no era adecuada, pero en la mayoría de las situaciones no lo será.

El modo de arranque tendría pues, como objetivo, limitar el alcance de los posibles fallos al arranque. En primer lugar, limitaría las relaciones de cambio extremas a la hora de arrancar, dado que no es en absoluto nada habitual arrancar directamente en una subida o bajada pronunciadas. La franja exacta sería recomendable determinarla mediante ensayos con usuarios, pero en principio parece adecuado limitar los desarrollos posibles entre un 20 y un 80%. Si el usuario para la vez anterior entre dichos valores, no se realiza modificación alguna, en caso contrario, el cambio al parar se ajusta automáticamente al valor aceptable para arrancar más cercano.

En segundo lugar, se establecería un periodo de gracia en el cual las variaciones se interpretan de manera un poco diferente. Así, si por ejemplo la fuerza ejercida es muy grande, si la variación de velocidad de la rueda es elevada lo considerará normal y actuará en consecuencia. En cambio, si fuerzas muy pequeñas, aunque se incrementen, desembocan en velocidades de giro muy elevadas, considerará que la rueda está deslizando o que el usuario ha arrancado en una pendiente, y mantendrá la relación de cambio en tanto que el usuario no incremente la fuerza ejercida hasta unos niveles razonables. De nuevo, dichos valores conviene que se determinen de manera más precisa mediante ensayos con usuarios.

Otra situación particular sería que el propio cambio patinase. Como sabemos, el cambio funciona mediante discos y platos que transmiten la potencia entre sí. El dimensionado de los elementos intenta asegurar que dicha transmisión de potencia se producirá sin un deslizamiento entre los elementos, pero en casos extremos, como que la rueda se bloquee y el usuario intente pedalear con demasiada fuerza, es posible que se supere el límite de fricción estática y los discos y platos empiecen a deslizar entre sí.

En dicha situación, lo ideal por supuesto sería que el usuario dejase de pedalear, pero al no existir espacio suficiente en el cambio como para introducir un sistema de embrague o algo similar, no se puede garantizar que el usuario vaya a hacerlo. Como recordaremos del apartado en que se trataba el dimensionado de los elementos, para obtener las fuerzas a las que se espera que se vea sometido el cambio siempre se estudiaron las posiciones extremas de los discos, bien en la marcha más larga o en la más corta. La razón para ello no es únicamente que sean los momentos en que se espera que el ciclista realice un mayor esfuerzo y, por tanto, pidalear con más fuerza, sino que se trata del punto en que la fuerza aplicada al cambio se maximiza.

La fuerza que ejerce el ciclista es en forma de pedaleo, que se transmite a la rueda en forma de un par aplicado en su eje. En el interior del cambio, ese par se transformará en una fuerza diferente sobre los elementos internos dependiendo de la posición de los discos. Si éstos se encuentran en una posición extrema, la distancia de aplicación es menor y por tanto la fuerza que corresponde al mismo par es mayor. Como esa fuerza es la que deben igualar o superar los muelles para mantener la fricción estática, en caso de deslizamiento lo ideal es disminuirla para sobrellevar el problema.

Por eso, en caso de que el usuario insista en mantener una fuerza elevada pese a que la rueda no se mueve, lo que el cambio hará será colocar los discos en su posición intermedia, esperando que la bicicleta recupere tracción. Si el deslizamiento persiste porque el bloqueo es muy importante, nada se puede hacer.



Si el deslizamiento se produce mientras la bicicleta está en movimiento, evento poco probable, el modo de actuación será parecido. Como se vio en el dimensionado, mientras se encuentra la bicicleta en movimiento y sin existir causas extrañas, incluso un ciclista profesional debería verse en problemas para conseguir hacer que el cambio deslice.

Tanto si se produce en una subida como a muy alta velocidad, la única solución posible será desagradable para el usuario, ya que se trataría de llevar los discos a una posición menos extrema. En subida, esto se traduciría en un endurecimiento de la relación de cambio, precisamente en un momento en el que se aplica mucha fuerza para obtener poca velocidad, mientras que si el ciclista va muy rápido el efecto es aun peor, al aflojarse el cambio repentinamente, pero son actuaciones necesarias para intentar mantener la integridad del cambio. Si dichos eventos se produjesen de manera habitual, o al menos en múltiples ocasiones, la recomendación sería modificar las dimensiones del plato o el piñón ya que resulta claro que los desarrollos no se adecuan al uso que se da a la bicicleta.

### Memoria del Sistema

Relacionado con los estudios con usuarios y las pruebas a realizar con los prototipos del cambio, resultaría especialmente interesante ver la idoneidad de realizar diferentes ajustes de software dependiendo del tipo de usuario.

En principio, conforme el usuario utiliza el cambio éste aprende de sus costumbres, por ejemplo tendiendo a utilizar desarrollos más cortos si el usuario prefiere cadencias rápidas, o aumentando el tiempo de espera para cambiar la relación de cambio si el usuario tiende a tener un pedaleo más irregular. Para ello sería necesaria una memoria en el circuito que gobierna el cambio.

En dicha memoria sería especialmente interesante almacenar los datos relativos a la cadencia que adopta el usuario. Si, de manera habitual, el cambio debe disminuir la cadencia porque el usuario prefiere un pedaleo lento, el cambio adoptaría preferentemente cadencias más lentas cada vez, hasta que el usuario no pidiese cambios de cadencia salvo en casos puntuales. Si es habitual que el cambio deba recurrir a relaciones cortas porque el usuario prefiere cadencias rápidas, el cambio se adaptaría a ello.

También debería acostumbrarse a los cambios de cadencia puntuales. Dado que dichos cambios se asocian con sprints o con que el usuario se levante a pedalear, el incremento en la relación de cambio que supongan debe adaptarse a cada usuario. Habrá usuarios que se levanten y empleen una cadencia sólo un poco menor, mientras que otros preferirán una cadencia muy diferente. Dado que dichos cambios serán además bastante particulares, el cambio podría aprender cómo se producen, y si el cambio es muy pronunciado podría reaccionar antes de que pasen los tres segundos que está programado a esperar, pero para ello debería establecerse una pauta muy clara, produciéndose en varias sesiones diferentes y que en ellas no se produjese posteriormente una rectificación inmediata a la situación anterior.

Si se prescinde de dicha adaptabilidad, bastaría con una memoria de sólo lectura, lo cual podría simplificar el sistema, pero presentaría el problema de que si el sistema no se adapta a los gustos del usuario, éste no puede hacer nada para solucionarlo excepto cambiar el cambio o al menos la centralita del mismo. Para paliar dicho problema, o al

menos hacerlo lo más llevadero posible, sería recomendable tener diversos mapeados en función del usuario, ya que a parte de las diferencias que puede haber entre individuos, que pueden ser insalvables porque habría que hacer un mapa para cada usuario, sí se podrían hacer mapas más genéricos, separando usuarios experimentados de los casuales, niños de adultos o incluso según el terreno preferente, entre uso rutero, de montaña o urbano. En dicho escenario, al vender el cambio se debería realizar un test al comprador, en el que se realizarían preguntas sobre el usuario al que va a ir dirigido, su experiencia previa, qué uso preferente se va a dar, etc. Como se puede intuir, se trataría de un proceso bastante desagradable y que además, si aquel que encarga el cambio no va a ser el usuario final, puede llevar a bastantes equívocos.

En cualquier caso, un cambio adaptable es muy preferible a la solución de compromiso mencionada, que debería usarse sólo en caso de que la opción adaptable sea inviable técnica o económicamente.

### Protocolo de Conexión

Antes de definir los componentes a utilizar en el sistema, se debe decidir cual será el protocolo mediante el que los mismos, en caso de que lo necesiten, se conectarán entre sí. Actualmente existen, principalmente, tres alternativas que permitan el uso de los sensores de potencia que se pretende utilizar, y por tanto la elección del protocolo se verá condicionada por dicha disponibilidad. Los protocolos son W.I.N.D. de la marca Polar y utilizado casi exclusivamente en sus productos, ANT+, impulsado especialmente por Garmin, y Bluetooth, que es un protocolo estándar muy utilizado en telefonía móvil.

Antes de proceder a decidir qué protocolo utilizar, se deben tener en consideración varias cosas y por tanto se hará una descripción breve de la situación actual al respecto.

En primer lugar tenemos el protocolo W.I.N.D. de Polar. De las tres posibilidades es el que parte, a priori, con una mayor desventaja al ser impulsado por una única compañía, pese a que la misma es bastante poderosa en el mercado de los sensores deportivos. Esto hace que su compatibilidad con otros dispositivos sea más limitada, y las posibilidades de conseguir licencias para utilizarlo son escasas.

En segundo lugar encontramos ANT+. Se trata de un protocolo más o menos abierto, no exactamente un estándar pero sí adoptado por muchas empresas, que incluyen fabricantes de productos deportivos, de bicicletas, de telefonía móvil, etc. Esto hace que encontrar variedad de productos compatibles sea relativamente fácil. También presenta un buen alcance, y para productos no compatibles existen adaptadores USB o utilizando los puertos propietarios de Apple que permiten compatibilidad con este protocolo.

En último lugar se encuentra Bluetooth. Tiene la ventaja de ser un estándar y estar presente prácticamente en la totalidad de teléfonos móviles y también en los ordenadores, además de los cada vez más presentes en el mercado dispositivos “wearables”, desde pulseras de actividad a relojes inteligentes. Sin embargo, tiene el gran problema de que actualmente no existe un lenguaje que haga compatibles todos esos productos entre sí. Es muy habitual que un producto utilizando dicho protocolo sea compatible únicamente con la aplicación que desarrolla para móviles su fabricante, o en el mejor de los casos que sea compatible con algunas aplicaciones de terceros. Por otro lado recientemente tanto Google como Apple, los mayores participantes del mercado de la telefonía móvil, han empezado a impulsar sus propias plataformas para centralizar la información que dan dichos dispositivos “wearables” tanto en el campo de la salud como en el del deporte. Es de esperar que dichas plataformas acaben siendo el camino a seguir, especialmente si se permite la compatibilidad de un mismo dispositivo con ambas, pero a día de hoy no son más que una declaración de intenciones.

Como se ve, dado que tanto W.I.N.D. como Bluetooth tienen a día de hoy limitaciones muy importantes, la única alternativa razonable es utilizar el protocolo ANT+. De cara al futuro, eso sí, la opción de utilizar bluetooth parece la más interesante, y al menos en los componentes más caros o menos susceptibles de ser actualizados sería interesante que permitiesen conexión tanto por bluetooth como por ANT+.



### Accionamiento Eléctrico

El accionamiento eléctrico del cambio se considera a parte de los componentes propios del cambio por la simple razón de que se considera la opción de poder vender el cambio sin automatismos, y se podría tener un cambio CVT manual en caso de que se considerase que puede tener un mercado potencial interesante. Dicho accionamiento es muy sencillo. Consta del motor, que acciona una polea a la cual se unen dos cables. Dichos cables, en su otro extremo, se unen a la polea que acciona la leva del cambio. El motor, por tanto, se puede ubicar separado del cambio, lo cual ofrece varias ventajas.

Además de permitir conseguir un cambio manual de manera bastante sencilla, su ubicación externa permite adaptar el cambio a diversas situaciones, pudiéndose integrar en el diseño de la bicicleta. En caso de ubicarse junto con el cambio, el tamaño del motor y el montaje de su carcasa harían la labor complicada. Dado que además del motor se debe alojar también la centralita eléctrica y la batería, y que ubicar todos esos componentes en el buje trasero sería imposible, ubicar el motor junto al cambio obligaría a tener dos compartimentos alojando componentes eléctricos de manera innecesaria.

A la hora de diseñar dicho accionamiento se debe tener en cuenta que la polea que mueve las levas debe dar, como máximo, un tercio de vuelta, y el motor debe desplazar los cables apropiadamente.

### Esquema Eléctrico

En el apartado eléctrico y electrónico existen cuatro componentes principales que veremos a continuación.

En primer lugar está la dinamo. Se ubica en el eje de la rueda delantera y se encarga de generar la energía que asegura que el accionamiento del cambio tenga siempre carga eléctrica. Uno de los problemas que afronta el sistema es el hecho de que, mientras que las dinamos disponibles para bicicleta suelen estar ideadas para su uso con sistemas de iluminación y trabajan con voltajes nominales de 6V y corriente continua, cuando se da el paso a convertir la bicicleta en eléctrica se pasa a usar voltajes de 12V o superiores.

Para el accionamiento del cambio, sencillamente no existen motores de corriente continua que cumplan los requisitos de precisión en su accionamiento y potencia necesarios. Por ello el segundo componente es un motor por pasos de 12V, que proporciona una mayor potencia para desplazar los componentes internos del cambio.

Como el motor funcionará a 12V, también se recurre a una batería de 12V para que sea más sencillo alimentarlo cuando se recurra a ella.

El cuarto componente será la unidad de control. Lo ideal sería el uso de una adaptada específicamente al uso que se le va a dar, pero al quedar eso fuera de las posibilidades actuales se recurrirá al uso de ciertos componentes comerciales que podrían hacer el trabajo.

Uno de dichos componentes, como puede haberse intuido al hablar de la dinamo, es el uso de un convertidor de tipo Boost. Con él se puede convertir la corriente generada por la dinamo, de 6V, a los 12V que necesitan componentes como el motor o la batería.

El siguiente elemento debe ser un controlador de carga. Su función es la de proveer una carga constante a la unidad de control y al motor. La energía eléctrica producida por la dinamo pasa por dicho controlador, y éste la utiliza para cargar la batería o alimentar directamente al resto de componentes, o toma energía de la batería si es necesario, para proporcionar los 12V que requiere el sistema siempre que sea necesario. Como el convertidor Boost permite el ajuste del voltaje de salida, dicho voltaje se situaría levemente por encima de los 12V, en torno a los 13 o 14V, ya que normalmente estos controladores requieren un voltaje de entrada algo mayor para poder cargar la batería adecuadamente.

Otro componente que forma parte de la unidad de control, y que de hecho es el cerebro de la misma, es el circuito eléctrico propiamente dicho. Como se descarta la posibilidad de utilizar un circuito integrado con un diseño específico para el cambio automático en principio, al menos las primeras unidades utilizarían una placa Arduino, en concreto una Arduino Micro, por su compacto tamaño. Tiene todo lo que necesita el sistema, funciona con alimentación de 12V, capacidad de proceso limitada aunque suficiente para la labor a realizar y una memoria que le permite almacenar los datos necesarios para hacerlo adaptable e incluso reprogramable, además de conexiones para el resto de elementos de la unidad de control.

El siguiente elemento es el que proporciona conectividad. Como se ha decidido que el sistema sea compatible con ANT+ y que es recomendable que esté preparado para conectarse mediante Bluetooth, se añade un módulo N5 ANT, que admite ambos tipos de conexiones y proporciona esa información a la unidad de control.

Por último, para poder controlar el motor eléctrico paso a paso, se utiliza un Controlador Easy Driver, que conectado a la placa Arduino y a la fuente de alimentación se encarga de que el motor realice las órdenes que le proporciona el sistema.

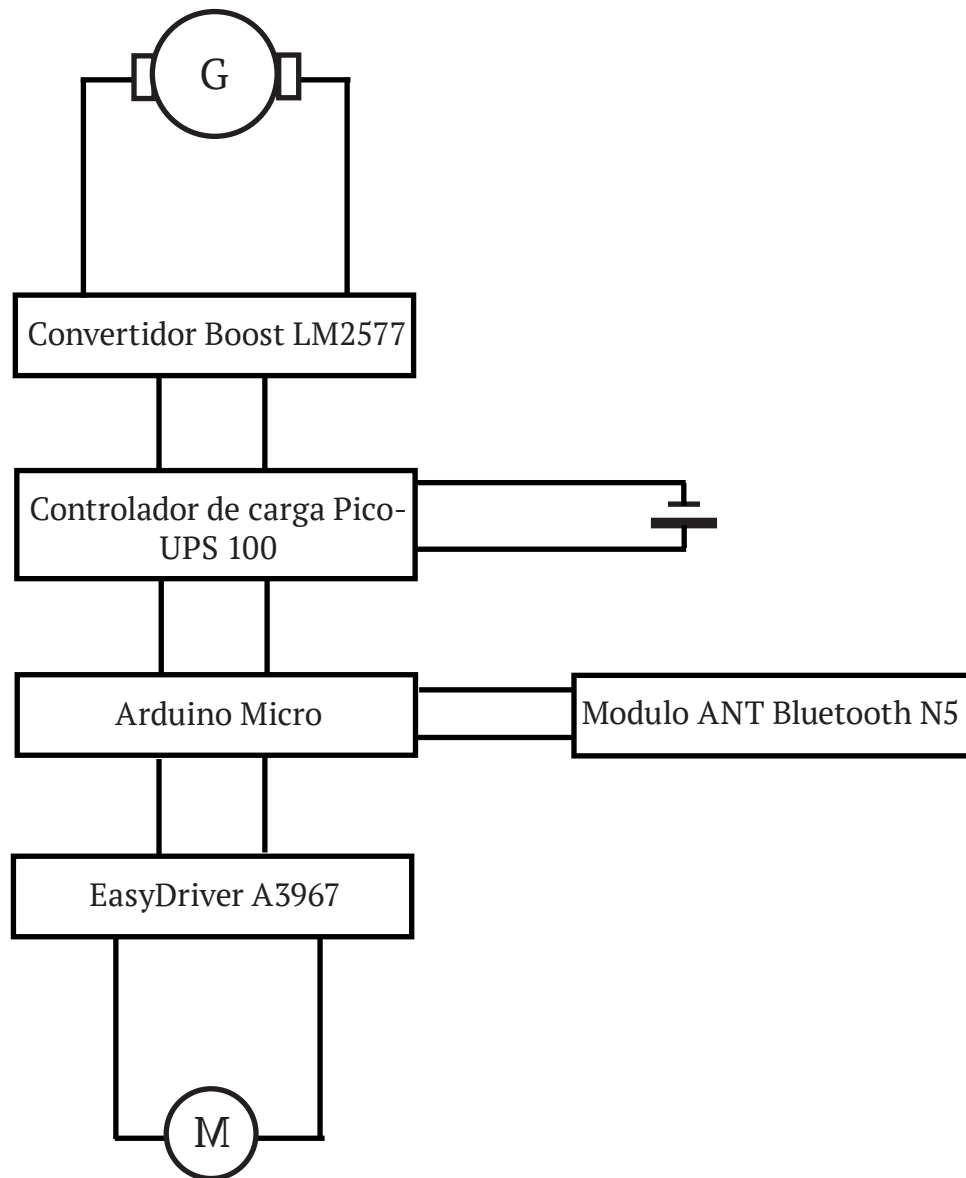


Figura 30. Esquema de la conexión de los diversos elementos encargados del control del cambio automático.

Respecto a su funcionamiento, la prioridad del sistema será que exista carga con la que alimentar el motor que ajusta la relación de cambio. Si en un momento dado el motor solicita energía para realizar un cambio y la batería está sin carga, la unidad de control desvía la carga eléctrica para que alimente al motor directamente, pero dicho caso es de esperar que sólo se dé por fallo de la batería. En condiciones normales, dicha carga será proporcionada por la batería, mientras que la función de la dinamo es la de recargar la batería cuando ésta pierda algo de carga a consecuencia del uso. Cuando la batería está completamente cargada, la energía que proporciona la dinamo al sistema no se utiliza.

Otro posible caso diferente sería el que existiesen otros accesorios conectados a la unidad de control, como podrían ser luces o un sistema de carga para el teléfono móvil. En esos casos la prioridad seguirá siendo el accionamiento del cambio. Así, si el sistema detecta que el consumo es muy alto, limitará la corriente eléctrica que se proporcione a los accesorios para garantizar que el cambio va a poder seguir funcionando, bien disminuyendo la energía que se proporciona a los accesorios o haciéndolo intermitentemente (por ejemplo, en el caso de la iluminación LED podría ser más interesante sustituir la iluminación continua por destellos, mientras que en el caso de un cargador USB podría ser interesante disminuir el amperaje proporcionado). Cuando la batería esté llena, la energía destinada a los accesorios será la que se obtenga de la dinamo.

### Componentes

Además del cambio propiamente dicho, como ya se ha mencionado, el sistema completo de cambio requiere de una serie de accesorios suplementarios. Por un lado se encuentran los componentes del sistema eléctrico, que se han mencionado en el apartado anterior. Además de éstos, y del mecanismo del cambio propiamente dicho, son necesarios varios sensores y elementos, que se recogerán a continuación.

El primer elemento a tratar es el sensor de potencia. Es un tipo de producto que recientemente ha vivido un gran impulso y, sobretodo, una importante bajada de precios. Además del precio, hay otros factores que se deben tener en cuenta al elegir un sensor de potencia.

En primer lugar hay que tener claro dónde se pueden instalar. Gran parte de los sensores existentes se instalan en la rueda trasera o en su buje, lo que hace que sean descartados desde el principio. Los que resultan interesantes son aquellos que se instalan en los pedales, en las bielas o en los platos. Resulta menos interesante instalar el sensor en el pedal, ya que generalmente se suele tratar de pedales para ciclismo, que hacen necesario calzado adaptado, lo que limitaría bastante las posibilidades de uso del cambio, aunque se podría llegar a considerar si las ventajas fuesen muy claras.

Una vez se ha visto qué posibilidades son aceptables, se estudian los precios de las mismas, que acaban aclarando las cosas. Las primeras alternativas en descartarse son los pedales Look Polar Keopower y los sensores de potencia instalados en las bielas de la empresa SRM, ya que los precios de los modelos más baratos son de 1800 y 2000 € respectivamente. Más económicos resultan los modelos de SRAM Quarq (1200 €), Rotor (1000 €), y recientemente el modelo Garmin Vector S, que cuesta 900€. De los modelos disponibles actualmente en el mercado el modelo más interesante son los sensores de potencia de la empresa Stages Cycling, que parten de 700€ y en principio serían los escogidos por su disponibilidad.

En cambio, en el futuro cercano (se espera su salida al mercado a finales de 2014, principios de 2015) la alternativa más interesante será el modelo Precision de la empresa 4iii. Se trata de un sensor de potencia muy similar al que ofrece Stages Cycling, con la diferencia de que no viene instalado en la biela sino que se debe hacer a posteriori. Gracias a ello pueden ofrecer un precio de 400\$, que es prácticamente la mitad que la alternativa más barata disponible.

Por lo demás, y a expensas de que salgan realmente a la venta y se pueda evaluar si son adecuados, presentan todas las ventajas que se buscaban, con conexión tanto ANT+ como Bluetooth Smart, y una sensibilidad similar a la que prometen el resto de soluciones.

Estos sensores de potencia se utilizarían en principio para las unidades de pre-serie, para calibrar el sistema y poder conocer las necesidades de precisión que se tendrían para las unidades definitivas. Para unidades finales, los sensores disponibles en el mercado, aunque pueden realizar su labor, no resultan idóneos por diversas razones.

En primer lugar, su objetivo es diferente al que se busca de ellos. Se trata de elementos cuyo fin es conocer la potencia que ejerce el ciclista con la mayor precisión posible, ya que son un elemento de entrenamiento. Para la aplicación que se va a hacer de ellos el valor y la precisión no son tan importantes como conocer la variación de la fuerza, y se podría utilizar un sistema menos preciso sin problema.

La segunda razón es que no están adaptados para recargarse. Al ser un producto profesional o semi-profesional, destinado al entrenamiento de deportistas, no es un problema para el uso que van destinados, pero de la misma manera que en cuanto al sistema eléctrico se consideró recomendable instalar una dinamo que haga que el usuario no deba estar pendiente de cargar la batería, sería bueno que tampoco debiese estar pendiente del mantenimiento de los sensores de potencia, pero de momento no existen componentes en el mercado que cumplan dicha premisa. y todos tienen una autonomía de unas 200 horas.



Figura 31. Sensor de potencia Stages Cycling apto para platos Shimano Dura-Ace.



Figura 32. Sensor de potencia 4iiii Precision, que permite su instalación en cualquier biela.

Para medir la velocidad de la rueda se instalaría un sensor de velocidad modelo Wahoo Blue SC, que también es compatible con el protocolo ANT+ y Bluetooth. Dicho sensor también permite medir la cadencia del pedaleo, aunque realmente con el uso de las bielas dicha opción sería redundante. Utilizando sólo conexión ANT+ se pueden conseguir sensores más baratos, pero la posibilidad de tener compatibilidad futura con Bluetooth lo haría más interesante.



Figura 33. Sensor de velocidad para bicicletas Garmin GSC-10.

La energía eléctrica necesaria se obtendría mediante el uso de una dinamo ubicada en el buje delantero, de la marca Shimano. Se trata de una empresa que fabrica multitud de componentes para bicicletas, entre ellos varios modelos de dinamos. La dinamo seleccionada es el modelo DH-3D72, que proporciona una potencia de 3W y un voltaje de 6V. Lo ideal sería el uso de una dinamo de 12 V, pero dichos modelos no existen adaptados a bicicletas. La razón es que el reglamento estipula que el alumbrado de las bicicletas debe funcionar a 6V y 3W, y las dinamos están pensadas para ese uso, y no para labores como la carga de baterías, ya que generalmente las bicicletas eléctricas si se cargan con el pedaleo hacen uso de motores generadores.



Figura 34. Dinamo Shimano DH-3D72



Dicha dinamo alimentaría a las baterías, y la unidad de control se encargaría de accionar el motor eléctrico y el resto de sistemas que pudiera haber presentes.

Dichas baterías serían de 12V, que es el voltaje al que funciona el motor que acciona el mecanismo del cambio. Es un voltaje bastante habitual, de hecho las bicicletas eléctricas y sus baterías suelen funcionar bajo múltiplos de dicho voltaje, uniendo en el circuito varias baterías de 12V para sumar 24 o 36V, que son los voltajes más habituales en que funcionan los motores. Evidentemente, dichas baterías no serían óptimas para un montaje que únicamente utilice el automatismo del cambio y no una asistencia eléctrica, ya que la carga que tienen es muy superior a la necesaria, y por tanto su peso también. Es habitual que el elemento que forma dichas baterías funcione a 12 V y tenga una carga de unos 10 Amperios hora, que para un sistema que tiene la posibilidad de cargarse en cualquier momento y que además no funciona continuamente es a todas luces excesiva. Las baterías, en el montaje recomendado, funcionan como un sistema de reserva que asegure que todo funciona adecuadamente, especialmente en el momento de ponerse en marcha o en momentos de máxima solicitud.

Afortunadamente, 12V es un voltaje habitual para una gran cantidad de productos, desde herramientas de mano a vehículos radio control. El objetivo es encontrar una batería compacta que ofrezca una carga de entre 1000 y 2000 mAh, que supondría que en el peor de los casos, con el motor trabajando de manera continua a pleno rendimiento la autonomía sería de al menos una hora, mucho más con el motor funcionando a medias cargas de manera puntual, que es su funcionamiento habitual.

Como los sensores utilizados son inalámbricos la energía eléctrica generada por la dinamo se utilizaría únicamente para el mecanismo de cambio, aunque dado que es de esperar que se genere más energía de la necesaria se podrían conectar también luces delanteras o traseras, y por tanto el equipo incluiría en su unidad de control conexiones a tal efecto. Para ello, podría parecer necesario el uso de iluminación de 12 V.

Existen en el mercado equipos que trabajan a dicho voltaje, en parte debido al auge de bicicletas eléctricas que en ocasiones tienen salidas a dicho voltaje, y también porque según el uso que se vaya a dar, una iluminación de 6V puede resultar escasa.

En un uso urbano, que es el entorno más habitual para utilizar una iluminación de bicicleta, generalmente la función más importante que realiza la luz es la de ser visto, en lugar de ver. También iluminan el terreno, por supuesto, pero al ser habitual su uso en zonas al menos un poco iluminadas, no necesitan iluminar un gran entorno. En cambio, en usos más específicos se hace necesario el uso de luces que iluminen potentemente. No es ni mucho menos algo muy extendido, pero si se va a realizar ciclismo de montaña de noche la importante función que realizarán las luces es la de iluminar el terreno, y cuanto más distancia mejor, y ahí se encuentran lámparas LED de gran potencia que funcionan a 12V.

El problema de dichos sistemas de iluminación es que la autonomía se reduciría notablemente. El consumo de dichas luces ronda los 6W. Como ya se ha visto, la dinamo genera como máximo 3W, con lo que no puede dar toda la potencia que requieren las luces, que drenarían la batería.



Por ello, es mucho más interesante incluir una salida de 6V en la unidad de control. Requiere el uso de un conversor de corriente que complica aun más el sistema, pero tiene la ventaja de que la mayoría de accesorios para bicicleta que consumen energía eléctrica lo hacen con corriente de 6V, ya que es el voltaje estándar en bicicletas.

### Diseño Final: Dibujos de Presentación

Una vez definidas las dimensiones, los componentes internos, componentes estándar y el diseño general, se procedió al desarrollo final de las piezas mediante modelado 3D, obtención de planos y a la realización de imágenes de presentación del producto final, que se verán a continuación.

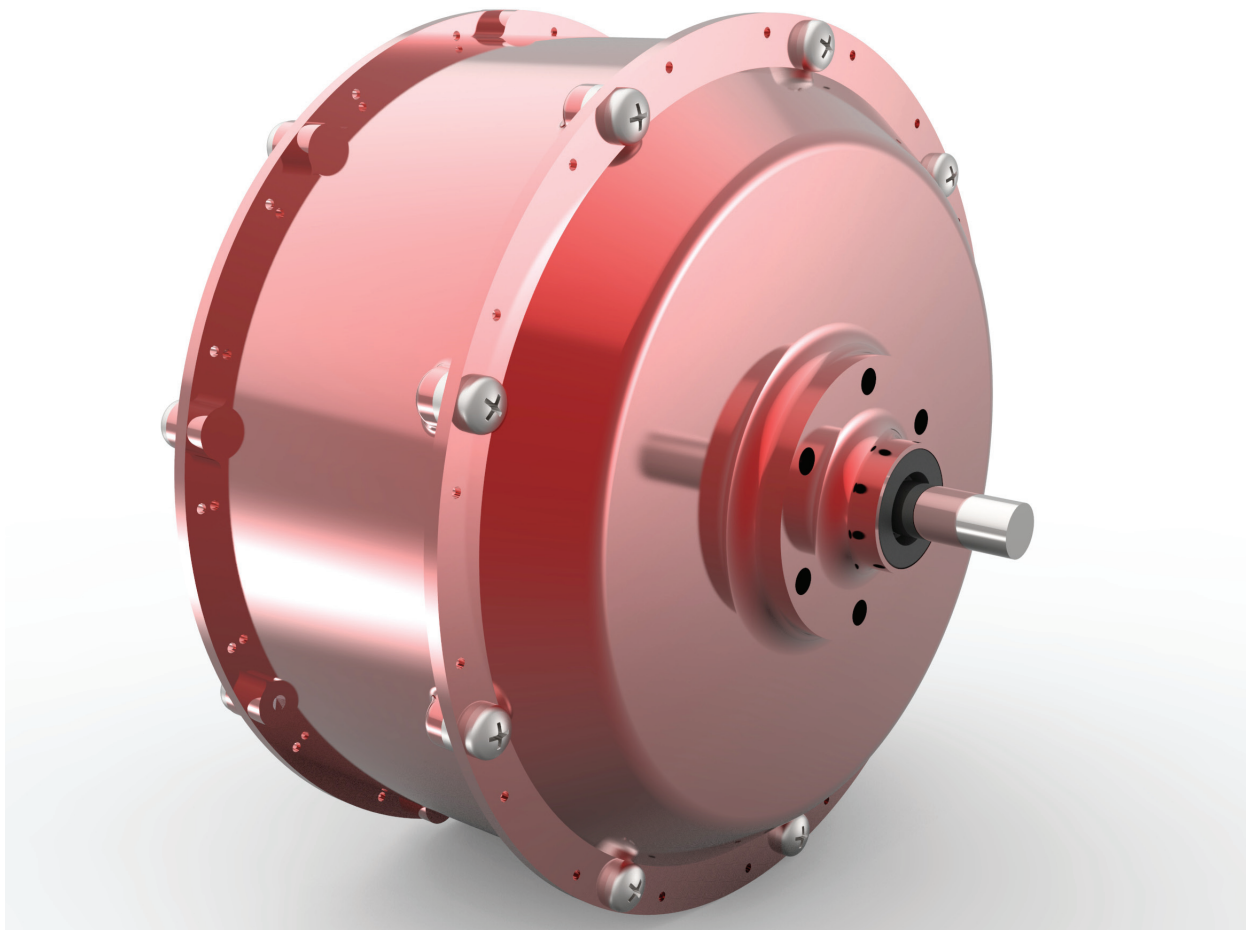


Figura 35. Aspecto externo del cambio, del lado del freno de disco.

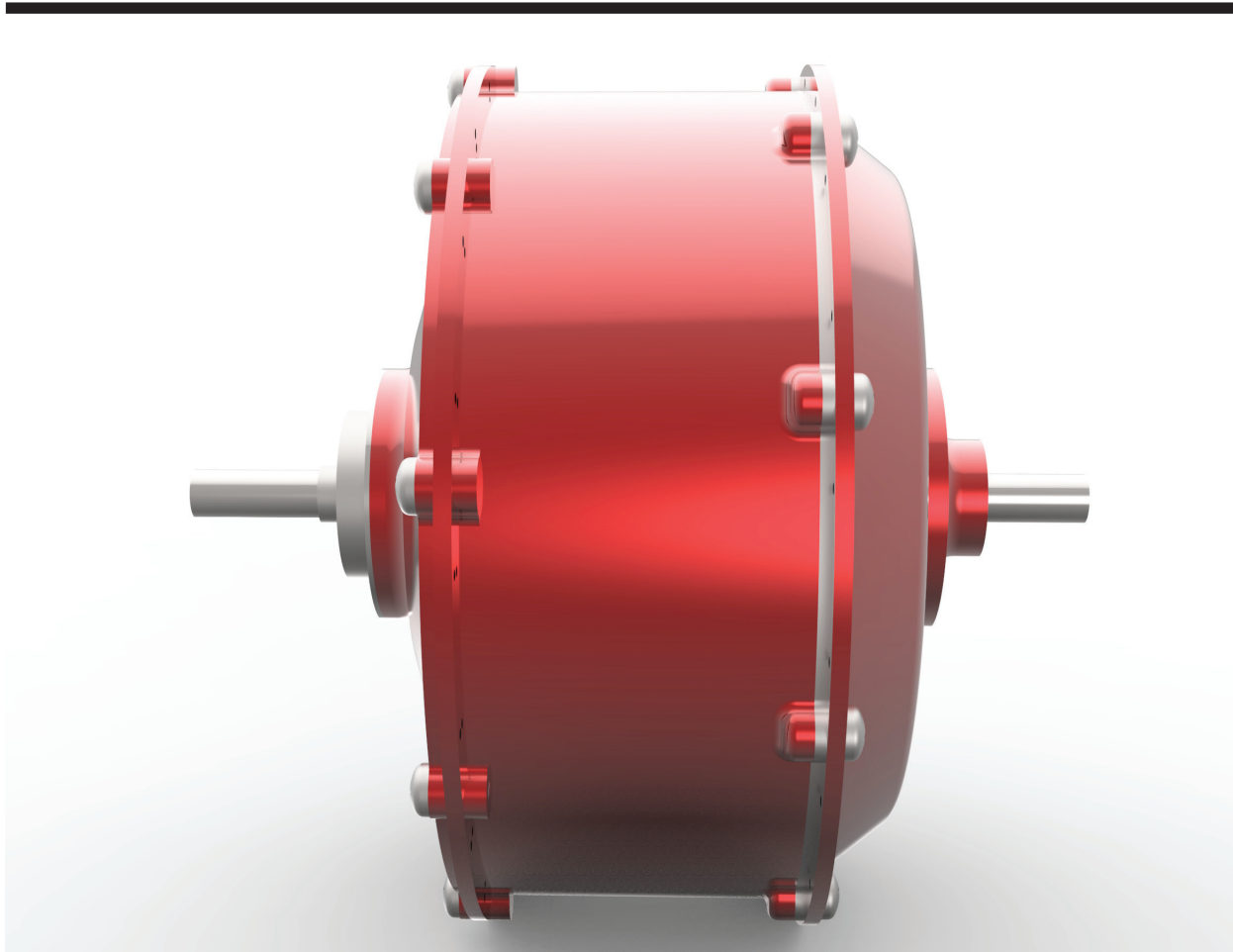


Figura 36. Vista frontal del cambio.

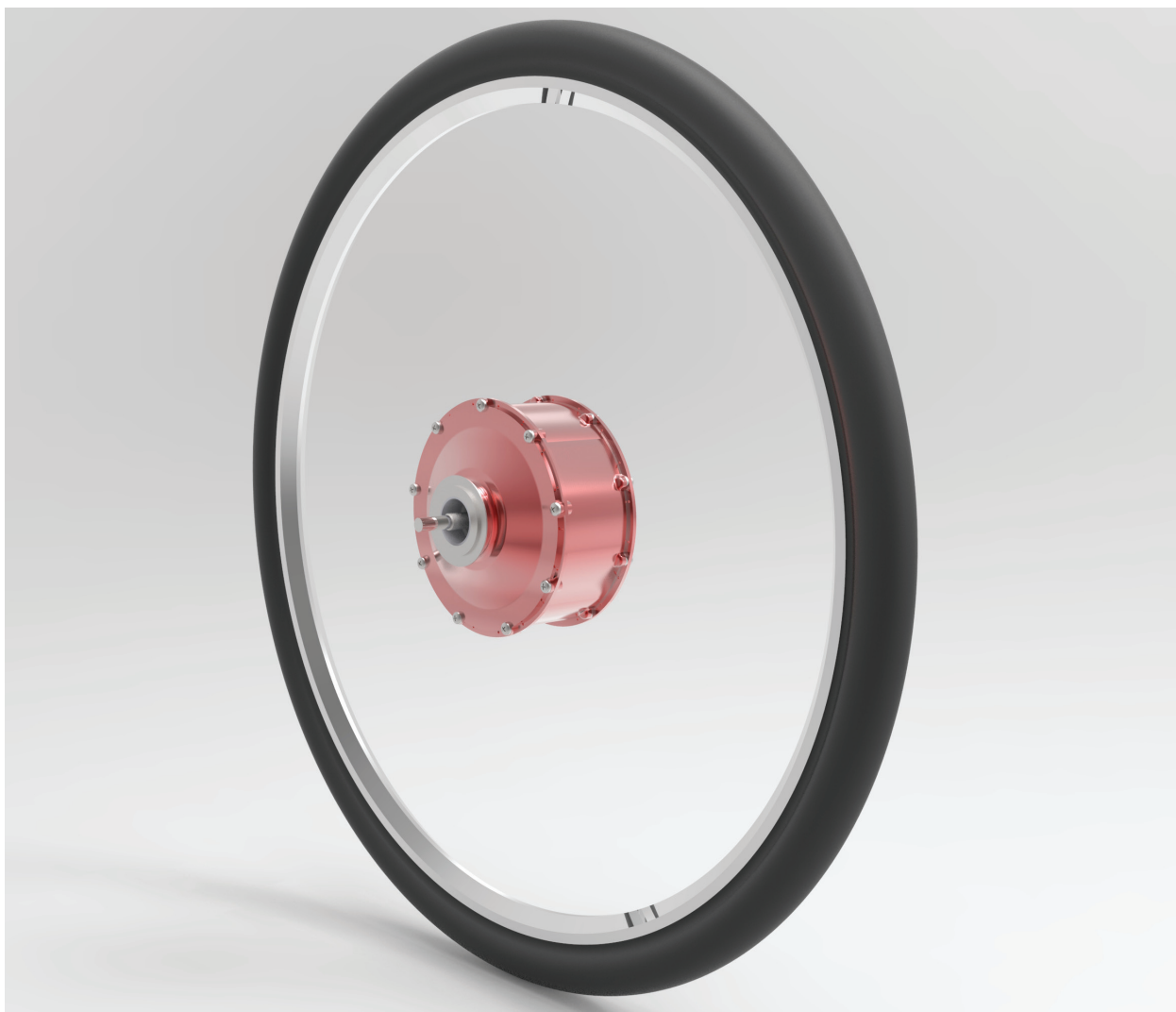


Figura 37. Cambio de marchas con una rueda 700c, para apreciar las dimensiones.

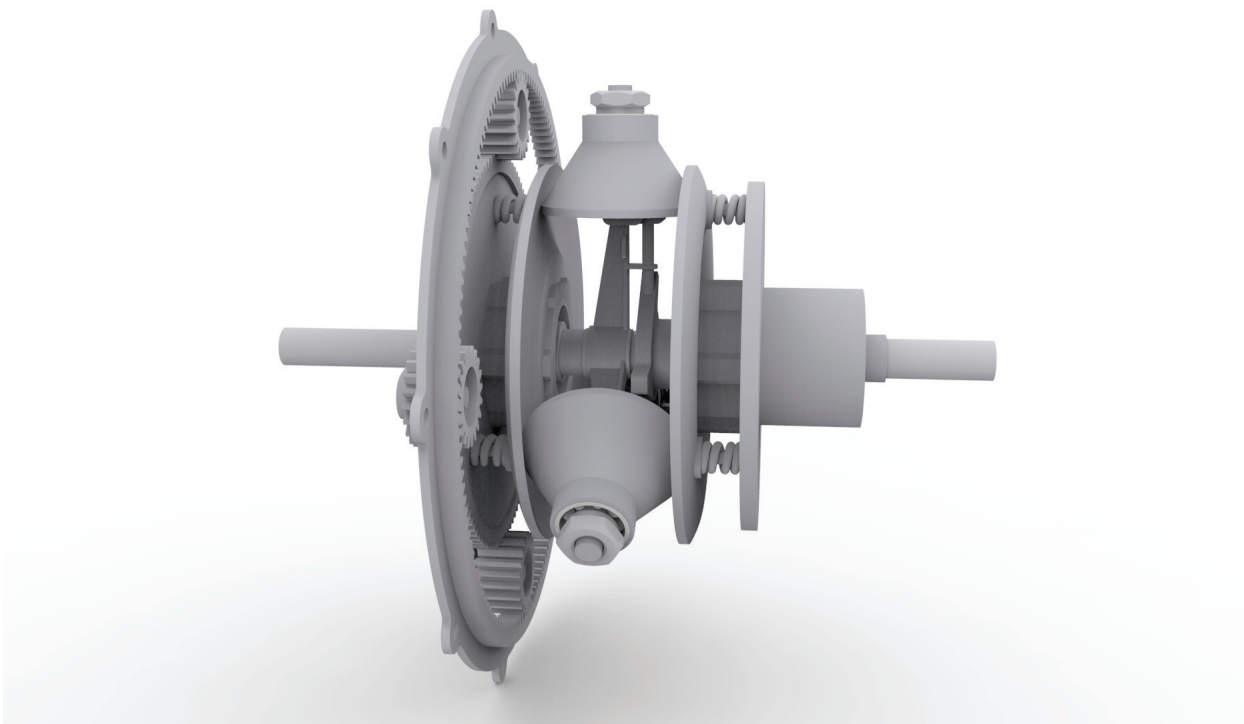


Figura 38. Vista de los componentes internos del cambio.

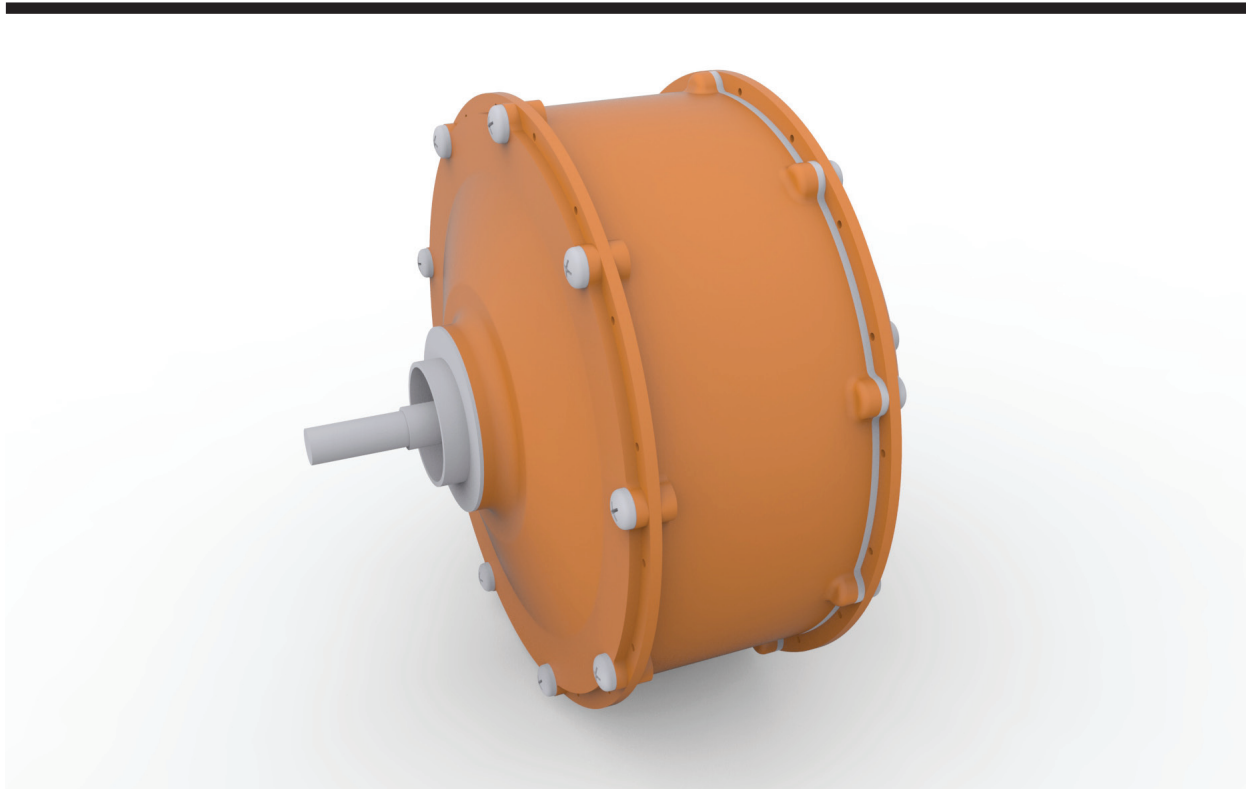


Figura 39. Vista del cambio, con los elementos de la carcasa destacados.

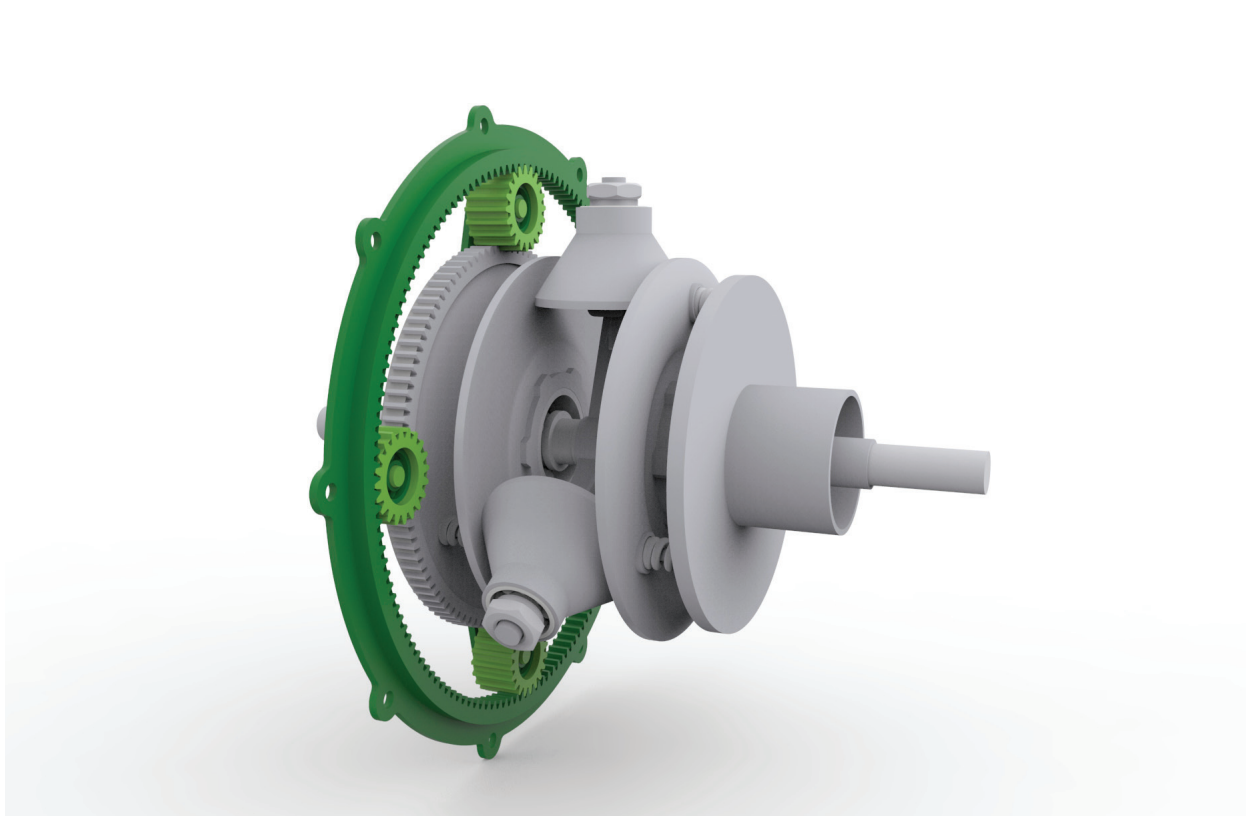


Figura 40. Vista del cambio mostrando los engranajes planetarios.

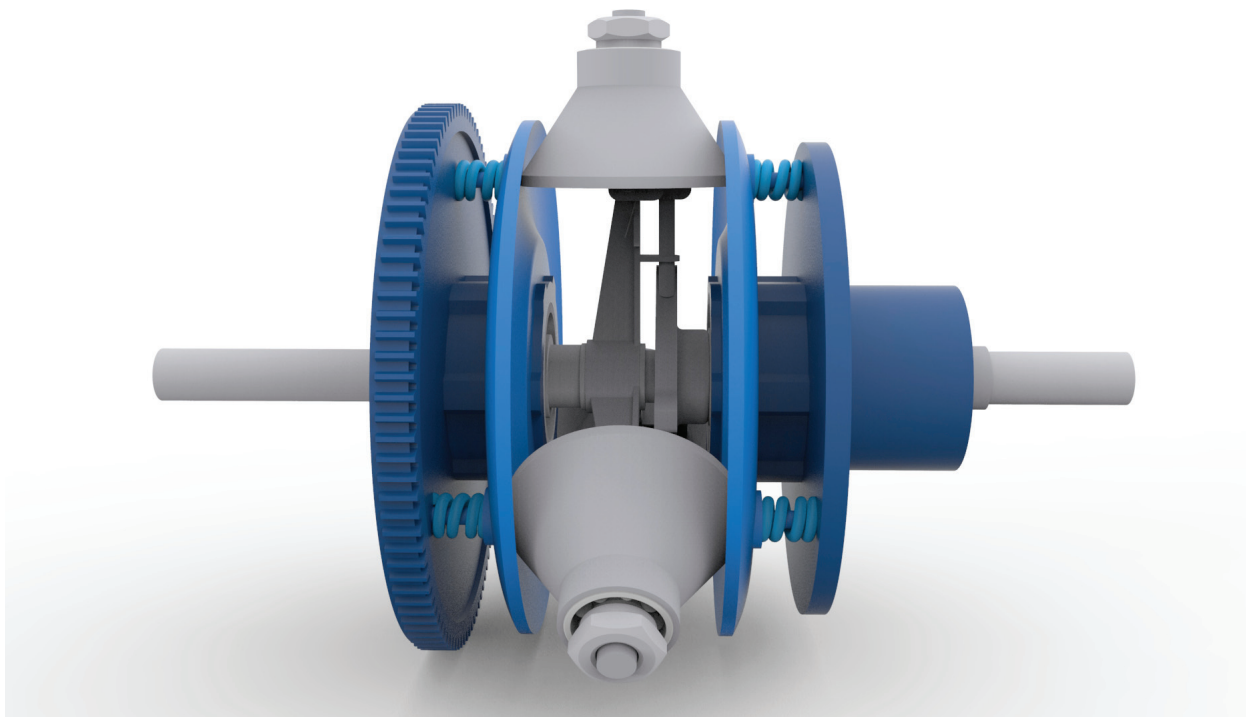


Figura 41. En azul se destacan los componentes relativos a los platos.



Figura 42. El cambio, destacando los componentes relativos a los discos.

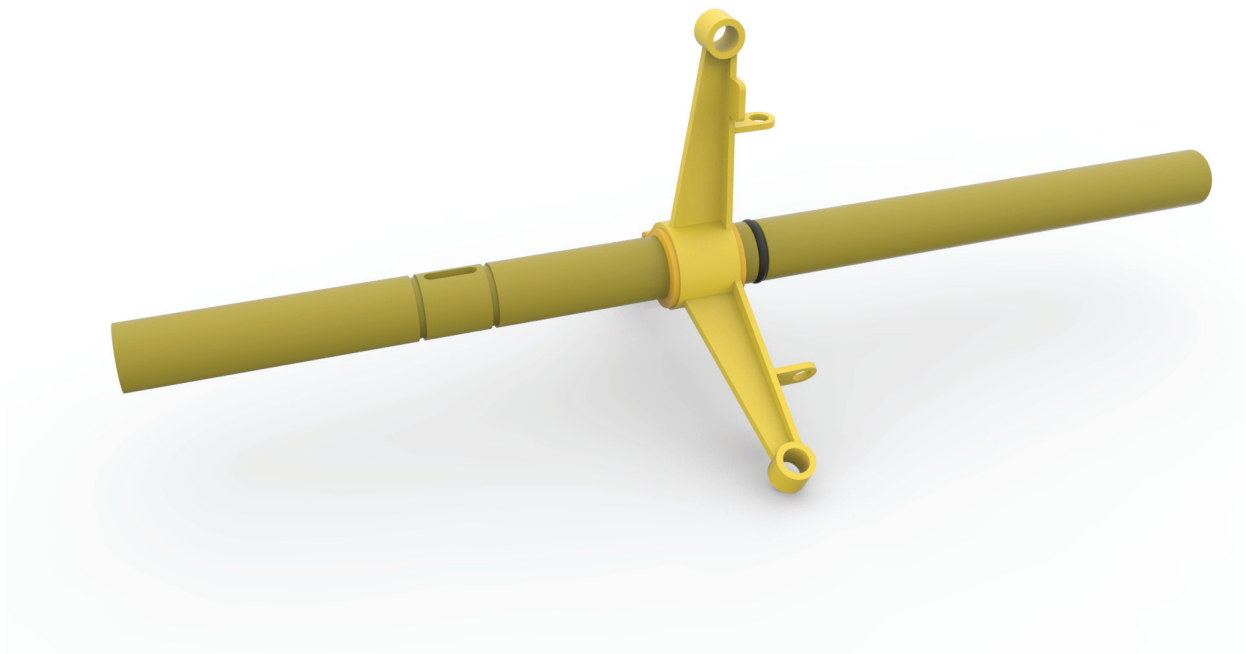


Figura 43. El eje del cambio.



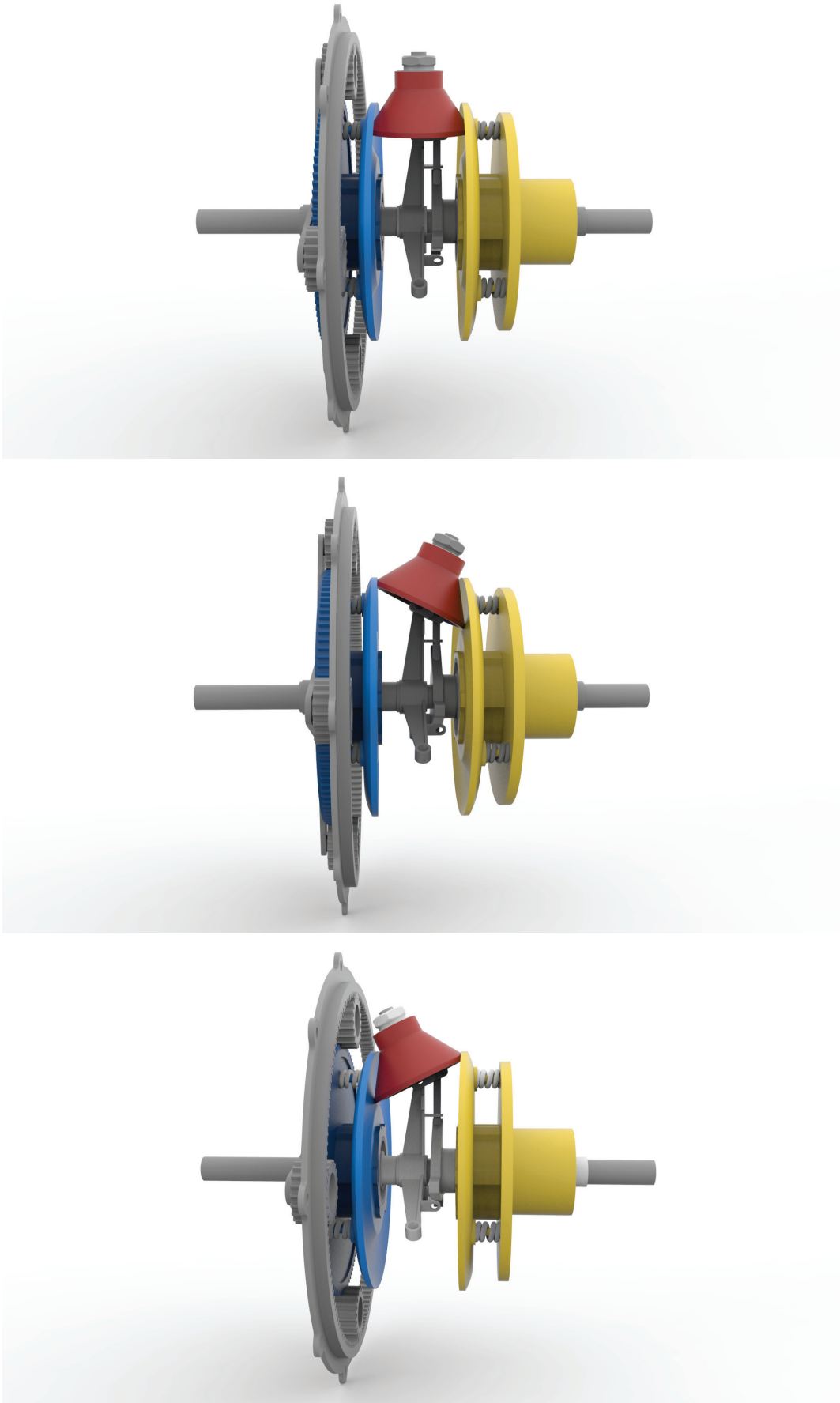
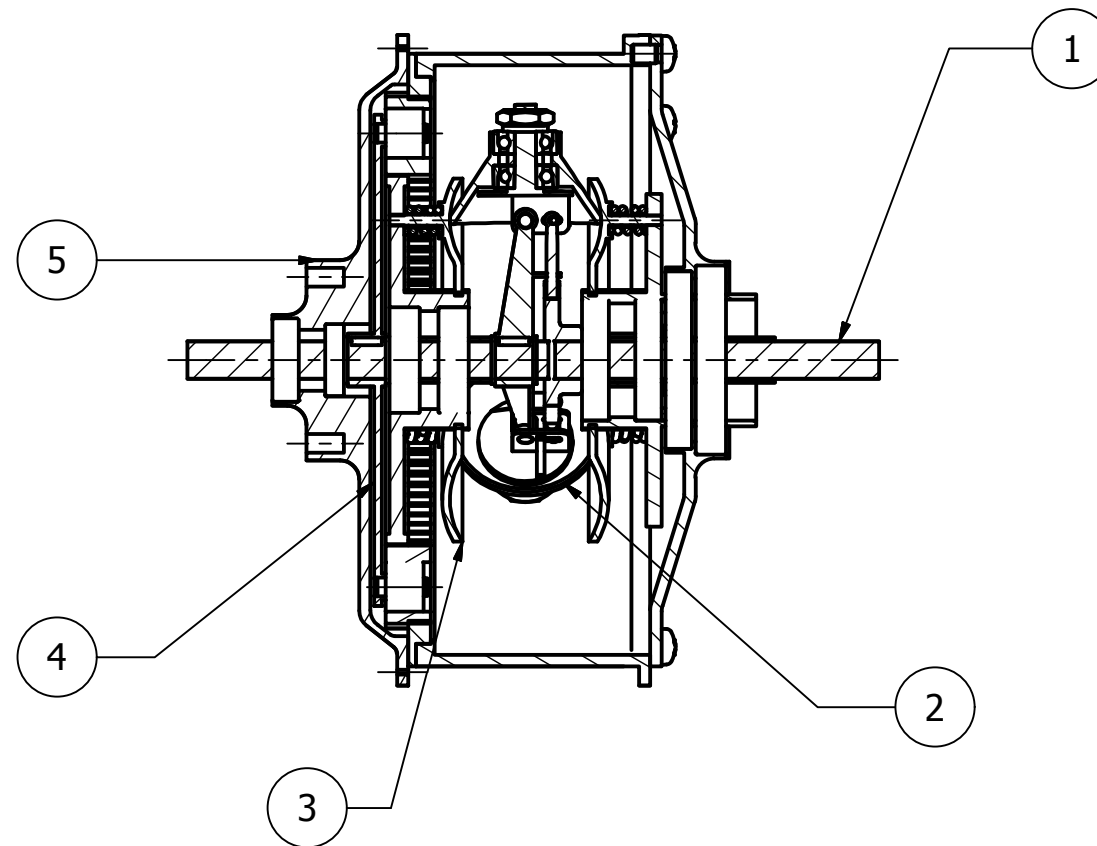
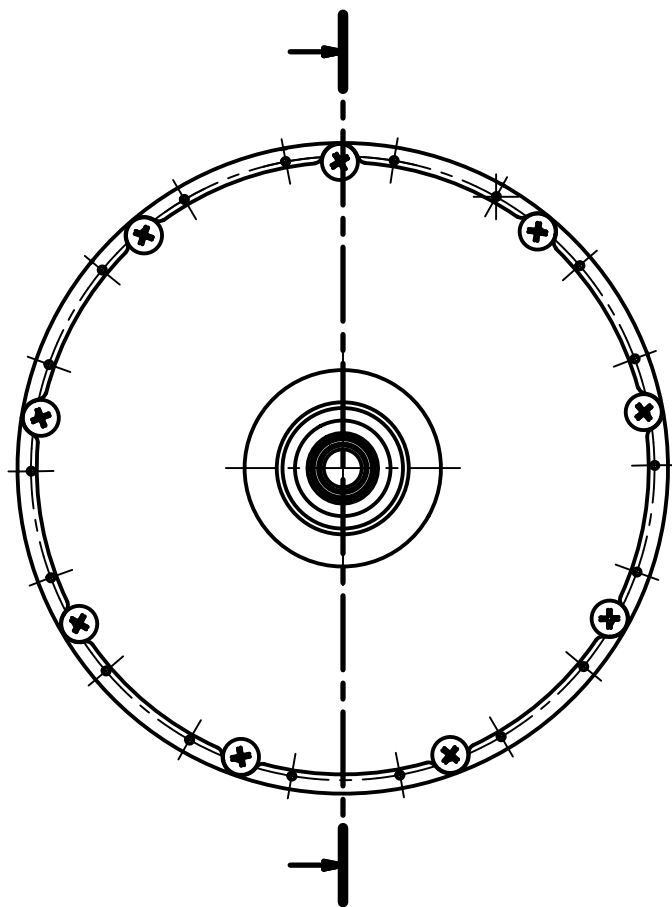


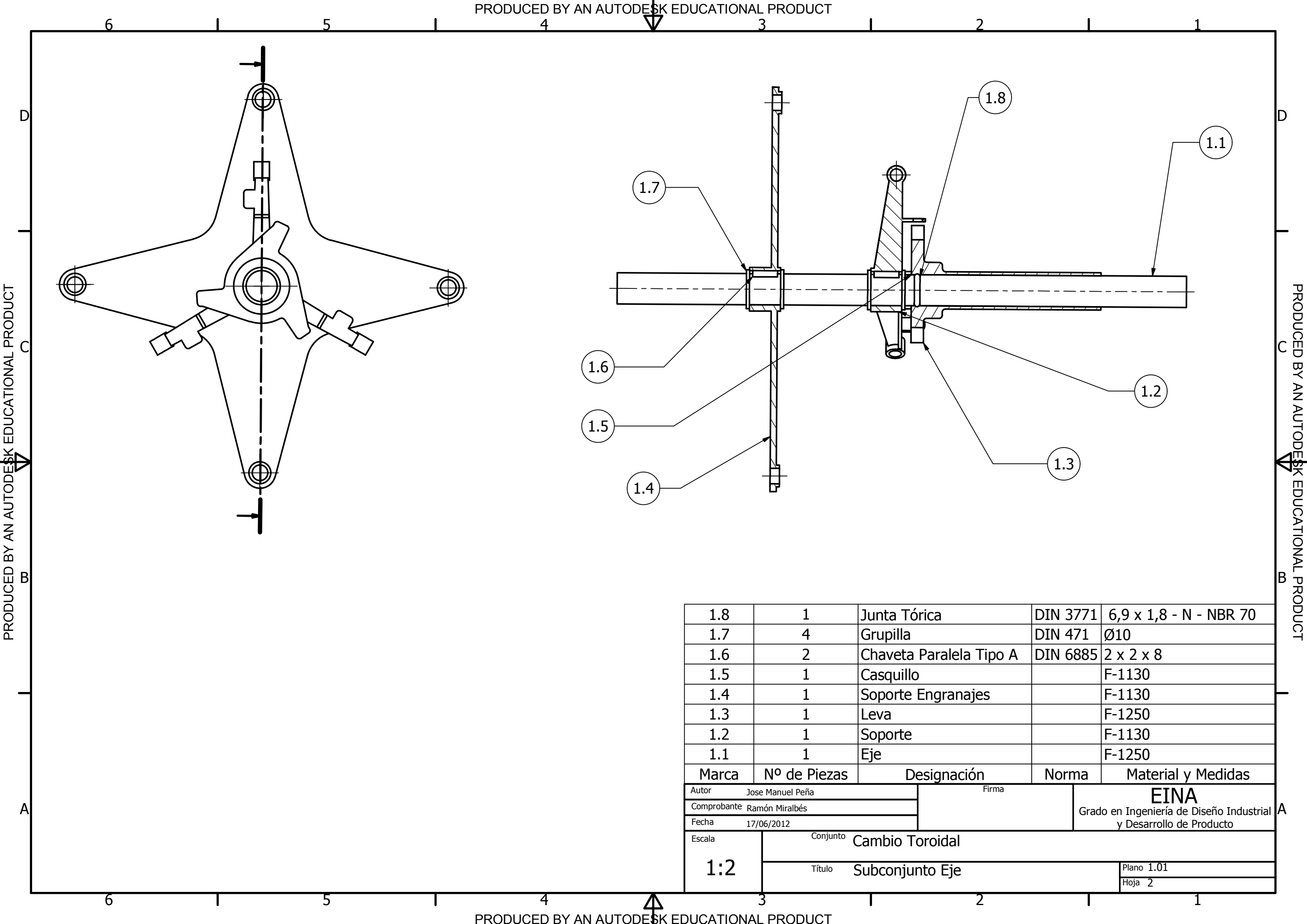
Figura 44. Vista del interior del cambio en la que se muestra el cambio en la inclinación de los discos en los diferentes desarrollos.

---

# PLANOS CAMBIO DE MARCHAS



5	1	Subconjunto Carcasa		
4	1	Subconjunto Engranajes		
3	2	Subconjunto Platos		
2	3	Subconjunto Discos		
1	1	Subconjunto Eje		
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	17/06/2012			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
1:2	Título	Plano de Conjunto		Plano 1.00
				Hoja 1

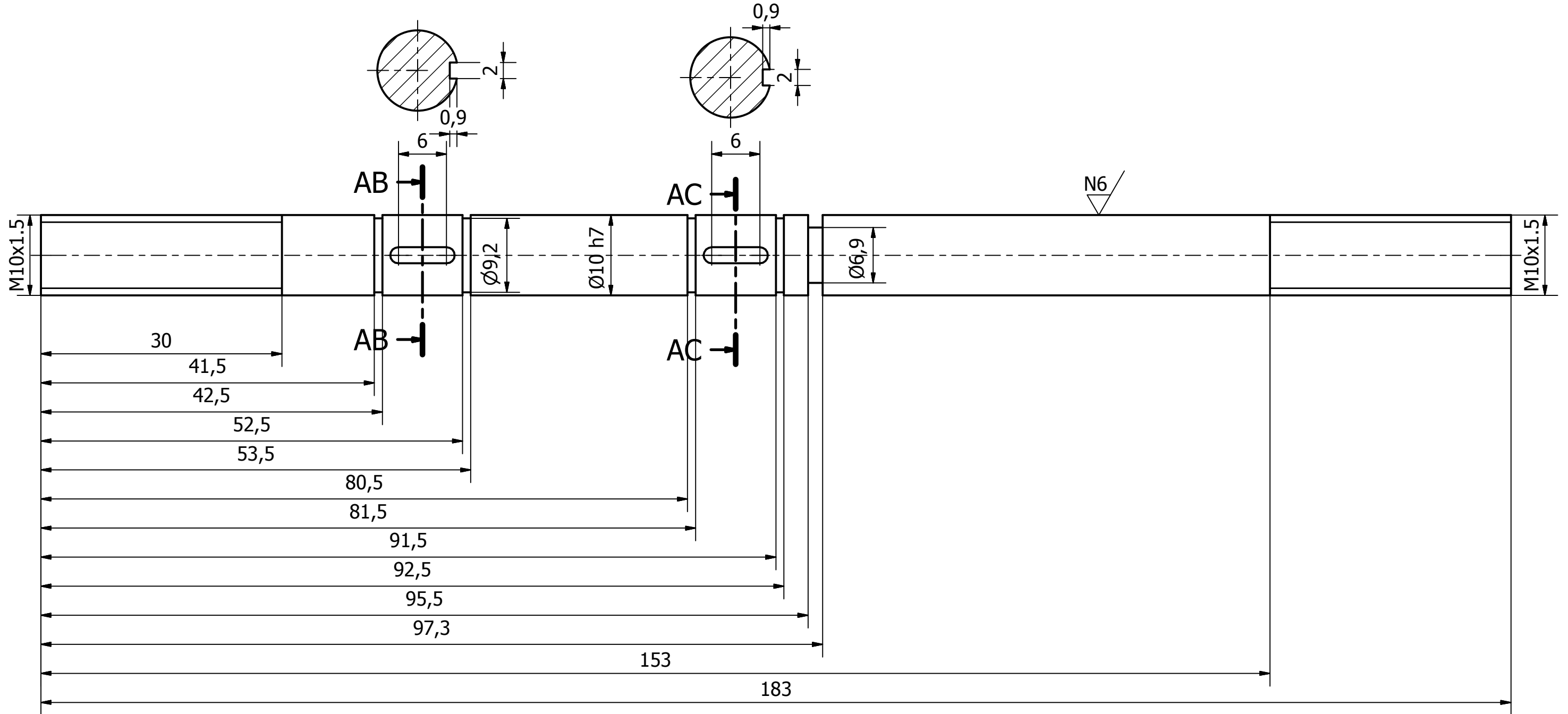


Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

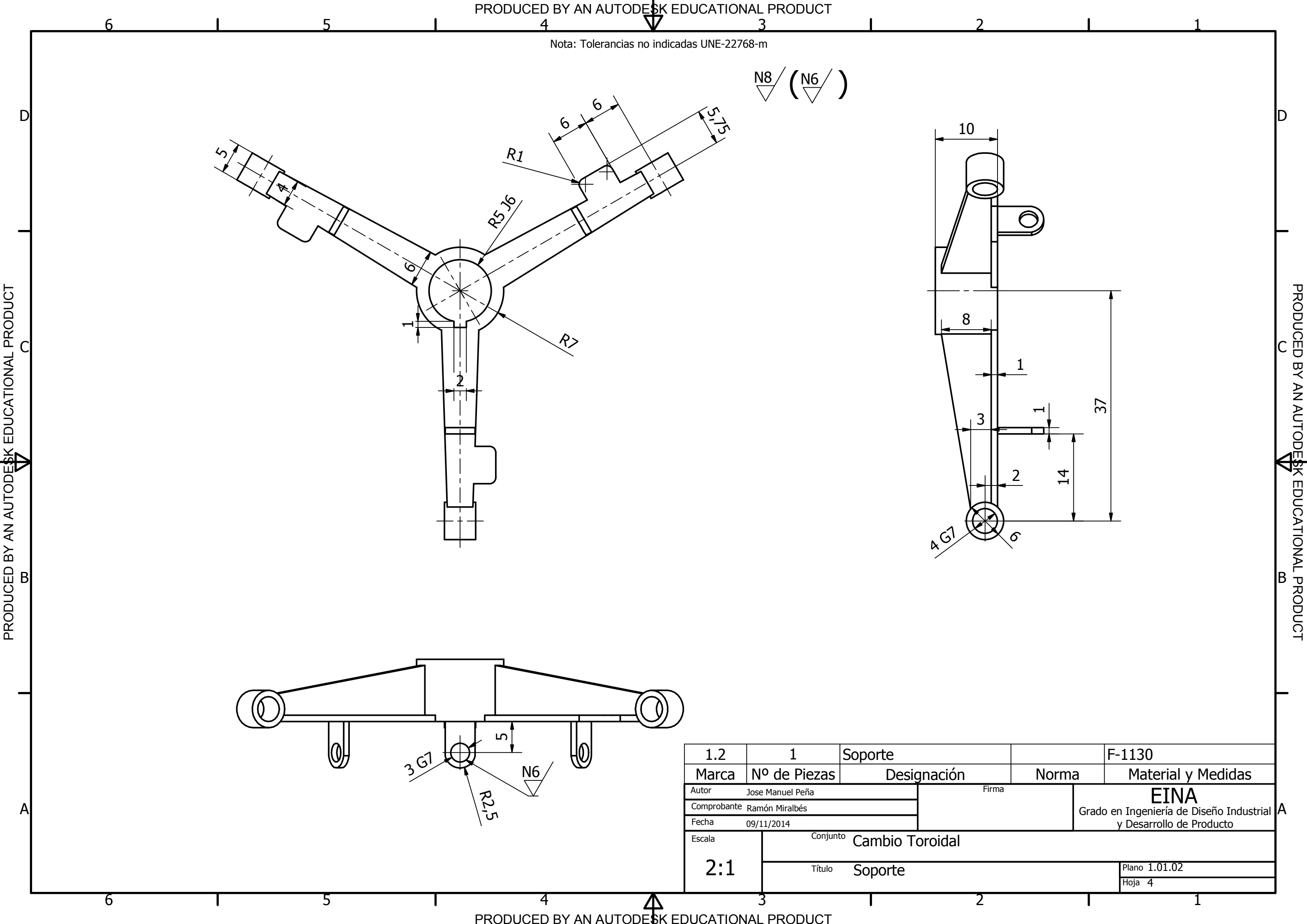
$$\text{N8} \quad \left( \text{N6} \right)$$

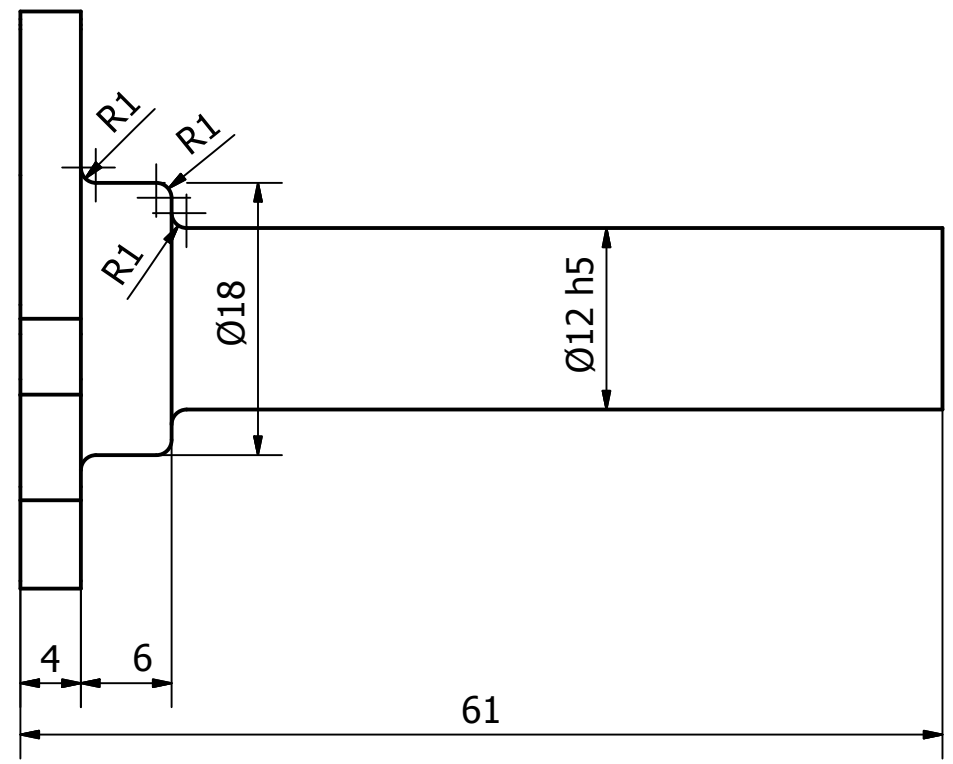
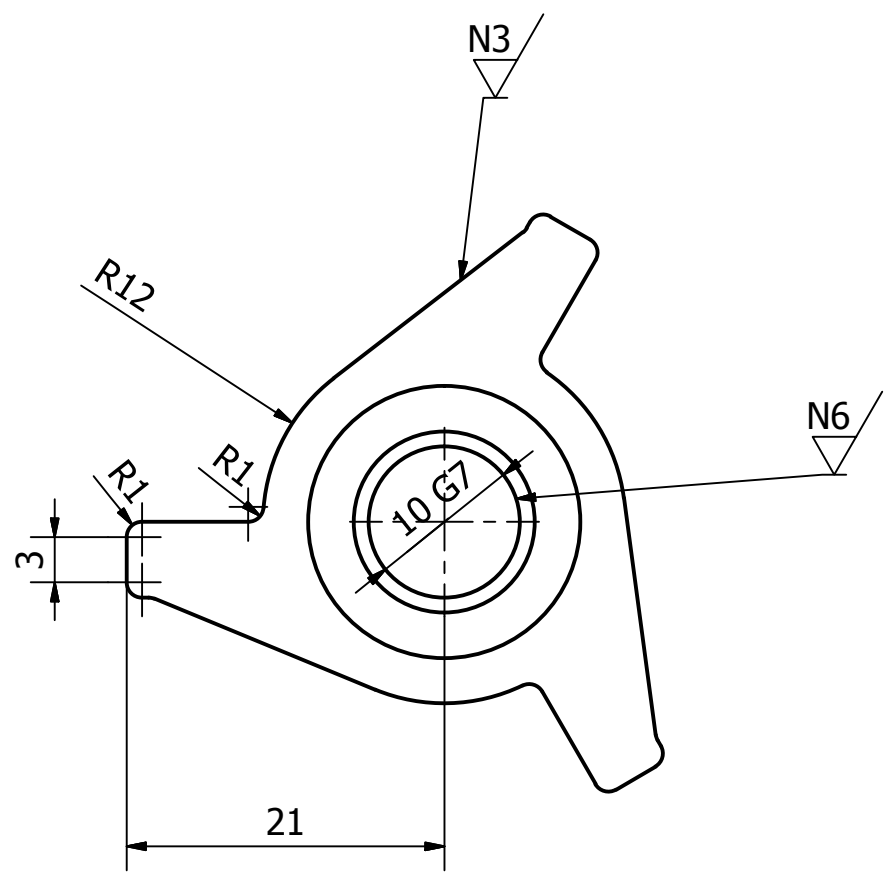
AB-AB

AC-AC



1.1	1	Eje		F-1250
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<b>EINA</b> Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto <b>Cambio Toroidal</b>			
<b>2:1</b>	Título	Eje	Plano 1.01.01	
			Hoja 3	

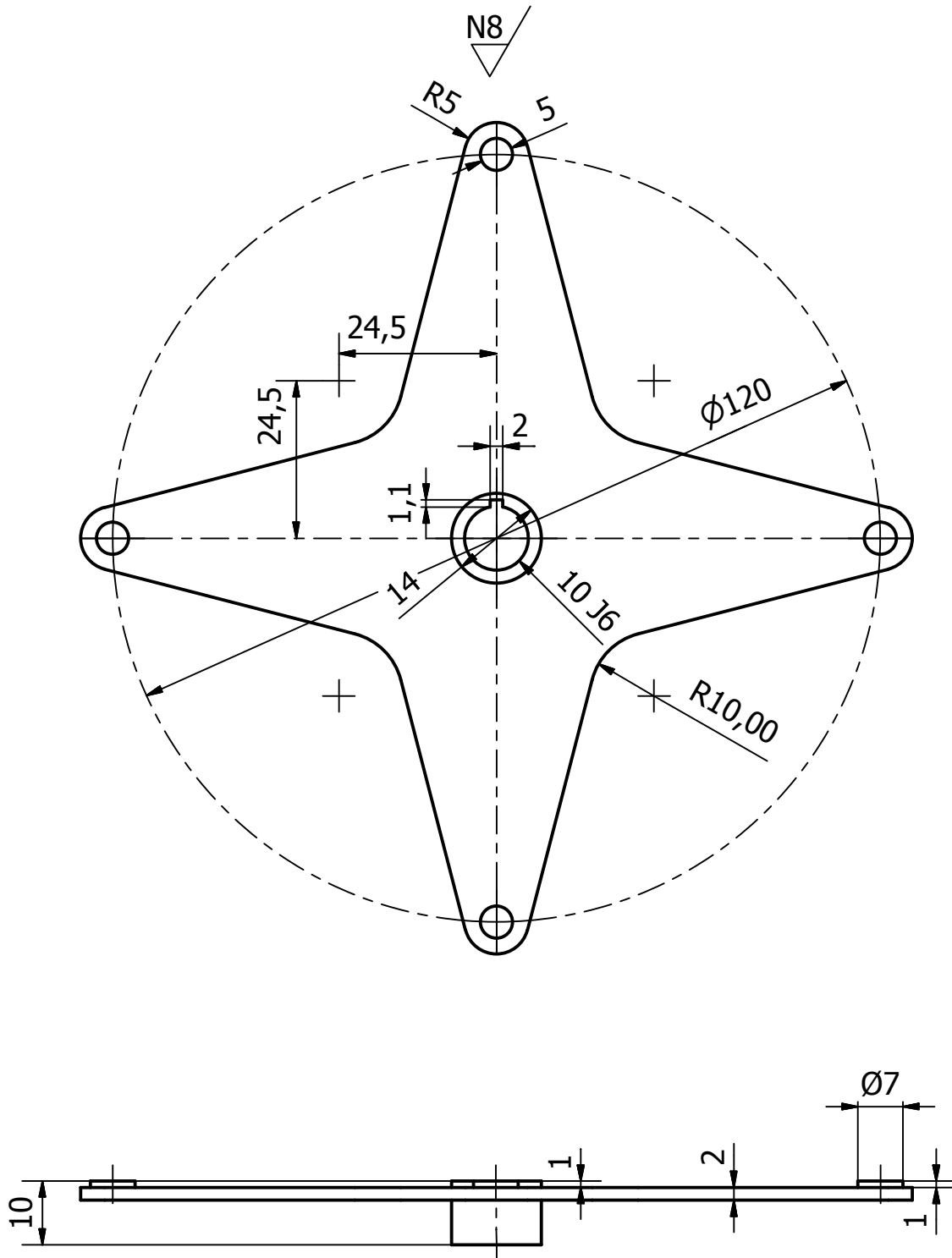




1.3	1	Leva		F-1250
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma		
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
2:1	Título	Leva		
				Plano 1.01.03
				Hoja 5

**EINA**  
Grado en Ingeniería de Diseño Industrial  
y Desarrollo de Producto

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

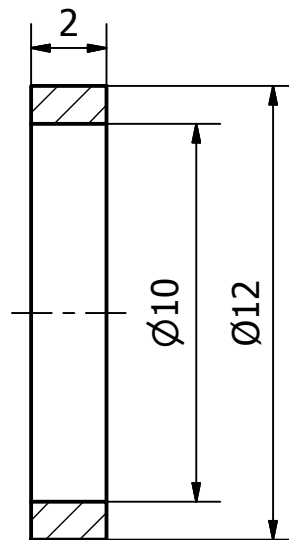


1.4	1	Soporte Engranajes		F-1130
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
1:1	Título	Soporte Engranajes		Plano 1.01.04
				Hoja 6

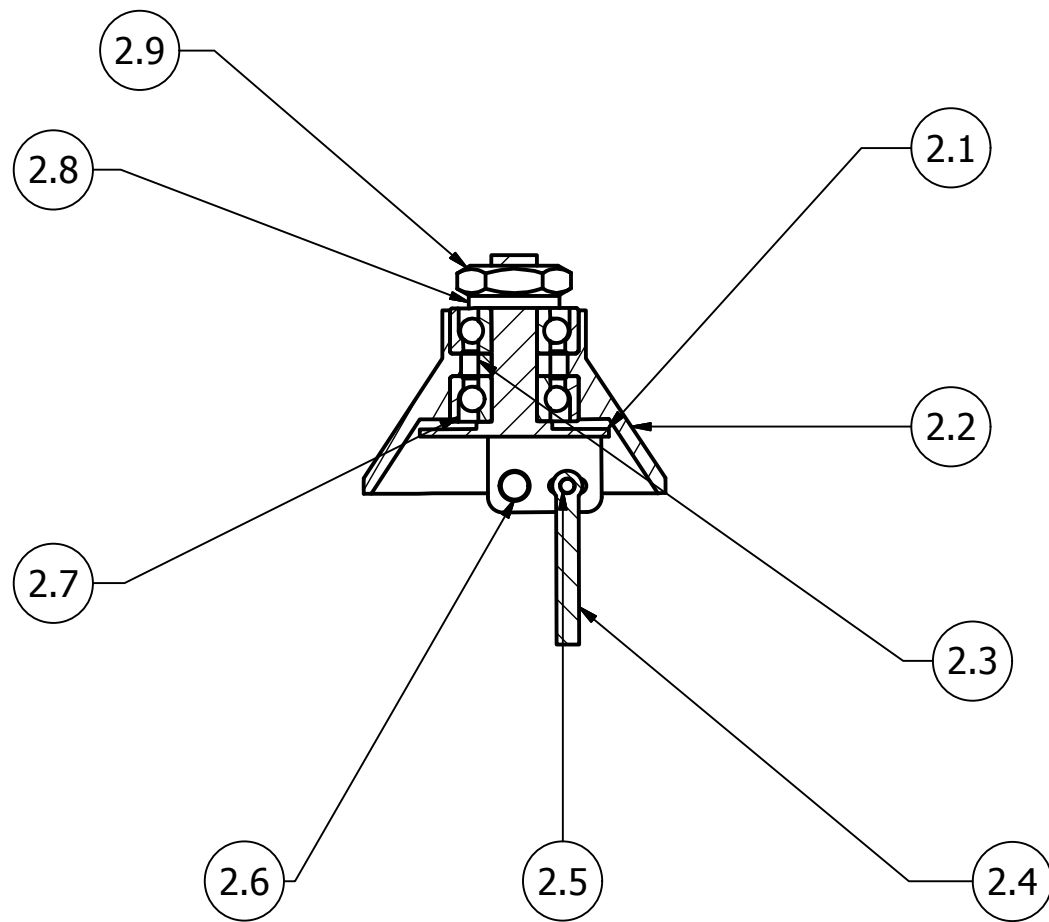
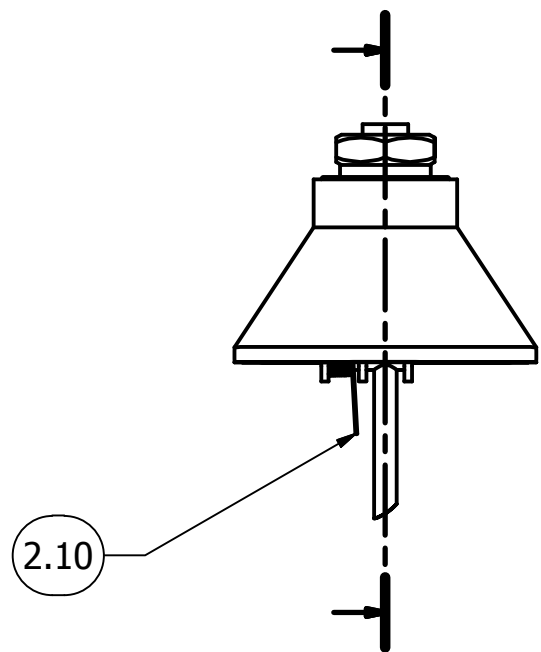


Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N8



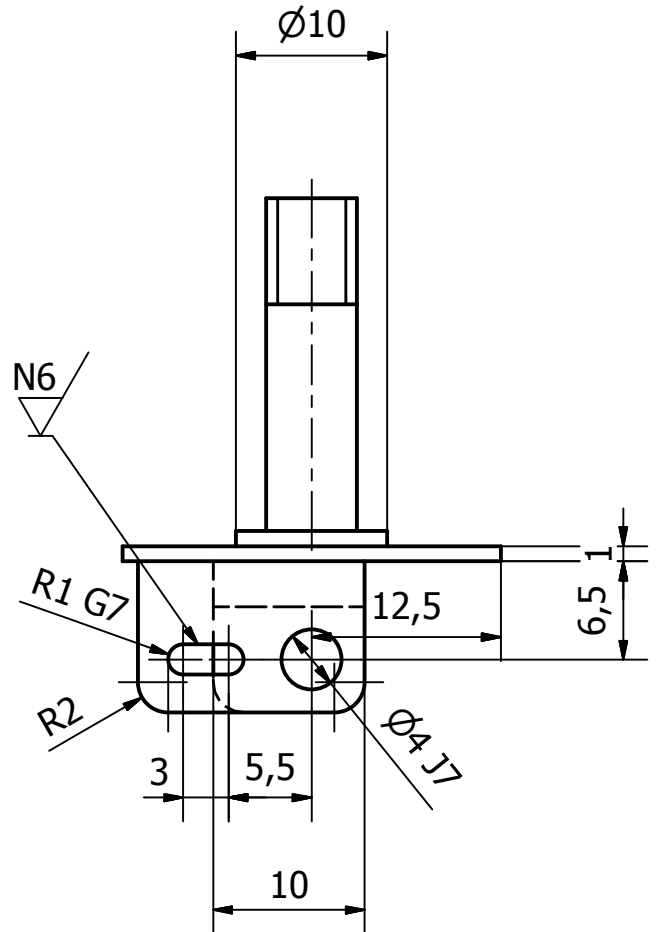
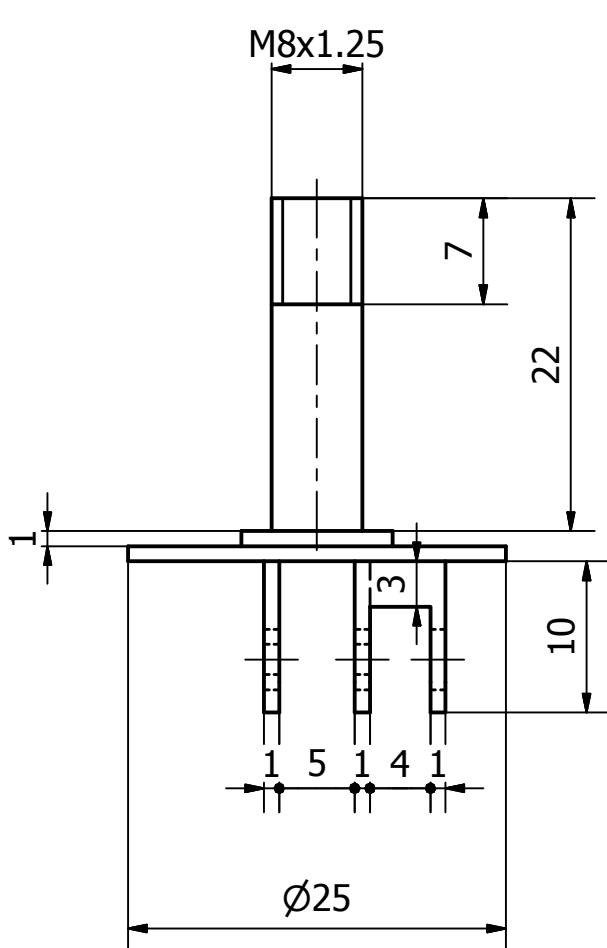
1.5	1	Casquillo Leva		F-1130
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
5:1	Título	Casquillo Leva		Plano 1.01.05
				Hoja 7



2.10	1	Resorte de Torsión		
2.9	1	Tuerca hexagonal	ISO 4035	M6
2.8	1	Arandela	DIN 125	Ø 6,4
2.7	2	Rodamiento de contacto angular		SKF 706 CD/P4A (6 x 17 x 6)
2.6	1	Pasador	ISO 2338	Ø4 x 12 h8 x 12 - B
2.5	1	Pasador	ISO 2338	Ø2 x 8 h8 x 8 - B
2.4	1	Empujador		F-1250
2.3	1	Casquillo rodamientos		F-1130
2.2	1	Disco Transmisor		F-8110
2.1	1	Soporte Discos		F-1250
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 17/06/2012				
Escala	Conjunto Cambio Toroidal			
1:1	Título Subconjunto Disco			Plano 1.02
				Hoja 8

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

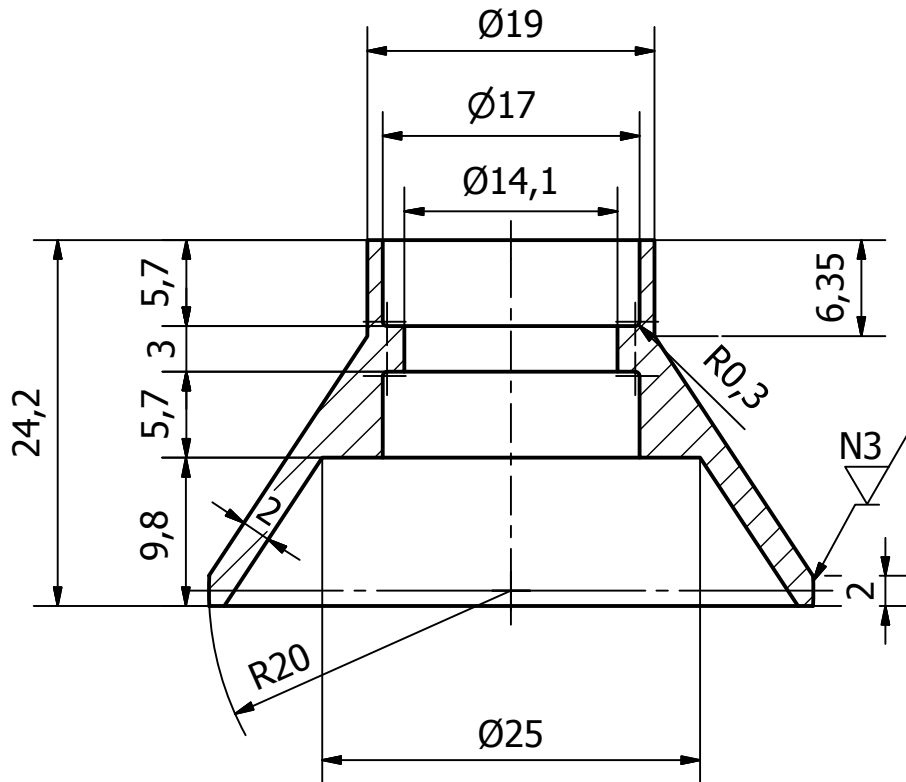
N8 / ( N6 / )



2.1	1	Soporte Discos		F-1250	
Marca	Nº de Piezas	Designación		Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma		<b>EINA</b> Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés				
Fecha	09/11/2014				
Escala	Conjunto Cambio Toroidal				
2:1	Título Soporte Discos				Plano 1.02.01
					Hoja 9

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

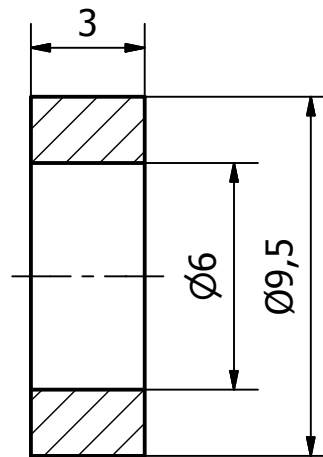
N8/ ( N3/ )



2.2	1	Disco Transmisor		F-8110
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
2:1	Título	Disco Transmisor		Plano 1.02.02
				Hoja 10

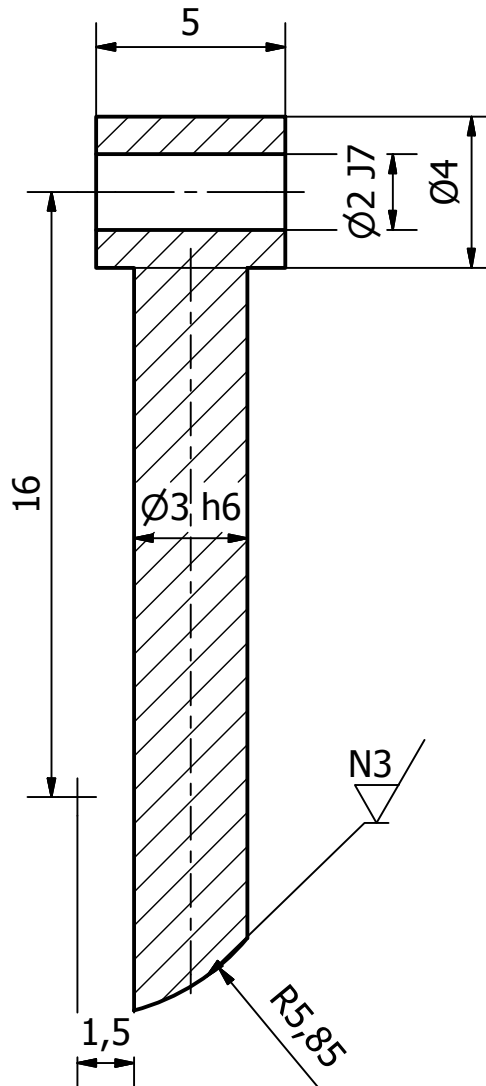
Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N8

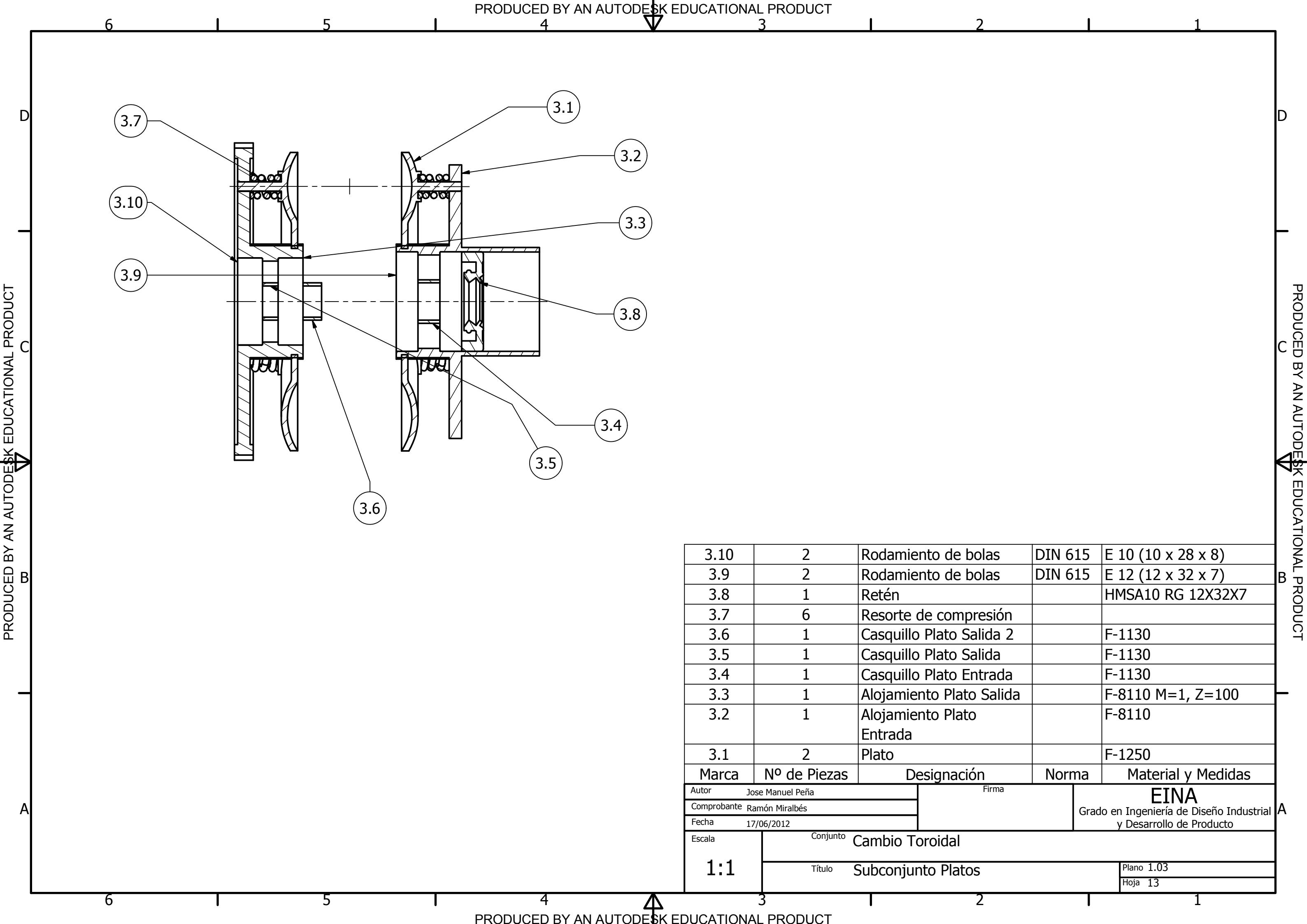


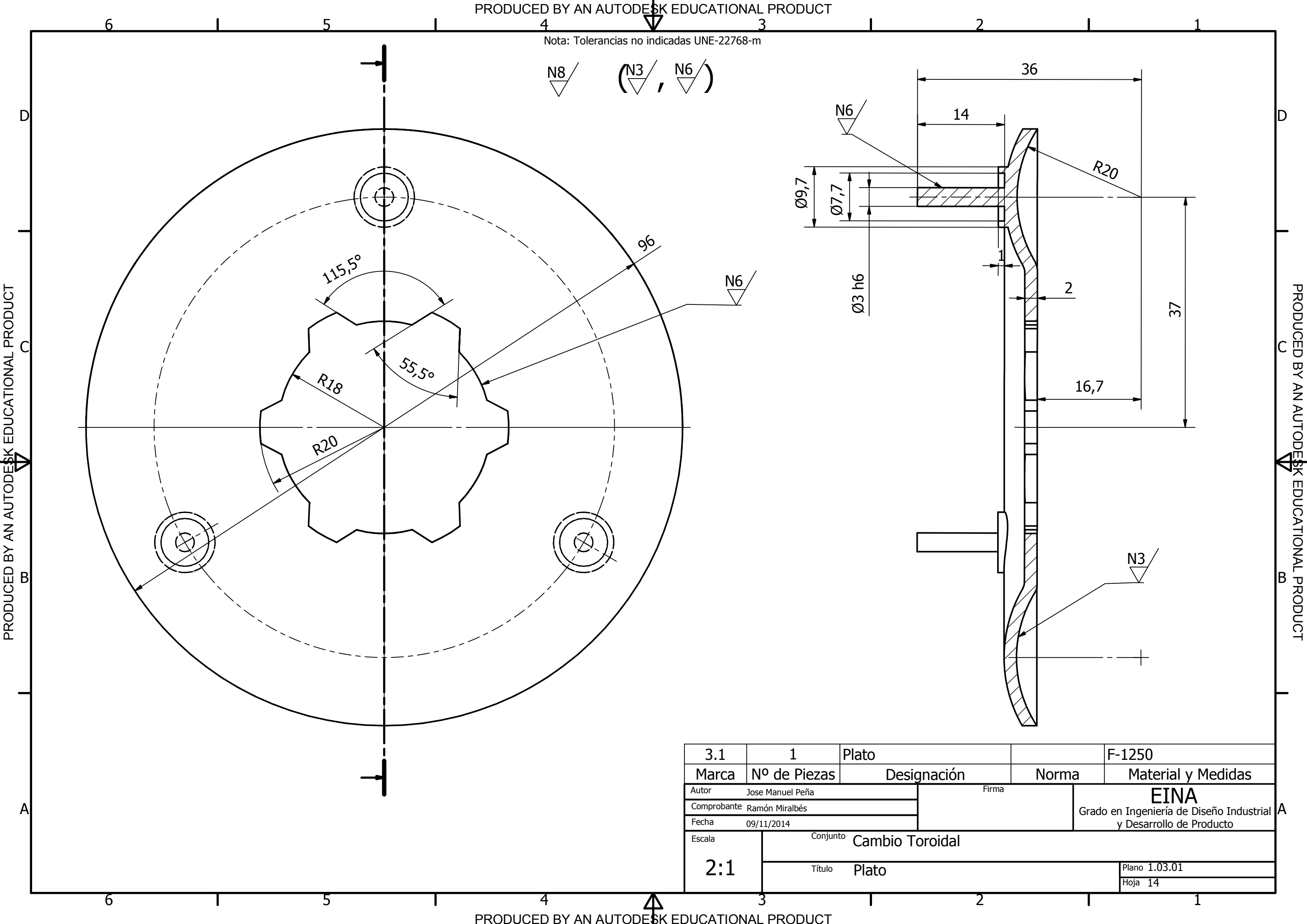
2.3	1	Casquillo rodamientos		F-1130
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
5:1	Título	Casquillo Rodamientos		Plano 1.02.03
				Hoja 11

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

 $\nabla$  N8  $\left( \nabla \text{ N3} \right)$ 


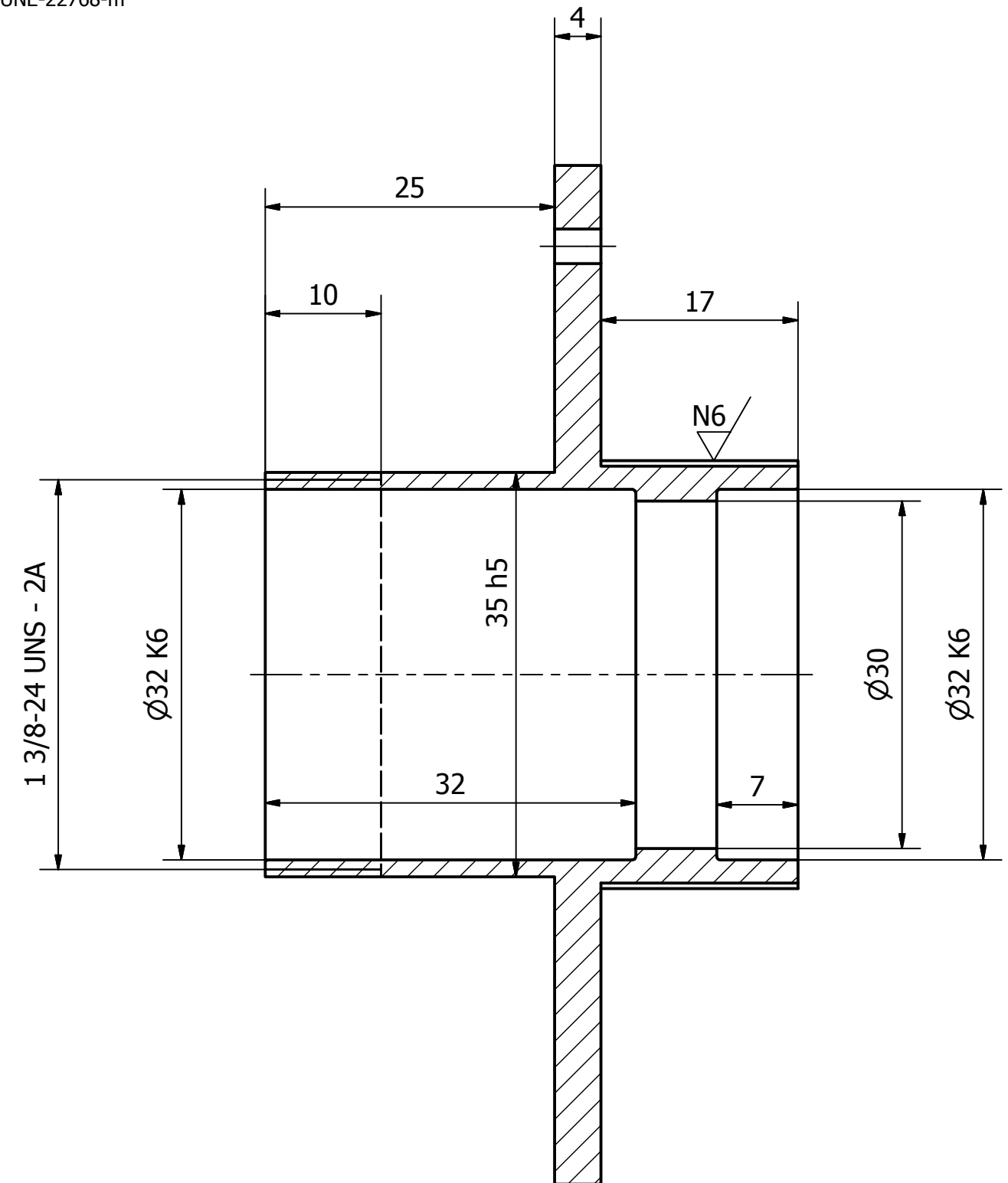
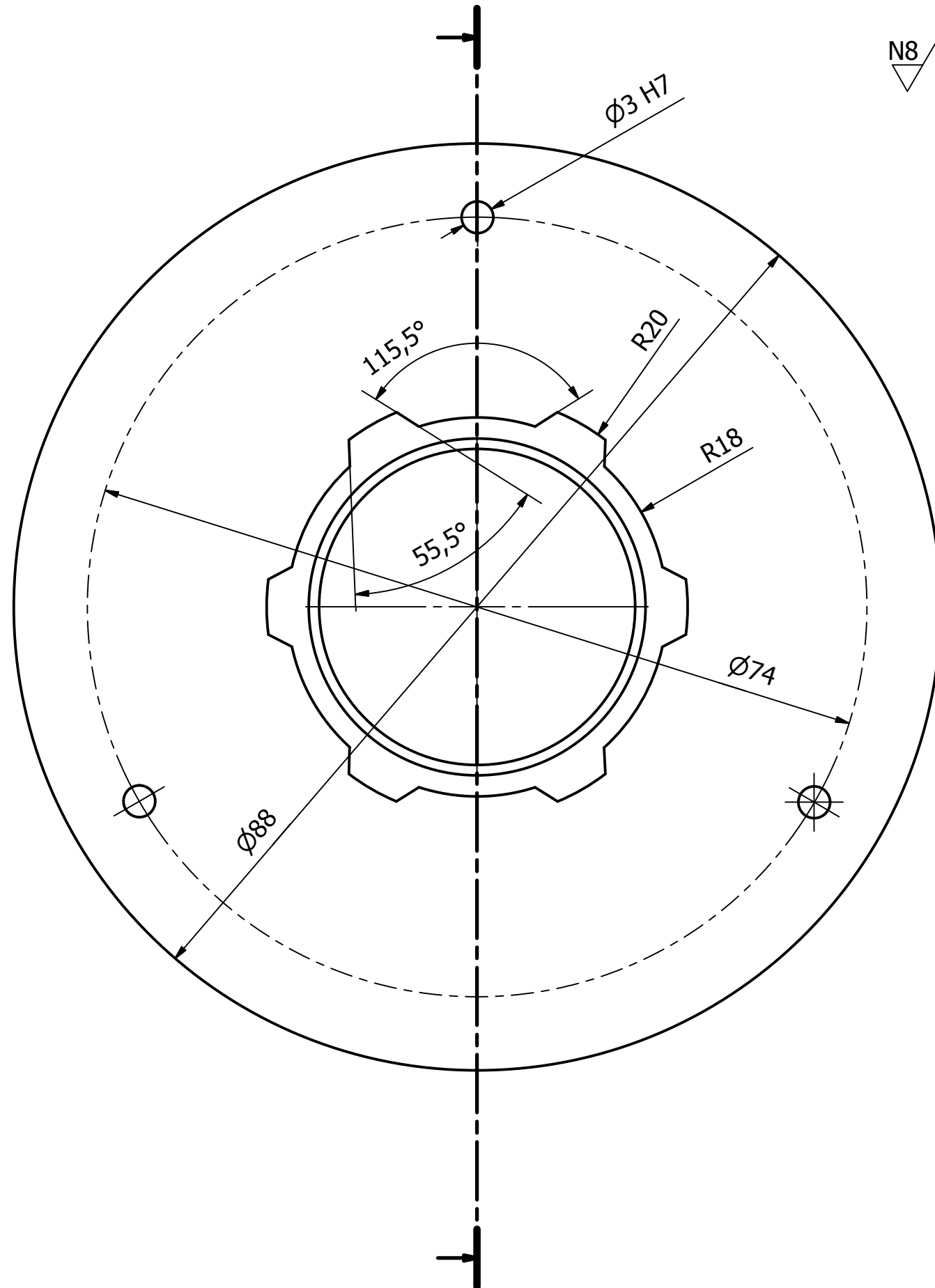
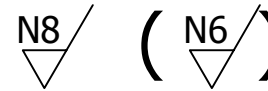
2.4	1	Empujador		F-1250
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
5:1	Título	Empujador	Plano 1.02.04	
			Hoja 12	



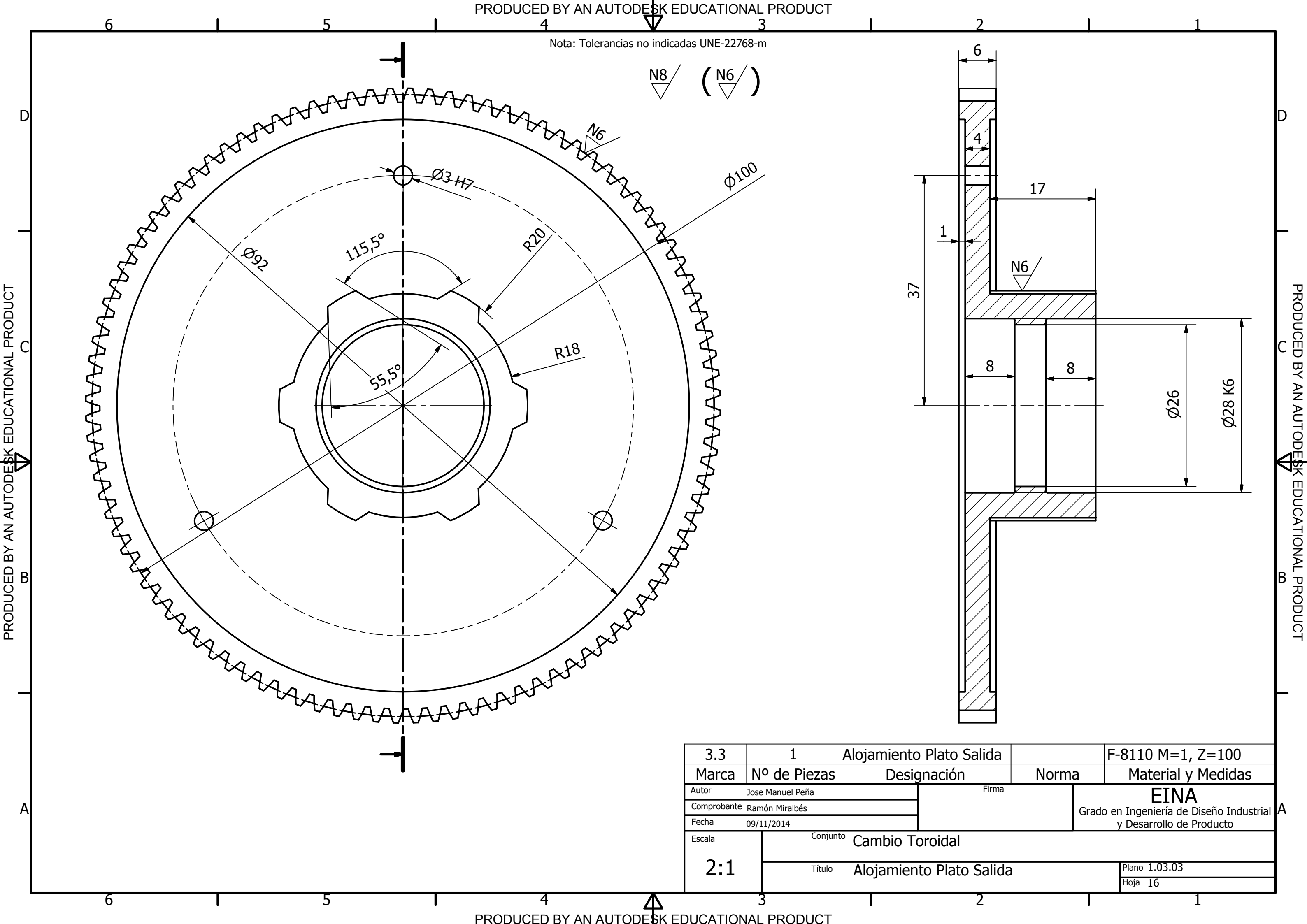




Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

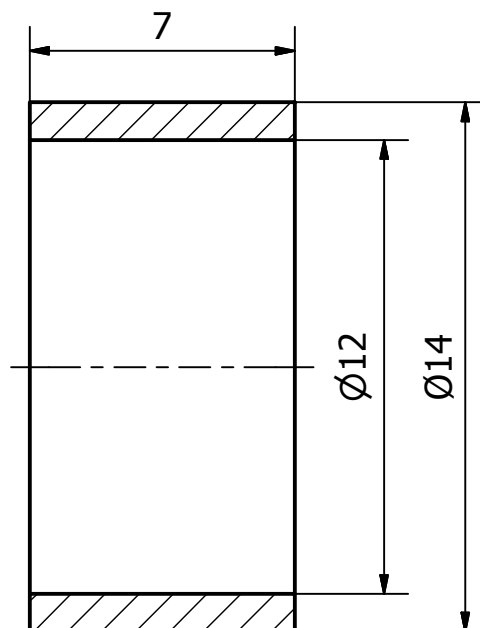


3.2	1	Alojamiento Plato Entrada		F-8110
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor Jose Manuel Peña		Firma	<b>EINA</b> Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 09/11/2014				
Escala	Conjunto <b>Cambio Toroidal</b>			
<b>2:1</b>	Título Alojamiento Plato Entrada			Plano 1.03.02
				Hoja 15



Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

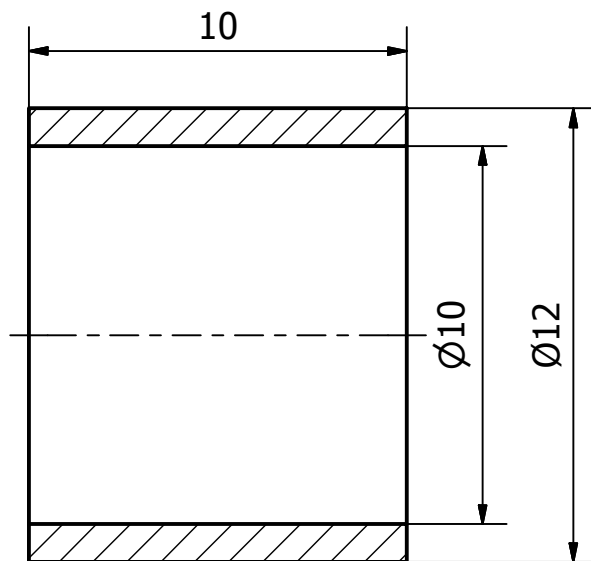
N8



3.4	1	Casquillo Plato Entrada		F-1130
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
5:1	Título	Casquillo Plato Entrada		Plano 1.03.04
				Hoja 17

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

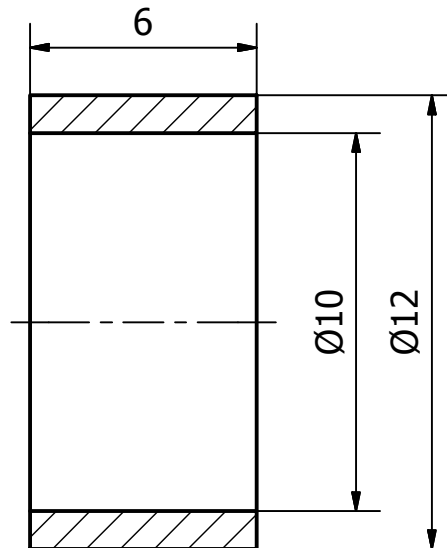
N8



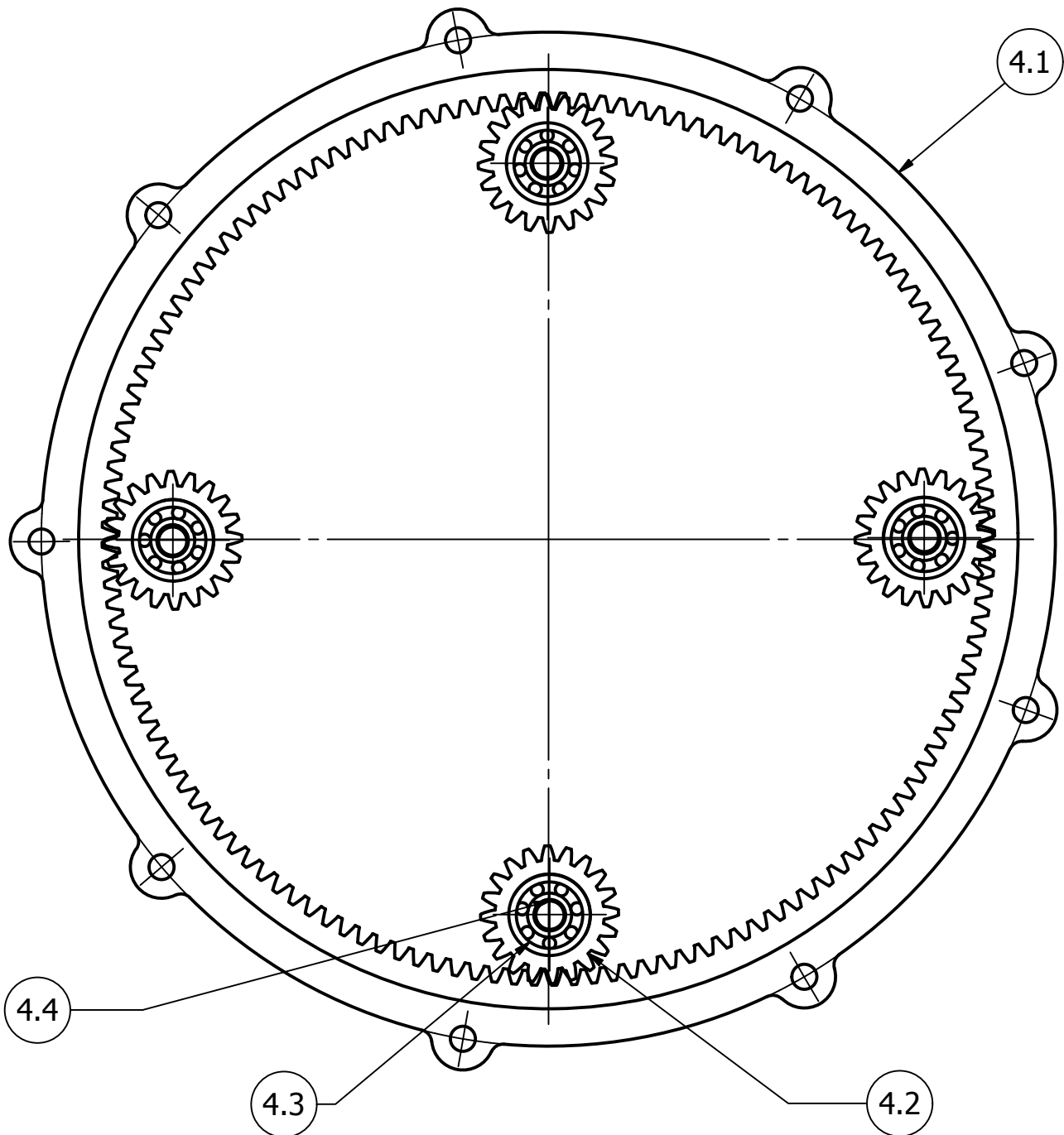
3.5	1	Casquillo Plato Salida		F-1130
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
5:1	Título	Casquillo Plato Salida		Plano 1.03.05
				Hoja 18

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

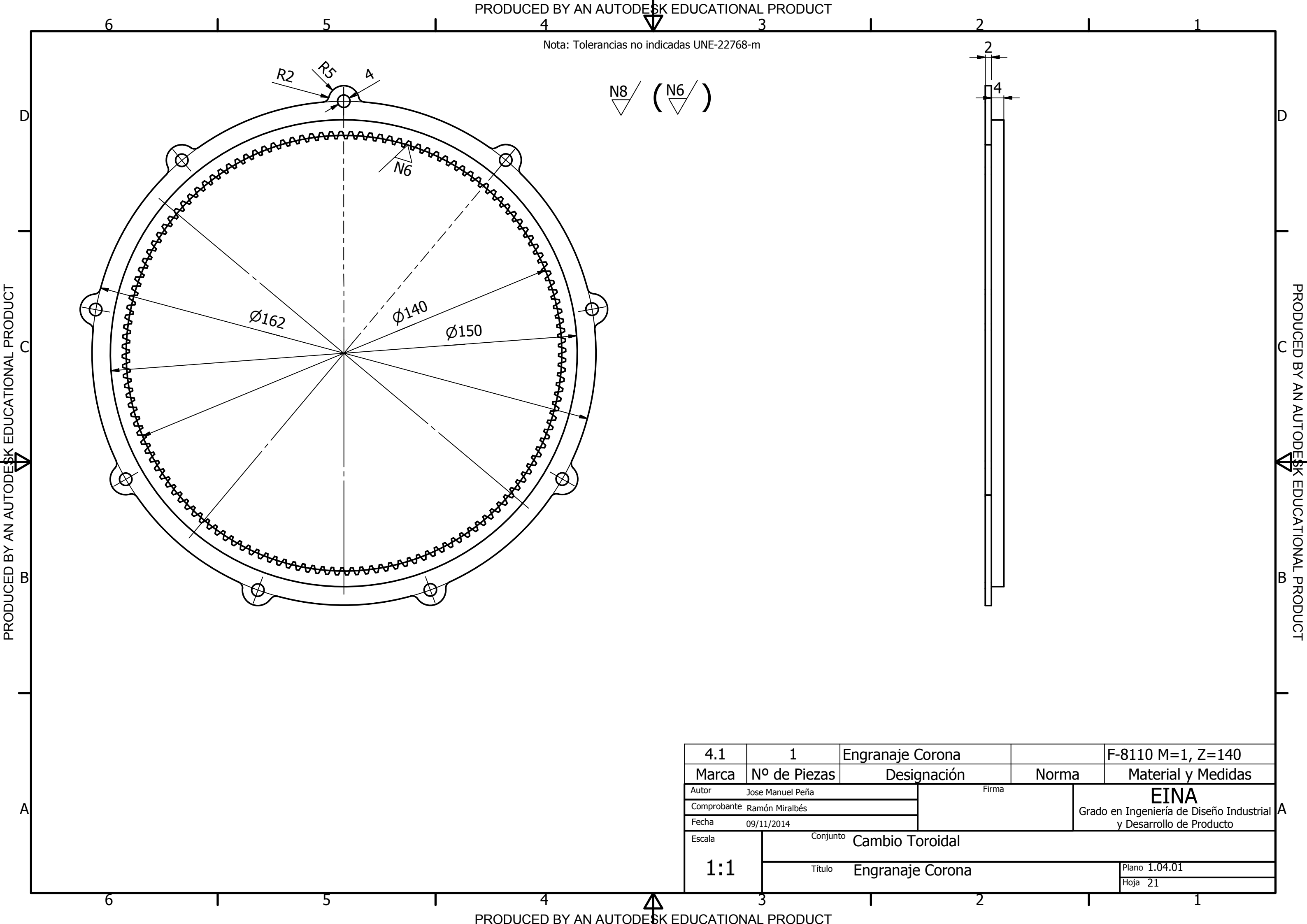
N8



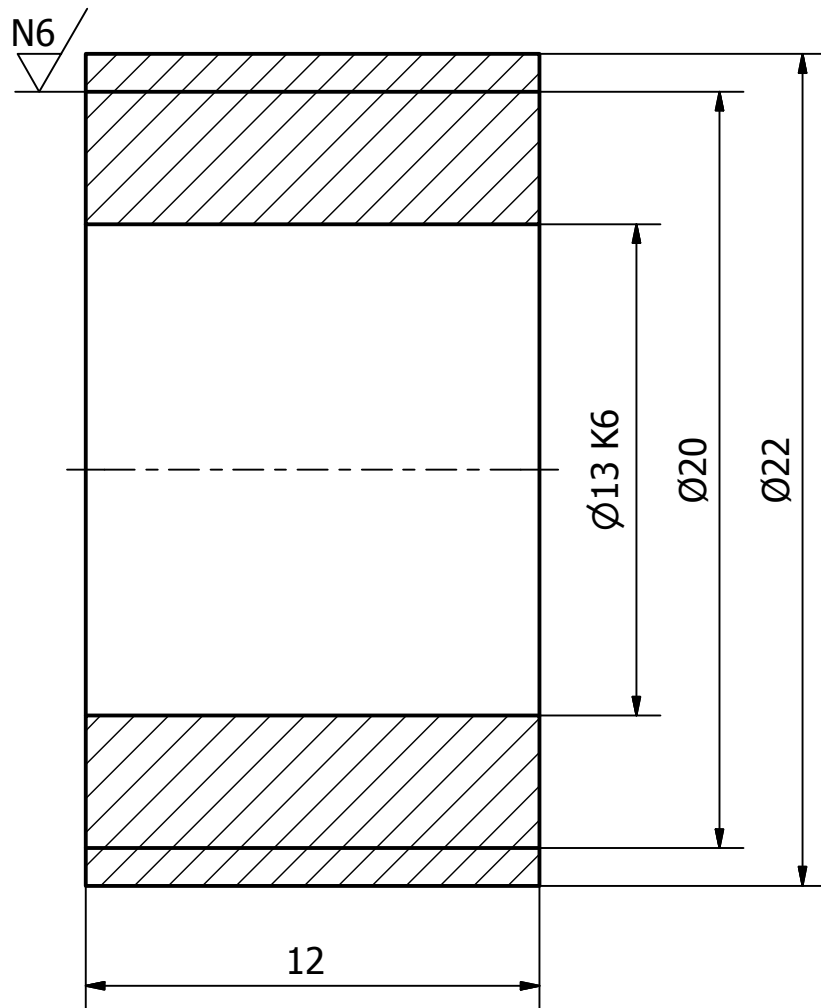
3.6	1	Casquillo Plato Salida 2		F-1130
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma		<b>EINA</b> Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto	Cambio Toroidal		
5:1	Título	Casquillo Plato Salida 2		Plano 1.03.06
				Hoja 19



4.4	4	Pasador	ISO 2338	Ø5 x 14 h8 x 14 - B
4.3	4	Rodamiento de Agujas	ISO 1206	MS (5 x 13 x 10)
4.2	4	Engranaje Satélite		F-8110 M=1, Z=20
4.1	1	Engranaje Corona		F-8110 M=1, Z=140
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 17/06/2012				
Escala	Conjunto Cambio Toroidal			
1:1	Título Subconjunto Engranajes Planetarios			Plano 1.04
				Hoja 20

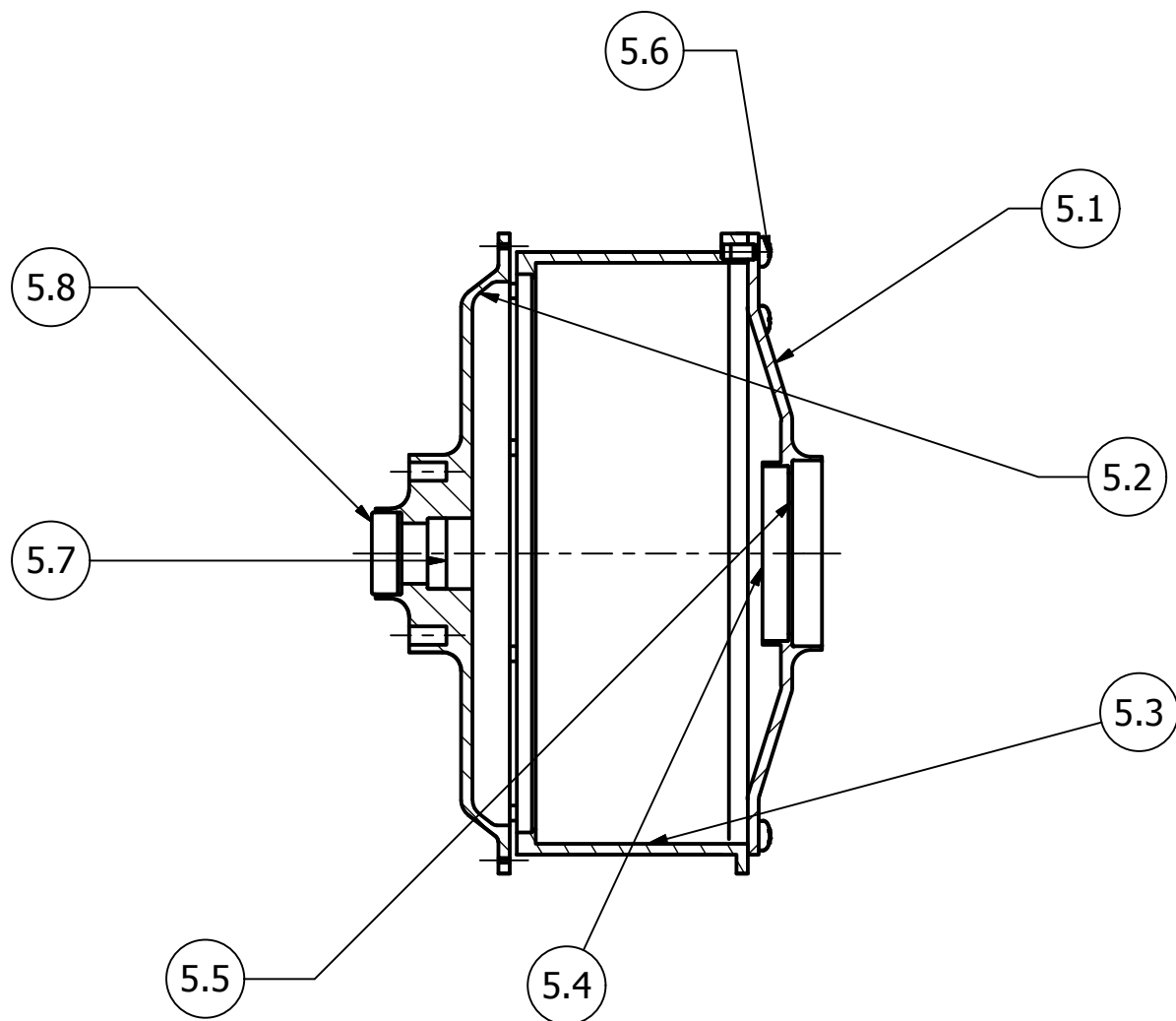
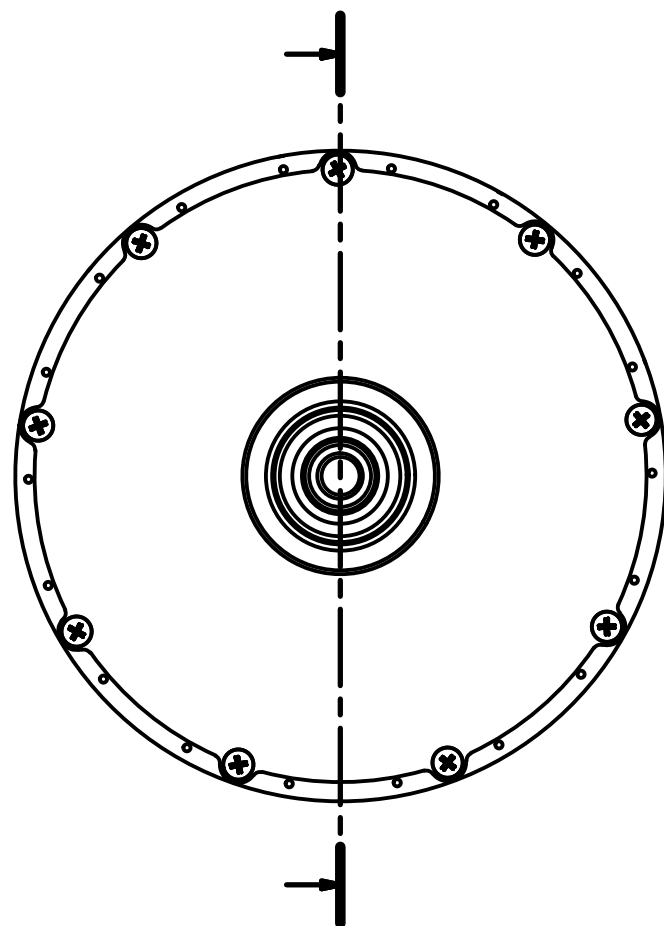


Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

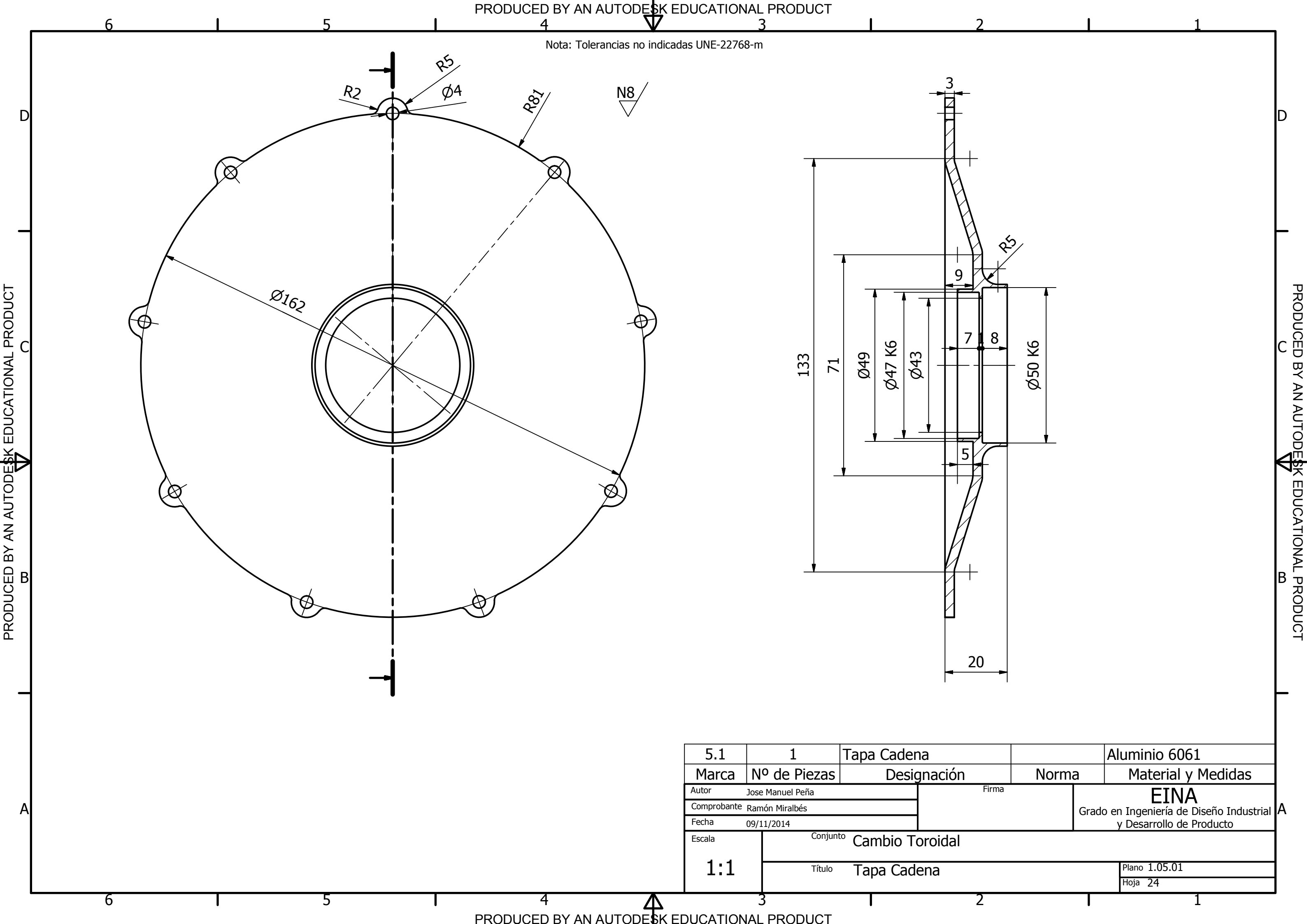
 $\nabla \text{N8}$      $(\nabla \text{N6})$ 


4.2	1	Engranaje Satélite		F-8110 M=1, Z=20	
Marca	Nº de Piezas	Designación		Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés				
Fecha	09/11/2014				
Escala	Conjunto Cambio Toroidal				
5:1	Título Engranaje Satélite			Plano 1.04.02	
				Hoja 22	



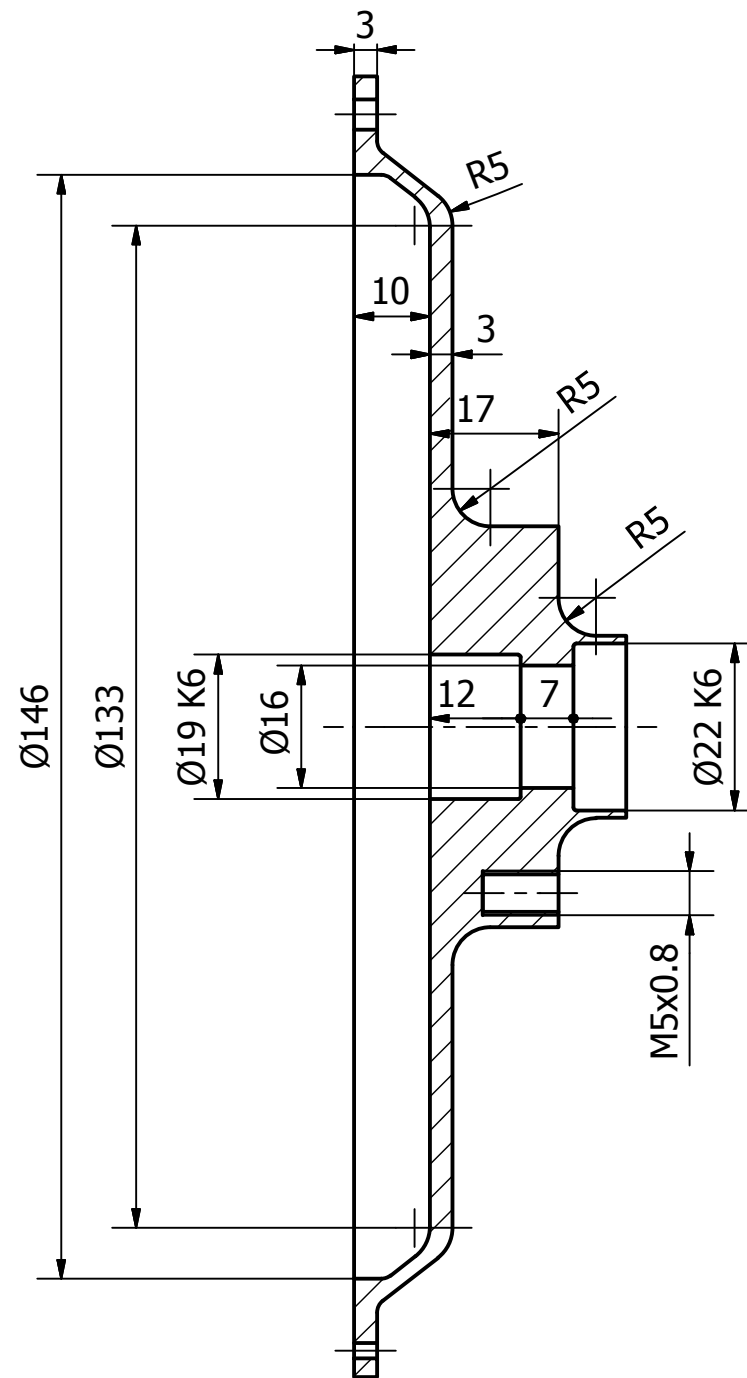
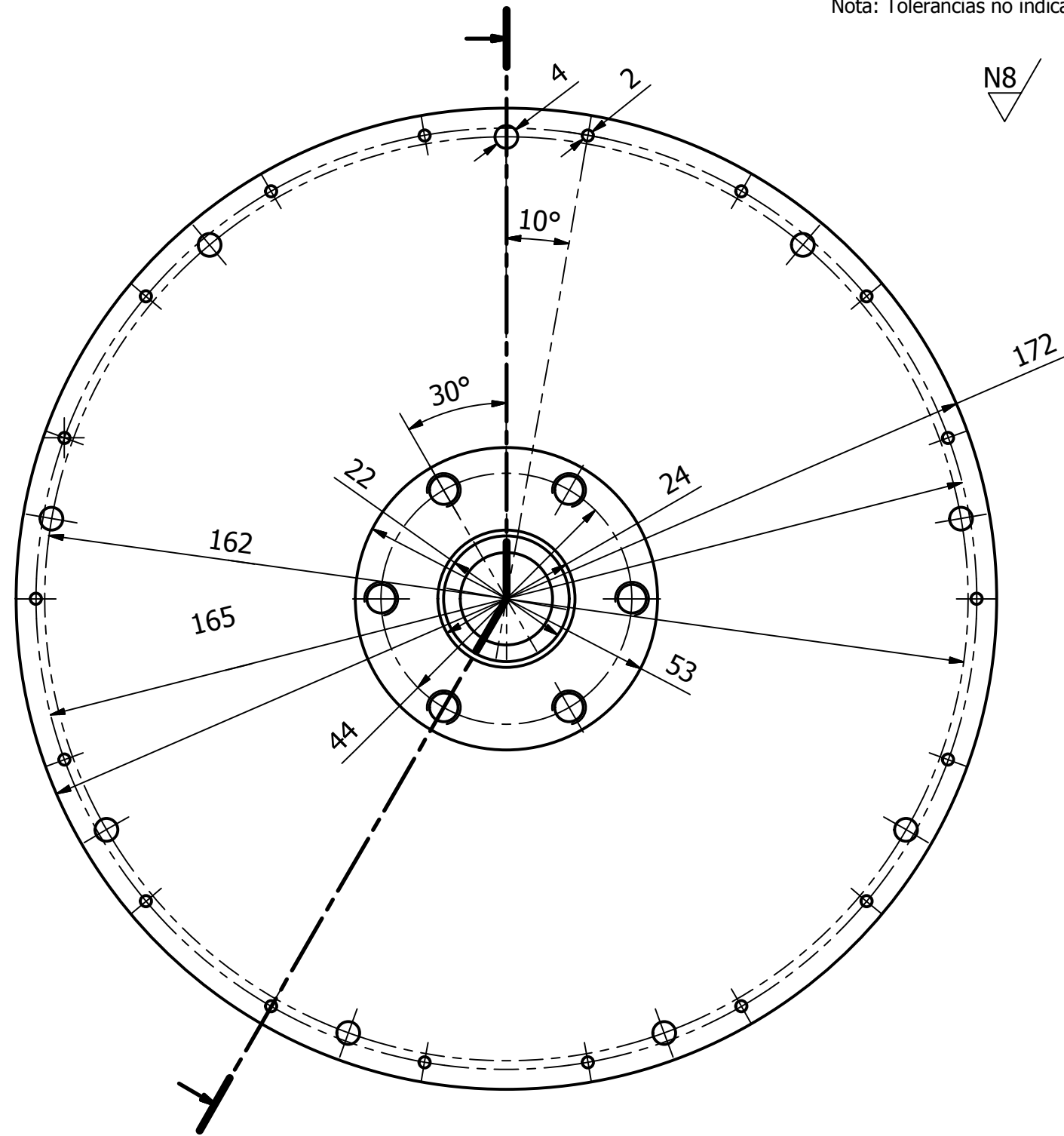


5.8	1	Retén Tipo2	ISO 6194/1	10x22x7
5.7	1	Rodamiento de bolas	DIN 625	SKF 61800 (10 x 19 x 5)
5.6	18	Tornillo	ISO 7045	M4 x 8 - 4.8 - H
5.5	1	Retén Tipo 2	ISO 6194/1	35x50x8
5.4	1	Rodamiento de bolas	DIN 625	SKF 61807 (35 x 47 x 7)
5.3	1	Carcasa		Aluminio 6061
5.2	1	Tapa Izquierda		Aluminio 6061
5.1	1	Tapa Cadena		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto	
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 17/06/2012				
Escala	Conjunto Cambio Toroidal			
1:2	Título Subconjunto Carcasa			Plano 1.05
				Hoja 23

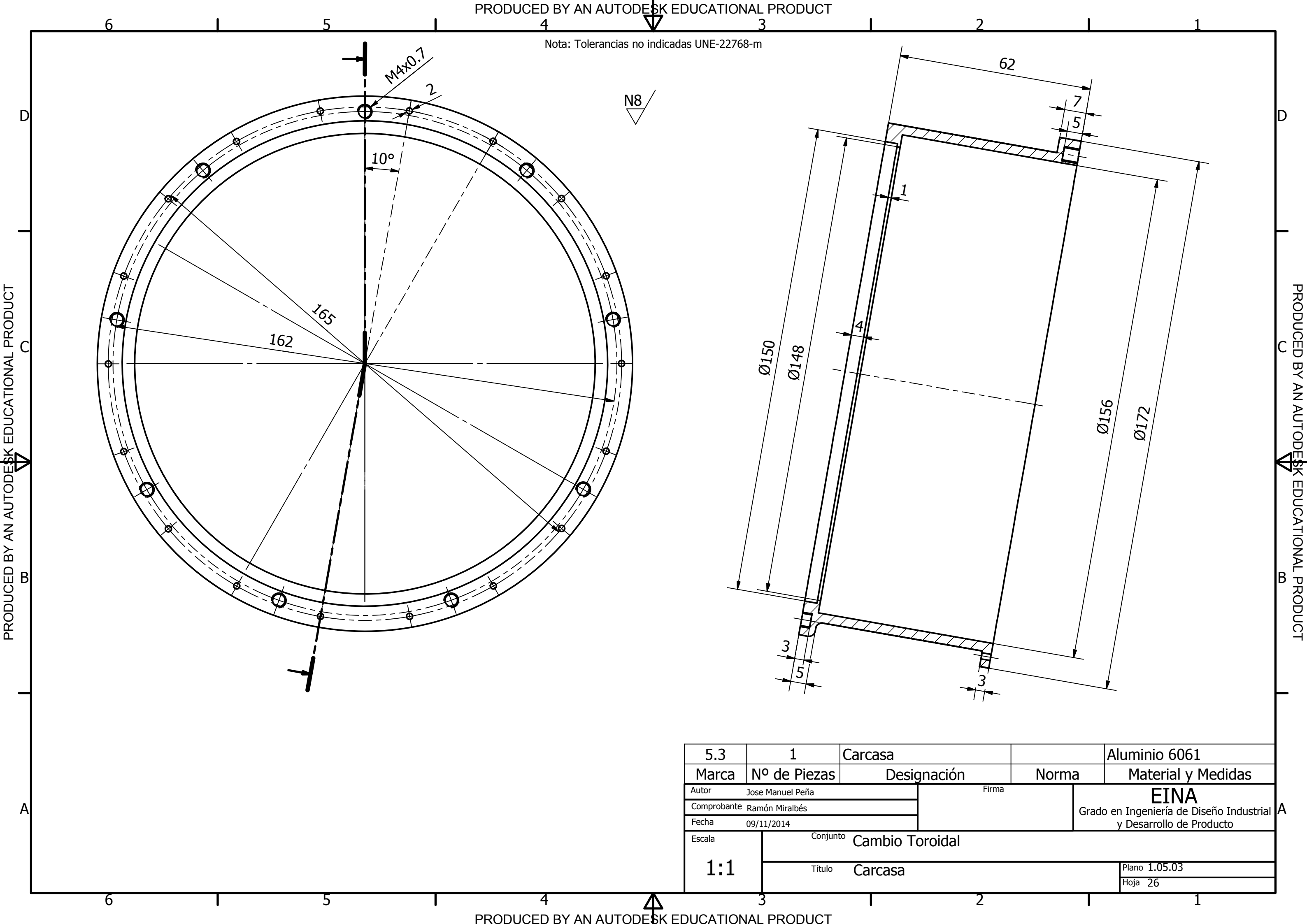


Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N8



5.2	1	Tapa Izquierda		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma		
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	1:1	Conjunto	Cambio Toroidal	
		Título	Tapa Izquierda	
				Plano 1.05.02
				Hoja 25



---

# PLIEGO DE CONDICIONES CAMBIO DE MARCHAS

## Indice

1.Condiciones Técnicas Generales	2
1.1 Facultativas	2
1.1.1 Dirección de la empresa contratante	2
1.1.3 Director de Proyecto	2
1.1.4 Moldista	2
1.1.5 Personal de mantenimiento de la maquinaria	2
1.1.6 Instaladores	2
1.1.7 Operarios	3
1.2 Económicas	3
2. Especificaciones de los Materiales y Elementos	3
2.1 Listado de Materiales	3
2.2 Calidades Mínimas	9
2.3 Piezas Normalizadas	10
3 Reglamentación y Normativa Aplicable	11
4. Aspectos del contrato que se refieran directamente al Proyecto	13
4.1 Limitaciones en los Suministros	13

## 1. Condiciones Técnicas Generales

### 1.1 Facultativas

#### 1.1.1 Dirección de la empresa contratante

Gestionará la actuación de los diversos departamentos de la empresa y participará en la toma de decisiones en caso de que se requiriese.

#### 1.1.2 Diseñador

Será el encargado del desarrollo de la idea, desde los estudios de mercado hasta el desarrollo de planos y sugerencias sobre los métodos de fabricación, incluyendo la generación de conceptos y el desarrollo de aquel que se decida finalmente llevar a cabo. Durante dicho desarrollo deberá recabar la información necesaria y hacérsela saber a su cliente, participando éste activamente en la toma de decisiones importantes. También deberá informar de los costes estimados del proyecto y, en caso de que fuera necesario, realizar las modificaciones pertinentes que pudieran aparecer durante el desarrollo del proyecto debidas a fallos de diseño.

No será considerado responsable de cualquier mal funcionamiento o defecto del producto derivado del proceso de fabricación y que no estuviese relacionado con fallos en el propio diseño.

#### 1.1.3 Director de Proyecto

Será responsable de las modificaciones y complementos al proyecto. Supervisará los métodos de fabricación, certificación y pruebas que hubieran de realizarse en el cambio de marchas o en las instalaciones y maquinaria destinadas a su producción. También supervisará las actuaciones necesarias en el plan de control de calidad del producto, dando fe de que el producto se fabrica de acuerdo a las especificaciones requeridas.

#### 1.1.4 Moldista

Diseñará los moldes necesarios para la fabricación de las piezas que necesiten de un molde para su fabricación, ciñéndose en la mayor medida de lo posible al presupuesto establecido. Una vez diseñado el molde supervisará que este funciona correctamente durante la fabricación del producto, en caso de que hubiera algún defecto en el diseño del molde estará obligado a buscar las correspondientes soluciones para solventar el problema.

#### 1.1.5 Personal de mantenimiento de la maquinaria

Se encargarán de que las diferentes maquinas que intervienen en el proceso de fabricación de la cesta funcionen perfectamente, solventando todos aquellos problemas técnicos que estas pudieran ocasionar.

#### 1.1.6 Instaladores

Se encargaran de la instalación de las máquinas así como de los programas necesarios para su funcionamiento.

## 1.1.7 Operarios

Se encargarán de los procesos propios de la cadena de producción, reponer materiales necesarios para las máquinas de producción, mover las piezas, y montar los cambios de marchas y preparar los moldes para la maquina de inyección.

## 1.2 Económicas

La empresa correrá con todos los gastos relacionados con el desarrollo del cambio de marchas, de acuerdo con lo estipulado en el documento presupuesto que se incluye en el proyecto.

Estos gastos incluirán los emonumentos de los empleados, adquisición de materiales, maquinaria, mantenimiento y el propio coste del presente documento proyecto, así como los trabajos no estipulados en que pudiera incurrir el diseñador.

## 2. Especificaciones de los Materiales y Elementos

### 2.1 Listado de Materiales

Los materiales de las correspondientes piezas son descritos exhaustivamente en la memoria técnica.

Aquí se presentará un breve extracto de los materiales que se deberán emplear para la realización de este producto:

#### Eje

Material Empleado: Acero F-1250

Método de Fabricación: Mecanizado

#### Soporte

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

#### Leva

Material Empleado: Acero F-1250

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado



### Soporte Engranajes

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Casquillo

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Corte

### Soporte Discos

Material Empleado: Acero F-1250

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Disco Transmisor

Material Empleado: Acero F-8110

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Empujador

Material Empleado: Acero F-1250

Método de Fabricación: Mecanizado

### Casquillo

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Corte

### Casquillo

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Corte

### Casquillo

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Corte

### Casquillo

Material Empleado: Acero F-1130

Método de Fabricación: Corte

### Alojamiento Plato Entrada

Material Empleado: Acero F-8110

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Alojamiento Plato Salida

Material Empleado: Acero F-8110

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Plato

Material Empleado: Acero F-1250

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Engranaje Satélite

Material Empleado: Acero F-8110

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### Engranaje Corona

Material Empleado: Acero F-8110

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### **Carcasa 1**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### **Carcasa 2**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### **Carcasa Media**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### **Chaveta Paralela DIN 6885 2 x 2 x 8**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Grupilla DIN 471 10 x 1**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Junta Tórica DIN 3881 6.9 X 1.8**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Resorte Torsión**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Pasador ISO 2338 4 h8 x 12

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Pasador ISO 2338 2 h8 x 8

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Rodamiento SKF 706 CD P4A

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Arandela DIN 125 M8

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Tuerca ISO 4035 M8

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Rodamiento DIN 615 12 x 32 x 7

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Rodamiento DIN 615 10 x 28 x 8

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Resorte Compresión**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Rodamiento de Agujas ISO 1206 5 x 13 x 10**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Pasador ISO 2338 5 h8 x 14**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Rodamiento DIN 625 SKF 61807**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Retén ISO 6194/1 35 x 50 x 8**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Rodamiento DIN 625 SKF 61800**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### **Retén ISO 6194/1 10 x 22 x 7**

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Tornillo ISO 7045 M5 x 8

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Retén HMSA 10 12 x 32 x 7

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

## 2.2 Calidades Mínimas

Los parámetros mínimos exigidos para los materiales son los que se muestran a continuación. Estos se comprobarán a través de los métodos de calidad habituales para la parte contratante, y en el caso de no disponer de un método habitual, adoptará aquel que al menos le permita cubrir con garantías las exigencias de la normativa de calidad aplicada por ella habitualmente.:

#### Aluminio:

Nombre Técnico: Aluminio 6061 T6

Densidad: 2.60 gr/cm<sup>3</sup>

Módulo de Young: 69 GPa

Alargamiento a Rotura: 10%

Relación de Poisson: 0.33

Resistencia a Tracción: 290 MPa

#### Aceros:

Nombre Técnico: Acero F-1130

Densidad: 7.87 gr/cm<sup>3</sup>

Módulo de Young: 205 GPa

Alargamiento a Rotura: 12%

Relación de Poisson: 0,29

Resistencia a Tracción: 530 MPa

Nombre Técnico: Acero F-1250

Densidad: 7.85 gr/cm<sup>3</sup>

Módulo de Young: 205 GPa

Alargamiento a Rotura: 17.7%

Relación de Poisson: 0,29

Resistencia a Tracción: 655 MPa

Nombre Técnico: Acero F-8110

Densidad: 7.15 gr/cm<sup>3</sup>

Resistencia a Tracción: 276 MPa

### 2.3 Piezas Normalizadas

Las piezas normalizadas que se van a adquirir fuera del proceso productivo propio son las que se enumeran a continuación, y deberán cumplir con las especificaciones del fabricante en todo momento, además de las indicaciones detalladas por este proyecto.

### 2.4 Ensayos de Materiales

#### Aluminios y Aceros

Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente **UNE-EN ISO 6892-1:2010**

Los ensayos anteriores se realizarán en un laboratorio independiente con certificación **ISO 9001** y los gastos correrán a cuenta de la empresa contratante.

Todos los prototipos fabricados se someterán a ensayos de funcionamiento y controles de calidad para asegurar que el producto final cumple con las especificaciones requeridas. Los ensayos incluirán la comprobación de ciclos de funcionamiento del cambio de marchas, haciendo que con la fuerza del motor realice ciclos de funcionamiento del mismo. También incluirán la comprobación manual del funcionamiento antes del montaje de la carcasa.

De igual manera cada producto final, antes de ser embalado, debe pasar por el banco de pruebas para verificar su correcto funcionamiento, será de obligado cumplimiento el ajuste del equipo que será llevado a cabo por personal especializado y preparado para este cometido. En estas funciones se incluyen las siguientes:

Aseguramiento de los ensamblajes: El operario corroborará que las piezas están colocadas de la manera adecuada.

Prueba de funcionamiento con todos los accesorios con los que se embalará. De este modo se comprueba que el conjunto testado no sufrirá ningún problema de uso.

### 2.5 Maquinaria

El mecanizado de las piezas que así lo precisan se realizará con una fresadora CN y el corte de la chapa mediante troquelado. Para las piezas soldadas se recurrirá a la soldadura TIG.

### 2.6 Equipos

En los equipos necesarios, distinguiremos los equipos humanos y los equipos de herramientas.

Los equipos humanos los formarán personal cualificado con al menos Grados Formativos o Ciclos superiores de Formación profesional en mecánica y electricidad/electrónica para el ensamblado de piezas o para los montajes eléctricos.

Se permitirá el empleo de personal con discapacidades en tareas sencillas y en los márgenes marcados por la legislación vigente.

En cuanto a los equipos de herramientas, deberán incluir Llaves dinamométricas, guantes y otros protectores que se estimen necesarios según el puesto y la función a desempeñar (gafas, mono de trabajo, botas con puntera reforzada, etc.), útiles adecuados para el ensamblaje y el desensamblaje, Banco de trabajo y todas las que el departamento de producción de la empresa considere necesarias para cada puesto concreto de trabajo.

Los puestos que por desempeñar una función muy específica no emplean parte del juego de herramientas completo designado, no será necesario que dispongan de la parte no empleada. Por otro lado, si se emplea alguna herramienta de modo puntual, esta si deberá estar incluida en el juego de herramientas del puesto.

## 3 Reglamentación y Normativa Aplicable

La responsabilidad relativa a aquellos daños producidos bien en personas, instalaciones o en el propio equipo pertenecerá únicamente a la persona que manipule incorrectamente de cualquier modo en cualquier dispositivo interno o externo del equipo.

De todos modos, se deberán adoptar las medidas normativas y reglamentos adecuados para garantizar la seguridad en el funcionamiento de las instalaciones, en la seguridad de la información, etc. De este modo se podrá garantizar que la parte contratante se acerca a cumplir un estándar de calidad elevado (al que se debe añadir las prácticas exigidas por el sistema de calidad perseguido por la parte contratante, sea ISO 9000, EFQM u otro)



Relativas a las máquinas:

**UNE EN 414:01 EN 414:00** Reglas para el diseño y presentación de las normas de seguridad.

**UNE EN 457: 93 EN 457: 92** Señales audibles de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.

**UNE EN 626-2:97 EN 626-2:96** Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las maquinas. Parte 2 :Metodología para especificar los procedimientos de verificación.

**UNE EN 953:98 EN 953:97** Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.

**UNE EN 954-1:97+Erratum:98 EN 954-1:96.** Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.

**UNE EN 981:97 EN 981:96** Sistema de señales de peligro y de información auditivas y visuales.

**UNE EN 1050:97 EN 1050:96** Principios para la evaluación del riesgo.

**UNE EN 1093-1:99 EN 1093-1:98** Valoración de la emisión de sustancias peligrosas transportadas por el aire. Parte 1: Selección de los métodos de ensayo.

**UNE EN 1837:99 EN 1837:99** Alumbrado integral de las máquinas

**UNE EN 12786:00 EN 12786:99** Guía para la elaboración de los capítulos sobre vibraciones de las normas de seguridad.

**UNE EN 13478:02 EN 13478:02** Prevención y protección contra incendios.

**UNE EN ISO 14159:04 EN 14159:04** Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas.

Gestión de la Seguridad de la Información:

**UNE/ISO 17799** Gestión de la Seguridad de la Información

Equipos de protección individual (directiva 89/686/CEE)

Protección respiratoria:

**UNE EN 133:02**

Protección de los ojos:

**UNE EN 166:02**

Ropas de protección

**UNE EN 340:04**

Protección de pies y piernas

**UNE EN 346:93 +A1:97**

Protección contra caída de alturas

**UNE EN 341:97**

Protección auditiva

**UNE EN 352-1:03**

Protección de la cabeza

**UNE EN 397:95 +ERRATUM:96 +A1:00**

Ergonomía

**UNE EN 547:97**

## 4. Aspectos del contrato que se refieran directamente al Proyecto

### 4.1 Limitaciones en los Suministros

Las materias primas se comprarán respectivamente al proveedor que mejor precio ofrezca. En caso de que el material solicitado no cumpla con los ensayos a los que se verá sometido, los gastos ocasionados serán sufragados por el proveedor y se recurrirá al suministrador de reserva para la compra de material.

En caso de que el suministro se retrase respecto a la planificación establecida, el proveedor deberá afrontar una penalización equivalente a los días de retraso, y podría ver rescindido el contrato en caso de que dichos retrasos sean reincidentes o superen los quince días.

Las materias primas serán medidas en Kilogramos, y se pagarán descontando la cantidad de material que sea necesaria para la realización de ensayos. Si la calidad de una partida es desigual sólo se abonará el material utilizable.

Cualquier modificación sobre el proyecto deberá ser acordada entre las partes involucradas en dicha modificación. El coste incurrido por causa de la misma será abonado por la parte que sea responsable de dicha modificación. En caso de que las modificaciones provoquen un retraso en la materialización del proyecto, se procederá al pago de una cantidad acordada por parte de la empresa responsable al fabricante del producto. De igual manera cualquier retraso causado por la empresa fabricante y que se considere que perjudica a los proveedores será indemnizado de igual manera.

Las pruebas y ensayos necesarios, expuestos en el apartado 2.4, serán sufragados por el suministrador y realizados por un laboratorio independiente que garantice los resultados obtenidos.

Los suministradores de materias primas deben garantizar las calidades mínimas especificadas en el contrato. Igualmente deben garantizar que se entregarán en condiciones óptimas y que serán aptos para su uso durante al menos la duración del

proyecto. La empresa suministradora no se hará responsable de los daños que se puedan producir en el material debidos a un almacenamiento del mismo en condiciones diferentes a las estipuladas.

La empresa fabricante garantizará el correcto funcionamiento del producto durante los dos años que marca la ley. Dicha garantía no contempla los daños derivados de un mal uso o accidentales. En caso de que la causa de mal funcionamiento sea achacable a las piezas suministradas por un proveedor, los costes serán asumidos por la empresa fabricante siempre y cuando el número de unidades defectuosas sea inferior al 5% de la producción total. En caso de que el mal funcionamiento fuese objeto de demanda o implicase una indemnización al usuario final, el porcentaje a pagar por cada parte se acordará en función de la cuantía.

---

# ESTADO DE MEDICIONES CAMBIO DE MARCHAS

Indice

Objeto 2

Listado Completo de Partidas 3

Capítulo 1 Eje 3

Capítulo 2 Discos 4

Capítulo 3 Platos 4

Capítulo 4 Engranajes Planetarios 5

Capítulo 5 Carcasa 5

### Objeto

Tiene como misión definir y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad del producto objeto del Proyecto.

Incluirá el número de unidades y definirá las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del Proyecto.

### Listado Completo de Partidas

A continuación se detallarán todas las piezas necesarias para la fabricación del cambio.

#### Capítulo 1 Eje

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
1.01.01	Eje	Uds	183 x 3	1	500
1.01.02	Soporte	Uds	74 x 10	1	500
1.01.03	Leva	Uds	61 x 42	1	500
1.01.04	Soporte Engranajes	Uds	120 x 10	1	500
DIN 6885	Chaveta Paralela	Uds	2 x 2 x 8	2	1000
DIN 471	Grupilla	Uds	10 x 1	4	2000
DIN 3771	Junta Tórica	Uds	6.9 x 1.8	1	500
1.01.05	Casquillo	Uds	10 x 12 x 2	1	500

## ESTADO DE MEDICIONES CAMBIO DE MARCHAS

Capítulo 2 Discos					
Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
1.02.01	Soporte Discos	Uds	25 x 34	3	1500
1.02.02	Disco Transmisor	Uds	40 x 24	3	1500
1.02.04	Empujador	Uds	22 x 5	3	1500
	Resorte Torsión	Uds		3	1500
ISO 2338	Pasador	Uds	4 h8 x 12	3	1500
ISO 2338	Pasador	Uds	2 h8 x 8	3	1500
706 CD P4A	Rodamiento de Bolas de Contacto Angular	Uds		6	3000
1.02.03	Casquillo	Uds	6 x 9.5 x 3	3	1500
DIN 125	Arandela	Uds	M6	3	1500
ISO 4035	Tuerca	Uds	M6	3	1500
Capítulo 3 Platos					
Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
DIN 615	Rodamiento	Uds	12 x 32 x 7	2	1000
DIN 615	Rodamiento	Uds	10 x 28 x 8	2	1000
1.03.01	Plato	Uds	96 x 20	1	500
1.03.02	Alojamiento Plato Entrada	Uds	88 x 46	1	500
1.03.03	Alojamiento Plato Salida	Uds	100 x 22	1	500
1.03.04	Casquillo Plato Entrada	Uds	12 x 14 x 7	1	500
1.03.05	Casquillo Plato Salida	Uds	10 x 12 x 10	1	500
1.03.06	Casquillo Plato Salida 2	Uds	10 x 12 x 6	2	1000
	Resorte Compresión	Uds		6	3000



## ESTADO DE MEDICIONES CAMBIO DE MARCHAS

### Capítulo 4 Engranajes Planetarios

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
1.04.01	Engranaje Corona	Uds	172 x 6	1	500
1.04.02	Engranaje Satélite	Uds	13 x 22 x 12	4	2000
ISO 1206	Rodamiento Agujas	Uds	5 x 13 x 10	4	2000
ISO 2338	Pasador	Uds	5 h8 x 14	4	2000

### Capítulo 5 Carcasa

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
1.05.01	Tapa Cadena	Uds	172 x 20	1	500
1.05.02	Tapa Izquierda	Uds	172 x 37	1	500
1.05.03	Carcasa	Uds	172 x 62	1	500
DIN 625	Rodamiento	Uds	SKF 61807	1	500
ISO 6194/1	Retén	Uds	35 x 50 x 8	1	500
DIN 625	Rodamiento	Uds	SKF 61800	1	500
ISO 6194/1	Retén	Uds	10 x 22 x 7	1	500
ISO 7045	Tornillo	Uds	M4 x 8	18	9000
HMSA 10	Retén	Uds	12 x 32 x 7	1	500

---

# PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Indice

1. Objeto	2
2. Presupuesto de Ejecución Material	3
Capítulo 1 Eje	3
Partida 1.1 Eje	3
Capítulo 2 Discos	6
Capítulo 3 Platos	9
Capítulo 4 Engranajes Planetarios	12
Capítulo 5 Carcasa	13
Capítulo 6 Montaje	15
Partida 6.1 Montaje	15
Capítulo 7 Embalaje	16
Partida 7.1 Embalaje	16
3. Resumen del Presupuesto de Ejecución Material	17
Resumen Capítulo 1: Eje	17
Resumen Capítulo 2: Discos	17
Resumen Capítulo 3: Platos	18
Resumen Capítulo 4: Engranajes Planetarios	18
Resumen Capítulo 5: Carcasa	19
Resumen Capítulo 6: Montaje	19
Resumen Capítulo 7: Embalaje	19
4. Presupuesto Total	20

### 1. Objeto

El presupuesto tiene como objeto determinar el coste económico del proyecto.

## 2. Presupuesto de Ejecución Material

A continuación se detallarán todas las piezas necesarias para la fabricación del cambio.

### Capítulo 1 Eje

#### Partida 1.1 Eje

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.1.1	Material	€	0.05
1.1.2	Mano de Obra	€	0.45
1.1.3	Medios Auxiliares	€	1.21

<b>Total Partida</b>	€	1.71
----------------------	---	------

#### Partida 1.2 Soporte

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.2.1	Material	€	0.01
1.2.2	Mano de Obra	€	1.24
1.2.3	Medios Auxiliares	€	2.43

<b>Total Partida</b>	€	3.68
----------------------	---	------

#### Partida 1.3 Leva

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.3.1	Material	€	0.02
1.3.2	Mano de Obra	€	1.35
1.3.3	Medios Auxiliares	€	3.03

<b>Total Partida</b>	€	4.40
----------------------	---	------

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 1.4 Soporte Engranajes

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.4.1	Material	€	0.03
1.4.2	Mano de Obra	€	1.19
1.4.3	Medios Auxiliares	€	2.32
<b>Total Partida</b>		€	3.54

### Partida 1.5 Chaveta Paralela

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.5.1	Elemento Comercial	€	0.33
<b>Total Partida</b>		€	0.33

### Partida 1.6 Grupilla

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.6.1	Elemento Comercial	€	0.02
<b>Total Partida</b>		€	0.02

### Partida 1.7 Junta Tórica

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.7.1	Elemento Comercial	€	0.20
<b>Total Partida</b>		€	0.20

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 1.8 Casquillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.8.1	Material	€	0.01
1.8.2	Mano de Obra	€	0.02
1.8.3	Medios Auxiliares	€	0.10

<b>Total Partida</b>	€	0.13
----------------------	---	------

## Capítulo 2 Discos

### Partida 2.1 Soporte Discos

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.1.1	Material	€	0.01
2.1.2	Mano de Obra	€	1.00
2.1.3	Medios Auxiliares	€	2.32

<b>Total Partida</b>	€	3.33
----------------------	---	------

### Partida 2.2 Disco Transmisor

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.2.1	Material	€	0.02
2.2.2	Mano de Obra	€	2.71
2.2.3	Medios Auxiliares	€	3.41

<b>Total Partida</b>	€	6.14
----------------------	---	------

### Partida 2.3 Empujador

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.3.1	Material	€	0.01
2.3.2	Mano de Obra	€	1.04
2.3.3	Medios Auxiliares	€	2.30

<b>Total Partida</b>	€	3.35
----------------------	---	------

### Partida 2.4 Resorte Torsión

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.4.1	Elemento Comercial	€	0.50

<b>Total Partida</b>	€	0.50
----------------------	---	------



## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 2.5 Pasador

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.5.1	Elemento Comercial	€	0.03

<b>Total Partida</b>	€	0.03
----------------------	---	------

### Partida 2.6 Pasador

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.6.1	Elemento Comercial	€	0.05

<b>Total Partida</b>	€	0.05
----------------------	---	------

### Partida 2.7 Rodamiento de Bolas

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.7.1	Elemento Comercial	€	5.96

<b>Total Partida</b>	€	5.96
----------------------	---	------

### Partida 2.8 Casquillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.8.1	Material	€	0.01
2.8.2	Mano de Obra	€	0.02
2.8.3	Medios Auxiliares	€	0.10

<b>Total Partida</b>	€	0.13
----------------------	---	------

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 2.9 Arandela

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.9.1	Elemento Comercial	€	0.04

<b>Total Partida</b>	€	0.04
----------------------	---	------

### Partida 2.10 Tuerca

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.10.1	Elemento Comercial	€	0.19

<b>Total Partida</b>	€	0.19
----------------------	---	------

## Capítulo 3 Platos

### Partida 3.1 Rodamiento

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.1.1	Elemento Comercial	€	9.77
Total Partida		€	9.77

### Partida 3.2 Rodamiento

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.2.1	Elemento Comercial	€	14.77
Total Partida		€	14.77

### Partida 3.3 Casquillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.3.1	Material	€	0.01
3.3.2	Mano de Obra	€	0.02
3.3.3	Medios Auxiliares	€	0.10
Total Partida		€	0.13

### Partida 3.4 Casquillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.4.1	Material	€	0.01
3.4.2	Mano de Obra	€	0.02
3.4.3	Medios Auxiliares	€	0.10
Total Partida		€	0.13

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 3.5 Casquillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.5.1	Material	€	0.01
3.5.2	Mano de Obra	€	0.02
3.5.3	Medios Auxiliares	€	0.10

<b>Total Partida</b>	€	0.13
----------------------	---	------

### Partida 3.6 Alojamiento Plato Entrada

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.6.1	Material	€	0.10
3.6.2	Mano de Obra	€	2.68
3.6.3	Medios Auxiliares	€	2.47

<b>Total Partida</b>	€	5.25
----------------------	---	------

### Partida 3.7 Alojamiento Plato Salida

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.7.1	Material	€	0.12
3.7.2	Mano de Obra	€	2.76
3.7.3	Medios Auxiliares	€	2.59

<b>Total Partida</b>	€	5.47
----------------------	---	------

### Partida 3.8 Plato

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.8.1	Material	€	0.04
3.8.2	Mano de Obra	€	3.22
3.8.3	Medios Auxiliares	€	2.23

<b>Total Partida</b>	€	5.49
----------------------	---	------

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 3.9 Resorte Compresión

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
3.9.1	Elemento Comercial	€	2.95

<b>Total Partida</b>	€	2.95
----------------------	---	------

## Capítulo 4 Engranajes Planetarios

### Partida 4.1 Engranaje Satélite

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.1.1	Material	€	0.02
4.1.2	Mano de Obra	€	1.43
4.1.3	Medios Auxiliares	€	1.63

<b>Total Partida</b>	€	3.08
----------------------	---	------

### Partida 4.2 Rodamiento Aguja

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.2.1	Elemento Comercial	€	4.45

<b>Total Partida</b>	€	4.45
----------------------	---	------

### Partida 4.3 Engranaje Corona

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.3.1	Material	€	0.12
4.3.2	Mano de Obra	€	2.43
4.3.3	Medios Auxiliares	€	2.21

<b>Total Partida</b>	€	4.76
----------------------	---	------

### Partida 4.4 Pasador

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.4.1	Elemento Comercial	€	0.06

<b>Total Partida</b>	€	0.06
----------------------	---	------

## Capítulo 5 Carcasa

### Partida 5.1 Tapa Cadena

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.1.1	Material	€	0.13
5.1.2	Mano de Obra	€	0.98
5.1.3	Medios Auxiliares	€	4.40

<b>Total Partida</b>	€	5.51
----------------------	---	------

### Partida 5.2 Tapa Izquierda

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.2.1	Material	€	0.20
5.2.2	Mano de Obra	€	1.36
5.2.3	Medios Auxiliares	€	4.39

<b>Total Partida</b>	€	5.95
----------------------	---	------

### Partida 5.3 Carcasa

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.3.1	Material	€	0.24
5.3.2	Mano de Obra	€	1.45
5.3.3	Medios Auxiliares	€	4.10

<b>Total Partida</b>	€	5.79
----------------------	---	------

### Partida 5.4 Rodamiento

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.4.1	Elemento Comercial	€	6.23

<b>Total Partida</b>	€	6.23
----------------------	---	------

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Partida 5.5 Retén

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.5.1	Elemento Comercial	€	5.70

<b>Total Partida</b>	€	5.70
----------------------	---	------

### Partida 5.6 Rodamiento

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.6.1	Material	€	8.26

<b>Total Partida</b>	€	8.26
----------------------	---	------

### Partida 5.7 Retén

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.7.1	Material	€	5.88

<b>Total Partida</b>	€	5.88
----------------------	---	------

### Partida 5.8 Tornillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.8.1	Material	€	0.07

<b>Total Partida</b>	€	0.07
----------------------	---	------

### Partida 5.9 Retén

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.9.1	Material	€	6.43

<b>Total Partida</b>	€	6.43
----------------------	---	------



### Capítulo 6 Montaje

#### Partida 6.1 Montaje

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
6.1.1	Material	€	0.10
6.1.2	Mano de Obra	€	6.46
6.1.3	Medios Auxiliares	€	2.50

<b>Total Partida</b>	€	9.06
----------------------	---	------

### Capítulo 7 Embalaje

#### Partida 7.1 Embalaje

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
7.1.1	Material	€	0.35
7.1.2	Mano de Obra	€	2.23
7.1.3	Medios Auxiliares	€	1.41

<b>Total Partida</b>	€	3.99
----------------------	---	------

### 3. Resumen del Presupuesto de Ejecución Material

#### Resumen Capítulo 1: Eje

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
1.1	Eje	1.71	1	1.71
1.2	Soporte	3.68	1	3.68
1.3	Leva	4.40	1	4.40
1.4	Soporte Engranajes	3.54	1	3.54
1.5	Chaveta Paralela	0.33	2	0.66
1.6	Grupilla	0.02	4	0.08
1.7	Junta Tórica	0.20	1	0.20
1.8	Casquillo	0.13	1	0.13

<b>Total Capítulo 1</b>	<b>14.40 €</b>
-------------------------	----------------

#### Resumen Capítulo 2: Discos

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
2.1	Soporte Discos	3.33	3	9.99
2.2	Disco Transmisor	6.14	3	18.42
2.3	Empujador	3.35	3	10.05
2.4	Resorte Torsión	0.50	3	1.50
2.5	Pasador	0.03	3	0.09
2.6	Pasador	0.05	3	0.15
2.7	Rodamiento de Bolas	5.96	6	35.76
2.8	Casquillo	0.13	3	0.39
2.9	Arandela	0.04	3	0.12
2.10	Tuerca	0.19	3	0.57

<b>Total Capítulo 2</b>	<b>77.04 €</b>
-------------------------	----------------

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Resumen Capítulo 3: Platos

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
3.1	Rodamiento	9.77	2	19.54
3.2	Rodamiento	14.77	2	29.54
3.3	Casquillo	0.13	1	0.13
3.4	Casquillo	0.13	1	0.13
3.5	Casquillo	0.13	1	0.13
3.6	Alojamiento Plato Entrada	5.25	1	5.25
3.7	Alojamiento Plato Salida	5.47	1	5.47
3.8	Plato	5.49	2	10.98
3.9	Resorte Compresión	2.95	6	17.70

<b>Total Capítulo 3</b>	<b>88.87 €</b>
-------------------------	----------------

### Resumen Capítulo 4: Engranajes Planetarios

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
4.1	Engranaje Satélite	3.08	4	12.32
4.2	Rodamiento Agujas	4.45	4	17.8
4.3	Engranaje Corona	4.76	1	4.76
4.4	Pasador	0.06	4	0.24

<b>Total Capítulo 4</b>	<b>35.12 €</b>
-------------------------	----------------

## PRESUPUESTO CAMBIO DE MARCHAS

### Resumen Capítulo 5: Carcasa

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
5.1	Tapa Cadena	5.51	1	5.51
5.2	Tapa Izquierda	5.95	1	5.95
5.3	Carcasa	5.79	1	5.79
5.4	Rodamiento	6.23	1	6.23
5.5	Retén	5.70	1	5.70
5.6	Rodamiento	8.26	1	8.26
5.7	Retén	5.88	1	5.88
5.8	Tornillo	0.07	18	1.26
5.9	Retén	6.43	1	6.43

<b>Total Capítulo 5</b>	<b>51.01 €</b>
-------------------------	----------------

### Resumen Capítulo 6: Montaje

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
6.1	Montaje	9.06	1	9.06

<b>Total Capítulo 6</b>	<b>9.06 €</b>
-------------------------	---------------

### Resumen Capítulo 7: Embalaje

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
7.1	Embalaje	3.99	1	3.99

<b>Total Capítulo 7</b>	<b>3.99 €</b>
-------------------------	---------------

## 4. Presupuesto Total

<b>Total Presupuesto de Ejecución Material</b>	279.49 €
--	----------

Gastos Generales (15%)	41.17 €
Beneficio Industrial (16%)	44.72 €
<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata</b>	365.38 €

IVA (21%)	76.73 €
Proyecto (4% PEM)	11.18 €
Dirección de Obra (4% PEM)	11.18 €
Control de Calidad (1% PEM)	2.79 €

<b>Presupuesto Total</b>	467.26 €
--------------------------	----------

CUATROCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS

---

# ANEXO DISEÑO BICICLETA

Indice	
Introducción	4
Requisitos	5
Tipologías	6
Bicicleta Urbana	7
Bicicleta de carretera	9
Bicicleta de campo	11
Estructura del Cuadro	14
Tipología seleccionada	16
Resistencia del Cuadro	17
Sistema eléctrico	21
Versión eléctrica	22
Materiales	23
Métodos de Fabricación	26
Geometrías	29
Estudio Ergonómico	32
Medidas estándar	36
Medidas Estándar: Pedalier	37
Medidas Estándar: Dirección	42
Medidas Estándar: Eje de Rueda	46



Medidas Estándar: Frenos	49
Medidas Estándar: Horquilla	54
Conceptos	55
Conceptos: Entramados	56
Entramado 1	57
Entramado 2	57
Entramado 3	58
Entramado 4	58
Entramado 5	59
Entramado 6	59
Entramado 7	60
Entramado 8	60
Conceptos: Entramado seleccionado	61
Conceptos: Desarrollo del Entramado	62
Concepto 1: Estructura Tradicional	63
Concepto 2: Dirección reforzada	64
Concepto 3: Tubo Doblado	65
Conceptos: Selección del Concepto a Desarrollar	66
Desarrollo del concepto	69
Desarrollo Formal	70

Tubo de Dirección	76
Compartimento Interno	78
Adaptación a Tallas	82
Ensamblaje	87
Accesorios	89
Componentes	90
Componentes: Horquilla	91
Componentes: Ruedas	93
Componentes: Potencia	95
Componentes: Manillar y Puños	96
Componentes: Sillín y Tija	97
Componentes: Dirección, Bielas y Pedalier	98
Componentes: Frenos y Pedales	99
Diseño Final: Dibujos de Presentación	100

### Introducción

El desarrollo de la bicicleta estará muy condicionado al propio desarrollo del mecanismo del cambio. El propósito de la bicicleta es en primer lugar el ser un método de presentar las ventajas del cambio, pese a que en la práctica la bicicleta vaya a tener una entidad propia y sea capaz de adaptarse a otros mecanismos de cambio. Por ello, el tipo de bicicleta a desarrollar y sus características serán en primer lugar determinadas por el cambio de marchas.

Existen en el mercado una gran variedad de tipologías de bicicleta. Desde modelos adaptados a su uso en velódromos hasta máquinas adaptadas exclusivamente al descenso por caminos de montaña escabrosos y con sistemas de suspensión más propios de una moto de motocross, pasando por bicicletas urbanas, de ciclismo en ruta, tandems, etc.

En principio, el sistema de cambio diseñado podría adaptarse a prácticamente cualquier bicicleta, aunque evidentemente habrá algunas que se beneficien más de dicho sistema. Las bicicletas de ciclismo en pista, por ejemplo, suelen limitarse a una única marcha, y un cambio automático les aportaría poca o ninguna ventaja. Por eso una parte muy importante en el diseño de la bicicleta será encontrar un entorno en el que, por un lado, sus ventajas sean más apreciadas, y por otro que permita ver su verdadero potencial.

Para tomar la decisión, en primer lugar se estudiarán las distintas tipologías existentes, que como ya se ha mencionado forman una lista bastante extensa. Una vez estudiadas, se procederá a la decisión sobre qué tipología de bicicleta es la más adecuada y al estudio de las bicicletas existentes en ella. Una vez estudiadas dichas bicicletas se procederá al diseño de la bicicleta, en el que se intentará mantener la compatibilidad de la misma con los accesorios actualmente existentes para bicicletas, y utilizar cuando sea posible elementos comerciales, como manillares, ruedas, sillines, etc.

Antes de pasar a dichos estudios, se procederá también al planteamiento de unos requisitos o especificaciones que el producto desarrollado deberá cumplir.

### Requisitos

La propia existencia de la bicicleta tiene su origen en ser una exposición de las ventajas de un cambio automático como el que se desarrolla. Por tanto, el primer requisito es estar en sintonía con las características de dicho cambio.

Otro requisito es que no debe ser una bicicleta muy específica. Es cierto que es imposible el desarrollo de un cambio que se adapte a cualquier posible uso, pero desarrollar una bicicleta para una disciplina concreta impediría demostrar las ventajas del cambio a usuarios ajenos a dicha disciplina.

Tampoco puede ser una bicicleta mediocre. El cambio desarrollado difícilmente podrá ser económico, aunque sólo sea debido a los automatismos y sensores necesarios, y por tanto no tiene sentido montarlo en una bicicleta de bajo coste que empeore las prestaciones que se puedan obtener.

En relación al primer requisito, es imprescindible que esté preparada para alojar elementos que pueda requerir el cambio, como una centralita o una batería.

No debe tratarse de una bicicleta con asistencia eléctrica al pedaleo. Es cierto que un cambio automático es una gran base para una bicicleta con asistencia eléctrica, pero al mismo tiempo dicha asistencia enmascararía las cualidades del cambio. Si el cambio, por ejemplo, tiene reacciones lentas pero se ven compensadas con la asistencia al pedaleo, se estará engañando a aquel que pruebe la bicicleta para emitir una opinión sobre el cambio.

Otro requisito importante es que a la hora de seleccionar la tipología de bicicleta, sea una en la que haya cierta aceptación de los cambios comparables al que se va a desarrollar.

Es imprescindible que la bicicleta cumpla con los estándares existentes y que permita el uso de accesorios comerciales, al menos en lo relativo a aquellos que sea más habitual incorporar o cambiar, como son los sillines y manillares.

De igual manera que debe adaptarse a los estándares y elementos comerciales existentes, deberá cumplir con la normativa existente y aplicable al producto.

### Tipologías

La variedad de tipologías de bicicletas existentes puede resultar abrumadora. Para facilitar el estudio se realizará una primera catalogación, en la que se dividirá a las bicicletas según el entorno de uso. Posteriormente, dentro de cada entorno se realizará una nueva subdivisión en función de características más específicas y propias de dicho entorno.

Las tipologías principales serían tres:

#### Bicicleta urbana

Adaptadas específicamente para su uso en ciudad. En ellas prima ante todo la practicidad, aunque también, por el entorno en el que se usan, se ven más influenciadas por la moda y consideraciones estéticas, ya que en muchos casos pueden ser consideradas como signo de estatus o pertenencia a grupos.

#### Bicicleta de carretera

En esta categoría se agrupan las bicicletas destinadas a recorrer grandes distancias o a ser utilizadas en competición. En ellas suelen primar la ligereza y las prestaciones, y en muchos casos los componentes de más alta gama se suelen destinar a éste tipo de bicicleta.

#### Bicicleta de campo

Mientras que las dos categorías anteriores suelen ser utilizadas sobre firmes asfaltados o, al menos, en buen estado, la bicicleta de campo está adaptada justamente a lo contrario, a su uso en terrenos difíciles. Una de las características principales debe ser su resistencia, ya que se utilizan en terrenos que maltratan bastante más la maquinaria que las otras tipologías.

A continuación se estudiarán separadamente dichas categorías de bicicletas. Como en algunos casos la fragmentación en estas tipologías es muy elevada, y es habitual que un mismo tipo de bicicleta sea llamado de maneras diferentes según la marca que la comercialice, no deben tomarse los nombres que se darán a las categorías al pie de la letra, sino de manera orientativa.

## Bicicleta Urbana

Dentro de las bicicletas urbanas encontramos una gran variedad de modelos, dado que aunque el entorno en el que se utilizan es el nexo común entre ellas, las necesidades del usuario pueden variar enormemente.

Por un lado encontramos las bicicletas plegables, que si bien llevan bastantes años pudiendo encontrarse en el mercado, es en la última década cuando han vivido un auge y un incremento de prestaciones considerable. Generalmente se trata de bicicletas con rueda pequeña (lo habitual son 20 pulgadas, pero también se pueden encontrar modelos con ruedas de 16 pulgadas o incluso de 24) y diseñadas para que se plieguen ocupando el mínimo espacio posible, de manera que se puedan guardar en una casa, subir en un transporte público sin resultar una gran molestia a otros pasajeros, etc. También existen algunos modelos con rueda grande, de 26 pulgadas o incluso 700c, pero dado el tamaño de las ruedas la portabilidad es mucho menor. En algunas ocasiones se utilizan en ellas cambios híbridos, ésto es, que combinan un desviador en la rueda trasera con un cambio de engranajes planetarios en el buje, de modo que se amplian las relaciones de cambio sorteando las limitaciones de espacio que supone una bicicleta compacta y con rueda pequeña.



Figura 1. Bicicleta Plegable. Tern Link.

La otra gran categoría de bicicletas urbanas serían las bicicletas utilitarias. Suelen tener rueda grande (700c), y generalmente tienen iluminación, portabultos en el manillar y sobre la rueda trasera y otros accesorios. Su principal ventaja es que son muy apropiadas para realizar trayectos en ciudad, bien al trabajo si se debe transportar un maletín o mochila, o para realizar compras no muy grandes. Son seguramente, además, el sector en el que mayor implantación está teniendo la electrificación, gracias a que se utilizan mucho en trayectos cortos, es fácil encontrar puntos en que recargar la batería y además es habitual que el usuario cargue mayores pesos en relación a sus capacidades.



Figura 2. Bicicleta Utilitaria. Faraday.

Además de estas dos categorías se debe mencionar que, al ser el entorno urbano generalmente poco exigente con la maquinaria, es muy habitual encontrar en él bicicletas básicas y de gama baja, bien de campo o bien de ruta, que se puedan adquirir por poco dinero.

Por último, como se mencionó anteriormente, es el entorno urbano el más expuesto a las modas. Como se puede imaginar, éstas cambian de manera periódica. Actualmente es cada vez más habitual encontrar bicicletas “fixies”, que carecen de rueda libre y frenos y por tanto para detenerlas debemos pedalear cada vez más despacio. Se trata de bicicletas muy sencillas, pero que en algunos casos montan componentes de muy alta gama y decoraciones llamativas y complejas.



## Bicicleta de carretera

Las bicicletas de carretera se pueden agrupar en tres tipologías principales.

La primera tipología serían las bicicletas de competición. Suelen ser bicicletas bastante agresivas, tanto desde el punto de vista de la geometría como de la ligereza, aunque siguen ofreciendo un cierto compromiso a la comodidad, dado que se suelen realizar muchos kilómetros sobre ellas. También suelen tener tubos diseñados con una mejor aerodinámica en mente.



Figura 3. Bicicleta de Competición. Specialized Venge.

Las bicicletas de resistencia son, en principio, muy similares a las de competición, aunque suelen tener una geometría menos compacta y que permite una posición más relajada, de modo que permiten a usuarios amateur cubrir grandes distancias sufriendo un menor cansancio postural que en una bicicleta de competición. Generalmente, además, suelen resultar más económicas, ya que al no tener un uso competitivo, suelen montar componentes de un menor precio.



Figura 4. Bicicleta de Resistencia. Merida Ride.



Por último encontramos las bicicletas de contrarreloj. De los tres tipos de bicicletas de carretera son las que presentan unas geometrías más agresivas, con el usuario en posición adelantada y muy inclinado sobre los manillares, que suelen tener las llamadas barras de triatlón que permiten colocar las manos más adelantadas para tener una postura más aerodinámica. Además, en busca de una menor resistencia aerodinámica suelen presentar tubos con formas complejas, de mayor sección y que generalmente implican un mayor peso, que se compensa por la mejor aerodinámica. Pese a que en competiciones del UCI las formas de la bicicleta y de sus tubos están reguladas, existen algunas marcas que tienen modelos que no cumplen dichas normas, destinadas a un uso no competitivo o para el triatlón, donde no se aplican las normas de la UCI. Un ejemplo de ésta tendencia sería la existencia de ciertos modelos que, en lugar de tener dos triángulos completos para sujetar la rueda trasera, eliminan el tirante superior en el lado en el que no está la cadena para utilizar en él un tirante inferior reforzado y mejorar, aunque sea levemente, la aerodinámica.



Figura 5. Bicicleta de Contrarreloj. Trek Speed Concept.

## Bicicleta de campo

Existen principalmente tres modalidades de bicicleta de campo, aunque cada una se puede subdividir en varios apartados.

La modalidad que presenta una mayor variedad son las bicicletas de montaña. Se trata de bicicletas con ruedas de gran diámetro y anchura, con ruedas de tacos. Generalmente suelen utilizar horquillas de amortiguación en la rueda delantera, y en muchas ocasiones también en la trasera. Como existe una gran variedad de modalidades en la práctica de la bicicleta de montaña, existen también muchas tipologías de bicicleta. Generalmente, si el uso que se le va a dar es más o menos rutero y con subidas, pero sin descensos importantes, se suele utilizar una suspensión de poco recorrido y geometrías que priman el pedaleo, mientras que en el otro extremo las bicicletas de descenso sacrifican la capacidad de pedaleo a cambio de suspensiones de largo recorrido y un mayor control en los descensos a gran velocidad y al negociar saltos. También existen, por supuesto, categorías intermedias que buscan un compromiso entre ambos usos.



Figura 6. Bicicleta de Montaña Subida. Marin Rift Zone.



Figura 7. Bicicleta de Montaña Descenso. Scott Gambler.

Otra modalidad diferente son las BMX, con ruedas de gran anchura pero poco diámetro, tamaño muy compacto y generalmente con una única marcha, que en muchos casos incluso es fija. Son bicicletas muy adaptadas a circuitos con saltos similares a los de motocross, a la realización de piruetas o a su uso en parques de skate. Su uso es tan específico que incluso existen modelos que prescinden totalmente del sillín.



Figura 8. Bicicleta de BMX. Monty Free.

La tercera gran categoría son las bicicletas mixtas. Se trata de bicicletas que combinan elementos de bicicletas de campo y bicicletas urbanas o de ruta. Suelen emplear geometrías y acabados similares a las bicicletas de las que derivan, pero presentando sistemas de suspensión o ruedas de tacos.

Un tipo específico de bicicleta mixta son las bicicletas de cross. Se trata de bicicletas muy similares a las de ruta, aunque con ruedas de mayor anchura y dibujo y con una estructura mucho más reforzada. Se utilizan en rutas que combinan tramos de asfalto con excursiones en el campo, aunque sin llegar a terrenos tan complicados como lo puede hacer una bicicleta de montaña.



Figura 9. Bicicleta de Ciclo-cross. Kona Super Jake.

Sin presentar la intención competitiva de las bicicletas de cross, pero con un concepto similar, están las bicicletas de trekking. Se trata de bicicletas con cuadros ruteros, generalmente suspensión delantera y ruedas similares a las de las bicicletas de cross. Generalmente tienen un manillar plano similar a los de las bicicletas de montaña o utilitarias, y al igual que éstas últimas permiten el montaje de gran variedad de accesorios si el usuario lo desea.



Figura 10. Bicicleta de Trekking. GT Transeo.



## Estructura del Cuadro

El cuadro de la bicicleta, al menos en bicicletas sin suspensión trasera, consta generalmente de dos triángulos. El delantero une la pipa de dirección con el pedalier y el tubo del sillín, mientras que el trasero (que en realidad son dos) une el tubo de sillín y el pedalier con la rueda trasera, que abraza por ambos lados. Evidentemente, dentro de dicha estructura básica se encuentran innumerables variaciones, tanto en sus dimensiones (adaptación a las diferentes tallas de los usuarios, o modificación de geometrías en función del uso que se le va a dar), como desde un punto de vista constructivo.



Figura 11. Estructura tradicional de doble triángulo.

Hasta mediados de los años noventa, cuando la Unión Ciclista Internacional (UCI) impuso restricciones a las formas de los cuadros de bicicleta para competición, era bastante habitual ver bicicletas de contrarreloj con chasis de carbono monoviga, que presentaban claras ventajas aerodinámicas. Actualmente, al no ser homologados, dicho tipo de chasis no se utilizan salvo en algunas competiciones que no se rigen por la homologación de la UCI (como por ejemplo el triatlón) y pocas empresas fabrican cuadros de éste tipo.

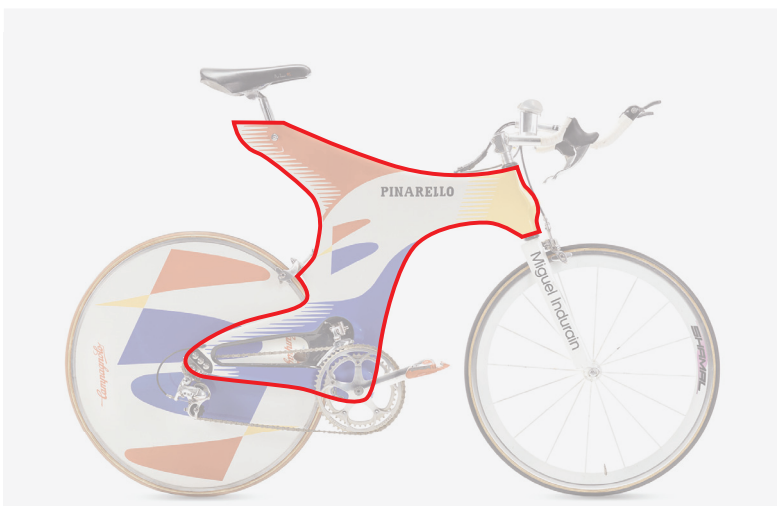


Figura 12. Estructura monoviga de una bicicleta de contrarreloj.

En cambio, en bicicletas utilitarias o destinadas al público femenino si es habitual encontrar cuadros que prescinden del tubo horizontal, dado que la altura es menor y es más cómodo subirse a ellas. Esta clase de estructuras presentan ciertas desventajas dado que la rigidez es menor y, o bien se obtiene un modelo menos rígido (lo cual no es tan importante en una bicicleta puramente urbana, por ejemplo) o se usan tubos de mayor tamaño y espesor que incrementan el peso.

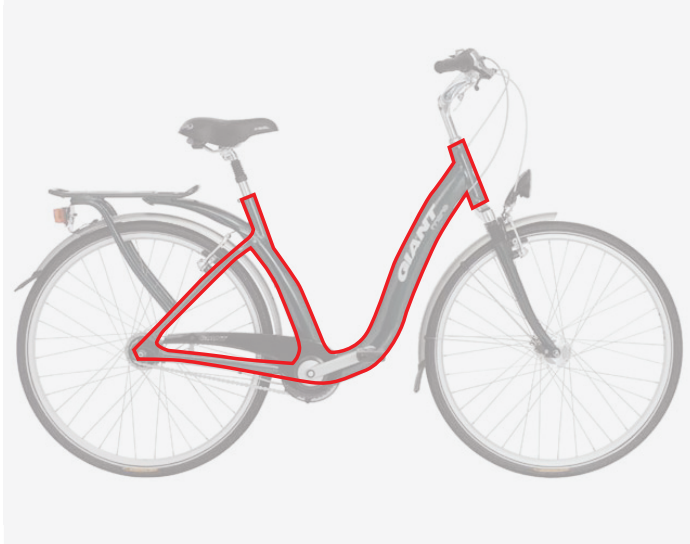


Figura 13. Estructura monoviga de una bicicleta utilitaria.

Otra variación posible, y que se encuentra en algunas bicicletas, es la modificación del triángulo posterior. La presencia de la cadena en el lado derecho hace complicado modificar esa parte, dado que los tubos deben evitar la cadena y no se pueden utilizar tubos de gran sección, pero en cambio en el lado izquierdo sí se puede ver alguna bicicleta que prescinde del tubo oblicuo (conocido en inglés con seatstay) y lo sustituye por uno horizontal de mayor sección (chainstay), lo cual tiene importantes ventajas aerodinámicas.

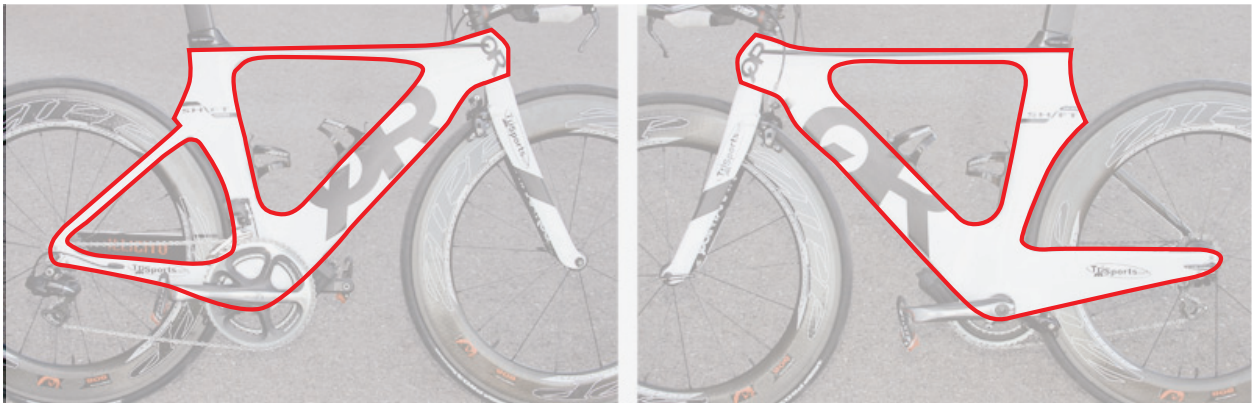


Figura 14. Estructura de un cuadro asimétrico. La imagen de la izquierda corresponde al lado de la cadena.

### Tipología seleccionada

La elección del tipo de bicicleta a desarrollar está muy influenciada por el cambio de marchas a utilizar. En primer lugar, hay que tener muy en cuenta el tipo de bicicleta en el que se suelen utilizar los cambios de marchas que se pueden considerar competencia del desarrollado. Generalmente dichos cambios se suelen utilizar en bicicletas que no buscan competir, y en muchos casos no están homologados para ello. Son especialmente populares en bicicletas urbanas o mixtas, donde el menor mantenimiento necesario es bastante apreciado, al igual que la comodidad que proporcionan, especialmente los cambios de tipo CVT en los que no hay salto de marchas apreciable. Como suelen además ser cambios con un coste elevado (se trata de precios cercanos en algunos casos a los 1000 euros) las bicicletas en las que se suelen utilizar son igualmente de gama medio-alta o alta.

Además se une el interés mostrado desde el principio de que la bicicleta permita conseguir unas prestaciones y variedad de usos que permitan lucir las ventajas del cambio en variedad de terrenos.

Con todos esos objetivos en mente, el tipo de bicicleta a desarrollar será una bicicleta mixta de trekking. Por un lado es un tipo de bicicleta en el que es relativamente habitual encontrar cambios ubicados en el buje trasero y que, por tanto, es uno de los segmentos naturales en los que el cambio espera tener éxito, junto con el de la bicicleta urbana. Además se trata de bicicletas que, sin ser especialistas, tienen una cierta versatilidad que les permite recibir un trato más o menos duro tanto en carretera como en campo, y por tanto permitiría apreciar cómo se comporta un cambio automático tanto a alta velocidad como en condiciones difíciles.

## Resistencia del Cuadro

Uno de los puntos clave en el diseño de un cuadro para bicicletas es conocer los esfuerzos a los que se verá sometido. Cada tipología de bicicleta podrá verse sometida a distinta clase de esfuerzos, y éstos serán de diferente magnitud. Una bicicleta de descenso, por ejemplo, se verá frecuentemente sometida a caídas a una velocidad elevada cada vez que el usuario salte, mientras que dicha situación es casi imposible que se de en una bicicleta de competición en ruta. Por el contrario, una bicicleta de ciclismo en ruta carece de suspensión y tiene neumáticos de poca sección, así que será recomendable que absorba irregularidades que en otras tipologías de bicicleta pueden ser absorbidas por la suspensión o por unos neumáticos de mayor tamaño.

La magnitud de dichas fuerzas no es fácil de discernir, y menos en el caso de saltos y caídas. Además, las bicicletas mixtas o de trekking, presentan la particularidad de prever un cierto uso fuera de pista, pero no muy extremo, y la información recopilable sobre su resistencia es escasa. Ninguna marca de bicicletas con cierto renombre da información precisa sobre la resistencia de sus bicicletas o el espesor de los tubos que utilizan, y al tratarse de un mercado secundario, pocas empresas de pequeño volumen se enfocan a la fabricación de éstas bicicletas.

Las empresas dedicadas a la fabricación de tubos para bicicletas, a diferencia de los fabricantes de bicicletas, sí ofrecen información detallada sobre espesores y diámetro de dichos tubos. Además, algunas de dichas empresas ofrecen también montajes recomendados, para fabricar bicicletas a partir de sus propios tubos. Algunas empresas que se dedican a la fabricación de tubos son Dedacciai, Columbus, Reynolds o Kaisei. En los catálogos de tubos de Dedacciai y Columbus, además de las medidas de las tuberías y de algunas piezas ensambladas que comercializan, existen montajes recomendados, indicando espesores, longitudes, etc. de las tuberías a usar. El problema es que dichos montajes se refieren o bien a bicicletas de ruta, o mountain bike, pero no a bicicletas de trekking. Como las peores condiciones a las que éstas bicicletas se van a usar serán iguales o inferiores a las que sufrirá una bicicleta de mountain bike, se tomará un montaje para bicicleta de mountain bike como objetivo a alcanzar en cuanto a resistencia.

Para poder conocer el objetivo de resistencia, entonces, se estudia en primer lugar un modelo basado en los montajes recomendados anteriormente mencionados. Una vez realizado el modelo y estudiada su resistencia se aplicarán los resultados obtenidos al cuadro de bicicleta diseñado, y se optimizará ajustando espesores para que al menos iguale la resistencia del montaje de referencia.

La metodología a seguir a la hora de comprobar la resistencia de la bicicleta se basará en la norma **UNE-EN 14764:2006**. En ella se especifican los diversos ensayos a los que se debe someter la bicicleta, tanto de impacto como de resistencia a la fatiga. Cabe notar que se trata de valores mínimos, y por tanto pueden no ser los apropiados para el uso que se va a dar a la bicicleta, de ahí la utilización de un modelo de referencia. Además, el software del que se dispone no permite la realización de ensayos a fatiga, lo cual incrementa la necesidad de tener dicho modelo.



El ensayo de choque, al no disponer de un modelo de horquilla con suspensión adecuado, se realizará con una tija maciza. Dicho ensayo se debe realizar con la bicicleta fijada por el eje de la rueda trasera, y dejando caer una masa de 22.5 Kg sobre la tija desde una altura de 180 mm, no permitiéndose, en el caso de usar una tija maciza, una deformación en la longitud entre ejes superior a los 15 mm. Suponiendo que la máxima deformación elástica que sufriría el conjunto sería igual a la máxima deformación permanente, la fuerza que debería soportar la bicicleta sería de menos de 300 Newtons. Partiendo de dicha cifra, se incrementarán las cargas aplicadas en el modelo de referencia hasta obtener la deformación permanente de 15 mm que exige la normativa.

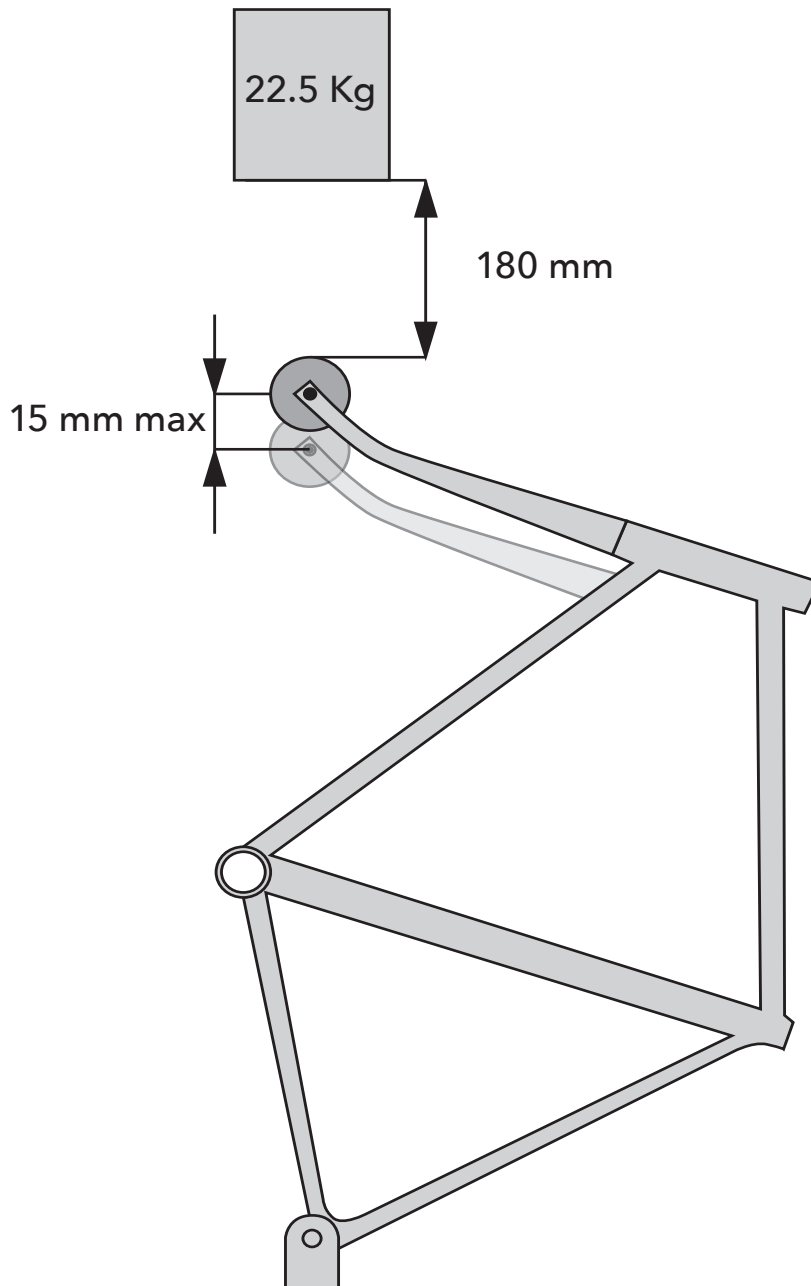


Figura 15. Metodología para realizar el ensayo de choque.

La normativa exige además que la bicicleta supere dos test de fatiga diferentes. En el primero se simula el pedaleo, utilizando una biela de sustitución que simula la aplicación de 1000 Newtons sobre los pedales alternativamente, con unas bielas de 175 mm de longitud situadas con una inclinación de  $45^\circ$ , estando la horquilla fija y apoyando la rueda trasera en una junta esférica. En el segundo se simula la fatiga con carga vertical, y para ello se fija la rueda trasera y se aplican 50000 ciclos de una carga de 1200 Newtons aplicada con el sillín a su altura máxima o, en su defecto, a 250 mm de altura, aplicándose 70 mm por detrás del eje del sillín.

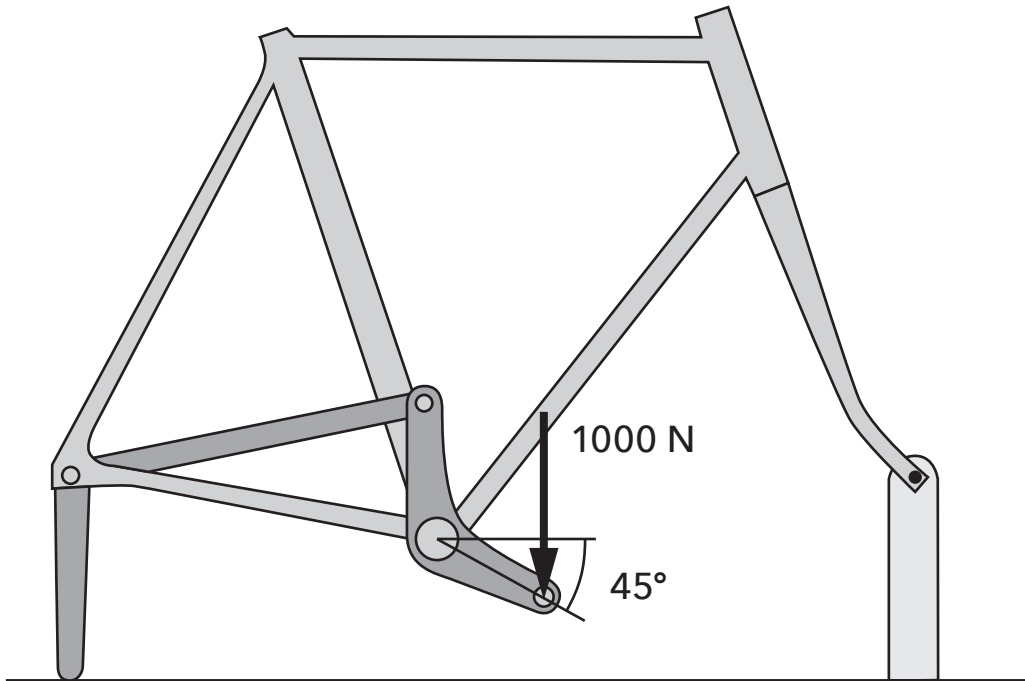


Figura 16. Metodología para realizar el ensayo de fatiga con fuerzas de pedaleo.

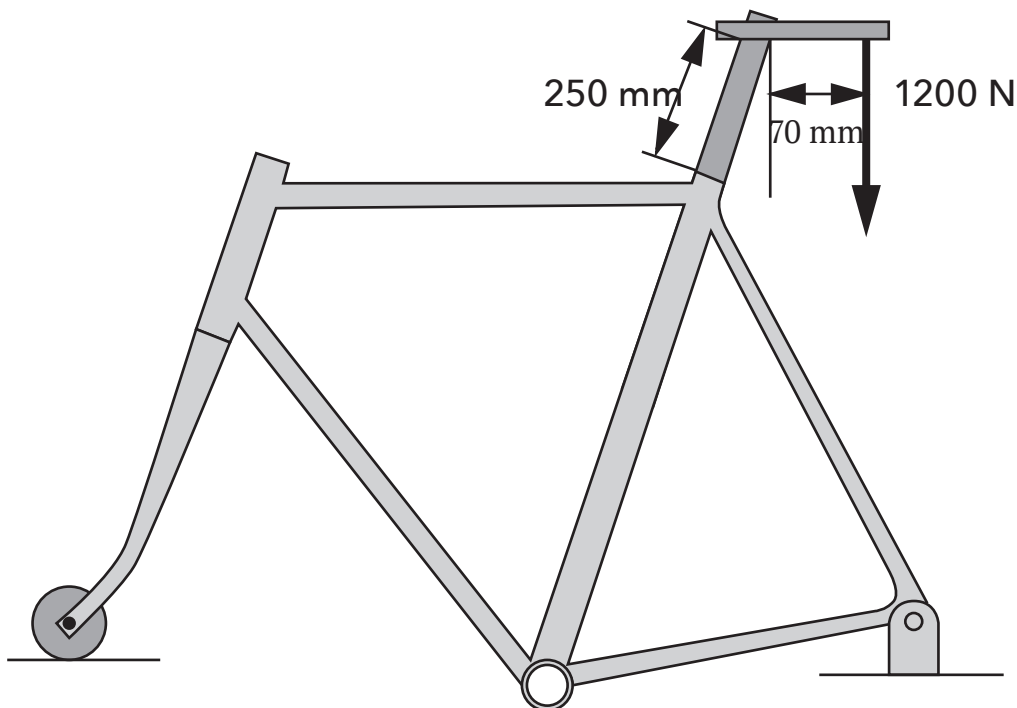


Figura 17. Metodología para realizar el ensayo de fatiga con carga vertical.

Como ya se ha mencionado, al no poder realizarse ensayos a fatiga, se someterá al modelo de referencia a dichos test, pero en lugar de aplicar la carga que estipula la normativa se probarán hasta que produzcan una deformación permanente. Una vez conocidos dichos valores, y realizado el modelo tridimensional de la bicicleta desarrollada, se aplicarán dichos valores de carga para comprobar si los resultados son adecuados o es necesario modificar espesores para hacerla más resistente, en caso de que no supere los test, o más ligera, en caso de que se le haya dado mayor rigidez de la necesaria.

## Sistema eléctrico

Una de las posibles desventajas del sistema de cambio automático es la necesidad de usar un motor eléctrico y, por consiguiente, baterías y cableado para alimentarlo. En sistemas de cambio electrónicos, como por ejemplo los di2 de Shimano, se recurre a una batería recargable de tamaño compacto que mueve los motores, y se recarga conectándola a la corriente eléctrica cuando no se usa la bicicleta. Para el diseño propuesto ésta solución no es la más óptima, porque al ajustarse la relación de cambios automáticamente (y de forma muy frecuente, en caso de que el usuario cambie de ritmo muchas veces o el terreno sea complejo) el consumo de la batería puede ser bastante superior. Además, los sistemas de cambio electrónicos están enfocados a un mercado profesional, mientras que el sistema propuesto debería ser posible de utilizar para un usuario que podrá olvidarse de recargar la batería.

Por ello se hace muy recomendable el uso de una dinamo. Así, durante el propio uso de la bicicleta la dinamo recarga la batería asegurando que, al menos mientras se utiliza, el motor eléctrico que ajusta el cambio siempre va a tener alimentación. Evidentemente el uso de una dinamo supone una serie de pérdidas mecánicas que harán que, con ella instalada, las prestaciones de la bicicleta disminuyan hasta cierto punto. Por tanto resulta un elemento opcional, que para el usuario casual será de gran importancia, pero aquel que busque prestaciones ante todo y sea disciplinado a la hora de cargar o cambiar la batería podrá prescindir de montarla.

En el montaje con dinamo, se abren además una serie de posibilidades muy interesantes. Al disponer de una batería y una dinamo que la mantiene cargada, además del motor eléctrico se pueden alimentar otra serie de dispositivos. El uso habitual de una dinamo es, en las bicicletas, el utilizarla para alimentar un sistema de iluminación. Otro uso hace por ejemplo Biologic, una empresa fabricante de accesorios para bicicleta, que comercializa sistemas que aprovechan la dinamo de la bicicleta para cargar dispositivos, como smartphones o reproductores mp3.

En el montaje de referencia se hará uso de la dinamo para alimentar la iluminación y el motor del cambio. Una evolución muy interesante sería el uso de una toma USB que no sólo permitiese cargar dispositivos, sino además ampliar la capacidad del sistema gracias al uso de los sensores integrados en algunos dispositivos, como era en parte la idea inicial. De éste modo, en lugar de ser un requisito, el smartphone se convierte en un accesorio que incrementa las posibilidades del dispositivo en caso de que el usuario lo desee.

## Versión eléctrica

En tiempos recientes el crecimiento del mercado de bicicletas eléctricas ha sido sumamente llamativo. Un sistema de cambio como el propuesto resulta muy atractivo para su uso en una bicicleta eléctrica, y por tanto se debe considerar la posibilidad de complementar ambos sistemas.

Para el desarrollo de dicha versión eléctrica es importante tener en cuenta que una de las ubicaciones más habituales para los motores en las bicicletas eléctricas, que es el buje trasero, es ocupado ya por el mecanismo del cambio. Afortunadamente existen otras alternativas. Es bastante popular también ubicar dicho motor en el pedalier, sustituyendo al mismo. Como puede imaginarse, un motor eléctrico no cabe en el pedalier, y por tanto las bicicletas que recurren a dicha solución tienen grandes modificaciones en la zona del pedalier que les permiten alojar el motor eléctrico. Como la versión eléctrica se plantea como una modificación del modelo que se va a desarrollar y no como un modelo independiente, tampoco sería la opción más adecuada.

Lo ideal sería sustituir la dinamo por un motor. Existen ya en el mercado bicicletas eléctricas en las que el propio motor actúa como generador en determinadas circunstancias, y la adopción de un motor así sería lo más adecuado, acoplándolo a la rueda delantera. Añadiendo un juego de baterías de mayor tamaño se conseguiría la alimentación necesaria para hacer funcionar el conjunto.

El problema que se puede plantear es que el motor consuma toda la carga de las baterías y la bicicleta se quede sin energía para accionar el cambio, lo que dependiendo de la situación y la relación de cambio puede hacer que la bicicleta quede prácticamente inutilizable. Para solucionar dicho problema se puede recurrir a dos estrategias.

Por un lado, se podría tener dos baterías completamente separadas para el motor eléctrico y para el cambio. Es una opción atractiva porque el motor que sirve para la asistencia eléctrica no funcionará con el mismo voltaje que el que acciona el mecanismo del cambio. Al existir dos baterías separadas, no se debe realizar una conversión del voltaje cada vez que se acciona el cambio, sino sólo cuando se cargue su batería. En su contra tiene el hecho de que incrementa el número de componentes, incorporando dos baterías, aunque se pueda mantener para el accionamiento del cambio la misma que se utiliza en la versión normal.

La otra opción es más sencilla desde un punto de vista de los componentes, y consistiría en establecer un límite, mediante el software que controla el sistema, que obligue a que el motor eléctrico no pueda entrar en funcionamiento cuando al hacerlo hiciese que la carga de la batería disminuyese de cierto nivel. Dicha carga podría corresponderse con la que se incluye en la versión normal de la bicicleta, o bien disminuirse si se considera adecuado.

En principio parece que la segunda opción, hacer que ambos sistemas compartan batería, es la más económica, pero antes de optar por una de las dos opciones deberían considerarse seriamente aspectos como las pérdidas que existirían al realizarse la conversión entre los voltajes, la frecuencia de dichas conversiones o las posibilidades de fallo.

## Materiales

Los materiales más habituales para la fabricación de cuadros de bicicleta son el aluminio y el acero, aunque el uso de éste último es cada vez menor, y restringido sobretudo a bicicletas de gama baja y algunos fabricantes artesanales. También existen modelos en fibra de carbono, y otros fabricados en aleaciones de titanio.

El acero fue durante años el material más utilizado en la fabricación de bicicletas, especialmente la aleación conocida como “Cromoly” que corresponde a aceros de la serie 41XX. Es un material muy económico, y con una buena resistencia, aunque bastante pesado. Su uso limita bastante la libertad a la hora de diseñar un cuadro, aunque la estética con tubos rectos de poco diámetro sigue teniendo su público entre los nostálgicos y amantes de lo “retro”. Además, debido al tipo de tubos usados y a su elevada densidad, por lo general se trata de cuadros que presentan cierta flexibilidad. Ésto contribuye a su popularidad entre ciertos usuarios, ya que aunque dicha flexibilidad hace que sean menos precisos y competitivos, su rodar es bastante cómodo. Antiguamente, éste tipo de cuadros se solían ensamblar utilizando camisas para unir unos tubos con otros, aunque la popularización de las soldaduras de tipo TIG ha hecho dicha práctica innecesaria. Una de las ventajas que sigue presentando es que su resistencia a la fatiga es muy buena, y además en caso de que el cuadro resulte dañado o presente fisuras es fácilmente reparable en caso de que el usuario lo desee.

La razón de que el aluminio sea el material más usado es el buen compromiso que ofrece entre ligereza y coste. Es un material bastante dúctil, lo cual implica que para conseguir una buena resistencia se deben usar tubos de diámetro y espesor más generosos que con el acero. Además, es fácil de extruir y moldear, lo que permite la creación de refuerzos internos en caso de que sean necesarios, y además se le pueden dar formas distintas al tradicional tubo redondo que pueden incrementar su resistencia a esfuerzos concretos. Lo habitual, como en casi todos los metales, es recurrir al uso de aleaciones que mejoran sus características. En el mundo del ciclismo, las aleaciones más utilizadas son la 6061 y la 7005, con tratamientos térmicos tipo T4 o T6. Si bien las actuales técnicas de soldadura hacen que soldar tubos de aluminio no sea difícil, sigue siendo necesaria cierta preparación de los tubos, especialmente al tener tratamientos térmicos, y no es recomendable su reparación en caso de sufrir roturas.

La fibra de carbono (en realidad, plástico reforzado con fibra de carbono, CFRP) es el material más utilizado entre las bicicletas de gama alta. Es un material con una relación entre peso y resistencia muy buena, y da lugar a cuadros muy rígidos y ligeros. Como principal desventaja destaca su precio, ya que tanto el material como los moldes y autoclaves necesarios encarecen el producto. Además no es especialmente bueno frente a impactos, dependiendo de la dirección en la que éstos se den, y no es fácil de reparar. Actualmente se utiliza en combinación con otros materiales en zonas especialmente expuestas, como el tubo oblicuo, para mejorar su resistencia a golpes e impactos. Dependiendo de la marca podemos encontrarlo junto con malla de kevlar, titanio u otros materiales.

El titanio es un material que, si bien es bastante utilizado en cuadros artesanales, nunca ha llegado a gozar de verdadera popularidad. Pese a que la relación entre peso y resistencia es muy buena, superior a otros materiales metálicos, su precio es muy elevado y es complicado de trabajar, requiriendo soldaduras muy costosas y restringiendo el uso de determinados procesos.

A continuación se realizará una tabla comparando las cualidades de los diferentes materiales. Se debe tener en cuenta que en el caso del CFRP, no tiene sentido hablar de límite elástico, ya que no hay deformación permanente, mientras que en los materiales metálicos ésta sí existe pero no es interesante alcanzarla. Para la fibra de carbono se toma el valor de resistencia con una disposición de las fibras alineadas con el esfuerzo a soportar. Generalmente, se suelen utilizar varias capas de tela de fibra de carbono con diferentes orientaciones, lo que mejora su comportamiento frente a esfuerzos en direcciones diferentes a la principal, pero disminuiría su resistencia en la dirección principal. Apartados como los costes o la facilidad de reparación son, como puede imaginarse, orientativos. Las aleaciones elegidas son las más habituales utilizadas en el ciclismo.

	Aluminio (6061 T4)	Acero (4118)	CFRP	Titanio (3-2.5)
Densidad	2.7 g/cm <sup>3</sup>	7.85 g/cm <sup>3</sup>	1.6 g/cm <sup>3</sup>	4.5 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia Mecánica	241 MPa	986 MPa	600 MPa	690 Mpa
Límite Elástico	145 MPa	645 MPa		586 MPa
Alargamiento	22%	17,5%	1%	15%
Costes	Medios	Bajos	Altos	Altos
Reparabilidad	Media	Buena	Nula	Media
Utilización	Muy Amplia	Amplia	Altas Prestaciones	Artesanal

Tabla 1. Comparativa de los distintos materiales más habituales en la construcción de bicicletas



## Métodos de Fabricación

Dependiendo del material a usar, los métodos de fabricación que pueden usarse varían de manera importante. Dicha diferencia es especialmente destacable entre los cuadros de materiales metálicos, que en mayor o menor medida pueden compartir métodos de fabricación, y aquellos de materiales compuestos, como CFRP u otras combinaciones que puedan existir.

En los cuadros de materiales metálicos lo más habitual es que el punto de partida sean tubos del material escogido. Tanto la caja del pedalier como el tubo de dirección deberán quedar como tubos redondos, aunque es posible que la caja del pedalier, dependiendo del tipo de pedalier que use, deba ser moldeada o requerir algún tipo de mecanizado. El tubo de la dirección, por su parte, suele ser recto, aunque en algunos modelos se encuentran direcciones cónicas y, por tanto, el tubo será cónico, además de que especialmente en direcciones antiguas deben tener alojamientos internos para cojinetes, o roscados en los que ajustar la dirección.

El resto de tubos del cuadro pueden seguir siendo tubos redondos o sufrir algún tipo de conformado. En bicicletas de gama media o alta, es bastante habitual que en dichos tubos se recurra al hidroconformado, que permite el uso de paredes de espesor controlado, ajustando el peso y la resistencia a niveles óptimos. En bicicletas de menor precio, series cortas y bicicletas artesanales, es más económico recurrir al doblado de los tubos para conseguir el efecto estético deseado, o recurrir a secciones no redondas para los tubos.

Existen múltiples empresas que comercializan tubos destinados a la fabricación de bicicletas. Generalmente dichas empresas ofrecen piezas específicas, como pueden ser el tubo de la horquilla o el pedalier, además del resto de tubos, con variedad de longitudes, grosores y espesores.

Para el ensamblaje de los tubos es casi universal el uso de la soldadura. Generalmente existen tres posibilidades a la hora de realizar la soldadura.

La primera, y más tradicional, es el uso de rácores. Es un tipo de soldadura que era muy habitual hace años, cuando conseguir una soldadura de calidad mediante TIG en cuadros de acero era muy complicado y caro de conseguir. Para ello se utilizan rácores o camisas, generalmente de cobre, que se colocan abrazando los tubos a unir y posteriormente se calientan hasta formar una soldadura entre las tres partes.

Similar es la soldadura a tope (o fillet brazing). También se unen los tubos y se utiliza un material de aporte diferente al acero que se va a unir, también en este caso de latón o cobre. En lugar de utilizar piezas con formas que abrazan ambos tubos exteriormente y que posteriormente ayudan a ornamentar el cuadro, el material se funde completamente hasta que une ambos tubos creando un anillo de soldadura tanto en la parte exterior como en la interior de la unión. Una vez realizada la unión se limpia y lia, pudiendo quedar una unión perfectamente lisa.

El método más habitual actualmente es la soldadura TIG, en la que los tubos se sueldan directamente entre sí. Este tipo de soldadura facilitó enormemente el desarrollo de cuadros de aluminio, dado que por otros métodos es muy difícil unir piezas de dicho material. Con el tiempo también acabó imponiéndose en la fabricación de cuadros de acero.

Puntualmente se han realizado uniones mediante otros métodos. En los primeros cuadros de aluminio, en los que conseguir una buena soldadura era tarea casi imposible y que, debido a las características del material, no era factible recurrir al uso de rácores o de soldadura a tope, se llegó a emplear adhesivos para unir los componentes, aunque con la adopción generalizada de soldadura TIG dicha práctica quedó en el olvido.

Otra técnica de unión poco extendida pero que se ha llegado a usar son uniones roscadas o mediante pernos, especialmente en bicicletas plegables. En ellas el tubo horizontal o el oblícuo presentan una bisagra, mientras que el otro tubo tiene una unión roscada que puede permitir un cuadro rígido durante el uso y que puede desmontarse fácilmente.

Dependiendo del material del que esté fabricado el cuadro, una vez soldado puede resultar necesario someter a algún tratamiento superficial al cuadro completo. Particularmente existen algunos aluminios (llamados “self tempering”, es decir auto-templados) que, una vez realizada la soldadura, se templan sólo si se les da suficiente tiempo de reposo. En caso contrario, es recomendable realizar un templado del cuadro una vez está completo. Para evitar posibles problemas, bien porque el templado no se realice adecuadamente o porque no se realice en absoluto, generalmente los tubos destinados a su uso en bicicletas suelen presentar doble conificado, teniendo un mayor espesor el material en sus extremos, que es donde se espera se realicen las soldaduras. En muchos casos dicho espesor puede ser el doble en los extremos del tubo que en su parte central, que no se verá afectada por el calor de la soldadura y por tanto no perderá sus características.

En cuanto a los cuadros fabricados en materiales compuestos, como puede entenderse los métodos de fabricación difieren enormemente. En términos generales, existen dos posibilidades a la hora de fabricar dichos cuadros.

La primera es la fabricación de cuadros monocasco. Como se puede imaginar, la fabricación de un cuadro completo en una sola pieza presenta grandes ventajas en cuanto a la resistencia del producto final y a las libertades que ofrece a la hora del diseño, aunque evidentemente requiere de técnicas y moldes mucho más complejos.

La segunda opción consiste en la fabricación de las diversas partes que componen el cuadro y su posterior unión. Resulta una opción especialmente interesante para pequeños fabricantes, que no tengan series suficientemente grandes como para justificar el coste de los moldes de un cuadro monocasco o que fabriquen bicicletas a medida, caso en el que sería impensable la creación de un molde para que cada unidad vendida, dado que en esos casos las partes a unir se pueden reducir incluso a los tubos mismos de fibra de carbono, con la excepción de piezas de tamaño común como puede ser el tubo de dirección o el pedalier.

En el caso de las bicicletas artesanales es bastante habitual que se recurra a la creación de “camisas” de fibra de carbono en las uniones. Para ello, se colocan los tubos en la posición adecuada, y se venda la unión con tela de fibra de carbono, lo suficiente para reforzar la unión. Posteriormente, se pinta con resina epoxi, y una vez realizadas todas las uniones se puede meter el conjunto en el autoclave.

En otras ocasiones, especialmente en marcas que si bien fabrican en serie no tienen la capacidad de realizar cuadros monocasco, se recurre al pegado. En éste caso, las piezas de unión tienen la forma adecuada para permitir un ensamblado a presión de los diversos tubos. Los extremos se limpian y se liján hasta que quedan sin irregularidades, se aplica adhesivo a las piezas y se unen a presión. Dependiendo del adhesivo utilizado, puede ser necesario el uso de un horno para secar la unión o dicho secado puede realizarse a temperatura ambiente.

## Geometrías

Desde un punto de vista ergonómico, uno de los elementos esenciales en una bicicleta es la geometría. Aunque muchos de sus elementos, como por ejemplo la altura del sillín o del manillar, son regulables, es inevitable que una sólo medida de bicicleta pueda satisfacer a cualquier usuario. Por eso, generalmente las bicicletas se clasifican en tallas, y la nomenclatura para las mismas, además, puede cambiar de un fabricante a otro. En algunos casos se utiliza un sistema similar al de la ropa, con tallas S, M, L, etc. Más habitual suele ser designar con números, que coincidirá con la longitud del tubo del sillín.

Para conocer la longitud de dicho tubo que se adapta mejor al usuario, debe medirse la pierna, que será algo menos del doble de la longitud de dicho tubo ( $\text{longitud tubo} = \text{longitud pierna} \cdot 0.54$ ). En cualquier caso, cada persona suele tener unas medidas corporales diferentes y, dependiendo de la medida del tronco y brazos puede ser que el usuario se encuentre más cómodo con una medida que no corresponde con la longitud de su pierna. También se deberá tener en cuenta que las proporciones en las medidas corporales suelen variar entre usuarios de género masculino y de género femenino, y las bicicletas para mujeres suelen tener unas geometrías diferentes adaptadas a dicha situación.

La cuestión de las tallas reviste más importancia de la que parece. En una práctica del ciclismo casual, no suele otorgársele tanta importancia, pero cuando se practica con intensidad una buena postura resulta imprescindible, y debe ajustarse la posición adecuadamente dado que una mala postura puede provocar molestias importantes.

Para el desarrollo de la bicicleta, se tomará como referencia la talla 48 (19 en pulgadas, y que corresponde a una talla M, aunque ésta nomenclatura es menos precisa). Se escoge dicha talla precisamente por ser una de las más habituales, y por tanto está presente en la mayoría de modelos de bicicleta. El tubo del sillín, que como ya hemos mencionado es el que nos dará la talla, se sitúa para las bicicletas de esta talla entre 480 y 490 mm de longitud.

En primer lugar se estudiarán las geometrías presentes en otras bicicletas pertenecientes a la misma categoría. Se tomarán los datos dados por los fabricantes, que suelen coincidir con las expresadas en la tabla 2.

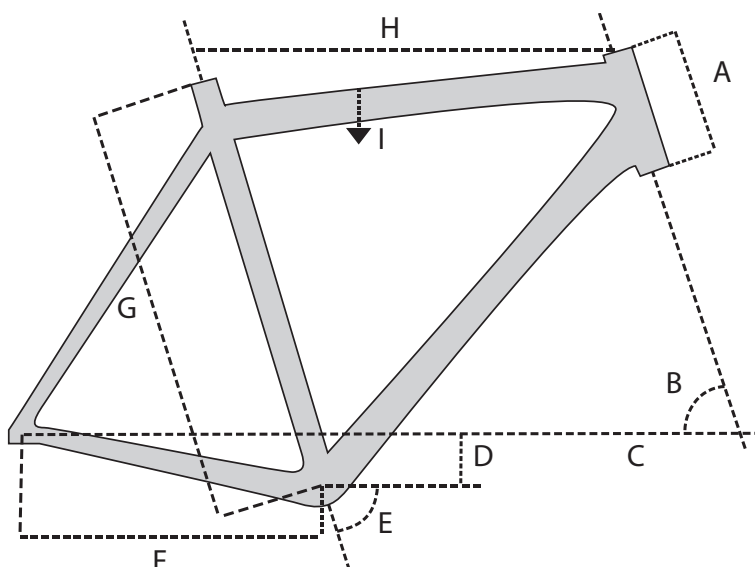


Figura 18. Medidas estudiadas. Las letras se corresponden con las utilizadas en la tabla 1.

	Marin SanRafael DS4 2014	GT Transeo 1.0 2014	Specialized Crosstrail Comp Disc 2014	Scott Sportster 10 2014	Merida Crossway 500 2014
A	120	155	120	125	135
B	71°	72°	70.5°	71.5°	71,5°
C	1086	1067.34	1090	1067.6	
D	50	72	60	56	70
E	73°	74°	73°	72,5°	73,5°
F	440	450	445	456	450
G	482.6	492	483	480	480
H	570.1	572.14	600	577	585
I	816	741,7	809	785	

Tabla 2. Medidas de las bicicletas de trekking existentes en el mercado.

Como se puede apreciar en la tabla, la mayoría de bicicletas pertenecientes a la categoría de bicicletas de trekking presentan unas dimensiones muy similares. Exceptuando el modelo de Specialized, que si bien presenta en general características que la encuadran como bicicleta de trekking tiene unas geometrías y dimensiones más cercanas a una bicicleta puramente de montaña, en el resto la mayoría de medidas pueden diferir a lo sumo en un grado o dos de inclinación o en un centímetro escaso de longitud.

Dicho resultado es, obviamente, el esperable en un mercado que funciona mediante un sistema de tallas. Las medidas corporales tomadas como referencia serán las mismas o muy similares en todos los casos, y al ser un producto del que se espera un uso más cómodo y no enfocado puramente a las prestaciones, el resultado final es muy similar. Así pues, de la tabla podemos obtener dos conclusiones.

En primer lugar, que salvo que se desee enfocar el producto a un mercado más específico, como hace Specialized, el rango de variación que podrán tener las medidas es muy escaso y afectará poco al rendimiento o comodidad del usuario.

En segundo lugar que, al no haber grandes diferencias en la geometría y, por tanto, en el comportamiento, gran parte de la decisión final de compra no se realizará por las características de la bicicleta, sino por factores como preferencias en cuanto a la marca que lo comercializa, la estética del producto, su precio y la calidad de los componentes que monta. No es en realidad una conclusión sorprendente, especialmente si pensamos que no son bicicletas destinadas a un uso competitivo o a usuarios expertos.

## Estudio Ergonómico

Como se ha visto anteriormente, la variabilidad en las dimensiones de otras bicicletas existentes en el mercado es bastante pequeña. Para el desarrollo de las dimensiones de la bicicleta a diseñar, se parte de medidas conocidas y fijas, como puede ser el tamaño de las ruedas o la longitud de las bielas. En segundo lugar, se definieron las medidas que más pueden definir el comportamiento de la bicicleta.

Seguramente una de las medidas que puede resultar controvertida es la altura entre el eje del pedalier y el eje de las ruedas. Cuanto menor sea la diferencia de altura de ambos ejes, mayor será la capacidad para negociar obstáculos de la bicicleta, porque el plato y los pies estarán más altos. Sin embargo, cuanto menor sea esa diferencia menor será la comodidad, especialmente a la hora de subirse a la bicicleta. Como en la práctica las bicicletas de trekking difícilmente serán usadas en un terreno en el que esa altura pueda ser decisiva, se decide ubicar el eje del pedalier 70mm por debajo del eje de las ruedas, en sintonía con las bicicletas del mercado que lo tienen más bajo.

El resto de medidas hacen primar el que la bicicleta sea poco extrema. La longitud del tubo de dirección se deja en unos 130mm, que es una medida bastante habitual. En cualquier caso, al poderse optar por el montaje de potencias con diferente inclinación y longitud, el usuario puede escoger en cualquier caso una postura más agresiva si es de su agrado. También se toma una distancia entre ejes de 1090mm que es de las más largas entre las bicicletas de similar orientación y talla, aunque la diferencia con las bicicletas más compactas sea pequeña. También se escoje una longitud de las vainas de 450mm que permita una buena distancia entre la rueda y el tubo del sillín, de manera que el usuario pueda montar ruedas con tacos si lo considera oportuno, o por el contrario montar guardabarros, sin que por eso la rueda deba chocar con ningún elemento.

Definidas estas medidas, y con unos ángulos de 72° para la horquilla y 73° para el tubo del sillín, que son los habituales, las medidas más importantes de la bicicleta quedan definidas.

Para verificar si dichas medidas son apropiadas, se verifica mediante el uso de un maniquí articulado. Como la medida que se suele utilizar como referencia a la hora de escoger la talla en una bicicleta (la longitud de la pierna, medida desde la ingle al suelo), no es una medida habitual para las tablas antropométricas, se hace un cálculo aproximado de dicha longitud en función de las medidas antropométricas disponibles, y como era de esperar dado que la bicicleta se diseña en tamaño medio, las medidas se aproximan muy bien al percentil 50. Creando un maniquí con dicha escala, ubicándolo en la postura de piernas recomendada para la comprobación de la talla de la bicicleta, se comprueba que la inclinación del ángulo del sillín es la adecuada, y que la postura resultante no exige ni una excesiva inclinación del tronco ni posturas forzadas en los brazos, además de que los pies no interfieran con el movimiento de la rueda delantera. Al existir una gran capacidad de adaptación, el objetivo es más comprobar que no hay ninguna medida que impida el uso de la bicicleta que a la propia comodidad, ya que el usuario adaptará la postura a sí mismo.

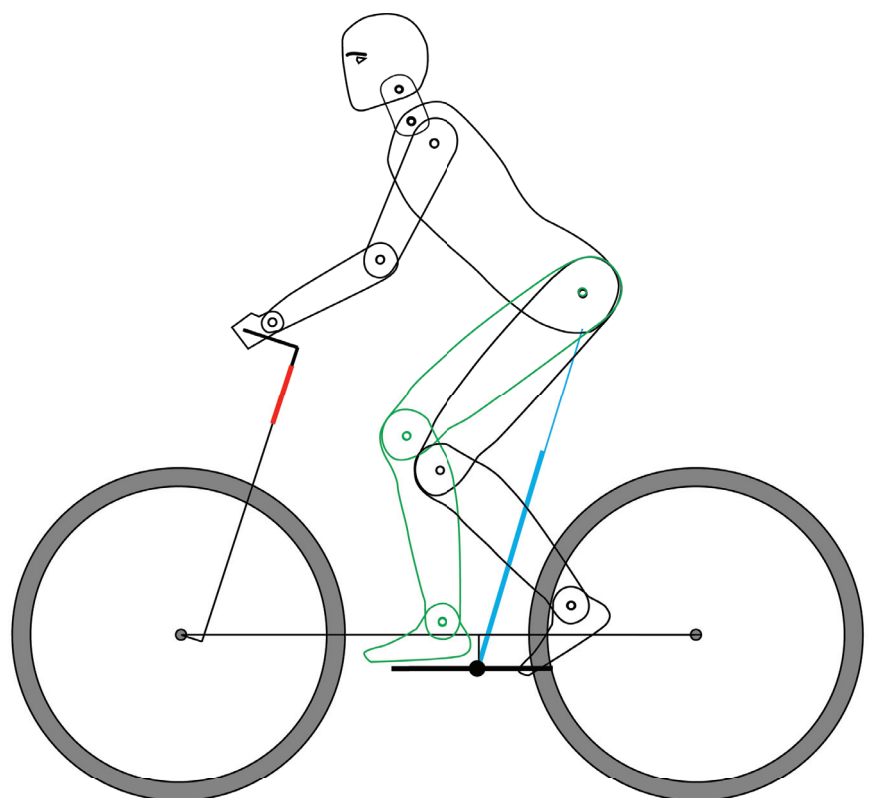


Figura 19. Maniquí en postura de comprobación.



También se aprovecha el haber realizado el maniquí para verificar cual es la altura máxima de standover [medida I en la figura xx, pag.19]. Se trata de la altura que puede alcanzar el tubo horizontal en su punto medio para no molestar al usuario de pie sobre la bicicleta. Nótese que la medida obtenida son 845 mm, que es superior a las que encontramos en los diversos fabricantes, que es lo esperable dado que en caso contrario obligaría al usuario a quedarse de puntillas, cosa poco deseable.

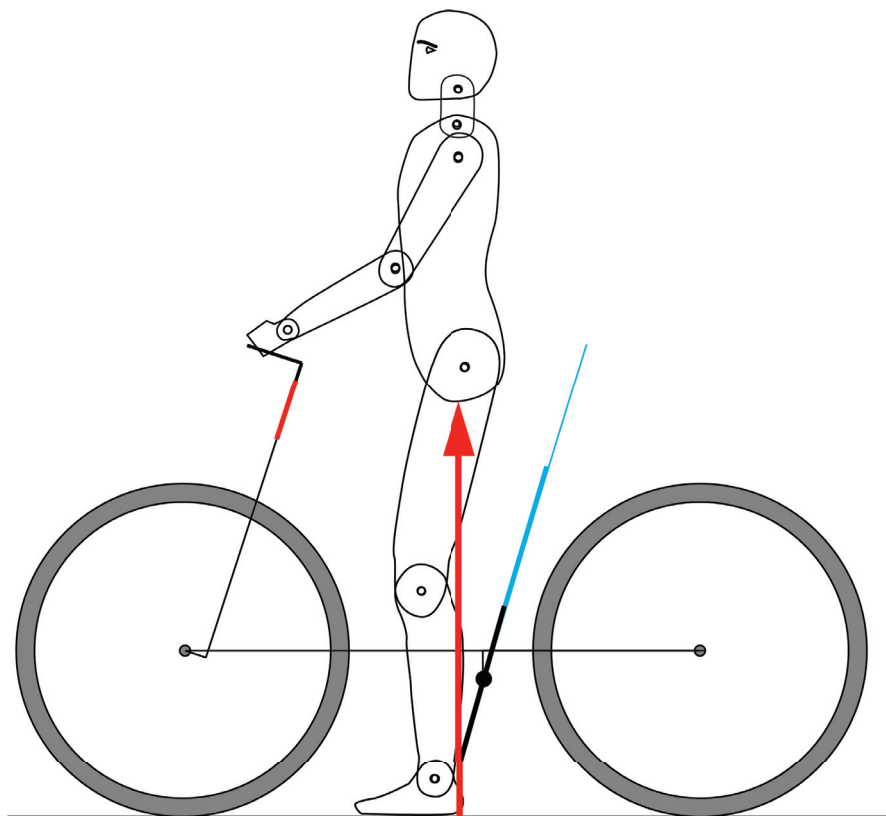


Figura 20. Comprobación del Standover, su altura mínima debe ser de 845 mm.

Por último, se comprueba con las piernas en las posiciones extremas que en ninguna de ellas se producen posturas especialmente incómodas o forzadas. Con las bielas alineadas con el tubo del sillín, que es la posición más extrema de las piernas, ni los ángulos entre el tronco y el muslo ( $80^\circ$ ), ni entre el muslo y la pierna ( $65^\circ$ ) llegan a ser posturas incómodas. Obviamente, al permitirse el ajuste de la altura del sillín o del manillar los usuarios con diferentes medidas pueden ajustar la posición a sus gustos y necesidades.

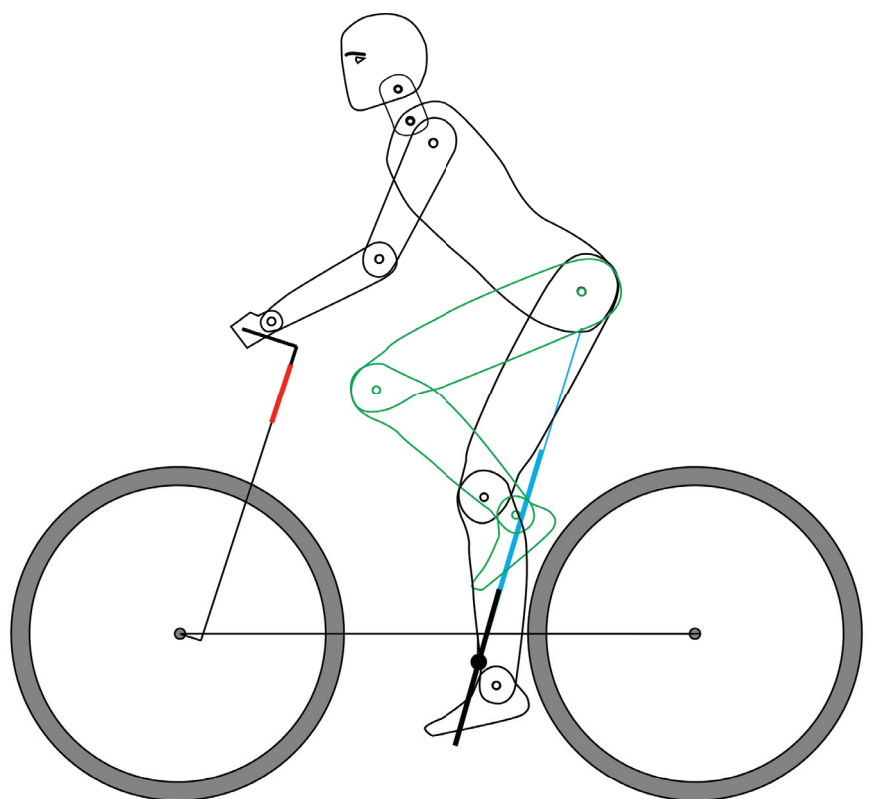


Figura 21. Posición de las piernas con la biela vertical. Se trata de la posición más extrema.

### Medidas estándar

En el diseño de bicicletas hay una serie de límites en cuanto a lo que se puede y lo que no se puede hacer, marcados por medidas estándar. Hablando con propiedad, habría que hablar de lo que se debe y lo que no se debe hacer, ya que nada impide utilizar medidas fuera de dichos estándares, pero al hacerlo se limita la variedad de componentes a los que puede acceder el usuario. No pocas veces han aparecido nuevas medidas estándar debido a que ofrecen suficientes ventajas, como por ejemplo punteras y ejes de mayor tamaño en bicicletas de campo, que las hacen más resistentes. Pero nunca aparecen a la ligera, sino cuando sus ventajas superan la molestia inicial de la falta de variedad en los componentes.

A continuación se estudiarán cuáles son esas medidas estándar, que suelen afectar ante todo a la separación de las punteras y al diámetro interno de determinados tubos. También se comentarán los estándares en cuanto a la construcción de determinados elementos, como por ejemplo las cajas del pedalier o los mecanismos de rueda libre para los piñones, ya que no siempre funcionarán igual y serán compatibles entre sí diversas piezas. Además se justificarán las decisiones tomadas en cuanto a qué estándares se utilizarán por considerarse más apropiados para una bicicleta como la que se pretende diseñar.

## Medidas Estándar: Pedalier

Una de las medidas que, habiendo unas cotas habituales, más variación presenta, es el eje del pedalier. Si bien tradicionalmente se han usado pedalieres roscados y una única medida que podía cambiar en la longitud del mismo dependiendo de si nos encontrábamos ante una bicicleta de campo o de carretera, en los últimos tiempos ha aparecido una gran variedad de medidas en ésta zona. La razón es la aparición de diversas interpretaciones en la implementación de ejes del pedalier sin roscar, en los que los cojinetes se introducen a presión. Igual que con los pedalieres roscados, las medidas cambian en función de que tengamos una bicicleta de campo o de carretera, pero además diversas marcas han optado por diferentes medidas. Afortunadamente, al no ser roscado, suele ser posible el uso de adaptadores que permitan montar un pedalier diferente a aquel para el que se diseñó la bicicleta. La razón última para haber dado el paso al uso de éstos pedalieres es, sobretodo, la búsqueda de una mayor rigidez, dado que permiten el uso de ejes de mayor diámetro, o presentan una mayor anchura que permite el uso de tubos sobredimensionados.

La nomenclatura utilizada en los pedalieres suele venir dada bien por la anchura de los mismos, o por el diámetro del eje que emplean.

### Pedalier Roscado

El estándar tradicional carece de nombre propiamente dicho, se suele conocer como pedalier roscado. En él, el eje del pedalier se rosca a la caja, y los rodamientos pueden ser tanto internos como externos, aunque dado que permiten una mayor rigidez, actualmente se imponen los rodamientos externos. El diámetro del pedalier es, en éstos casos, de 36mm, con una longitud de 68 o 73 mm dependiendo de si se trata de una bicicleta de carretera o de montaña. El eje empleado para las bielas es de 24mm en el caso de usar rodamientos externos.

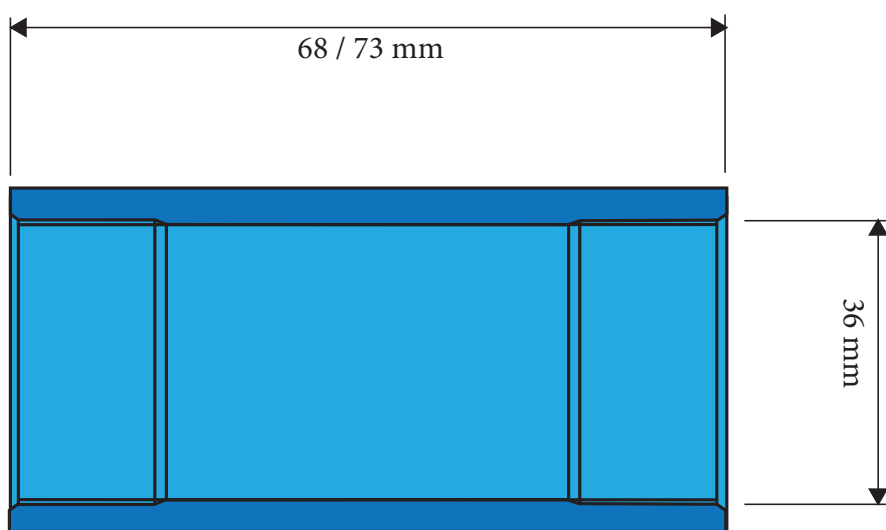


Figura 22. Pedalier Roscado

## BB30

Otro de los estándares más habituales es el llamado BB30. Como su nombre da a entender, permite el uso de ejes de 30mm. En éste caso se conserva la longitud de la caja, que vuelve a ser de 68 o 73mm, pero el diámetro pasa a ser de 42mm y los rodamientos entran en contacto directamente con la caja, lo que permite el uso de ejes mayores. Como aspecto negativo, al estar los rodamientos en contacto directo con el alojamiento, las tolerancias necesarias en el conjunto son muy restrictivas.

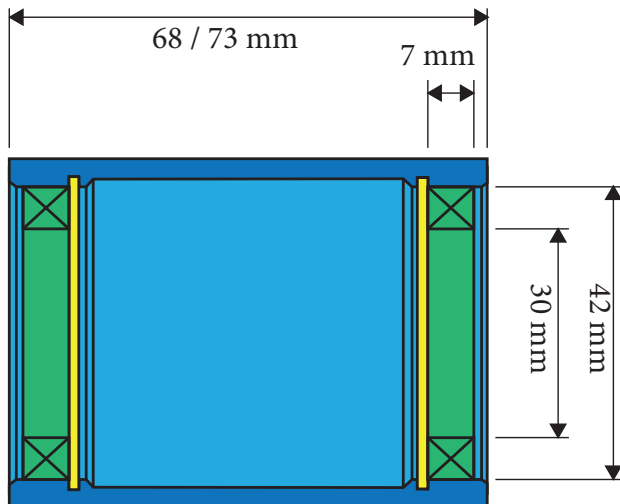


Figura 23. Pedalier BB30

## PressFit 30

Muy similar al BB30 es el conocido como PressFit 30. Como aquel, conserva la longitud del pedalier tradicional y los ejes de 30mm. La diferencia estriba en el uso de un diámetro de caja de 46mm, y que en lugar de tener los cojinetes directamente en contacto con la caja del pedalier, éstos se alojan en unas cazoletas. Su principal ventaja es el hecho de que, al emplear las cazoletas, permite unas tolerancias menos estrictas que el BB30, pero al tener más elementos su peso es claramente superior.

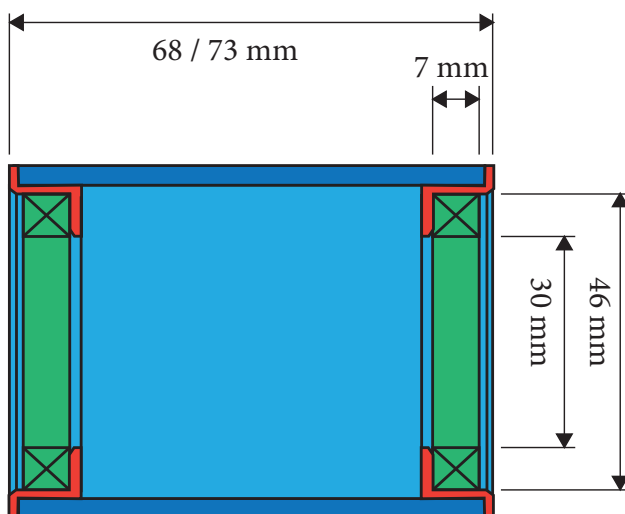


Figura 24. Pedalier PressFit30

## BB90/BB95

El estándar BB90/BB95 toma una aproximación diferente a la hora de dar rigidez. En lugar de permitir bielas más rígidas con un eje de mayor diámetro, lo que se busca es un cuadro más rígido dando mayor anchura al pedalier, llegando a los 90.5mm en bicicletas de carretera y 95.5 en bicicletas de montaña. Igual que en el BB30, no se emplean cazoletas y los rodamientos se apoyan directamente en la caja, lo que permite prescindir de las cazoletas externas manteniendo el diámetro de eje de 24mm y un diámetro de la caja de 37mm similar al de los pedalieres roscados.

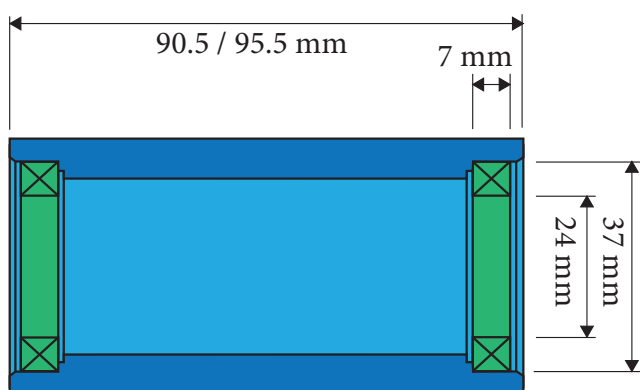


Figura 25. Pedalier BB90/BB95

## PF86/PF92

Los llamados pedalieres PF86/PF92 son un caso similar al PressFit 30. En ellos también se mantiene el eje de 24mm de los BB90, y una anchura mayor a la tradicional, pero en lugar de tener los rodamientos directamente en contacto con la caja se emplean cazoletas, lo que lleva a que su diámetro alcance los 41mm. En éste caso la longitud es de 86.5mm en bicicletas de carretera y 91.5mm para bicicletas de montaña

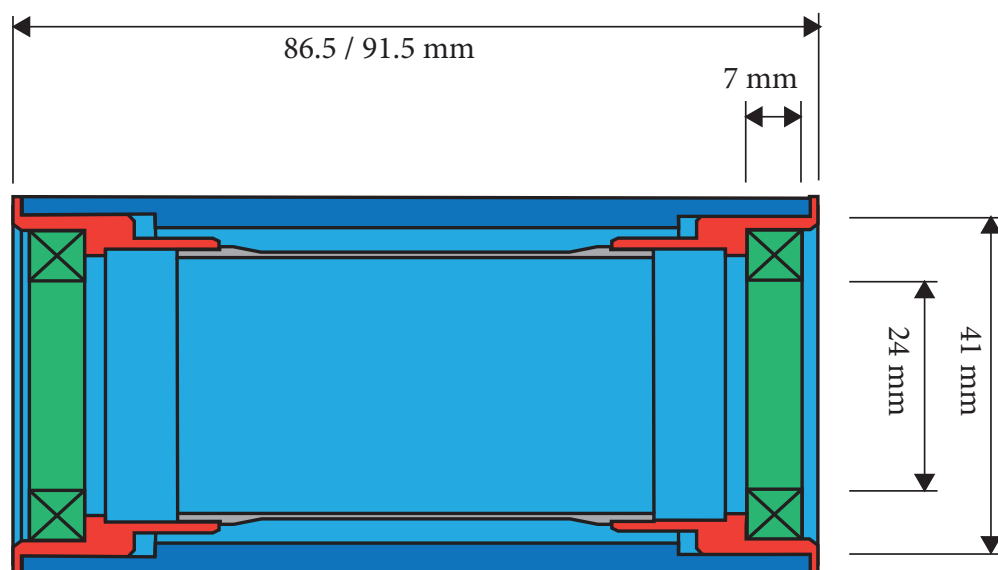


Figura 26. Pedalier PF86/PF92

## BBRight

No se puede considerar plenamente un estándar, al ser usado únicamente en bicicletas de la marca Cervelo, y ser exclusivo de bicicletas de carretera. Combina el tener un eje de 30mm con una mayor anchura de la caja, llegando a los 79mm. A diferencia de otras aproximaciones, dicha caja no es simétrica, sino que en el lado de la cadena es más estrecha. Existen variantes con y sin cazoleta, teniendo diámetros de 46mm y 42mm respectivamente.

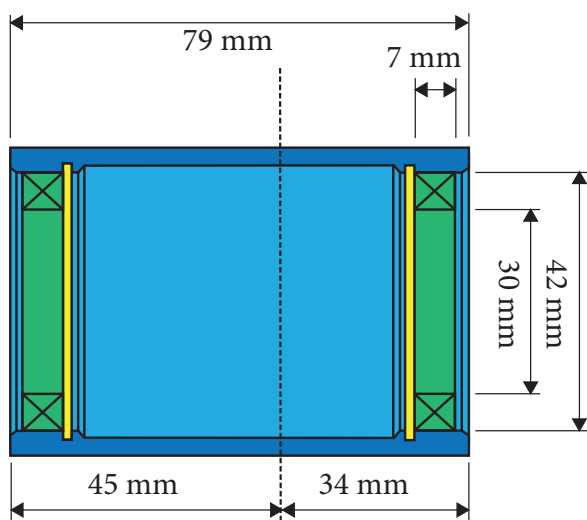


Figura 27. Pedalier BBRight Direct

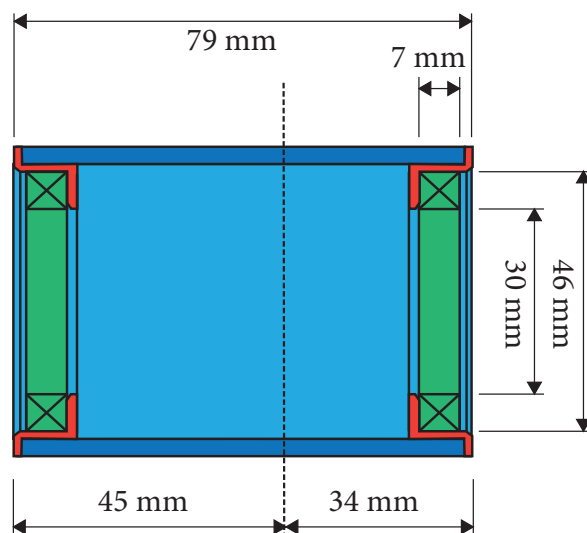


Figura 28. Pedalier BBRight PressFit

## 386 EVO

Es muy similar al BBRight, pero simétrico. Combina ejes de 30mm y anchura de la caja mayor, en éste caso de 86.5mm, empleando cazoletas de 46mm de diámetro. Es en la práctica un pedalier PressFit 30 más ancho, lo cual permite compatibilidad con algunos elementos de dicho estándar.

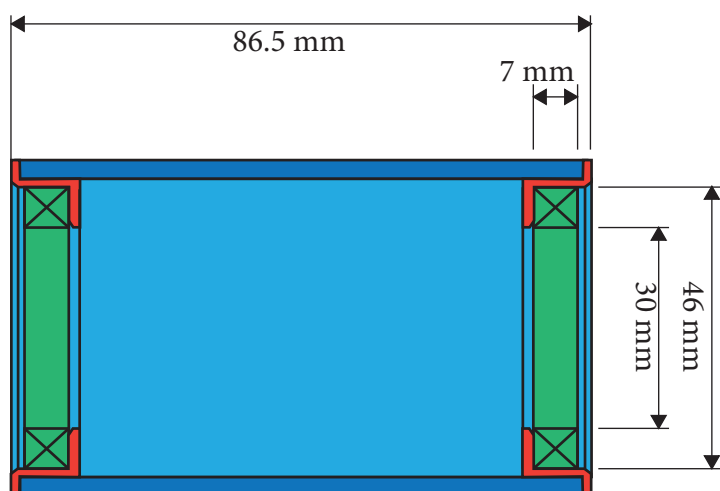


Figura 29. Pedalier 386 EVO

A continuación se adjunta una tabla en la que se recopilan las medidas más importantes para conocer las diferencias entre los distintos tipos de pedalier.

	Roscado	BB30	PressFit 30
Diámetro Eje	24mm	30mm	30mm
Diámetro Pedalier	36mm	42mm	46mm
Longitud Pedalier	68mm/73mm	68mm/73mm	68mm/73mm

	BB90/BB95	PF86/PF92	BBright	386 EVO
Diámetro Eje	24mm	24mm	30mm	30mm
Diámetro Pedalier	37mm	41mm	46mm/42mm	46mm
Longitud Pedalier	90mm/95mm	86mm/92mm	79mm	86mm

Tabla 3. Dimensiones de los diferentes estándares de pedalier.

Descartado de inicio el uso de un pedalier roscado, dado que son cada vez menos utilizados y engorrosos, la siguiente duda es entre el uso de un pedalier con cazoletas tipo PressFit o uno sin ellas tipo BB. Como la principal ventaja de un pedalier sin cazoletas es que permite un conjunto más ligero, pero a su vez implica un mecanizado muy complejo y de tolerancias muy estrechas, se descarta su uso y se optará por el uso de un pedalier tipo PressFit.

También se descarta el uso de un pedalier BBRight, por ser exclusivo de una marca y, por tanto, tener una disponibilidad de componentes compatibles limitada. Así pues, queda la elección entre el uso de pedalier ancho, de eje de gran diámetro o el uso de un pedalier EVO que combine ambas características.

El uso de pedalier de gran anchura y eje de 24mm suele estar condicionado al uso de bielas destinadas originariamente a su uso con ejes roscados externos, tipo de componentes que cada vez son menos exclusivos. Como hemos llegado a un punto en que la variedad y calidad de componentes para ejes de 30mm es mayor que para los de 24mm el uso de los pedalier tipo PF86 y PF92 es poco recomendable.

De la misma manera, los pedalier 386 EVO no han llegado aun a una difusión amplia. Si bien el propio pedalier es compatible con los PF30 y, por tanto, variedad de pedalier no faltará, en el caso de las bielas aun no hay demasiadas de 30mm que acepten su uso con pedalier anchos de 86mm.

Así pues se usa un pedalier PressFit 30. Como se usará el cambio en el buje, y eje trasero de 130mm, la opción más interesante es el uso de un pedalier para bicicletas de montaña, de 73mm, que se adaptará más cómodamente al montaje a realizar.



## Medidas Estándar: Dirección

En la dirección es muy importante distinguir, en primer lugar, cómo se disponen los rodamientos. Existen, en esencia, cuatro tipos de dirección atendiendo a éste criterio:

### Roscada

Como su nombre indica, las cazoletas y los rodamientos se roscan al tubo de la dirección. Actualmente está bastante en desuso.



Figura 30. Dirección Roscada

### Sin Roscar

Muy similar a la roscada, aunque los rodamientos se colocan a presión con sus cazoletas. El más sencillo tiene los rodamientos dispuestos externamente.



Figura 31. Dirección Sin Roscar

### Semi-integrada

Los rodamientos y sus cazoletas se ubican en el interior del tubo de dirección, que por tanto deberá tener mayor diámetro.

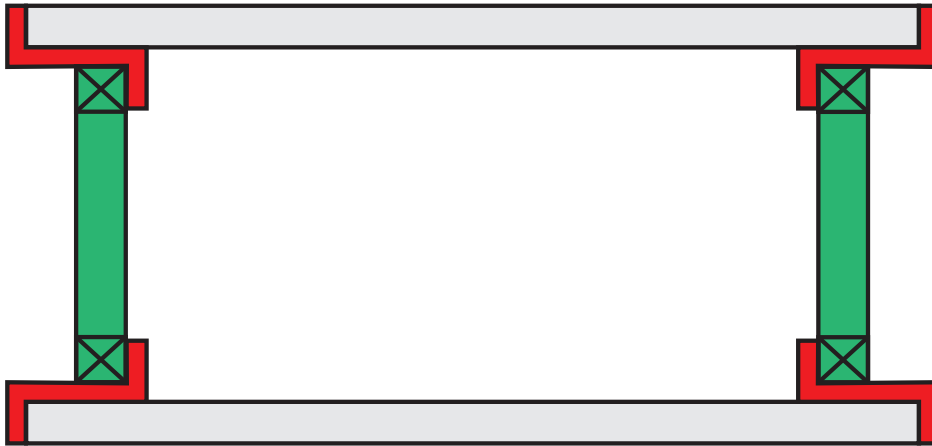


Figura 32. Dirección Semi-Integrada

### Integrada

Prescinde de las cazoletas y ubica los rodamientos en contacto directo con el tubo de dirección, que deberá estar especialmente preparado para ello.



Figura 33. Dirección Integrada

## Dimensiones

Otro criterio para distinguir las direcciones es el diámetro que tendrá el eje de la horquilla. Podremos encontrarlos en cuatro medidas diferentes, medidas en pulgadas: 1", 1 1/8", 1 1/4", 1.5". La medida menor es la más tradicional, y está siendo reemplazada casi completamente por la de 1 1/8". Medidas mayores se pueden utilizar en caso de que los requerimientos de resistencia para la bicicleta sean muy elevados. La medida de 1.5" es muy usada por la marca Cannondale en combinación con una amortiguación ubicada en el eje de la horquilla.

Mención especial merecen los ejes cónicos (más conocidos por el término anglosajón "Tapered"). Estas direcciones tienen, en su parte inferior, un diámetro de 1.5", y en su extremo superior 1 1/8", lo que permite aunar una mayor rigidez sin aumentar excesivamente el peso. Dichas direcciones son especialmente frecuentes en bicicletas de montaña, y también en bicicletas de ruta de gama alta.

El diámetro del tubo de dirección propiamente dicho, dependerá como se puede suponer tanto del diámetro del eje de la horquilla como de si utiliza dirección externa, semi-integrada o integrada. Las medidas serán como siguen:

	1"	1 1/8"	1 1/4"	1.5"
Externa	30.1mm	33.95mm	36.95mm	49.61mm
Semi-Integrada	41.4mm	44mm	No Disponible	55.95mm
Integrada	38.15mm	41.1mm	47mm	52.1mm

Tabla 4. Diámetro interno de los tubos de dirección según el diámetro del eje de la horquilla.

Dado que han caído en desuso, se descarta el uso de un tubo de dirección roscado. Tampoco es muy recomendable el uso de direcciones completamente integradas, porque igual que ocurriría con los pedalieros sin cazoletas, el mecanizado del tubo de dirección es costoso y el beneficio en cuanto a ligereza es innecesario en una bicicleta de éste tipo.

En cuanto al uso de una dirección externa o semi-integrada, la elección estará condicionada por la estética, la ergonomía y en parte por las necesidades mecánicas del conjunto.

Desde un punto de vista estético, una dirección externa dará un aspecto más clásico, mientras que una semi-integrada ofrece un aspecto más compacto y limpio. Ergonómicamente las diferencias pueden llegar a ser mínimas, ya que aunque una dirección externa podría implicar que el manillar quedase más alto, dichas diferencias se pueden compensar modificando la longitud del tubo de dirección.

Por último, y en la práctica como elemento más importante, está el aspecto mecánico del uso de una dirección u otra. Una dirección semi-integrada implica el uso de un tubo de dirección de mayor diámetro y, por tanto, más rígido. Es posible que en dicha zona no sea necesaria una mayor rigidez, pero también lleva asociada la posibilidad de utilizar tubos de mayor diámetro en el cuadro, lo cual dado que se va a emplear un sistema de iluminación y a alojar baterías sí resulta muy interesante.

En principio se usaría una dirección semi-integrada de 1 1/8", debido sobretodo a dichas ventajas mecánicas. No se descarta el uso de una dirección cónica con un diámetro inferior de 1.5", si la horquilla a utilizar admite dicha dirección y resulta recomendable el uso de tubos aun mayores.

## Medidas Estándar: Eje de Rueda

Igual que en los ejemplos anteriores, también existen diferentes medidas para los ejes de las ruedas, en función del uso que se vaya a dar a la bicicleta. Dado que generalmente se suelen emplear horquillas comerciales, el elemento que más requerirá de nuestra atención es el eje trasero. Además, existen apenas dos medidas para el eje delantero: 100mm de longitud con 9 o 15mm de diámetro, y 110mm de longitud y 20mm de diámetro para condiciones muy exigentes.

En el eje trasero encontramos más variedad, especialmente en cuanto a la longitud. Los diámetros serán de 10mm y 12mm, siendo los ejes de mayor diámetro más apropiados para bicicletas de montaña, especialmente las que vayan a recibir un trato más duro. La longitud se mide entre las punteras del cuadro. Tradicionalmente, en bicicletas de carretera dicha longitud ha sido de 130mm, mientras que en bicicletas de montaña era de 135mm. La medida mayor permitía, además de una mayor rigidez, el montaje de frenos de disco. Actualmente empiezan a verse bicicletas de ruta con frenos de disco, de modo que en un futuro es posible que las bicicletas de ruta con eje de 135 mm acaben siendo algo habitual de ver, de manera similar a como ha ido sucediendo poco a poco con las bicicletas de cross.

Existen, además de esas medidas habituales, otras más específicas. Por ejemplo, en bicicletas urbanas sin marchas es habitual que la medida baje hasta los 120mm, al no haber necesidad de tanta anchura. Por el contrario, en bicicletas en las cuales se usan ruedas de gran anchura y con un trato duro, no es raro encontrar ejes de 150mm, igual que los tandems, que tienen ejes de entre 140 y 160mm.

Eje	Longitud	Diámetro	Notas
Delantero	100 mm	9 mm	Muy habitual, especialmente con cierre rápido.
	100 mm	15 mm	Medida más habitual en el eje delantero
	110 mm	20 mm	Bicicletas sometidas a trato especialmente duro
Trasero	120 mm	10 / 12 mm	Bicicletas sin marchas
	130 mm	10 / 12 mm	Bicicletas de ruta
	135 mm	10 / 12 mm	Bicicletas con frenos de disco
	150 mm	12 mm	Bicicletas sometidas a trato especialmente duro
	140 mm	10 / 12 mm	Medidas utilizadas en tandems
	145 mm	10 / 12 mm	
	160 mm	10 / 12 mm	

Tabla 5. Diferentes medidas que presentan los ejes de bicicletas.

Además de los diámetros debe tenerse en cuenta el tipo de cierre a utilizar. Tradicionalmente se empleaban cierres normales, con tuerca, y cierres rápidos, que con una tuerca con palanca y muelles permitían el desmontaje rápido de los elementos, lo cual es conveniente para facilitar los cambios de rueda o desmontar la misma para impedir su robo.

La última tendencia al respecto es el uso de ejes pasantes. Las horquillas y cuadros que los montan presentan un agujero circular en lugar de la guía tradicional, ya que para desmontar la rueda, en lugar de aflojarla y sacarla con su eje, se quita el eje completamente. Eso permite una mayor rigidez y elimina algunos problemas en el alineado de las ruedas y la tensión de la cadena.

Como puede imaginarse, algunas de esas ventajas no lo son cuando se aplican al cambio de marchas que montará la bicicleta. En concreto, las ventajas que tienen dichos ejes para una bicicleta con cambio de desviador son desventajas de cara a una bicicleta con cambio en el buje, sin contar con la mayor dificultad a la hora de diseñar el eje del cambio y el accionamiento del mismo. En primer lugar haría obligatorio el uso de un tensor de cadena, pese a que al tratarse de una bicicleta con cambio en el buje y sin suspensión no debería ser necesario. Mientras que con un eje normal conforme la cadena se desgasta y empieza a perder tensión se puede ajustar la posición del mismo para recuperarla, al usarse un eje circular no se puede realizar dicho ajuste. Tampoco permitiría una modificación fácil del desarrollo, y habría que asegurarse de que con el número de eslabones necesario la tensión sería correcta.

En el eje delantero las medidas del eje a usar dependerán de la horquilla y de la dinamo a utilizar. En el eje trasero, de igual manera, la medida viene dada por el cambio desarrollado para la bicicleta, que emplea una anchura de 135mm, con eje de 10mm de diámetro.

## Medidas Estándar: Frenos

En lo que respecta a los frenos, existen varias aproximaciones, aunque en la práctica muchas no tienen mucha influencia en el diseño del cuadro. Los frenos se pueden separar en cuatro grandes tipos:

### De llanta

Funcionan sobre el aro de la rueda, con unas zapatas que ejercen fricción sobre la rueda y hacen que se detenga su giro. Son el tipo de freno más extendido, especialmente en bicicletas de gama media o baja. Requieren que el cuadro tenga los pitones en los que se anclan.



Figura 34. Distintos tipos de frenos de llanta.

### De tambor

En éste caso en el buje de la rueda se ubica un tambor, en el interior del cual existen unas zapatas que, cuando se quiere frenar, se expanden y ejercen fricción en el interior del buje, deteniendo la bicicleta. Son bastante tradicionales en bicicletas urbanas de zonas en las que el clima lluvioso y húmedo resta efectividad a los frenos de llanta.

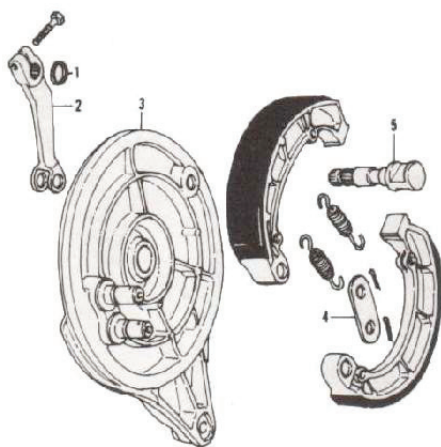


Figura 35. Estructura interna de un freno de tambor.



## De disco

Tienen un disco independiente plano que gira solidario con la rueda. Unas pastillas muerden dicho disco (por uno o por los dos lados) ejerciendo la fricción que frenará la bicicleta. Son los más eficaces, aunque su coste es superior y en ocasiones puede no ser necesaria dicha eficacia.



Figura 36 Disco de freno para bicicletas.

## De contrapedal

Son también frenos integrados en el buje, aunque en éste caso la fricción la proporciona el accionar los pedales al revés. Son poco eficaces y tienen largas distancias de frenado, pero al mismo tiempo son muy fiables.

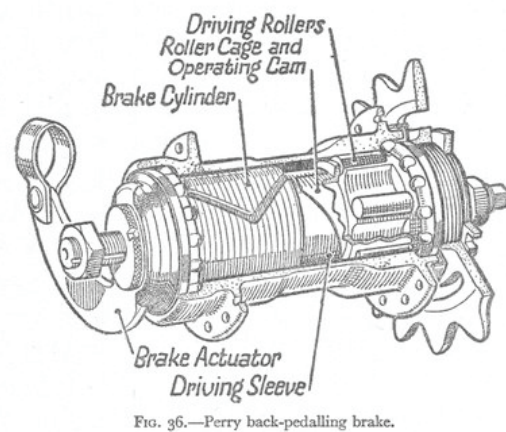


Figura 37. Diagrama de un freno de contrapedal.

De los sistemas mencionados, tanto el freno de tambor como el de contrapedal no requieren un montaje específico en el cuadro. Por contra, tanto frenos de llanta como de disco sí requieren que el cuadro presente ciertos elementos, los cuales además pueden cambiar dependiendo del fabricante de los frenos.

### Frenos de Pinza

Los frenos de pinza son el primer tipo de freno de llanta del que hablaremos. Su ámbito de uso más habitual es en bicicletas de carretera, con neumáticos de pequeña sección. Los frenos de pinza consisten en dos piezas rígidas con forma de arco y articuladas entre sí, que se unen al cuadro en un punto central por encima de la rueda y que, al tirar de ellos la sirga de freno, se mueven de manera que las pastillas friccionan contra la llanta. La medida importante respecto a ellos es la distancia que tienen entre la articulación con el cuadro y las pastillas de freno. Al permitir un cierto juego en el montaje de las pastillas, dicha medida se suele proporcionar con un rango, habiendo diversas tallas de frenos.

Dado que su uso es casi exclusivo en bicicletas de ruta actualmente, dicho tamaño se ha ido reduciendo con el paso de los años. Aunque el rango entre las diversas tallas va desde los 39 mm a los 108mm, la medida más habitual es ya 39-49mm. El método de anclaje puede variar. Si bien la propia pinza de freno suele tener un tornillo M6 en su centro, tradicionalmente dicho tornillo atravesaba por completo el cuadro en el punto de anclaje, y se ajustaba con una tuerca. En frenos modernos, en cambio, el tornillo es más corto y el agujero en el cuadro tiene diferente tamaño en ambos extremos, sustituyéndose la tuerca por un tornillo de ajuste, con cabeza de tipo Allen.

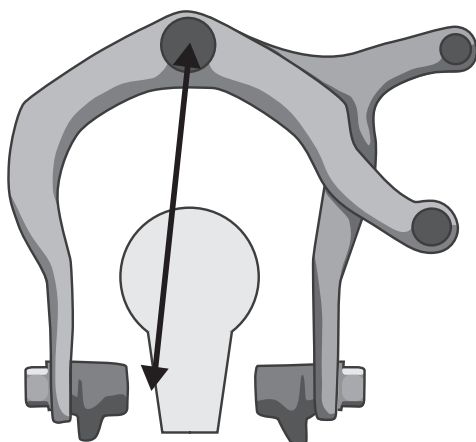


Figura 38. Freno de pinza. La flecha indica la medida a realizar para conocer la talla de freno a utilizar, debiendo quedar la distancia entre el anclaje del freno y la llanta dentro del rango estipulado.

### Frenos Cantilever

Los frenos cantilever se diferencian de los de pinza en que se montan en el cuadro gracias a dos puntos de anclaje, uno por cada zapata. Dependiendo del modelo de freno, emplearán dos pitones colocados por debajo de la zapata (frenos de tiro central y v-brakes) o por encima de la zapata, como en los u-brakes, que funcionalmente son más similares a los frenos de pinza y están mucho menos extendidos que el resto de frenos. En cualquiera de los dos casos volvemos a encontrar que el método para anclar el freno

a dichos pitones es mediante tornillos M6, con cabeza Allen. Como, a diferencia de los frenos de pinza, el freno en sí no rodea la rueda y la sirga que une ambas partes puede conseguir toda la distancia libre necesaria, no existen diferentes medidas. La ubicación de los puntos de anclaje dependerá de dos factores, la anchura de la llanta y el diámetro de la rueda. La distancia entre el eje de rueda y el eje de los puntos de anclaje será de 253.5 mm para ruedas de 26 pulgadas y de 283 mm para ruedas 700c. La separación entre ambos anclajes es habitualmente de 80 mm. Sin embargo, dicha anchura puede variar de una bicicleta a otra, y también lo suele hacer la anchura de las llantas. Generalmente, para ese tipo de casos los fabricantes de componentes suelen disponer de tablas de compatibilidad entre dichas medidas.

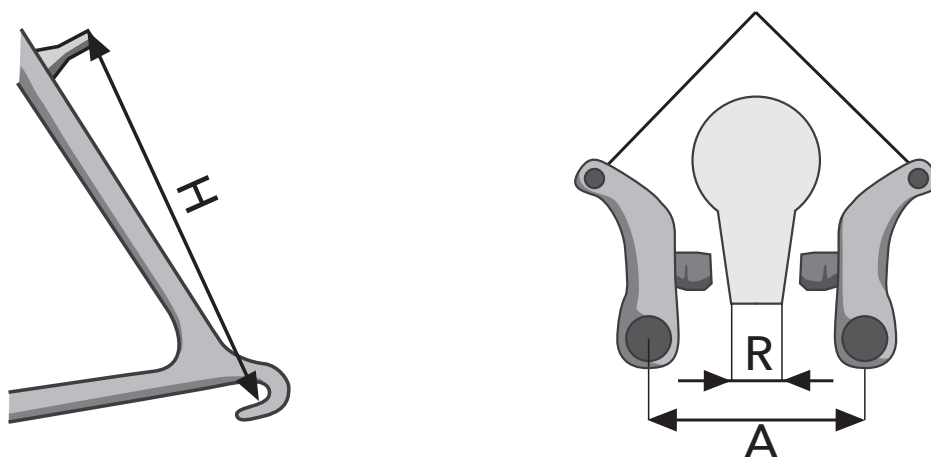


Figura 39. Medidas a tener en cuenta en un freno cantilever: H es la distancia de los anclajes al eje de rueda, A la separación de los mismos y R la anchura de la llanta.

### Frenos de Disco

Aunque existen en el mercado una gran variedad de métodos de montaje del disco propiamente dicho a la rueda, afortunadamente el anclaje de las pinzas está mucho más regulado. Existen dos posibilidades distintas de cara al montaje de las pinzas de freno. El más extendido es el conocido como IS (International Standard). Consiste en dos agujeros, de 6mm de diámetro y separados entre sí 51mm, paralelos al eje de la rueda. La distancia entre dichos agujeros y el eje de rueda suele ser de 39.9 mm para el más cercano y 78.1 mm para el más lejano. El montaje y las pinzas son diferentes en el eje delantero y el trasero, y para montar determinados discos son necesarias placas de ajuste.

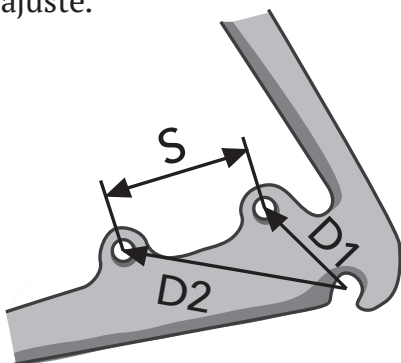


Figura 40. Medidas de un anclaje de freno IS Mount. S corresponde a la separación entre los anclajes, y D1 y D2 es la distancia entre el eje de rueda y cada uno de los anclajes.

El otro estándar es el PS (Post Mount), que a diferencia del IS tiene sus agujeros perpendiculares al eje, con rosca M6x1 y separados entre sí 74mm. Este sistema tiene como ventaja que la fabricación de adaptadores para diferentes tamaños de disco es muy sencilla, además de que pueden ser idénticos en la rueda delantera y la trasera ya que comparten todas sus dimensiones, cosa que no pasa con los frenos IS.

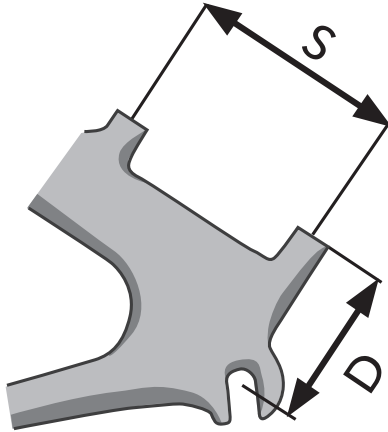


Figura 41. Medidas de un anclaje de freno Post Mount. S corresponde a la separación entre los anclajes, y D es la distancia entre los mismos y el eje de rueda. Dependiendo del diámetro del disco, dicha separación también puede variar en la dirección de S.

## Medidas Estándar: Horquilla

En bicicletas de trekking, dotadas de rueda 700c y neumáticos anchos (al menos, comparados con los destinados a bicicletas de ciclismo en ruta), la mayor diferencia en cuanto a la horquilla se encontrará en su longitud. La anchura en las punteras es poco variable, reduciéndose a una elección previa del tipo de eje a utilizar, y generalmente las empresas que comercializan las horquillas suelen tener variaciones del mismo modelo adaptadas a los requerimientos de los ejes que estén disponibles para cada medida de rueda.

Por otro lado en cuanto a la longitud existen tres medidas diferentes. En las bicicletas de trekking lo más habitual es que utilicen suspensión en la rueda delantera, y por tanto se utilizarán horquillas con suspensión. Existen dos rangos de recorrido en dichas suspensiones, entre 50 y 63 mm de recorrido, y entre 63 y 75 mm. La longitud de la horquilla será, para aquellas de entre 50 y 63 mm, de 467 mm, y de 480 mm para las de largo recorrido. Dichas medidas pueden variar de una marca a otra, e incluso entre las propias gamas de bicicletas. En bicicletas puramente urbanas y de paseo, generalmente la longitud de la horquilla suele ser mayor ya que se favorece una postura más erguida del usuario.

Por el contrario, si la bicicleta está pensada para usar horquillas rígidas, la longitud de las mismas es, generalmente, de 400 mm. También existe la posibilidad de utilizar una horquilla rígida de 480 mm para poder emplear cuadros diseñados para su uso con bicicletas dotadas de suspensión, o kits para poder utilizar horquillas de 400 mm en dichos cuadros. Dado que la diferencia de longitudes entre las horquillas con suspensión es muy pequeña, las geometrías no variarán mucho en caso de montarse suspensiones de una u otra longitud, y el comportamiento no debería variar mucho, aunque siempre es recomendable utilizar la longitud de horquilla apropiada.

### Conceptos

Para el desarrollo de conceptos se toma un enfoque bastante amplio. Dado que la bicicleta no pertenece, en principio, a ninguna marca concreta y, por tanto, no hay una necesidad de adaptarla a una cierta imagen de marca, en primer lugar se estudiarán posibles estructuras generales del cuadro. Una vez hecho esto y decidida la estructura general de la bicicleta, se pasará al desarrollo de los detalles, tales como las formas de los tubos, la integración con los elementos que se han definido como requisitos y elementos deseables, y los propios elementos accesorios.

### Conceptos: Entramados

Para el desarrollo de la estructura general en primer lugar se dibujará, en vista lateral y a escala, los diversos elementos fijos de la bicicleta. Éstos son las ruedas, sillín, pedalier, horquilla y potencia. Una vez ubicados todos esos elementos, según las medidas establecidas anteriormente, se procede a estudiar diversos entramados que los unan.

La razón para proceder así es sencilla. Una bicicleta es un producto en el que la tercera dimensión, es decir, la anchura, tiene mucha menor importancia que las otras dos, ya que las diferencias que habrá en ella serán básicamente de detalle, gracias a la forma de los tubos o a la inclinación y curvas que presenten los tubos que soportan la rueda trasera, y ese tipo de detalles ya hemos establecido que se abordarán más adelante. Además, la importancia de trabajar a escala recae en las proporciones, ya que si éstas cambian el resultado será muy diferente. Una estructura que visualmente funciona bien en una bicicleta de ruta puede tener un efecto muy diferente en una bicicleta de montaña, con ruedas de menor diámetro y más alejadas entre sí. Así, aunque algunos entramados nazcan como bocetos a mano alzada en el papel, todos se pasarán a escala para comprobar que no existen efectos indeseados.

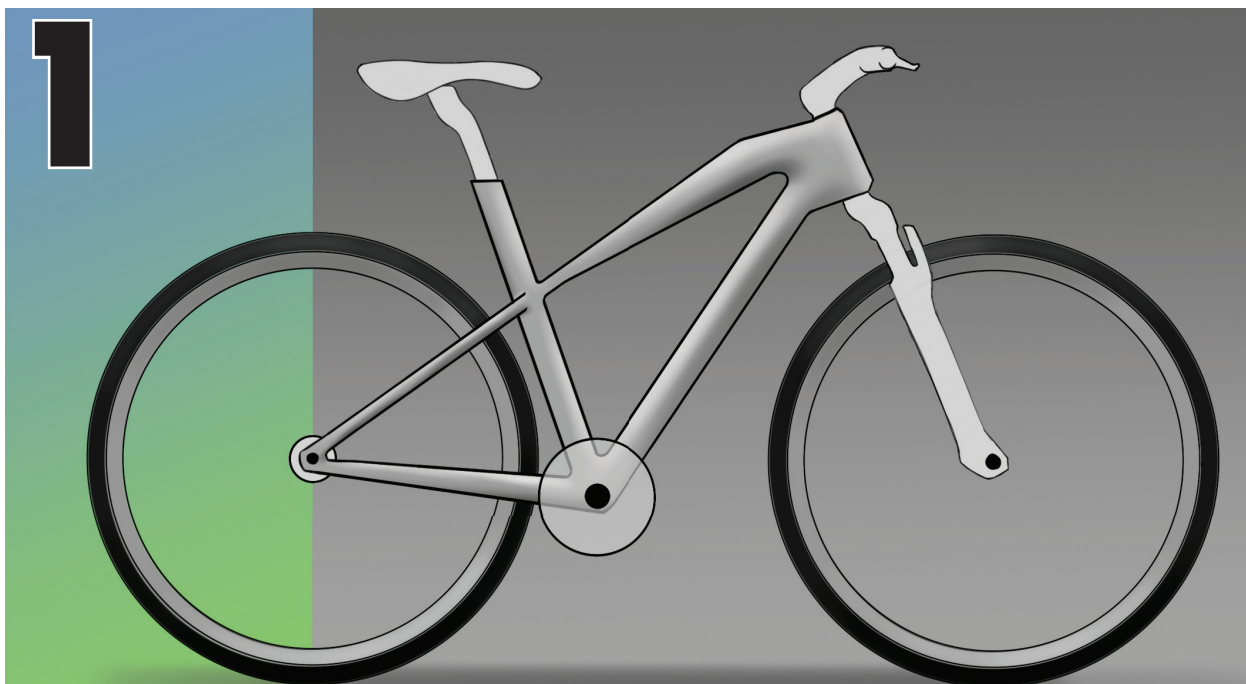


Figura 42. El primer entramado corresponde a una bicicleta de estética más o menos tradicional. Respecto a otras bicicletas de trekking cambia desechando los tubos rectos habituales por tubos de secciones más variables y con curvas y cambios de sección en el tubo horizontal, aunque sin llegar a los extremos alcanzados por bicicletas de montaña, que sacrificarían cierto nivel de practicidad.

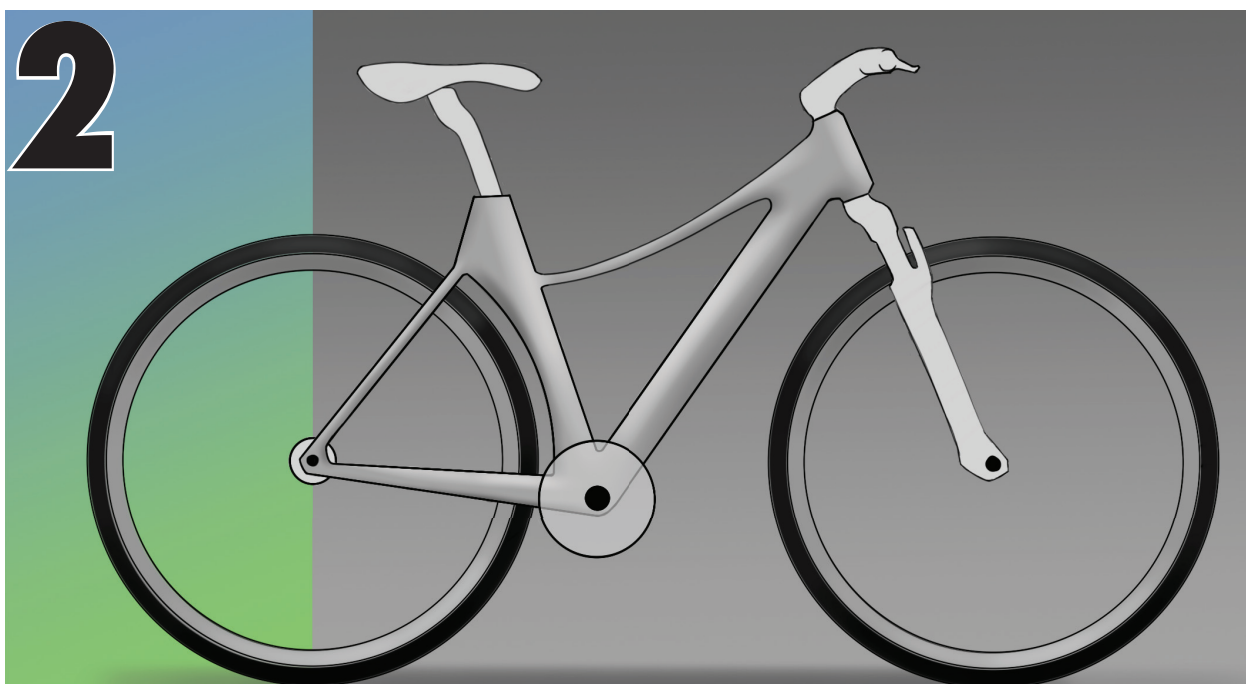


Figura 43. El segundo entramado es una pequeña variación sobre el anterior. Se recurre de nuevo a la tradicional estructura formada por dos triángulos, pero en este caso el tubo horizontal pierde relevancia y se emplea un tubo del sillín de gran sección, que la aleja de la estética de las bicicletas de montaña y la acerca más a una bicicleta de paseo.



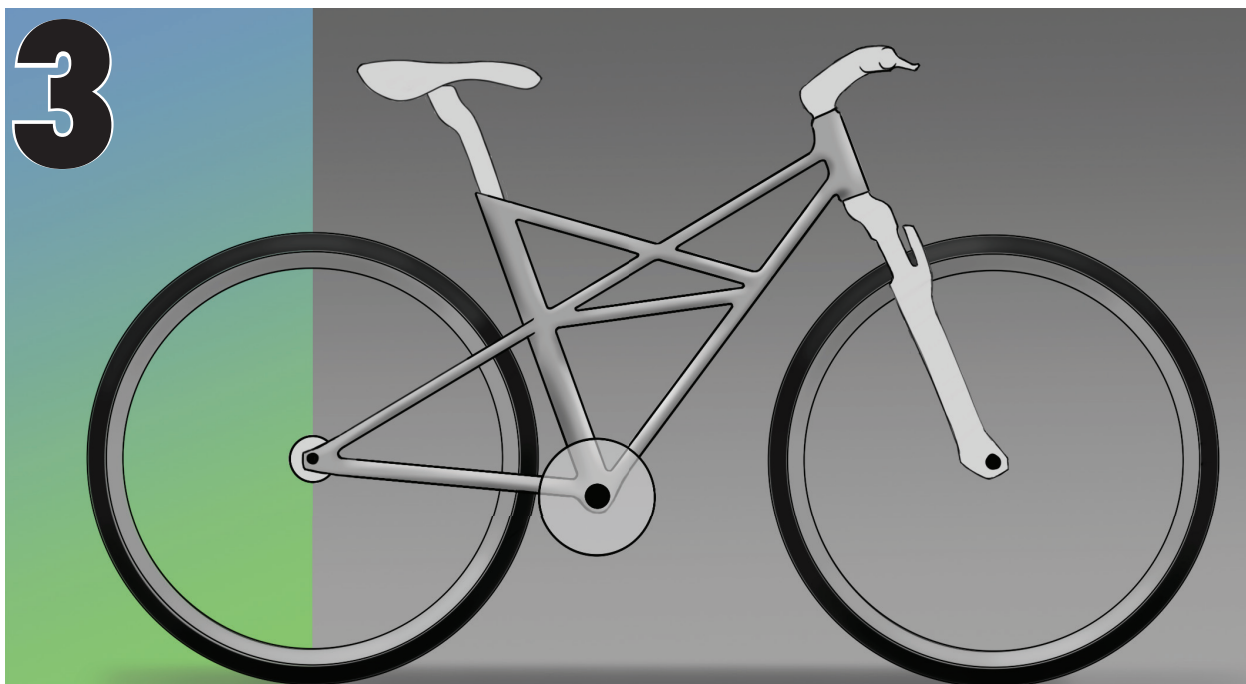


Figura 44. El tercer entramado parte de un concepto más cercano a las motocicletas, con un entramado multitubular, con múltiples tubos de pequeña sección que consigan la resistencia adecuada.

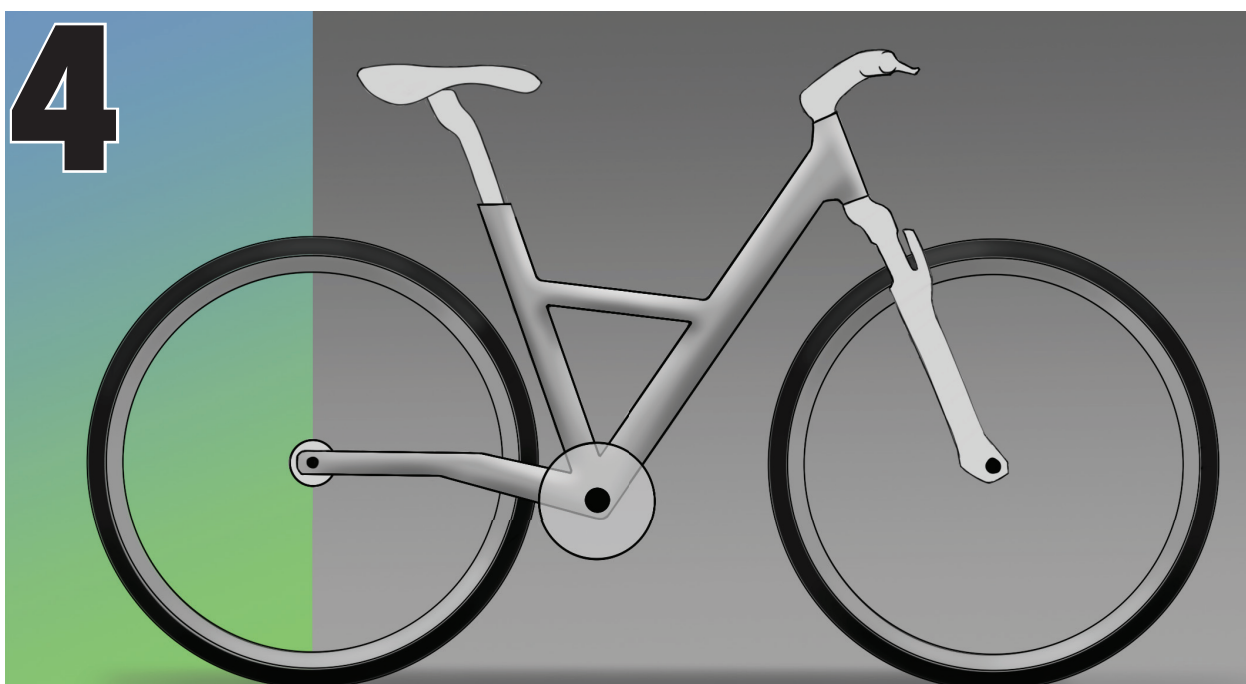


Figura 45. El cuarto entramado es una versión extrema del número dos. Se vuelve a acercarse a la estética de las bicicletas de paseo, prescindiendo incluso del tubo horizontal y de uno de los tirantes, lo que obliga a reforzar el tirante de la cadena.

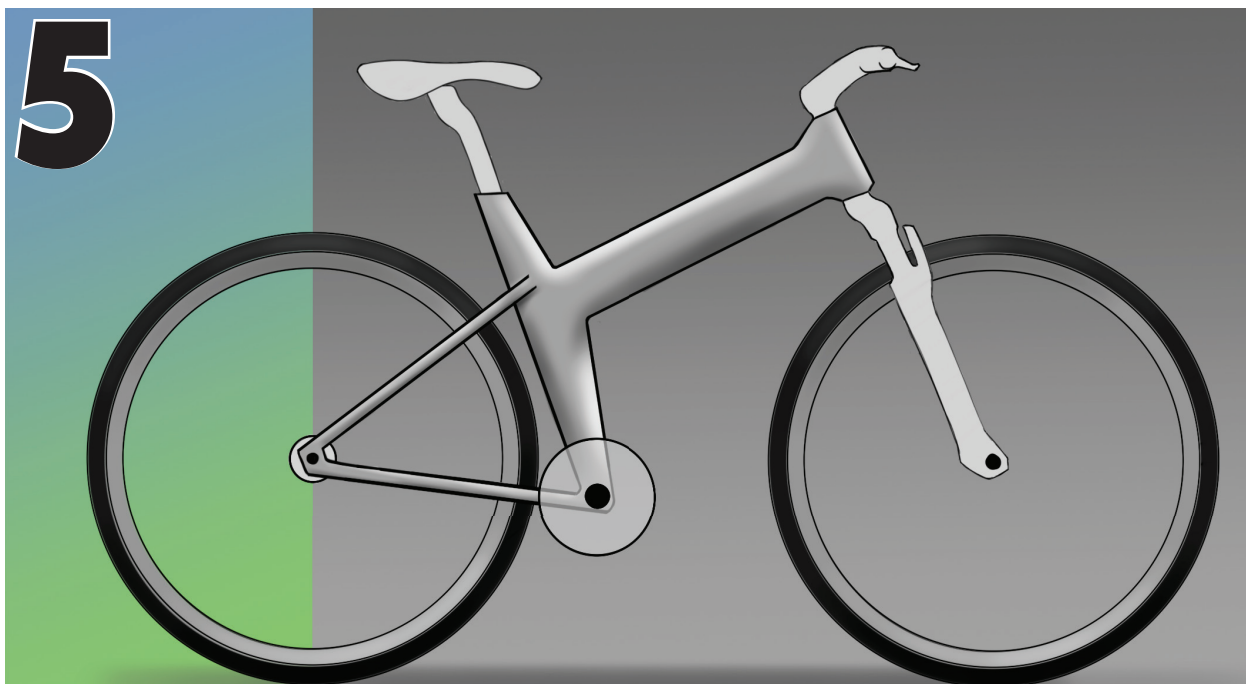


Figura 46. Esta estructura intenta un diseño monoviga, manteniendo un tubo horizontal de gran sección que se une al tubo del sillín formando prácticamente una X, aunque dicha forma queda un poco difuminada ya que no es factible prescindir del tirante de la cadena.

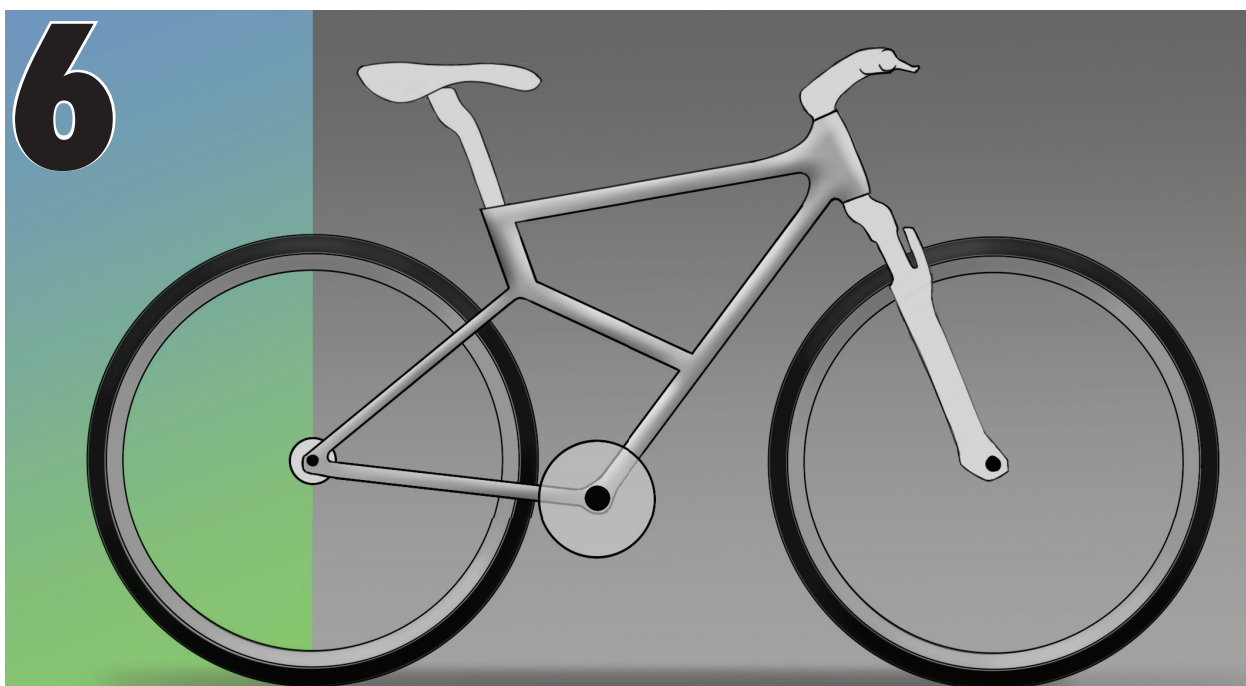


Figura 47. Este concepto se acerca un poco al de bicicleta multitubular, con el objetivo de poder permitir truncar el tubo del sillín. De esta manera, en caso de que fuese necesario se podría acortar la longitud de los tirantes y hacer la bicicleta más corta, y por tanto más ágil.

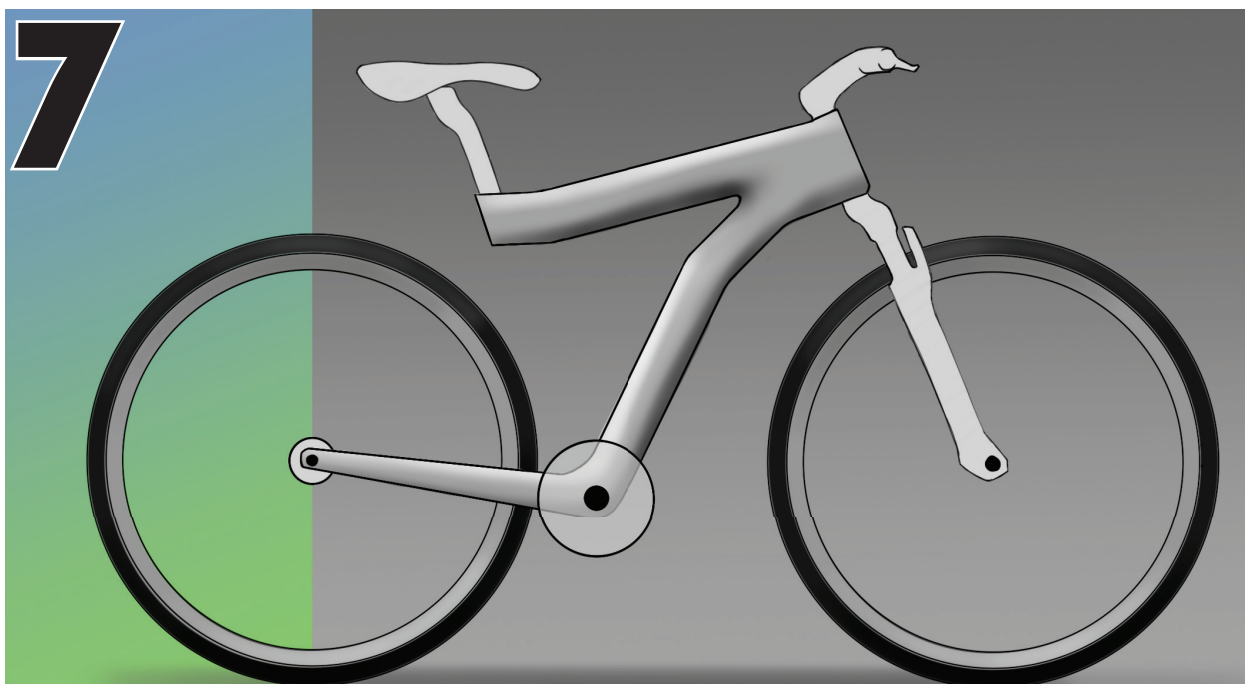


Figura 48. Un entramado muy radical en el que una estructura monocasco une la dirección con el pedalier y la rueda trasera, y el sillín queda suspendido de una viga superior flotante, que le otorgaría cierta amortiguación. Para que funcionase, la estructura debería ser muy rígida y pesada, a no ser que se fabricase en materiales muy caros como la fibra de carbono. Se inspira en las bicicletas de contrarreloj de los años 90.

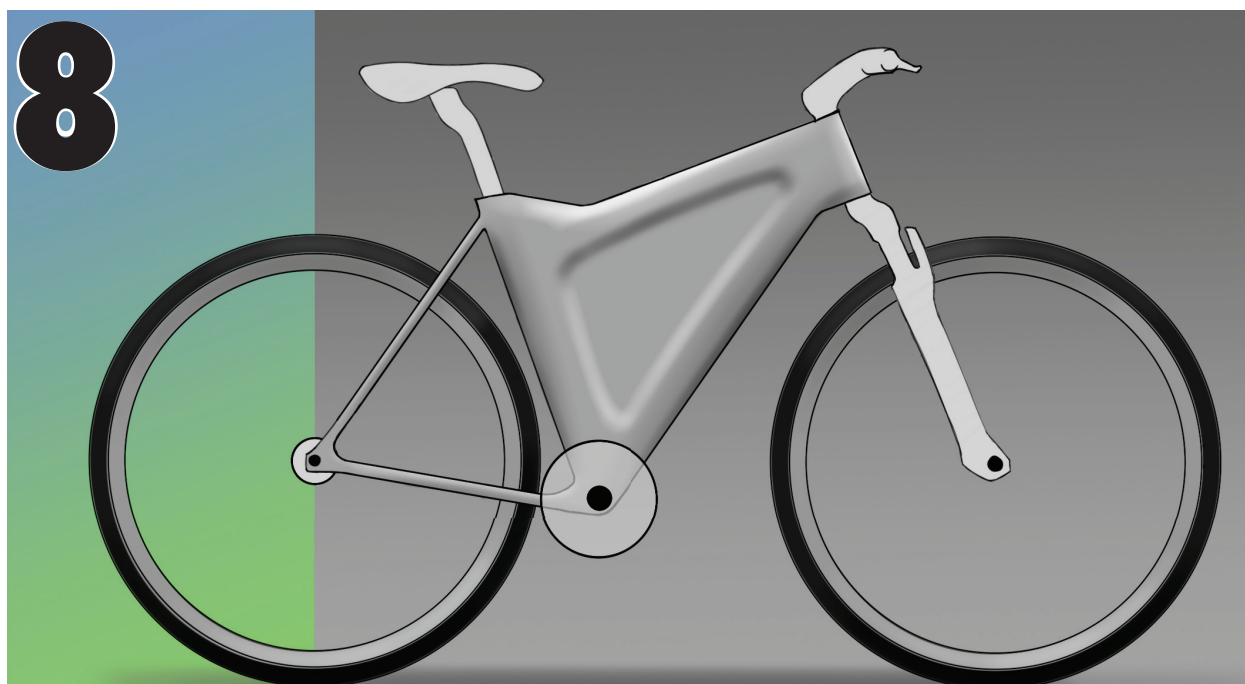


Figura 49. Este ultimo concepto se decanta por un diseño completamente monocasco. Como muchos conceptos de bicicleta actuales, opta por la supresión de espacios en el interior del cuadro. La parte carenada en dicho interior, sin embargo, podría utilizarse como espacio para cargar bultos de determinado tamaño o para incorporar elementos como baterías, bidones de agua integrados similares a los que se ven en bicicletas de contrarreloj, etc.

## Conceptos: Entramado seleccionado

Después del estudio de diversas posibilidades en cuanto al entramado a utilizar, se procede a realizar una selección entre los mismos. Para ello se valorarán las diferentes opciones presentadas, teniendo en cuenta diversos aspectos que determinarán su idoneidad para el uso que se espera de la bicicleta, y también hasta que punto pueden atraer al usuario.

Los factores a valorar serán los siguientes:

En primer lugar, la practicidad del producto. Las bicicletas de trekking son bicicletas que en muchas ocasiones recibirán un uso bastante intenso en ciudad, y que deben permitir al usuario la colocación de accesorios, el transporte de bultos, etc.

A continuación se valorará su versatilidad. Se trata de bicicletas que, gracias a sus ruedas de gran diámetro, permiten un uso rutero, pero al mismo tiempo presentan suspensión y ruedas apropiadas a un uso ligero fuera de pista. El diseño no debe presentar obstáculos graves a ninguna de las dos disciplinas.

El tercer factor es el atractivo. Para que la valoración sea buena debe ser llamativa y atractiva.

Entramado	Practicidad	Versatilidad	Atractivo	Total
Factor	1	1	1	
1	8	8	6	22
2	7	6	6	19
3	5	7	7	19
4	7	5	6	18
5	4	5	8	17
6	7	8	6	21
7	4	5	8	17
8	6	3	8	17

Tabla 6. Cuadro de decisión del entramado.

Respecto a esos factores, el entramado que mayor puntuación obtiene es el primero. Si bien su nivel de atractivo no está entre los mayores, el entramado bastante tradicional que utiliza hace que tenga grandes puntuaciones en cuanto a versatilidad y practicidad. Otro entramado con potencial es el número 6, que aun siendo menos práctico obtienen una buena puntuación. El resto de entramados presentan problemas, especialmente en cuanto a sus posibilidades prácticas. Así pues, finalmente se decide que la bicicleta tendrá una estructura de doble triángulo relativamente tradicional, dado que para una bicicleta de trekking otro tipo de estructuras más novedosas acaban presentando problemas insalvables, tanto desde un punto de vista de la colocación de accesorios como de adaptación a diversos terrenos.

### Conceptos: Desarrollo del Entramado

Como ya hemos visto, la mejor opción resulta el desarrollo de un entramado tradicional formado por dos triángulos, especialmente debido a su superior practicidad.

Evidentemente, aun conservando la misma estructura, basta un vistazo rápido al mercado existente para notar que partiendo de la misma estructura los resultados pueden ser muy diferentes. Por ello a continuación se desarrollarán diferentes alternativas en el tratamiento que se va a hacer del entramado. En un principio dicho desarrollo se basará no tanto en los detalles sino en la estructura a gran escala, los ángulos en que se unen los tubos, si éstos están doblados, qué espacio permiten para la incorporación de accesorios, etc.

Una vez definido dicho entramado se podrá proceder al diseño de los detalles, la estética general de la bicicleta, sección de los tubos, etc.



## Concepto 1: Estructura Tradicional

El primer concepto propuesto es el más tradicional de todos. Consiste en dos triángulos de tubos rectos, con una leve inclinación hacia atrás, de manera que aunque permite un gran espacio en el interior del triángulo para la incorporación de accesorios, también permite obtener una altura media baja que permita al usuario subir a la bicicleta con comodidad, sin recurrir a tubos doblados, y forma visualmente una unidad con el tirante trasero, que forma un arco casi continuo con él. Dicha inclinación del triángulo principal es fruto de la altura elevada del tubo de dirección que impone el uso de la suspensión, que hace que éste quede por encima del tubo del sillín, que tiene unas dimensiones fijas que marcan la talla de la bicicleta.



Figura 50. Concepto 1.

## Concepto 2: Dirección reforzada

Siguiendo, al igual que el primer concepto, la idea de tener una altura de acceso baja, en el segundo concepto se baja la altura de unión entre el tubo horizontal hasta hacer que se una a la dirección casi a la altura del tubo oblicuo, pero se añade un refuerzo superior que añade rigidez al conjunto. Dicho refuerzo se plantea en principio como un añadido soldado que ayuda a incrementar la rigidez en uno de los puntos críticos del cuadro. Con dicho diseño se consigue una altura al suelo menor incluso que en una bicicleta con los triángulos inclinados como el concepto 1, aunque a costa de perder algo de espacio en el interior del triángulo, lo que perjudica la facilidad para incorporar ciertos accesorios.



Figura 51. Concepto 2.

## Concepto 3: Tubo Doblado

El tercer concepto se basa un triángulo principal que deja de ser un triángulo propiamente dicho, para presentar una curva a media altura. Dicho diseño tiene como principal ventaja el incrementar el espacio disponible en el interior del triángulo, especialmente en la parte frontal cercana a la dirección. En su contra, aunque en la zona cercana al sillín se puede conseguir una altura muy baja, en el punto de Standover, a media distancia entre el sillín y el manillar, generalmente la altura será mayor que en los otros conceptos.



Figura 52. Concepto 3.



## Conceptos: Selección del Concepto a Desarrollar

Los tres conceptos desarrollados hasta el momento, si bien al estar basados en una estructura similar guardan grandes similitudes, tienen un enfoque claramente diferente entre sí. A continuación se estudiarán los pros y los contras de cada uno de ellos, y se procederá a decidir cuál se llevará adelante.

Concepto	Ventajas	Inconvenientes	Comentarios
<b>Concepto 1</b>	<p>Su estética tradicional hace que sea aceptada fácilmente.</p> <p>Al ser un diseño sencillo, sus costes serían bajos en relación a opciones más complejas.</p>	<p>Destaca poco, aunque se acepte fácilmente es difícil que enamore.</p>	<p>Es un concepto muy adecuado para una fabricación en grandes series, porque sería económica.</p>
<b>Concepto 2</b>	<p>Permite un acceso muy cómodo, al ser la que tiene el tubo horizontal más bajo.</p> <p>Los tubos reforzados le hacen ser muy sólida.</p>	<p>El refuerzo en la parte superior del tubo horizontal puede encarecer mucho el producto.</p>	<p>Es un diseño que permite acceder a un cliente que desee gastar una mayor cantidad, pero tiene el inconveniente de ser menos diferenciadora que el tercer concepto.</p>
<b>Concepto 3</b>	<p>El diseño del cuadro le da un aspecto muy diferenciador.</p> <p>Tiene un aspecto más agresivo, cercano a las bicicletas de montaña.</p>	<p>Los costes de los tubos conformados son elevados.</p> <p>La altura media del tubo horizontal es superior a los otros conceptos y la hace más incómoda, y una versión femenina debería ser completamente distinta.</p>	<p>Es el concepto más atrevido desde un punto de vista del diseño.</p> <p>Además, tiene una estética muy diferenciadora que puede resultar interesante de cara a la creación de gama.</p>

Tabla 7. Valoración de las ventajas e inconvenientes de cada concepto.

Una vez vistos los tres conceptos y analizadas sus ventajas e inconvenientes, se procede a la decisión final sobre cual de ellos desarrollar. Para ello se valorarán en una tabla diversas cualidades que se esperan del proyecto. Aquel que obtenga una mayor puntuación total será el que se desarrolle finalmente.

Las cualidades a valorar serán las siguientes:

La primera cualidad es la estética. Se valorará positivamente que la misma sea atractiva, sin dejar de adecuarse al sector al que se enfoca la bicicleta.

En segundo lugar se valorará el espacio disponible. La posibilidad de incorporar accesorios preexistentes, como portaequipajes, o de incorporar kits de conversión a bicicleta eléctrica.

La siguiente cualidad a valorar será la facilidad de acceso. Cuanto más baja sea la altura del tubo horizontal más fácil será para el usuario subir o bajar de la bicicleta.

Otra cualidad a valorar será el coste. Se considerará positivamente el que los costes de fabricación sean contenidos.

El quinto factor a tener en cuenta será la integración. El desarrollo de la bicicleta está íntimamente unido al del cambio de marchas automático, y por tanto se valorará muy positivamente el que permita la integración de los elementos que conocemos deberá incorporar. En éste factor también se tendrá en cuenta el que el concepto transmita las cualidades de novedad que supone el cambio.

A la hora de realizar una valoración de cada concepto se tiene muy en cuenta que se trata de conceptos muy iniciales y sujetos a cambios. Factores como el espacio y el acceso, si bien se valoran de una manera objetiva en base a los conceptos, midiendo el espacio que dejan libre los tubos y la altura del tubo horizontal, estarán siempre sujetos a cambios conforme evolucione el concepto, aunque son válidos para comparar, y se pueden ver en las figuras 53 y 54.

El coste es un caso similar, pero también resulta inevitable que si un concepto va a precisar de más elementos o si las partes que componen el cuadro precisan más procesos para producirse, a igualdad de desarrollo los conceptos que se han considerado más caros seguirán siéndolo.

Por último, la estética y la integración estarían muy sujetas a cambios durante el desarrollo del concepto, así que se valoran las posibilidades que ofrecen más que sus cualidades en el estadio actual.

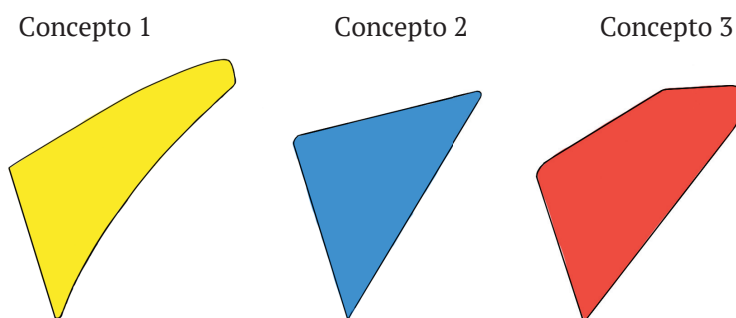


Figura 53. Comparación visual del espacio disponible en los cuadros.

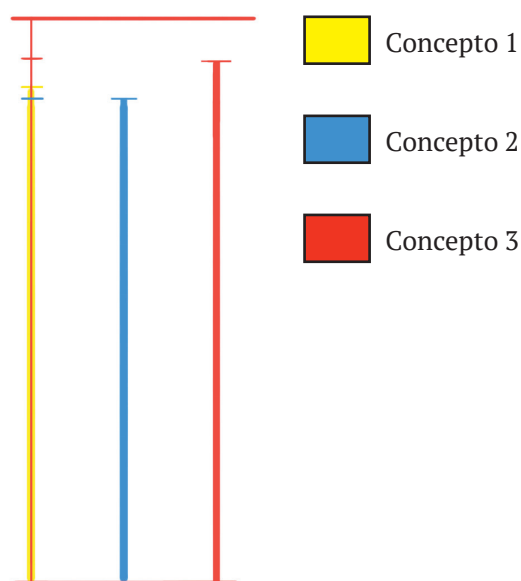


Figura 54. Comparación visual de la altura del tubo horizontal.

	Factor	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3
<b>Estética</b>	1	5	5	7
<b>Espacio</b>	0,5	7	5	6
<b>Acceso</b>	0,5	8	8	5
<b>Coste</b>	1	8	6	6
<b>Integración</b>	0,5	6	6	8
<b>Total</b>		23,5	20,5	22,5

Tabla 8. Cuadro de decisión del concepto a desarrollar.

Como se puede ver, pese a que estéticamente a priori es el concepto más anodino por su propia forma, el concepto 1, gracias a una mayor versatilidad y facilidad de fabricación acaba siendo la mejor opción. El concepto 3, aunque resulta más interesante desde un punto de vista formal y su facilidad para transmitir la novedad del cambio, se ve muy penalizado por su coste y su altura de acceso elevada.

### Desarrollo del concepto

Una vez definida la estructura general del concepto a desarrollar, se procederá al desarrollo del mismo.

En primer lugar se refinará formal y funcionalmente el concepto, estudiando posibles ángulos de unión de los tubos o la ubicación de elementos como los anclajes para el portabidones. Una vez hecho eso se estudiarán las diversas formas en que se puede producir la unión entre dichos elementos, el método de fabricación de los mismos y la manera en que se podría montar el conjunto. Finalmente se realizará el estudio sobre la rigidez del cuadro y, en función de los valores obtenidos, se realizará un modelo de la bicicleta que se dimensionará en cuanto a espesores de los tubos y de sus uniones para conseguir la rigidez necesaria.

### Desarrollo Formal

En primer lugar se adopta un punto de vista puramente formal para desarrollar el concepto. Partiendo de la estructura final que se ha decidido para la bicicleta, se exploran diversos estilos para la bicicleta. Dado que se trata de una bicicleta que, simplemente por el tipo de cambio que va a utilizar, se consideraría de gama alta, se intenta utilizar un lenguaje formal que exprese dicho estatus.

Se estudian principalmente cuatro lenguajes formales que se pueden adoptar con la bicicleta.

En primer lugar se adopta un lenguaje muy convencional, basándose en tubos cilíndricos o muy levemente esculpidos que se unen entre sí. En este tipo de cuadros, para conseguir un acabado de buena calidad suele ser muy importante la soldadura utilizada. Si se va a utilizar un acabado metálico o anodizado, o se busca una bicicleta que de una gran sensación de solidez, suele ser adecuado utilizar soldaduras muy expuestas o visibles, siempre y cuando éstas sean de calidad. En cambio, si se pretenden utilizar otros acabados o dar un aspecto refinado es más adecuado disimular las soldaduras, limando la soldadura hasta que quede integrada con los tubos. En una fabricación más artesanal, para lograr dicho resultado se puede recurrir a soldadura al tope y refuerzos con láminas de metal.

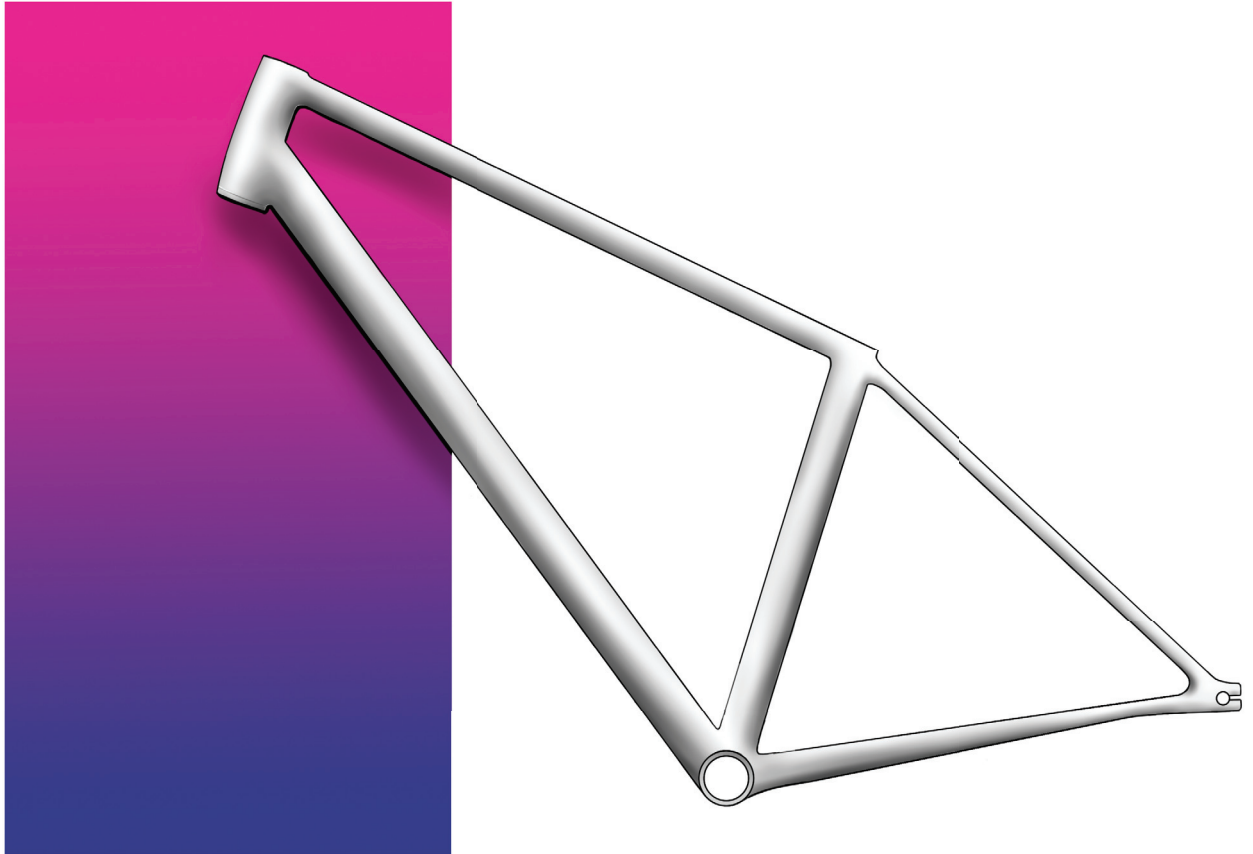


Figura 55. Estructura convencional.

Otro lenguaje estudiado es de utilizar tubos con una forma muy marcada, especialmente en el tubo de la dirección, usando nervios que nacen en dicho tubo y recorren los tubos horizontal y oblícuo. Es un lenguaje que consigue una gran fuerza, creando tensión y una sensación de rigidez notable. En caso de que no se pueda hacer una unión de los tubos perfectamente fluida puede ser recomendable utilizar soldaduras expuestas y de gran superficie, que como se ha mencionado anteriormente pueden ayudar a incrementar la sensación de solidez del concepto.

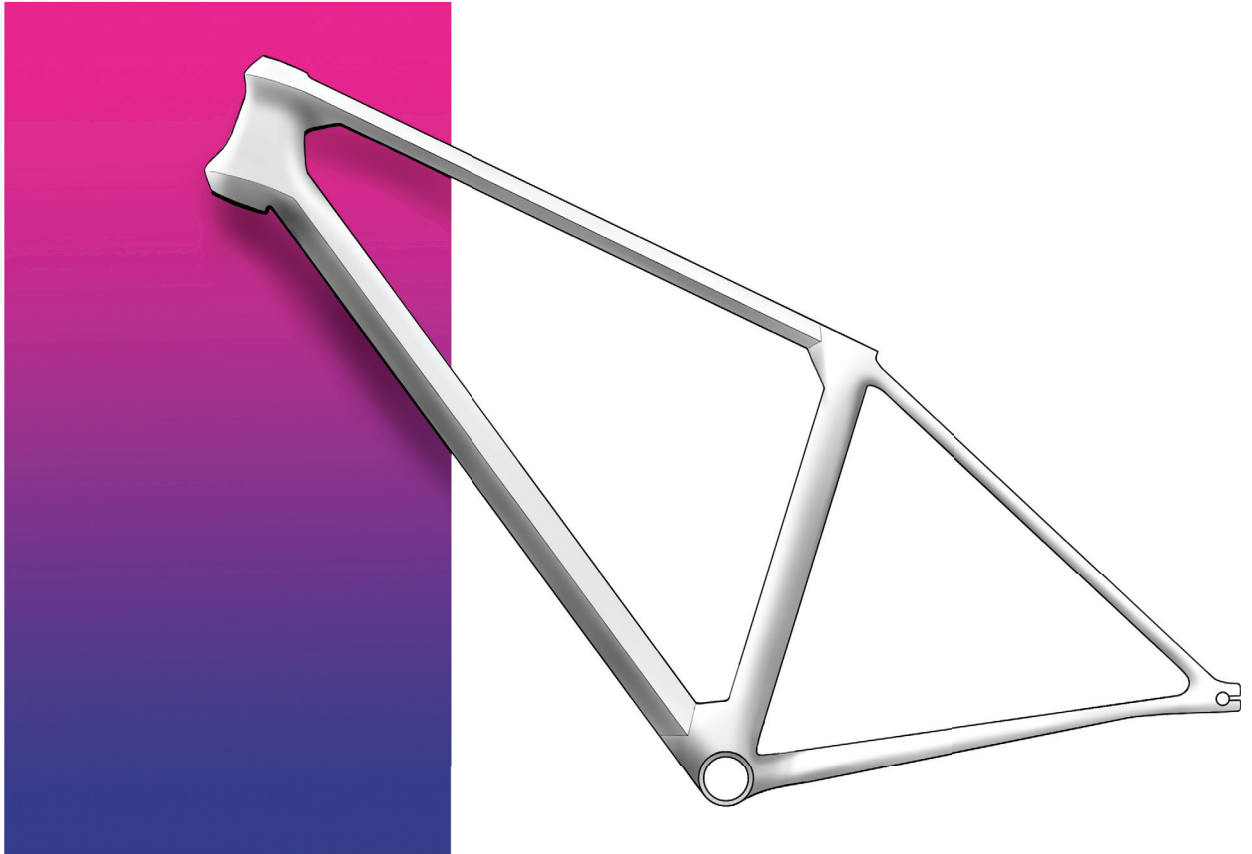


Figura 56. Tubos con aristas marcadas.





Por último se estudia un lenguaje distinto. Si las dos versiones anteriores hacen hincapié en la solidez, ahora se tiende más al refinamiento. Para ello se utilizan tubos esculpidos también, pero en lugar de buscar que formen nervios o den solidez al conjunto se intenta que lo que hagan sea unir todas las partes, creando fluidez y unicidad. En ella todo el interior del triángulo principal se une en una pista triangular continua. Para conseguir el efecto sería muy importante el conseguir disimular la unión entre los diferentes tubos.

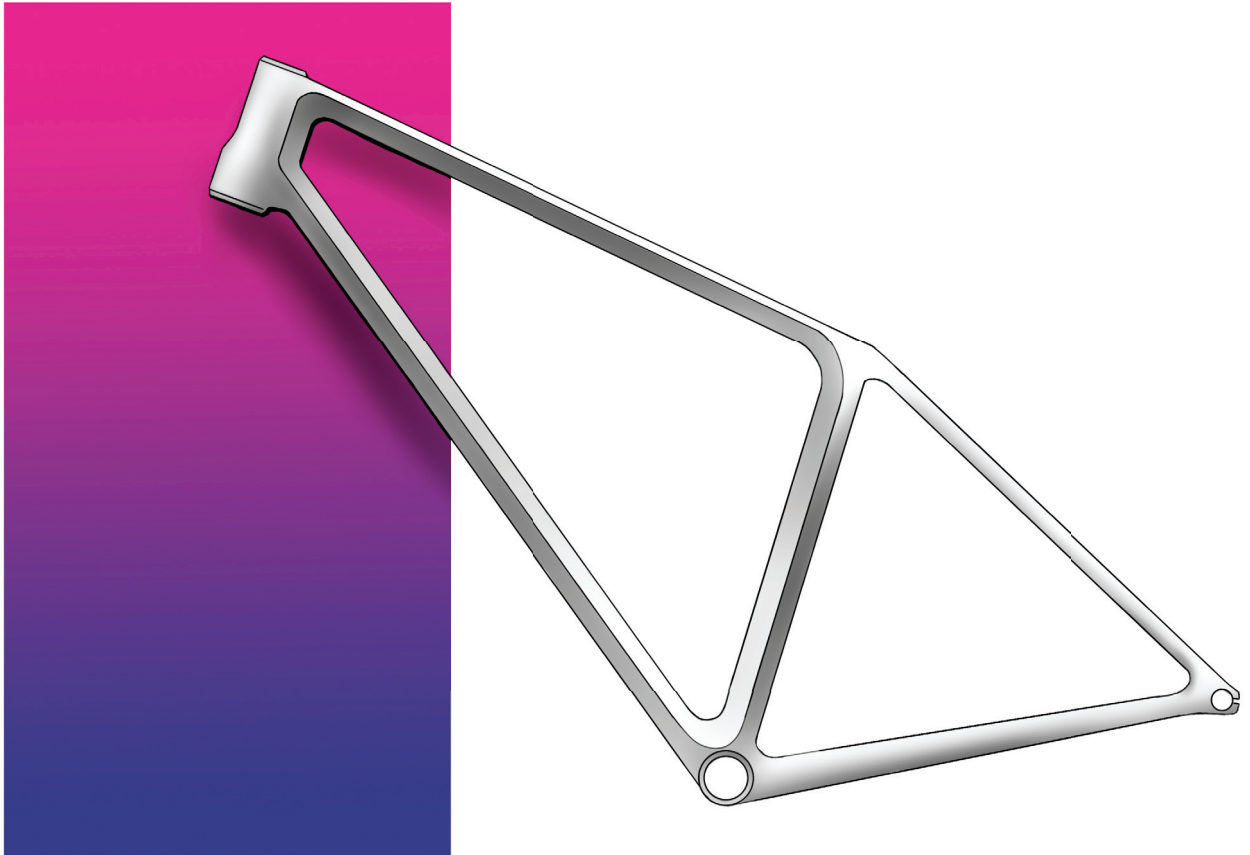


Figura 58. Tubos con formas continuas.

De los lenguajes formales que se han llegado a plantear para la bicicleta, el que parece más apropiado es el último, en el que se esculpe una forma continua en el interior del triángulo. La razón para ello es que la bicicleta no tiene un objetivo puramente competitivo, y los otros estilos, más agresivos, no se adaptan tan bien a una bicicleta con una orientación más tranquila y refinada.

A parte del aspecto general, hay varios puntos que resultan especialmente claves en el diseño.

En primer lugar, se encuentran los puntos de unión entre los diversos tubos. Son el punto en el que se va a marcar de una manera más importante el carácter del diseño, ya que siendo los ángulos de unión entre los tubos idénticos, el que se de un tratamiento u otro a dicha zona de unión puede variar la sensación producida.

Otro punto importante es el tubo del sillín. Aunque existen tijas, especialmente destinadas a bicicletas de competición en ruta, con formas aerodinámicas, y que suelen ser específicas no ya para una marca sino para un modelo en concreto, siempre será preferible el uso de una tija circular y de dimensiones habituales. El uso de dicha tija podría hacer preferible el uso de un tubo del sillín circular, pero también pueden estudiarse otras posibilidades.

El último punto clave es la forma concreta de los tubos utilizados. Por un lado podría estudiarse si es preferible que el interior del triángulo tenga exactamente las mismas dimensiones o es preferible que éstas varíen, y por otro independientemente de ello se debe estudiar la forma más adecuada para la parte del tubo que no conforma el espacio interior.

## Tubo de Dirección

Si se ha mencionado anteriormente que la forma en que se unen los tubos entre sí es fundamental a la hora de definir el aspecto formal de la bicicleta, la unión que más libertad permite y, por tanto, más influencia puede ejercer, es la del tubo de dirección con los tubos horizontal y oblicuo.

Esto es así por varias razones. La primera y más importante es que se trata del punto de unión entre tubos más visible, al fin y al cabo es el frontal de la bicicleta. Además, a diferencia de las otras zonas en las que los tubos se unen entre sí, en la dirección los tubos horizontal y oblicuo se unen al de dirección, que es mucho más corto y permite una mayor variedad de posibilidades.

Se prueban diferentes soluciones para la zona, desde la más obvia como puede ser colocar la zona central paralela al tubo de dirección a otras más radicales, inclinándolo de diferentes maneras e incluso eliminando por completo la sección y uniendo los tubos horizontal y oblicuo de manera directa.



Figura 59. Variaciones del tubo de dirección.

También se comprueban diversas posibilidades en cuanto al tratamiento que se hace a los extremos de dicho tubo. En ellos se inserta la dirección, y existe una zona que debe ser mecanizada para adaptarse a la misma y sujetarla. Generalmente para introducir la dirección se utilizan herramientas específicas, ya que las cazoletas de la misma suelen ir bastante ajustadas, con el objetivo de que la dirección funcione adecuadamente y no se afloje por error.

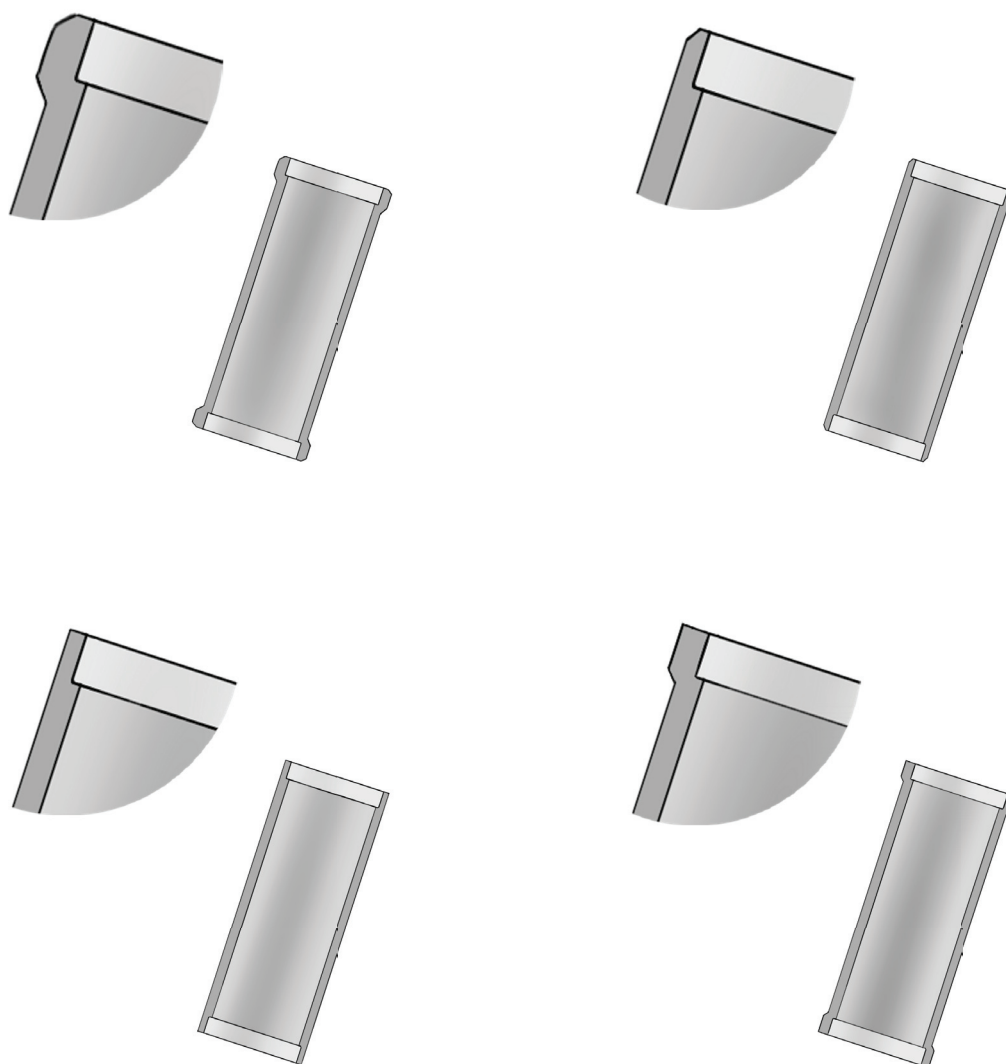


Figura 60. Diversas opciones para el alojamiento de la dirección.

## Compartimento Interno

Una peculiaridad de la bicicleta a desarrollar respecto a otros modelos del mercado es el estar perfectamente adaptada al cambio de marchas automático. Dicha adaptación implica la necesidad de alojar diversos elementos del mismo, especialmente la batería, el motor que acciona el cambio y la centralita de control.

Estos elementos se podrían ubicar en un accesorio separado, integrados en una unidad que pudiese acoplarse, por ejemplo, en lugar de un bidón de bebida o en una cesta portabultos, y utilizarse en cualquier bicicleta, pero al desarrollarse una bicicleta para el cambio resulta apropiado integrarlos en el propio diseño, demostrando las ventajas que ofrece una bicicleta adaptada desde su concepción al cambio de marchas.



Figura 61. Posible diseño de un compartimento externo, con los elementos ocupando el espacio de un bidón de agua de tamaño normal.

Al ser un elemento que se piensa ya en las primeras fases del diseño, las posibilidades a la hora de integrarlo son elevadas.

Una primera opción es, directamente, integrar todos los elementos en una unidad situada en el interior de alguno de los tubos. Es una opción que diversos fabricantes optan por utilizar a la hora de utilizar cambios electrónicos en sus bicicletas, dotando a sus bicicletas de una abertura en la que se puede alojar la batería de dichos cambios. Dado que es el tubo con mayor tamaño, el lugar lógico en caso de adoptar esta solución es el tubo oblicuo. En otros casos, especialmente usuarios que montan cambios electrónicos en bicicletas no pensadas específicamente para ellos pero que buscan un acabado limpio, se fabrican baterías cilíndricas pensadas especialmente para colocarse en el interior de la tija de la bicicleta, que además es una posición bastante adecuada ya que permite una buena gestión del cableado.



Figura 62. Batería de 7.4 V Shimano para cambios electrónicos, que se instala en la tija de la bicicleta.

Otra posible solución es el uso de un elemento externo pero que, aun así, quede integrado en el diseño. La principal ventaja de esto es que puede facilitar enormemente el mantenimiento, al ser el acceso a sus elementos más sencillo que si se encuentran en el interior del cuadro. La ubicación lógica para un elemento así sería añadido a cualquiera de los tubos que conforman el triángulo principal.

De las opciones planteadas, la más atractiva es la integración en el exterior de los tubos. La razón principal es, como ya se ha mencionado, que facilitan las labores de mantenimiento, pero además permite ubicar fácilmente las conexiones necesarias para la entrada de corriente de la dinamo y las salidas para las luces o conexiones USB que se desee integrar aprovechando la existencia de una dinamo y una batería.

Una vez decidido utilizar un accesorio externo, resta la decisión de dónde ubicarlo. Dado que se trata de un tubo de menor sección que el resto, y que además visualmente es interesante que aparezca lo más ligero posible, el primer punto a descartar es el tubo horizontal.

De los dos restantes, cada uno presenta sus propias ventajas.

El tubo oblicuo, al ser de gran sección y longitud, resulta adecuado porque permitiría un gran espacio, aunque debería prestarse gran cuidado en que no acabe siendo excesivamente voluminoso. Ese gran espacio lo haría bastante adecuado en caso de que se quisiese realizar una versión con asistencia eléctrica al pedaleo, ya que si se amplía un poco más dicho compartimento podrían integrarse en él las baterías necesarias.



Figura 63. Aspecto del cuadro con el tubo oblicuo sobredimensionado alojando los componentes del cambio.

Por otra parte, el tubo del sillín resulta muy atractivo por dos razones. En primer lugar, su ubicación es muy cercana a la parte trasera de la bicicleta, donde se ubica el cambio, y de los sensores que dan sus órdenes a éste. Por otro, ayudaría a solucionar la disyuntiva sobre el diseño del mismo, ya que es conveniente que sea cilíndrico para poder introducir en él una tija normal sin problemas, pero por otro lado de serlo podría romper el diseño general de la bicicleta. Utilizando un tubo circular para la estructura y completando el exterior con el compartimento de los elementos del cambio quedaría solucionado el problema.



Figura 64. Se aprecia el resultado con el tubo del sillín siendo ahora el que aloja los componentes.



La ubicación de dichos componentes internos será en gran parte responsable de las dimensiones de la zona esculpida en el interior del cuadro.

El motor tiene un diámetro de 42 mm y una altura mínima de 20mm sin contar la polea que mueve los cables, lo que en cualquier caso obliga a su colocación en vertical.

Por su parte, la batería tiene unas dimensiones de 38 mm de espesor, 38 mm de ancho y 68 mm de largo.

Como el tubo de dirección tiene un diámetro de 44mm, más el espesor del material, no resultaría complicado ubicar los elementos acoplados sobre cualquiera de los tubos del cuadro, sea el tubo oblicuo o el del sillín.

El problema surge de que, como hemos visto, la distancia entre el tubo en el que se alojen dichos componentes y el borde de la zona esculpida será de al menos unos 40 mm, contando que las paredes del alojamiento fuesen de 1 mm de espesor y se ajustase perfectamente a la batería. Al ser necesario dicho espacio resulta más apropiado ubicar los componentes en el tubo del sillín. El tubo oblicuo necesitará bastante más sección debido a los esfuerzos que soporta, y si a ello hay que sumar el espacio para los componentes mencionado resultará una zona excesivamente masiva, mientras que los otros tubos tendrán un tamaño muy inferior. Por contra, ubicarlos en el tubo del sillín lo hace más robusto, pero como desde un principio sería el tubo de menor sección, en la práctica el hacerlo más robusto lo compensa visualmente frente al resto.

Formalmente, dicho alojamiento constará de dos piezas, preferiblemente de ABS o algún polímero de alta calidad similar, con una ventana traslúcida que indicará el estado de la batería. La mitad inferior se unirá al tubo del sillín, mientras que la mitad superior se anclará a dicha mitad inferior. Como es necesario que el alojamiento esté protegido de los elementos, tanto en las uniones atornilladas como en el perímetro de la unión se recurrirá a juntas de estanqueidad, y las dos piezas se unirán entre sí con suficientes tornillos como para que la unión sea segura. También se impermeabilizarán las entradas y salidas de cables, utilizando tapas de caucho que permitan tapar las conexiones no utilizadas.



## Adaptación a Tallas

Como ya se mencionó en su momento, la fabricación de bicicletas en serie se basa en un sistema de tallas, existiendo un mismo modelo en diversas tallas que, unidas a las diversas regulaciones que se suelen permitir, permiten un ajuste suficientemente bueno para gran parte de los usuarios. En la fabricación tradicional de bicicletas, se busca una estética común, pero cada talla debe diseñarse por separado dado que las tallas implican que los tubos se unan en diferentes ángulos y deban cortarse de manera específica para cada talla. Cuando se van a fabricar una gran cantidad de bicicletas de cada talla, fabricarlas de esta manera no es especialmente problemático, y cuando las bicicletas se fabrican a medida, el trabajo de diseñar cada tubo individualmente es inevitable. El problema viene cuando, como es nuestro caso, se pretende fabricar en serie, pero una cantidad de unidades limitada.

Para soslayar parcialmente dicho problema, en un principio se piensa en aprovechar el diseño seleccionado y adecuarlo de manera que en sus zonas de unión lo haga siempre de la misma manera independientemente de la talla. Los ángulos en los que se unen los tubos en la dirección o en el pedalier serían siempre los mismos, mientras que lo que variaría la ubicación de los elementos sería la curvatura que se diese a los tubos que unen dichas secciones. En caso de que el corte de dichas tuberías sea robotizado la ganancia no es mucha, pero en caso de que la serie sea suficientemente corta como para no justificar el uso de automatización, dado que generalmente los tubos se cortan mediante el uso de plantillas, el tener una plantilla común puede suponer una ventaja bastante importante, siendo más sencillo para el operario y eliminando cierta posibilidad de errores.

El problema de esta aproximación es que no tiene en cuenta que las tallas de las bicicletas no cambian todas sus medidas en la misma proporción.

Generalmente, la longitud de la bicicleta sufre poca variación, mientras que la altura sí lo hace. Un usuario de mayor altura que la recomendada para la bicicleta encontrará problemas para sentarse cómodamente porque las piernas quedarán excesivamente flexionadas durante el pedaleo, por lo que necesitará un sillín más alto. La longitud de la bicicleta, por el contrario, no será muy molesta. En las bicicletas de trekking el torso suele estar bastante vertical, por lo que aunque la diferencia de altura sea notable la variación en la longitud necesaria será pequeña, especialmente si, como se suele hacer, se utiliza un tubo de dirección más alto que eleve el manillar.

El triángulo trasero, huelga decirlo, no suele sufrir ninguna variación en su longitud dado que no influye en el acomodo del ciclista.

Para solucionar el problema de las tallas, pues, se precisa una solución ligeramente diferente.

Estudiando las medidas de las tallas en diferentes modelos de bicicleta, vemos que el crecimiento de la longitud del tubo del sillín es mucho más rápido que el del tubo horizontal o el tubo de la dirección.

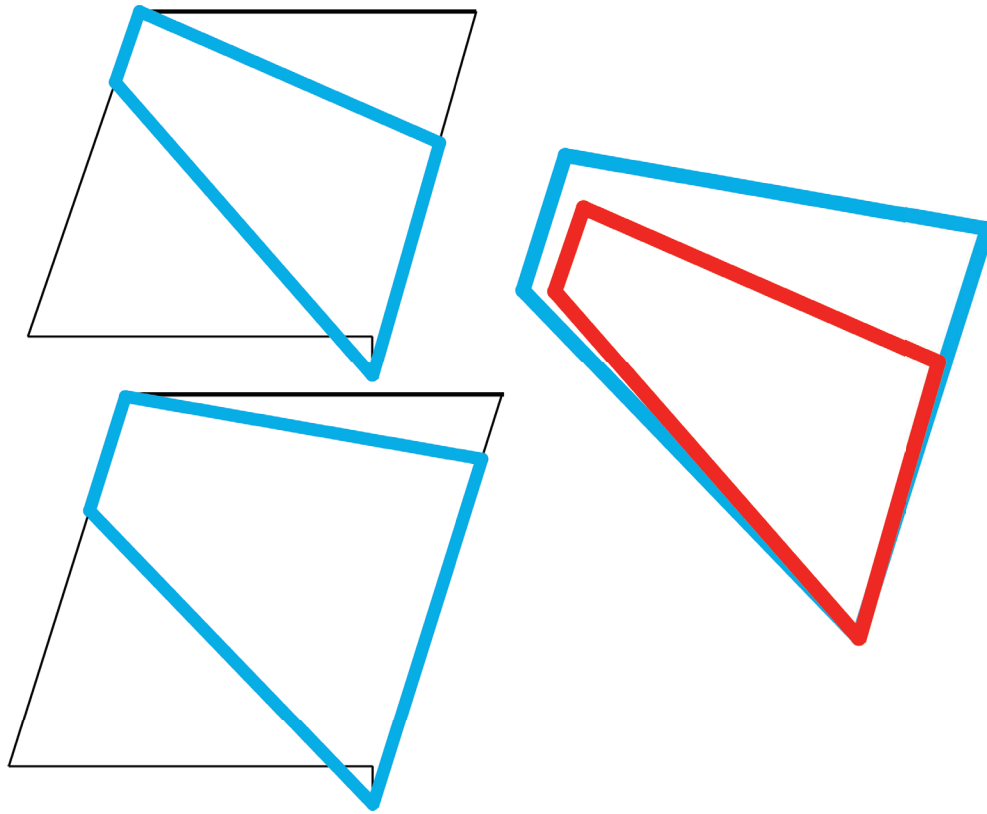


Figura 65. Comparación visual de las diferencias entre las tallas 41 y 61 en una bicicleta Merida Crossway.

Como vemos en la imagen 65, la diferencia de longitud del tubo oblicuo y el horizontal son pequeñas, mientras que el tubo del sillín es mucho más largo. También hay una gran diferencia entre los tubos de dirección, pero otras marcas no tienen dicha diferencia salvo en las tallas más grandes, y para el resto tienen la misma longitud del tubo y utilizan potencias de diferentes dimensiones para acomodar a los usuarios en caso de que sea necesario.

Como la bicicleta, en principio, se fabricará en series cortas, se puede prescindir de dichas tallas más extremas, dado que incluso en bicicletas de marcas importantes se suelen obviar para determinados mercados. Así, en lugar de fabricar bicicletas entre la talla 41 y la 61, como se da en el caso de la imagen superior, se podrían utilizar bicicletas entre la talla 41 y la 55. Siguen siendo válidas para la mayor parte de la población (aproximadamente corresponden al percentil 5 y 95 de la población conjunta) pero se eliminan las medidas más extremas, y por tanto aquellas en las que los cambios de geometría son más notables. Por ejemplo, en el caso del modelo anterior la diferencia entre la distancia horizontal desde el pedalier hasta el tubo de dirección es de menos de 3 cm entre ambas tallas, y hay modelos de bicicleta en que dicha diferencia sería incluso menor, además de utilizar los mismos ángulos del sillín y la dirección en todas las tallas.

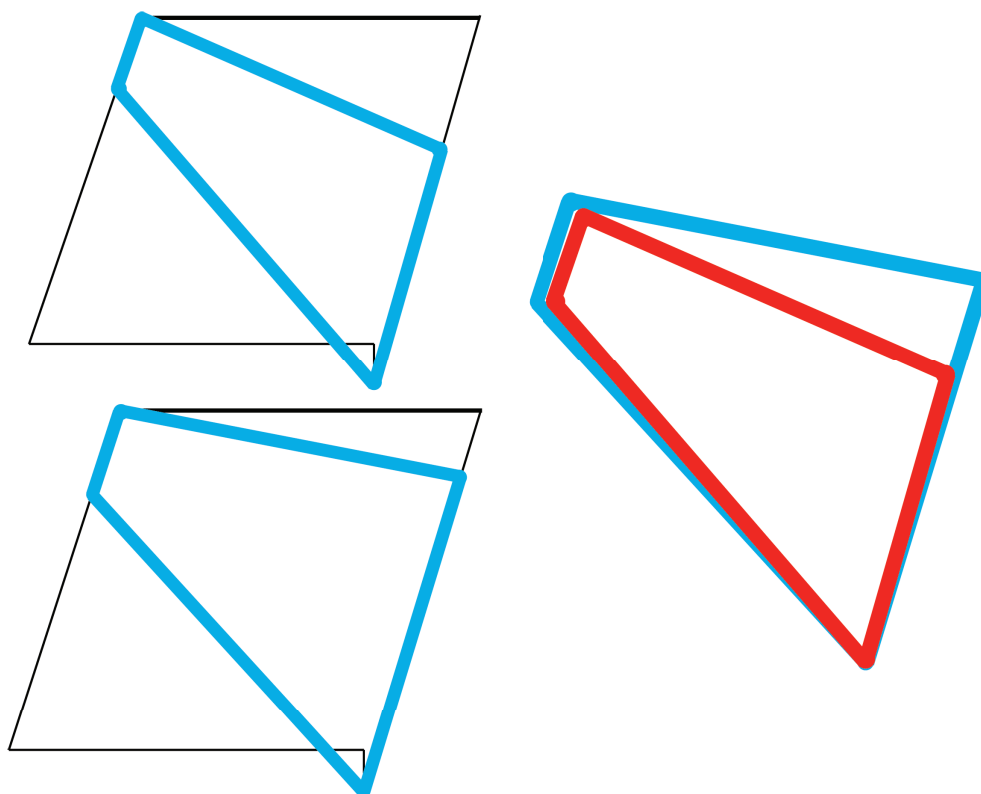


Figura 66. Comparación visual de las diferencias entre las tallas 41 y 55 en una bicicleta Merida Crossway.

Si observamos ahora la imagen 66, con las nuevas tallas las dimensiones son mucho más similares. Nótese que el tubo horizontal sí tiene una inclinación muy diferente, pero no tiene por qué. Generalmente el tubo horizontal se une al tubo del sillín no en el punto exacto donde acaba éste, como aparece en la imagen, sino por debajo. Con excepción de dicho tubo, en la práctica podría diseñarse una bicicleta en la que el resto de tubos del cuadro fuesen comunes en las diferentes tallas, al menos si el tubo del sillín en el modelo de mayor talla es suficientemente rígido ya que presentaría un voladizo de 14 cm.

Para comprobar si las impresiones acerca de la posible adaptación de un cuadro a las tallas entre la 41 y la 55, se recurre de nuevo a las medidas usadas en el análisis ergonómico, creando ahora maniquíes de los percentiles 5 y 95, que como hemos visto coinciden bastante bien con las tallas a las que se pretende abarcar. Se sustituye, eso sí, la barra azul que representa al tubo del sillín por una de la medida adecuada, y también aquella que marca la altura máxima del sillín. Realizamos la comprobación, de nuevo, en la posición más extrema, aquella en la que la biela se alinea con el tubo del sillín.

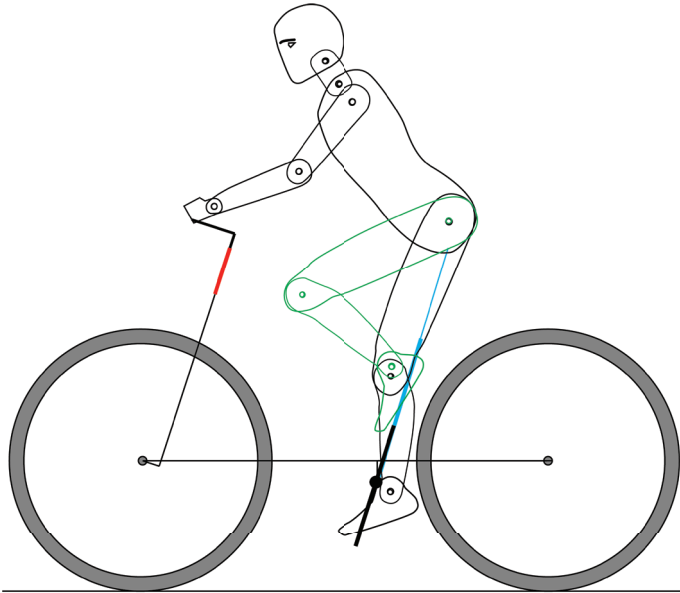


Figura 67. Usuario correspondiente al percentil 5, con las piernas en su posición más extrema, sobre la bicicleta con las dimensiones estipuladas.

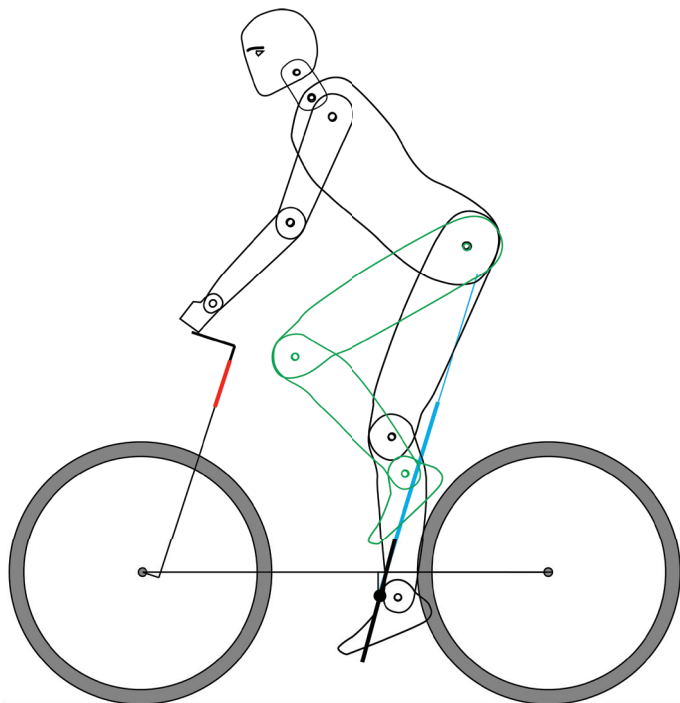


Figura 68. Usuario correspondiente al percentil 95, con las piernas en su posición más extrema, sobre la bicicleta con las dimensiones estipuladas.

Como vemos en las figuras 67 y 68, pese a la gran diferencia en el tamaño de los usuarios la postura no es especialmente forzada en ninguno de los casos, y gran parte de los problemas que puedan existir se solucionarían con el uso de potencias adaptadas a la talla concreta, utilizando una potencia más larga y elevada para tallas grandes y una más baja y corta para las tallas pequeñas. Es mejor, evidentemente, el uso de un modelo de bicicleta con diferentes dimensiones para cada talla y que tenga un comportamiento similar en todas ellas, en lugar de una bicicleta con unas dimensiones casi idénticas en todas las tallas y que varía el comportamiento según la talla, pero en realidad las diferencias no son tan importantes, especialmente en una bicicleta polivalente como la que se desarrolla.

Otra posibilidad, en caso de que quisiese llegar con el mismo modelo a un rango mayor de tallas, o se quisiese solucionar la diferencia de comportamientos entre las diferentes tallas, sería la adopción de una dirección con ajuste mediante excéntrica o similares, que permitiese elegir entre dos posiciones, una más larga y otra más corta para la bicicleta. Sería necesario, eso sí, estudiar si dicha solución sería suficientemente rígida, y si es conveniente que el usuario pueda realizar dicho cambio o éste deba venir realizado de fábrica sin posibilidad de ajuste posterior.

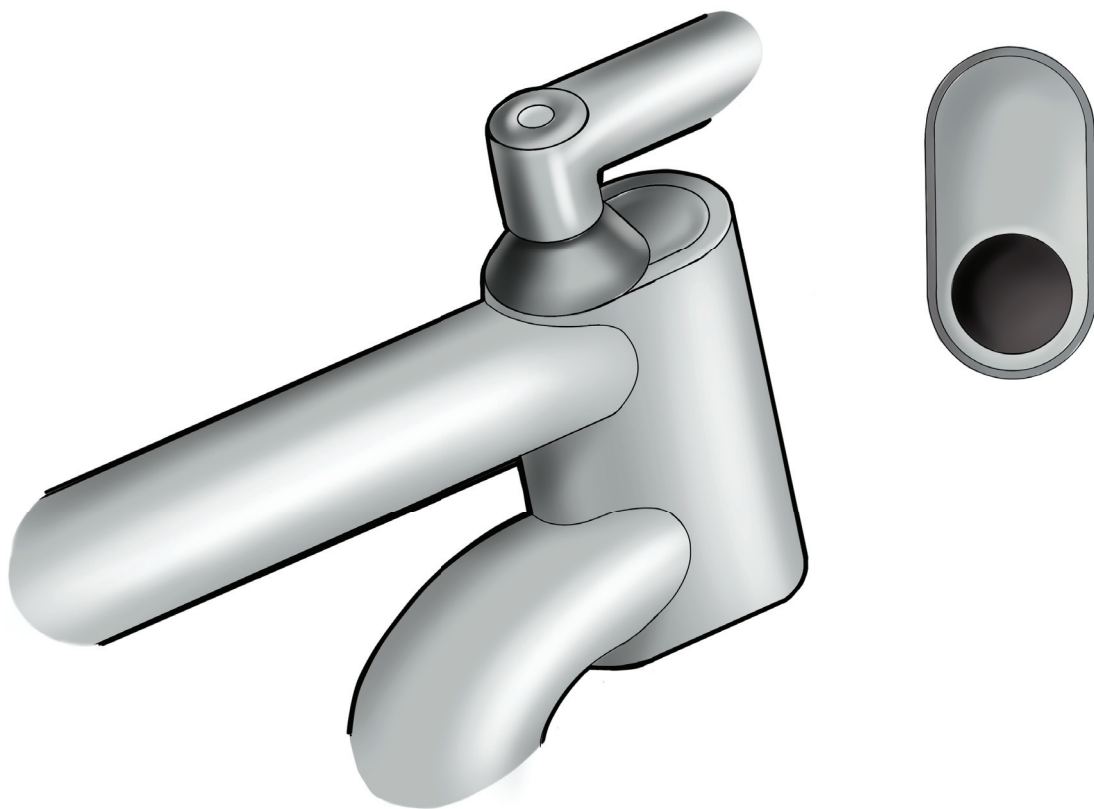


Figura 69. Ejemplo del sistema que permitiría adaptar la longitud del cuadro.

## Ensamblaje

Una vez desarrollado formalmente el concepto y estudiada la manera de conseguir que se pueda adaptar a múltiples tallas manteniendo una estética coherente y permitiendo unos cambios mínimos que permitan su fabricación en series más o menos cortas, se pasa a decidir la manera en la que se fabricará.

Ya hemos visto previamente algunos métodos de fabricación y materiales que se suelen utilizar en la fabricación de bicicletas. Como la bicicleta desarrollada finalmente es de trekking, el material lógico en el que fabricarla es el aluminio. Los cuadros de materiales compuestos, además de caros, tienen la desventaja de no ser especialmente resistentes a impactos. Como las bicicletas de trekking suelen encontrar bastante uso urbano, en el que las caídas, los golpes o incluso el que un vehículo pise la bicicleta no son para nada descartables, un cuadro que no acepte dichas situaciones de buena gana no es muy recomendable. También influye negativamente que el tipo de usuario de una bicicleta de trekking no será tan experto ni cuidadoso como los de bicicletas más específicas a las que se acercan ciclistas más experimentados. Y por último, mientras que un cuadro metálico que reciba un golpe o una abolladura suele poder repararse, en un cuadro de CFRP esto no suele ser posible.

De entre los cuadros metálicos, aquellos fabricados en titanio tampoco resultan recomendables por su alto precio y las pocas ventajas que ofrecen, y que no serán apreciadas por los usuarios de una bicicleta de trekking, como tampoco lo serán en muchos casos la estética clásica de las bicicletas de acero.

Decidido el uso del aluminio, se busca la manera de fabricar la bicicleta para obtener los acabados esperados.

Aunque el utilizar los mismos ángulos en la unión de los tubos independientemente de la talla es un buen primer paso de cara a conseguir el acabado que presenta el concepto, aun no resulta suficiente para garantizar que se consiga el efecto deseado. Habitualmente, las bicicletas se fabrican mediante la soldadura de los diversos tubos que conforman el cuadro. En el caso del diseño propuesto, el tener soldaduras en la zona de la dirección presenta el inconveniente de que se pierde gran parte de la continuidad que caracteriza al diseño. Ciertamente es que, si la soldadura es suficientemente buena y se desbasta y lija bien posteriormente, el acabado conseguido podría satisfacer el objetivo buscado, pero es muy fácil que se pierda dicho efecto.

Para solucionar el problema se decide partir de un papel en blanco en lo que a métodos de fabricación respecta. Ciertamente es que fabricando la bicicleta en fibra de carbono sería relativamente fácil conseguir el objetivo, pero eso incrementaría aun más los costes del producto final, y como hemos visto no es un material adecuado para esta bicicleta.

La primera solución pasa por la fabricación de unas piezas de unión en el tubo de dirección, el pedalier y en la unión entre el tubo horizontal y el del sillín. Dichas piezas se encargan de dar continuidad a la forma de los tubos y se fabrican en fundición de aluminio. A ellas se unen los tubos, que al poder unirse de manera recta a dichas piezas facilitan conseguir el acabado deseado.

La segunda solución pasaría por la adopción de un recubrimiento en materiales plásticos en alguno de los tubos, o en todo el cuadro. Crear una carcasa externa, por ejemplo en plástico ABS, que recubra los tubos permite conseguir un acabado insuperable, mientras que la estructura que hay debajo puede hacerse con total libertad, ignorando cualquier objetivo estético más allá de permitir que la carcasa adopte las formas necesarias.

También se puede adoptar una posición intermedia, en la que una pieza de plástico se encargue de dar continuidad al triángulo interno formado por el cuadro, mientras que la parte externa se fabrique soldando los tubos o incluso con la unión mediante piezas de fundición mencionada.

Al final se decide el uso de las piezas de unión fundidas. Además se utilizarán adhesivos para unir dichas piezas a los tubos, de manera que se puede conseguir un mejor acabado sin necesidad de unas soldaduras de gran calidad. Aunque actualmente el adhesivo no es una opción habitual para las bicicletas de aluminio, lo cierto es que en otros sectores es bastante más habitual, y de hecho las primeras bicicletas que utilizaban dicho material solían recurrir al uso de adhesivos para unir los componentes. La razón tiene que ver con las soldaduras, dado que en aquellos tiempos era extremadamente difícil conseguir soldaduras de calidad en aluminio. De manera similar a como se hacía al soldar acero, se empleaban camisas de unión a las que se pegaban los tubos de aluminio. Cuando soldaduras de mayor calidad empezaron a estar disponibles, y los tratamientos de temple a ser más habituales, los adhesivos dejaron de utilizarse, en parte porque los fabricantes de bicicletas tenían mucha más experiencia con la soldadura que con los adhesivos, y cuando la soldadura alcanzó una cierta calidad presentaba mayor rigidez que los adhesivos.

Actualmente los adhesivos han evolucionado también, basta ver su elevado uso en bicicletas con cuadros de materiales compuestos, en aeronáutica y en automoción, donde se pueden encontrar ejemplos de coches de altas prestaciones que utilizan chasis de aluminio unidos mediante adhesivos, como por ejemplo el Lotus Elise.

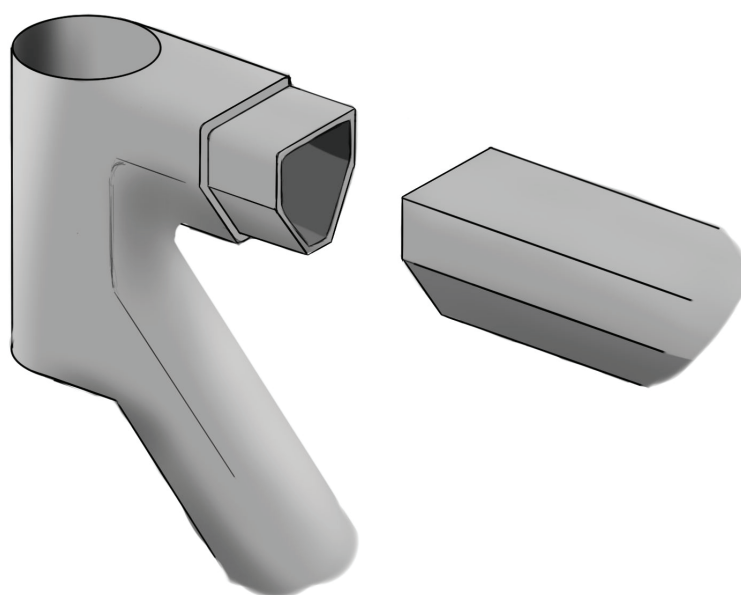


Figura 70. Ensamblaje de los tubos.



### Accesorios

Una de las ventajas que presenta el uso de un sistema eléctrico de manera obligatoria en la bicicleta es la posibilidad de incorporar de serie accesorios que en muchas bicicletas serían meramente opcionales. Una de las posibilidades más atractivas es la incorporación de luces, ya que integra un elemento de seguridad extra que puede ser muy apreciado para una bicicleta que se espera tenga un uso urbano importante.

El problema es que, integrando luces delanteras y traseras, se pierde mucha versatilidad en su uso. Un sistema integrado resulta mucho más complicado de regular en función de la geometría que finalmente adopta el usuario, especialmente en la luz delantera que, al cumplir una función de iluminación, debe enfocarse hacia el suelo de manera que proporcione visibilidad al usuario y, además, avise a otros usuarios de la vía de su presencia.

Otro condicionante que hace poco deseable la incorporación de luces en el cuadro es la limitación que impone al uso de determinados accesorios que, además, son bastante habituales en bicicletas urbanas o de trekking. Son bicicletas bastante apreciadas por usuarios que realizan largas distancias con ellas, y no es raro que se les acoplen portabultos, mochilas, etc. Una luz integrada en el cuadro limitaría la versatilidad para el uso de dichos accesorios, tanto en la parte delantera como en la trasera.

Así pues, recurriendo a sistemas comerciales que se instalan independientemente, se solucionan ambos problemas. Eso sí, dado que la bicicleta dispone de una dinamo y una batería, lo que sí es muy conveniente es el proporcionar conexiones para las luces. Existen en el mercado gran variedad de luces, y generalmente se suelen utilizar conectores comunes a todas, de manera que se podrían incorporar dichas conexiones en el cuadro para permitir un montaje más sencillo de dichas luces.

Por otro lado, una perspectiva muy interesante es la integración de una tercera luz de aviso en el cuadro. Una de las situaciones más peligrosas para una bicicleta es al cruzar calles, donde su pequeño tamaño y escasa o inexistente iluminación hacen que pueda ser prácticamente invisible. Incorporando luces en el cuadro, al cruzar una calle la bicicleta resultaría mucho más visible. Sus requerimientos de iluminación, al estar destinadas a indicar la existencia de la bicicleta y no a iluminar el camino, son escasos y puede cumplir con creces mediante el uso de diodos LED de baja potencia.

La alternativa a dichas luces sería la incorporación de catadióptricos reflectores, como se suelen ver en muchas bicicletas en lugar de la luz trasera y en las ruedas cumpliendo la función que se propone para la luz en el cuadro. Los reflectores tienen la ventaja de no consumir electricidad, y al estar ubicados en la rueda, presentan una mejor visibilidad ya que en el cuadro habrá momentos en que el usuario los tape con su pierna.



### Componentes

La bicicleta, además del cuadro y de los componentes propios del cambio desarrollado, necesita del uso de una serie de elementos comunes al resto de bicicletas.

Desde un principio, se ha pensado en la bicicleta como una manera de demostrar las ventajas del sistema de cambio, y como tal se emplean en ella componentes con una cierta calidad que no vayan a empeorar la impresión que se obtiene del funcionamiento del cambio. Como suele pasar con las bicicletas existentes en el mercado, tomando como base el mismo cuadro se pueden obtener diversas configuraciones, adaptándolas tanto al presupuesto del usuario futuro como a sus preferencias. Lo habitual es que dichas configuraciones, al menos en bicicletas de serie, vayan desde una bastante básica con componentes baratos a otras de componentes más caros. Dados los objetivos de esta bicicleta, y el escaso número de unidades a fabricar, en ella se prescindirá de gamas y se escogerán los componentes buscando el mejor resultado posible.

A continuación se detallarán dichos elementos comerciales, y se discutirán las razones que lleven a seleccionarlos.

## Componentes: Horquilla

Como en casi todas las bicicletas de trekking, se utiliza una horquilla con suspensión. Uno de los problemas al respecto es que existen en el mercado relativamente pocas opciones al respecto. Las marcas que comercializan horquillas para bicicletas de trekking, con ruedas 700c, se limitan prácticamente a dos: Suntour y RockShox.

RockShox únicamente dispone de un modelo en el mercado, la llamada Paragon Gold. Se trata de un modelo destinado a la gama alta, y por tanto podría ser muy apropiada para su uso en la bicicleta en cuestión, pero su disponibilidad se estima a partir de Junio de 2014, y en el momento de realizar la decisión sobre qué suspensión utilizar no está disponible en el mercado y no hay usuarios que puedan ofrecer una opinión sobre ella.

Así pues, Suntour es la que prácticamente copa la totalidad del mercado y la única que tiene disponibilidad desde hace tiempo, con horquillas disponibles en diversos recorridos, desde 50 a 75mm, y diversos niveles de calidad. Dentro del recorrido y tipo de rueda a utilizar, se puede distinguir entre suspensiones más enfocadas a un uso de trekking, adaptadas para un uso fuera de pista aunque no sea exclusivamente el que se le va a dar, y aquellas enfocadas a un uso urbano, con unos requerimientos de rigidez inferiores y unos reglajes más enfocados en la absorción de baches.

Por el tipo de bicicleta desarrollado, la gama más interesante es aquella de trekking. En ella se encuentran básicamente dos modelos, con diversos acabados en cada uno. Se trata de las NCX y NRX. También existe una gama inferior, llamada NVX, pero detalles como el uso de anclajes IS Mount para los frenos de disco la delatan como la gama de entrada, y no resulta interesante para el mercado al que se enfoca la bicicleta.

Entre las gamas NCX y NRX la mayor diferencia es el recorrido de la suspensión, siendo éste mayor en las horquillas NRX (63/75 mm) que en las NCX (50/63 mm). Al poder permitir un mejor uso fuera de pista gracias a su mayor recorrido, se decide el uso de suspensiones NRX.

Otro elemento a decidir al respecto es el uso de suspensiones con muelle tradicional o muelle de aire. El primero tiene la ventaja de necesitar un menor mantenimiento, a cambio de no ser regulable. En cambio el comportamiento de las suspensiones con muelle de aire es mejor, son más ligeras y además, aunque haya que controlar la presión, se trata de un mantenimiento sencillo, mientras que si es necesario hacer alguna labor de mantenimiento en una horquilla de muelles la mayoría de usuarios no podrá realizarlo. Dadas sus mejores prestaciones se decide usar una horquilla de aire.

Otros elementos diferenciadores entre unas horquillas y otras es si se desea que tengan bloqueo remoto o no, y si se desea que dispongan de ajuste del rebote o no. Dado que es bastante más cómodo para el usuario el que dispongan de bloqueo remoto, se decide por dicha opción, aunque el ajuste del rebote se considera innecesario.

El único modelo que incluye todas esas características es la NRX E RL 700C. Su precio es de alrededor de entre 150 y 200 € para el usuario final.

Modelo	NRX E-RL 700C
Recorrido	63/75mm
Tubo derecho	Bloqueo remoto
Tubo izquierdo	Aire
Corona	Aleación
Diámetro barras	30 mm
Material barras	Aleación
Distancia entre punteras (diámetro eje)	116 mm (9 mm)
Freno	Postmount, máximo 185 mm
Tubo de dirección	Cro-Mo (disponible cónico y de aleación)
Notas	Tubos de la horquilla fabricados en magnesio, disponible con y sin anclaje para suspensiones cantilever.
Longitud	480 mm
Peso	1910 gr

Tabla 9. Características de la horquilla.



Figura 71. Horquilla NRX E-RL 700C.

## Componentes: Ruedas

A diferencia de las horquillas, existe una gran variedad de marcas, modelos y rangos de precios cuando se habla de las ruedas, tanto las llantas como, especialmente, las cubiertas.

Uno de los errores más habituales es el uso de cubiertas de tacos en bicicletas de esta categoría. Las cubiertas se pueden dividir, a grandes rasgos, en tres tipos. Por un lado tenemos cubiertas lisas, que son adecuadas para un uso exclusivo en asfalto. Se pueden incluir en esta categoría cubiertas estriadas, que permiten evacuar algo de agua en caso de lluvia pero siguen sin ser aptas para un uso fuera de pista. En el otro extremo encontramos las cubiertas de tacos. Son adecuadas para superficies muy complicadas, muy embarradas, arenosas o con el terreno muy suelto. La comodidad que ofrecen sobre asfalto es muy limitada. Por último tendríamos las cubiertas con dibujo, que son algo intermedio. Proporcionan un agarre adecuado fuera de pista, aunque no en condiciones extremas, a la vez que disponen de más superficie en contacto con el firme en todo momento, lo que las hace más cómodas en zonas asfaltadas. Como no son bicicletas especialmente aptas para su uso en terrenos extremos, ni generalmente el usuario que compre una bicicleta de dichas características lo hace pensando en un uso extremadamente complejo, la elección más adecuada son las cubiertas con dibujo.

En cuanto a la anchura de las cubiertas, también existen numerosas opciones, aunque en la práctica la medida más habitual son 40 mm de anchura, existiendo algunos modelos con ruedas más anchas o más estrechas. (<http://sheldonbrown.com/tire-sizing.html>). Generalmente, una cubierta de mayor anchura proporciona más amortiguación y puede parecer más cómoda, aunque hará a la bicicleta menos manejable. Como el modelo de horquilla seleccionado es de recorrido relativamente alto para la categoría en la que se encuadra, se decide recurrir a una cubierta algo menor, de 37 mm, que exigirá el uso de llantas de entre 17 y 21 mm de anchura.

El modelo concreto son las Panaracer Pasela TG. Son cubiertas con dibujo, que ofrecen un buen compromiso entre agarre en asfalto y en superficies sueltas, además de tener protección contra pinchazos, que en ciudad, donde no es raro encontrar cristales en el suelo, es una opción muy interesante. El peso de dichas cubiertas es de 440 gr y el precio de venta al público es de unos 25 € la unidad.

En cuanto a las llantas, en la categoría en la que se encuentra la bicicleta no es habitual encontrar grandes diferencias entre unas y otras. Al fin y al cabo, los componentes más especiales se suelen enfocar a los entusiastas que realizan alguna especialidad de manera intensa o a los ciclistas profesionales. Tanto en bicicletas de montaña como de ciclismo en pista no es difícil encontrar llantas fabricadas en fibra de carbono, con un número de radios inferior al habitual, o con un diseño puramente aerodinámico, como llantas lenticulares, de palos de carbono, etc. En un sector más utilitario, en cambio, ni son habituales ni especialmente recomendables, ya que ni el entorno de uso es apropiado ni el usuario sabrá cuidarlas como es necesario.

Las llantas a utilizar serán el modelo A119 de la marca Mavic, de 19mm de anchura y que cuestan 22 € cada una aproximadamente. Este tipo de llantas ofrecen una buena resistencia, lo cual las hace apropiadas para un uso fuera de pista ligero como el que se suele dar a las bicicletas de trekking, aunque sin llegar a niveles de rigidez innecesarios.



Figura 72. Llantas Mavic A119 y cubiertas Panaracer Pasela TG.

## Componentes: Potencia

La potencia es uno de los elementos que más influencia tienen en el confort de uso de la bicicleta. Se trata de la pieza que une el tubo de dirección y el manillar, y como se suele observar existe una gran variedad de modelos, que modifican desde la altura del manillar como su distancia al eje de la dirección. Una potencia que sitúe el manillar muy alto implicará una postura más erguida, lo que puede hacerla más o menos apropiada según el usuario, aunque una mayor elevación suele hacer la bicicleta más nerviosa. Por otro lado, cuanto más larga y baja sea la potencia, más estable será la bicicleta.

Como puede imaginarse, al tratar con bicicletas enfocadas a un uso mixto acentúa el problema a la hora de elegir una potencia. Por ejemplo, utilizando la bicicleta en carretera podrá interesarnos una bicicleta muy estable, mientras que en ciudad o fuera de pista puede ser deseable una bicicleta más nerviosa que nos ofrezca más posibilidades de evitar una piedra o evitar a un transeunte. Para empeorar la situación, es fácil encontrarse un cliente que no tenga muy definidas sus preferencias ni el uso que le va a dar, y que esa es la razón que le lleva a escoger una bicicleta polivalente.

Por estas razones, es muy habitual encontrar entre las bicicletas de trekking potencias regulables. Disponen de un mecanismo que permite girarlas hasta cierto punto, pudiendo pasar de una potencia baja y larga a tener una más alta y corta, de manera que el usuario pueda adaptar la posición tanto a sus preferencias como a la situación en que vaya a utilizar la bicicleta. Dadas estas ventajas, se decide el uso de una potencia regulable.

Una vez decidido que se debe usar una potencia regulable, y dado que las medidas del tubo de dirección (1-1/8" en la parte donde lo abraza la potencia) y el manillar, que en bicicletas de trekking es casi exclusivamente de 31.8 mm, queda por definir la longitud de la potencia. Igual que existe una gran variedad de longitudes y alturas en las potencias fijas, las regulables también tienen un cierto rango de longitudes, además de haberlas que permiten una mayor variación del ángulo.

Se decide el uso de una potencia de la marca Ritchey, con una longitud de 100 mm y una variación en su ángulo de +40/-32, y con un coste aproximado de 30 €.+



Figura 73. Potencia regulable Ritchey Adjustable.

## Componentes: Manillar y Puños

Existe una enorme variedad de manillares en el mercado, y pueden variar tanto en su elevación como en su anchura, sin contar por supuesto con su grosor ni la variedad de manillares destinados a bicicletas de carretera que no tienen hueco en una bicicleta de trekking.

Lo más habitual, a parte del ya mencionado diámetro en su parte central de 31.8 mm, es que tengan una cierta elevación. Esto suele permitir una cierta modificación de la postura, que al utilizarse una potencia regulable no es realmente necesaria. Así pues, se utiliza un modelo de manillar con poca elevación.

La anchura del mismo influirá decisivamente a la hora de realizar palanca. Como el uso de la bicicleta no se espera que sea extremo, la necesidad de realizar mucha palanca sobre el manillar en subidas no sería necesaria, y por tanto se descarta el uso de manillares de más de 700 mm de anchura, que además resultarían incómodos en otras situaciones para un usuario que, tratándose de una bicicleta de talla M, no será normalmente muy ancho de hombros.

Discutido que no es necesario recurrir a anchuras grandes, en medidas inferiores la elección suele tener que ver con la comodidad de cada usuario y su postura preferida en la bicicleta. Por ello se recurre a una medida de 620 mm de anchura, que queda en un punto medio y resulta el mal menor.

En cuanto a modelos, por mantener una cierta homogeneidad en cuanto a las marcas utilizadas, se vuelve a recurrir a un manillar de la marca Ritchey. Se trata del modelo Ritchey Pro FLAT. Tiene una pequeña inclinación de las barras de 5° y no tiene elevación, y su precio es de en torno a 25 €.

Los puños son, si cabe, una elección mucho más personal que otros elementos. Son el primer punto de contacto con la bicicleta, y la comodidad que ofrezcan es fundamental. Al ser muy posible que se use con las manos desnudas, se descarta el uso de puños enfocados a su uso con guantes o con diseños muy extremos que puedan molestar. Buscando algo neutro, y de nuevo recurriendo a utilizar en la medida de lo posible el mismo proveedor para todos los componentes posibles, se utilizan unos puños Ritchey True Grip, fabricados en goma y con un diseño sencillo, que se pueden obtener por 4 €. Se recomienda, en cualquier caso, que el usuario los cambie por aquellos que más confortables le resulten.



Figura 74. Manillar Ritchey Pro FLAT y puños Ritchey True Grip.



## Componentes: Sillín y Tija

De la misma manera que los puños, el sillín es la otra parte en la que el contacto con el usuario es más directo, y donde la comodidad del usuario debe ser primordial. Además, incluso aunque la bicicleta sea la misma, cada usuario tendrá unos hábitos diferentes, la misma bicicleta se puede utilizar para realizar grandes recorridos a ritmo vivo, o para recorrer pocas distancias, y las necesidades no serán las mismas.

Como reglas generales, conviene tener en cuenta que cosas como un sillín muy mullido, aunque parece a primera vista más cómodo, suele resultar contraproducente en cuanto se hacen distancias medianamente largas.

Buscando un modelo de sillín relativamente económico y no muy específico, que pueda gustar a variedad de usuarios, se recurre al modelo Ritchey Comp Contrail, que resulta un buen compromiso entre comodidad momentánea y en largas distancias. Se puede conseguir por 27 €.

La tija del sillín, a diferencia de otros, tiene una importancia relativa. Es cierto que la diferencia de calidad en detalles como el peso puede ser muy importante, pero para el caso que nos atañe la diferencia que puede haber entre una tija de 200 gr y una de 250 no es muy relevante, al no tratarse de una bicicleta de competición.

A parte de eso, se suelen diferenciar por características como su longitud, su diámetro y el desfase entre el tubo y los anclajes. La longitud, al tratarse de una bicicleta de serie, es recomendable que sea larga dado que así permite un mayor juego a la hora de ajustarlo, dado que un usuario alto preferirá tijas largas, que no molestarán en su uso al usuario que necesite una menor longitud.

El diámetro elegido es de 31.6 mm, que es una medida bastante habitual en bicicletas de la categoría, y que resulta interesante al ofrecer una mayor rigidez respecto a otros modelos.

El modelo en cuestión de la tija es la Ritchey Comp 2-Bolt BB Black, que tienen un precio de unos 30 €, en una longitud de 400 mm.



Figura 75. Sillín Ritchey Comp Contrail y tija Ritchey Comp 2 Bolt BB Black.



## Componentes: Dirección, Bielas y Pedalier

En cuanto a la dirección, al haberse decidido el uso de una dirección semi-integrada, al ser más sencilla la fabricación del cuadro para direcciones de este tipo en contraposición con las direcciones integradas, en el catálogo de Ritchey se elige el modelo Pro PressFit, de 22 €.

La elección de las bielas y el pedalier vendrá definida por el sensor de potencia seleccionado. Uno de los principales problemas al respecto es que la mayoría de bicicletas del mercado utilizan cambios tradicionales, y la mayoría de cambios de desviador tienen al menos dos platos, especialmente en gamas medias y bajas. En concreto, de la variedad de bielas que ofrece Stages Cycling, tan sólo los modelos Shimano Saint y Shimano XTR tienen modelos con un único plato en el mercado, siendo todos ellos modelos para ciclismo fuera de pista y de gama alta. El problema es que no están pensados para su uso como bicicletas de una marcha, sino asociados a un cassette en el buje trasero, de modo que los platos disponibles no son los adecuados. En el documento de diseño del cambio se especificó que, para que el ratio fuese aceptable, lo más recomendable era que la desmultiplicación de la cadena fuese de tres, es decir, que el plato tenga el triple de dientes que el piñón. teniendo en cuenta que los piñones con rueda libre más pequeños del mercado tienen 16 dientes, la corona debería tener 48.

También existe un modelo de BMX, el Shimano DXR, disponible con un número adecuado de dientes, 46, que no variaría demasiado el desarrollo proyectado. El problema es que, al ser un modelo de BMX, no es compatible con bicicletas de montaña y ruta, además de quedar la línea de la cadena descentrada respecto a la de la rueda trasera.

Como, independientemente de qué bielas y pedalier se escojan, va a ser necesario cambiar al menos el plato, se opta por el modelo más económico, que es el Shimano Deore XT, disponible por 140 € aproximadamente, y por menos de 20 € se puede adquirir un plato del tamaño adecuado y los separadores necesarios para la conversión en un único plato. El modelo de biela concreto es el Shimano Deore XT M785, con pedalier de 73 mm PressFit. En caso de optarse finalmente por los sensores de potencia de 4iii, se mantendrían las bielas Shimano ya que son una alternativa de gama media que ofrecen un buen compromiso entre precio y calidad.



Figura 76. Dirección Ritchey Pro Pressfit Tapered y bielas Shimano Deore XT M785.

## Componentes: Frenos y Pedales

Para los frenos se recurrirá, al tratarse de una bicicleta de trekking de gama alta, a frenos de disco hidráulicos. Respecto a los mismos, hay esencialmente dos tipos de anclajes: el estándar ISO, que se unen al buje mediante pernos, y los Shimano Centerlock, que lo hacen mediante unas ranuras tanto en el disco como en el buje. Pese a ser propietario, dado la gran cantidad de bicicletas con componentes Shimano está bastante extendido, pero se montarán frenos de tipo ISO porque ofrecen más variedad. En concreto se montan unos discos, pinzas y levas Clarks Exo Skeletal, en los cuales la pareja de frenos delanteros y traseros cuesta al público aproximadamente 75€, y que ofrecen una buena relación calidad-precio.

El último elemento básico de la bicicleta son los pedales. Como se trata de una bicicleta de trekking, resulta muy poco recomendable el uso de pedales automáticos, ya que requieren que el usuario lleve zapatillas de ciclismo adaptadas, circunstancia que rara vez se dará en una bicicleta adaptada al día a día. Para bicicletas de trekking es prácticamente universal el uso de pedales de aluminio, con una superficie con dientes que permitan un buen agarre al calzado. Al ser una bicicleta con una facción de uso urbano importante, es imprescindible también que dispongan de catadióptricos que reflejen la luz de los vehículos que se nos acerquen.

Cumpliendo todos esos requisitos se seleccionan los pedales Wellgo 964, que se pueden conseguir a un precio de 15 € la pareja.



Figura 77. Frenos Clarks Exo Skeletal y pedales Wellgo 964.

### Diseño Final: Dibujos de Presentación

Una vez definidas las dimensiones, componentes, piezas estándar y el diseño general, se procedió al desarrollo final de las piezas mediante modelado 3D y a la realización de imágenes de presentación del producto final, que a continuación se añaden.

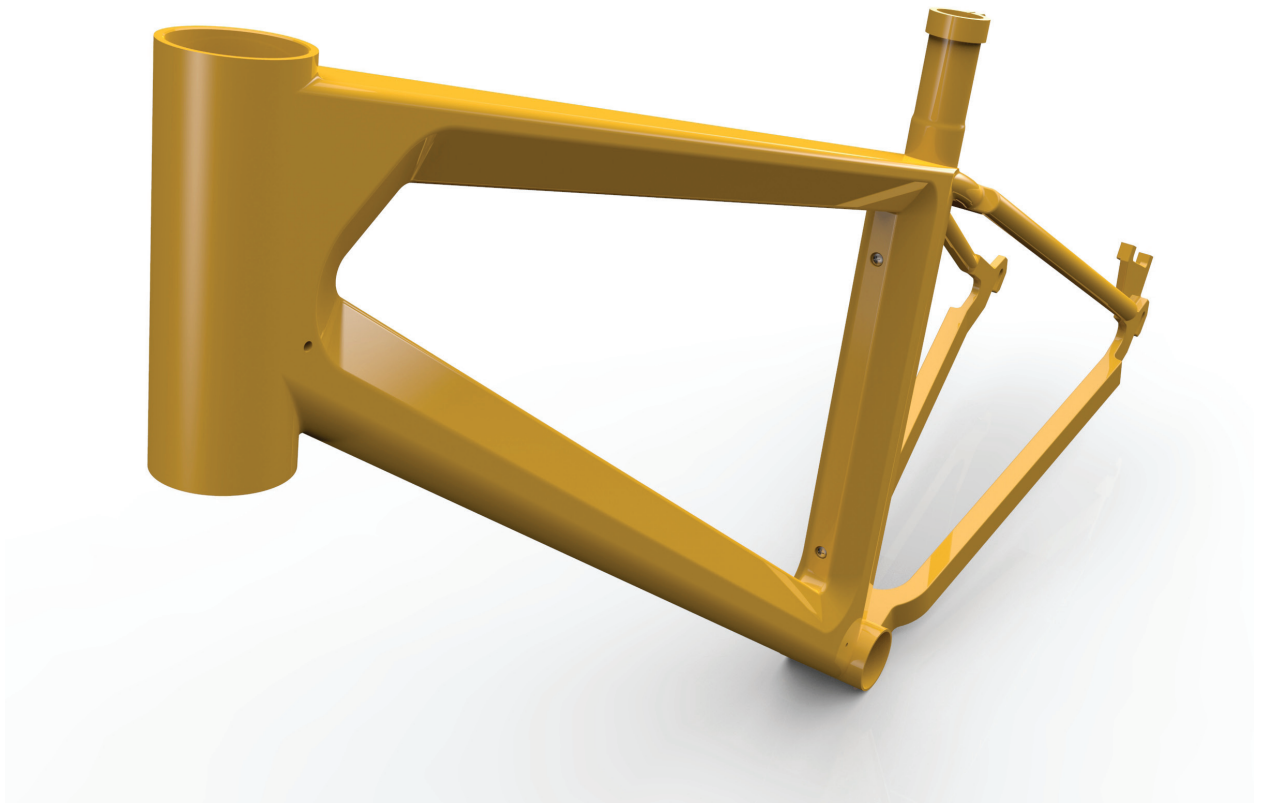


Figura 78. Vista del cuadro completo.



Figura 79. Diversas vistas del cuadro acabado.



Figura 80. Vista explosionada de las diferentes partes de que consta la bicicleta.





Figura 81. Bicicleta completa, añadiendo los diversos componentes necesarios.

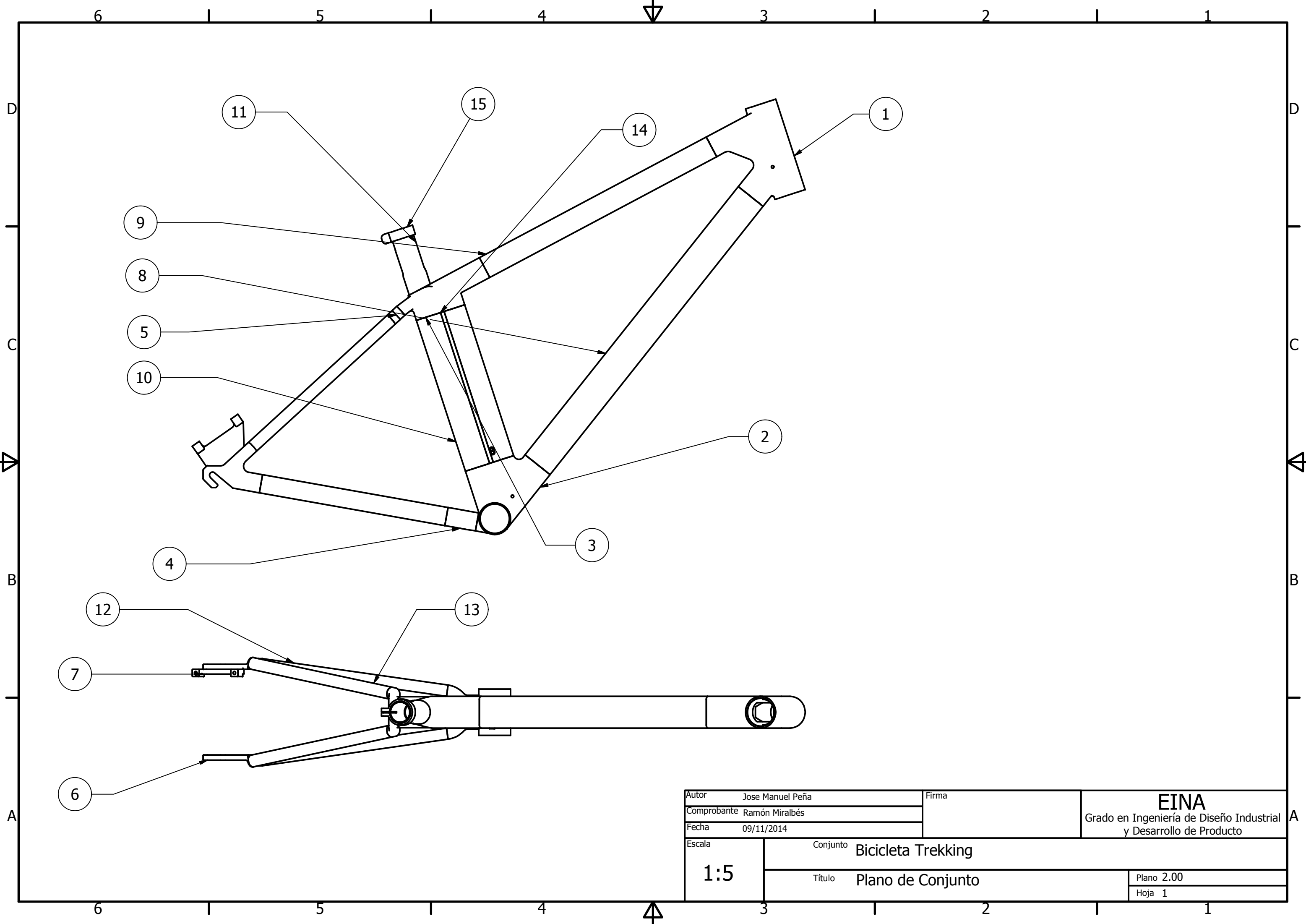


Figura 82. Bicicleta completa con sus componentes.

---

# PLANOS BICICLETA





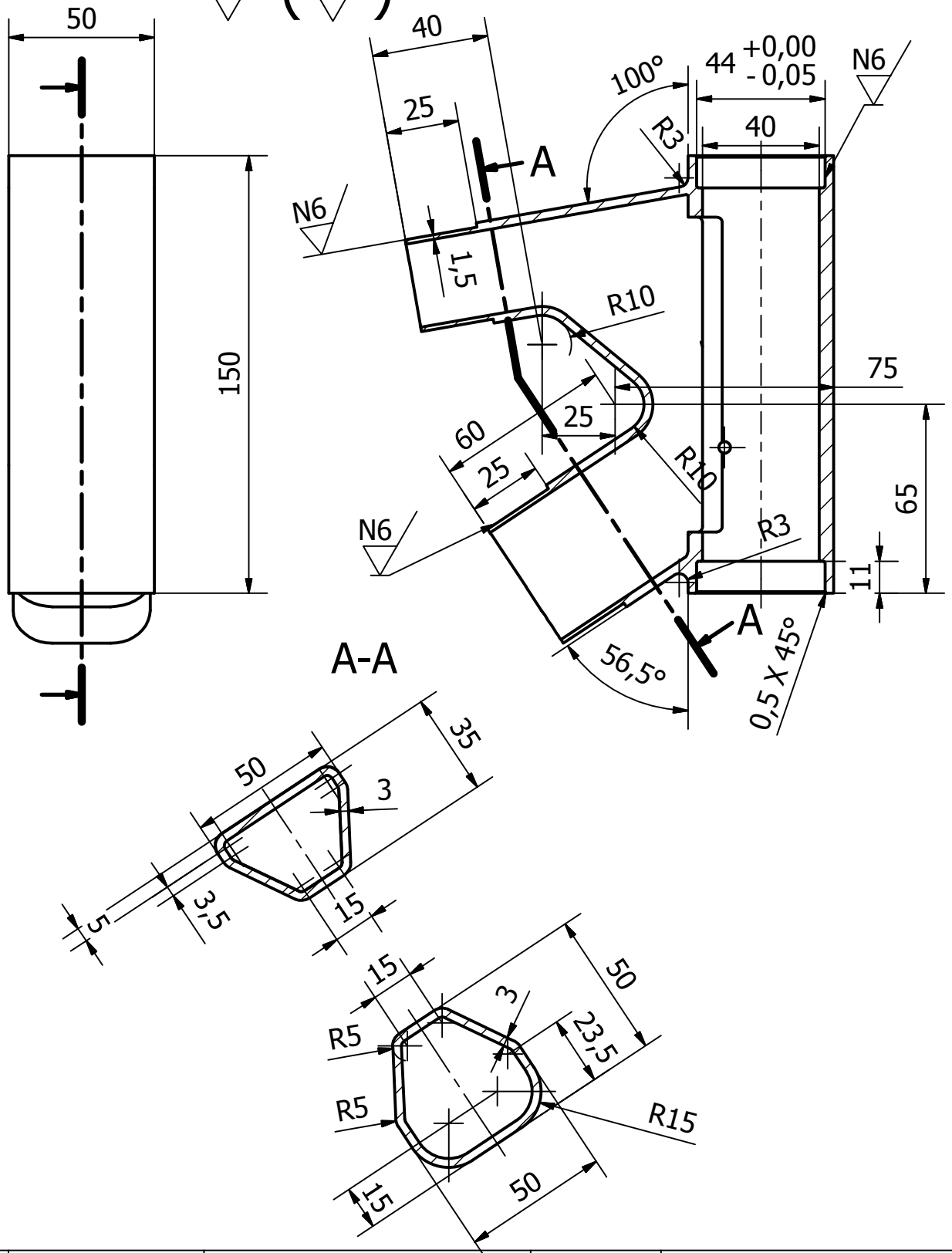
Autor Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 09/11/2014				
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:5	Título Plano de Conjunto		Plano 2.00	
			Hoja 1	



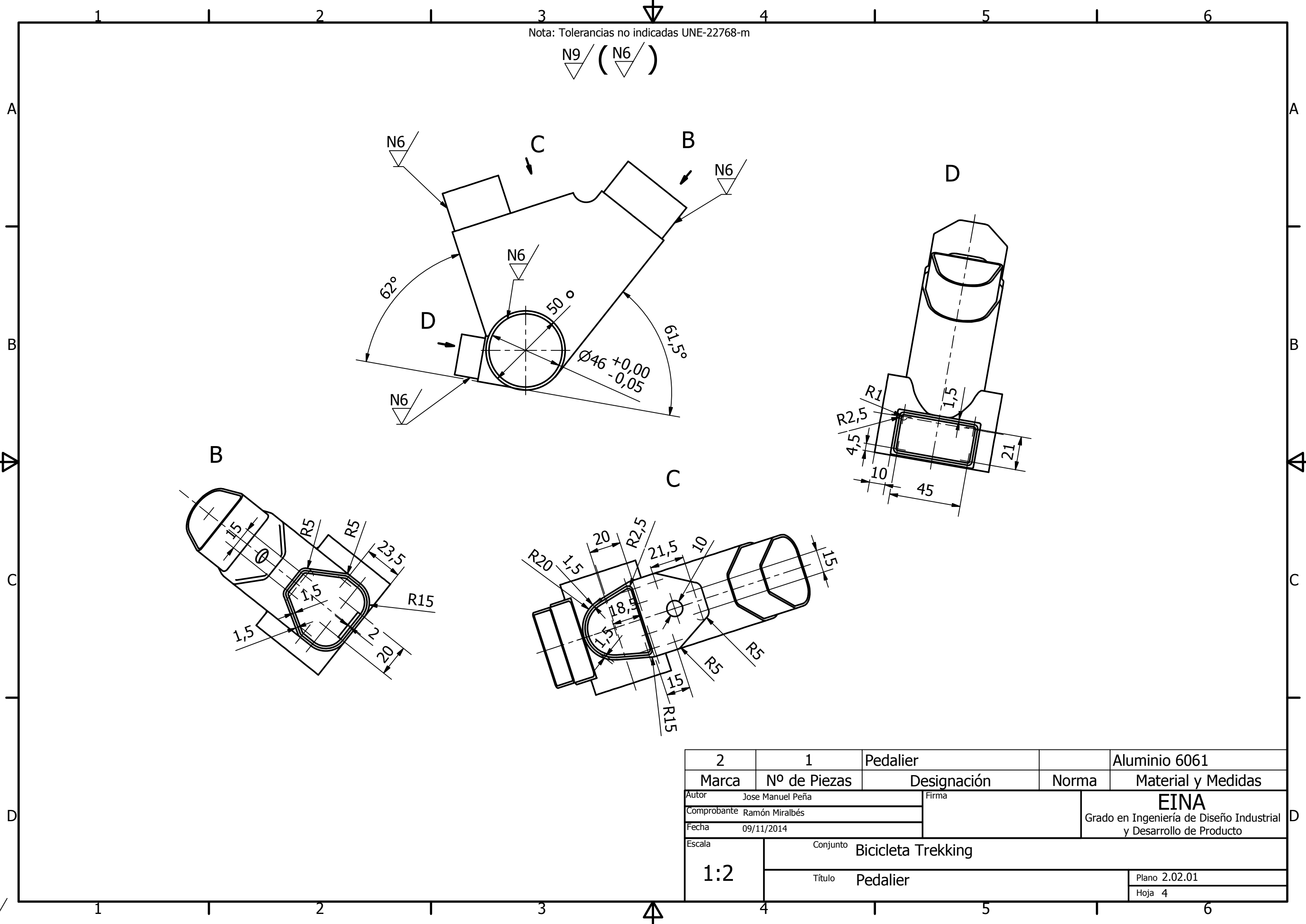
15	1	Abrazadera Tija		Comercial
14	1	Compartimento		Plástico ABS
13	2	Tirante Sillín		Aluminio 6061
12	2	Tirante Cadena		Aluminio 6061
11	1	Tubo Sillín		Aluminio 6061
10	1	Cubierta Tubo Sillin		Aluminio 6061
9	1	Tubo Horizontal		Aluminio 6061
8	1	Tubo Oblicuo		Aluminio 6061
7	1	Puntera Izquierda		Aluminio 6061
6	1	Puntera Derecha		Aluminio 6061
5	1	Soporte Tirante Sillín		Aluminio 6061
4	1	Soporte Tirante Cadena		Aluminio 6061
3	1	Union Superior		Aluminio 6061
2	1	Pedaliar		Aluminio 6061
1	1	Direccion		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor Jose Manuel Peña		Firma		<b>EINA</b> Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 09/11/2014				
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
	Título Plano de Conjunto		Plano 2.00 Lista de Materiales	
			Hoja 2	

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9/ ( N6/ )



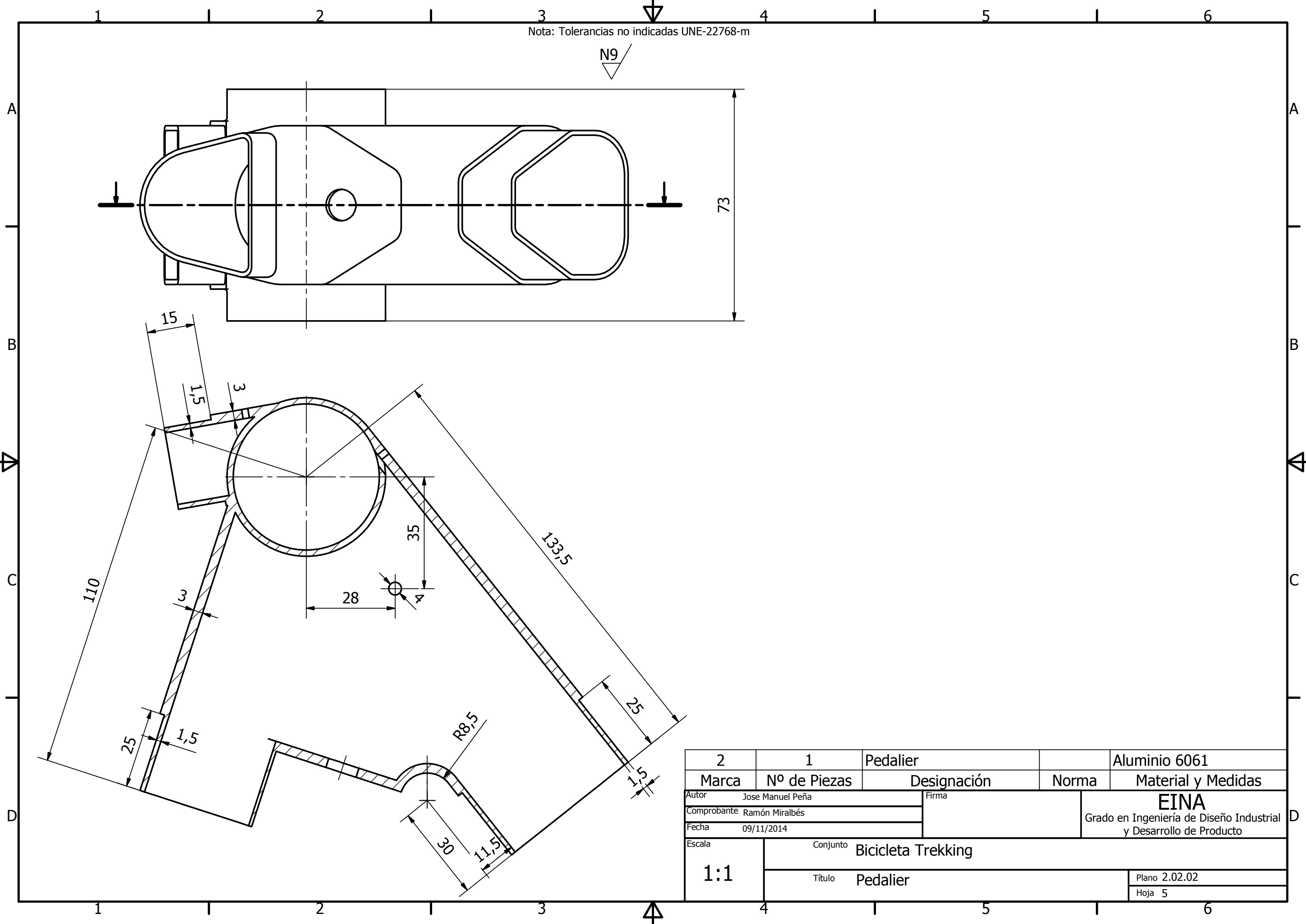
1	1	Dirección		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante Ramón Miralbés				
Fecha 09/11/2014				
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:2	Título Dirección			Plano 2.01
				Hoja 3

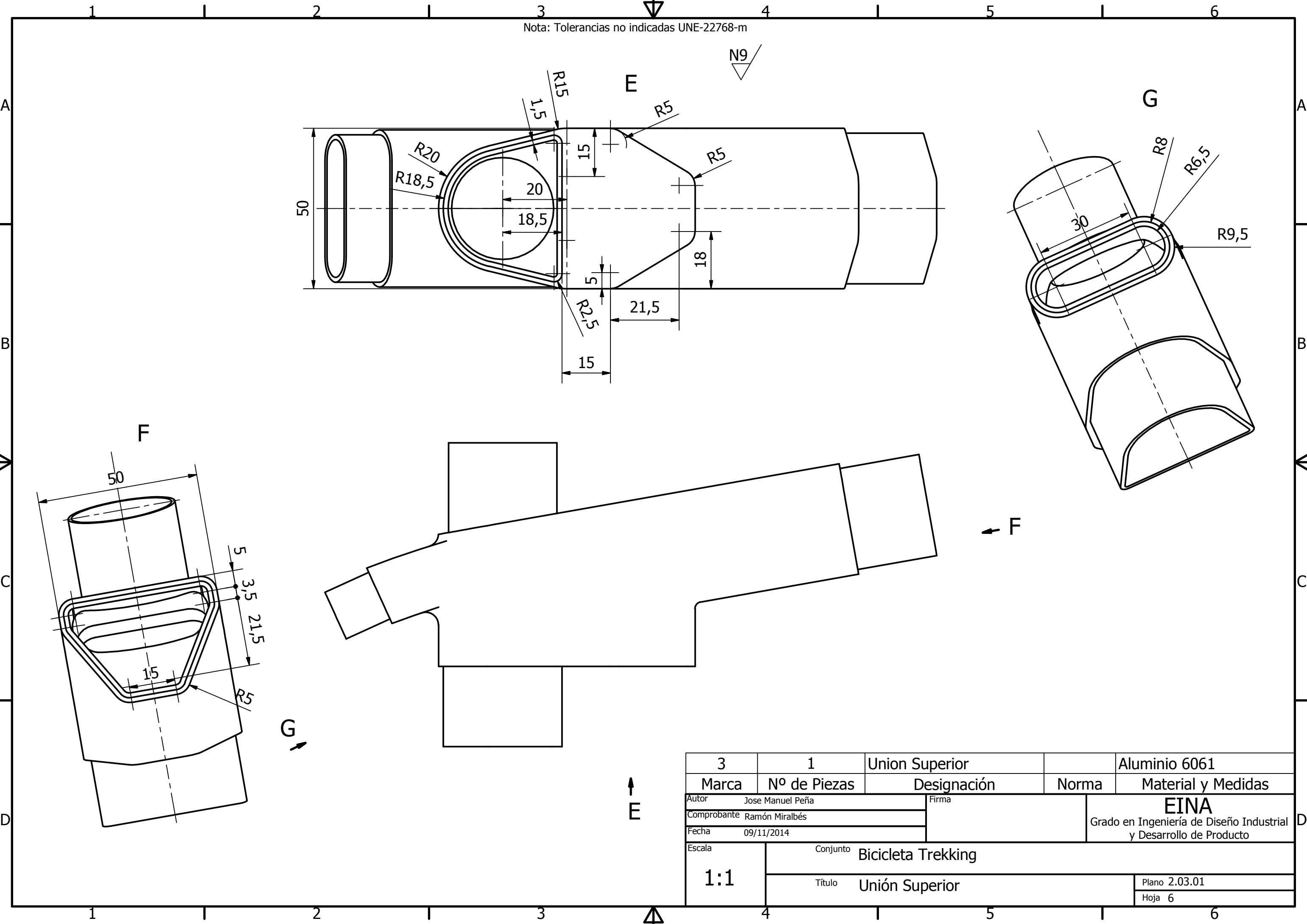


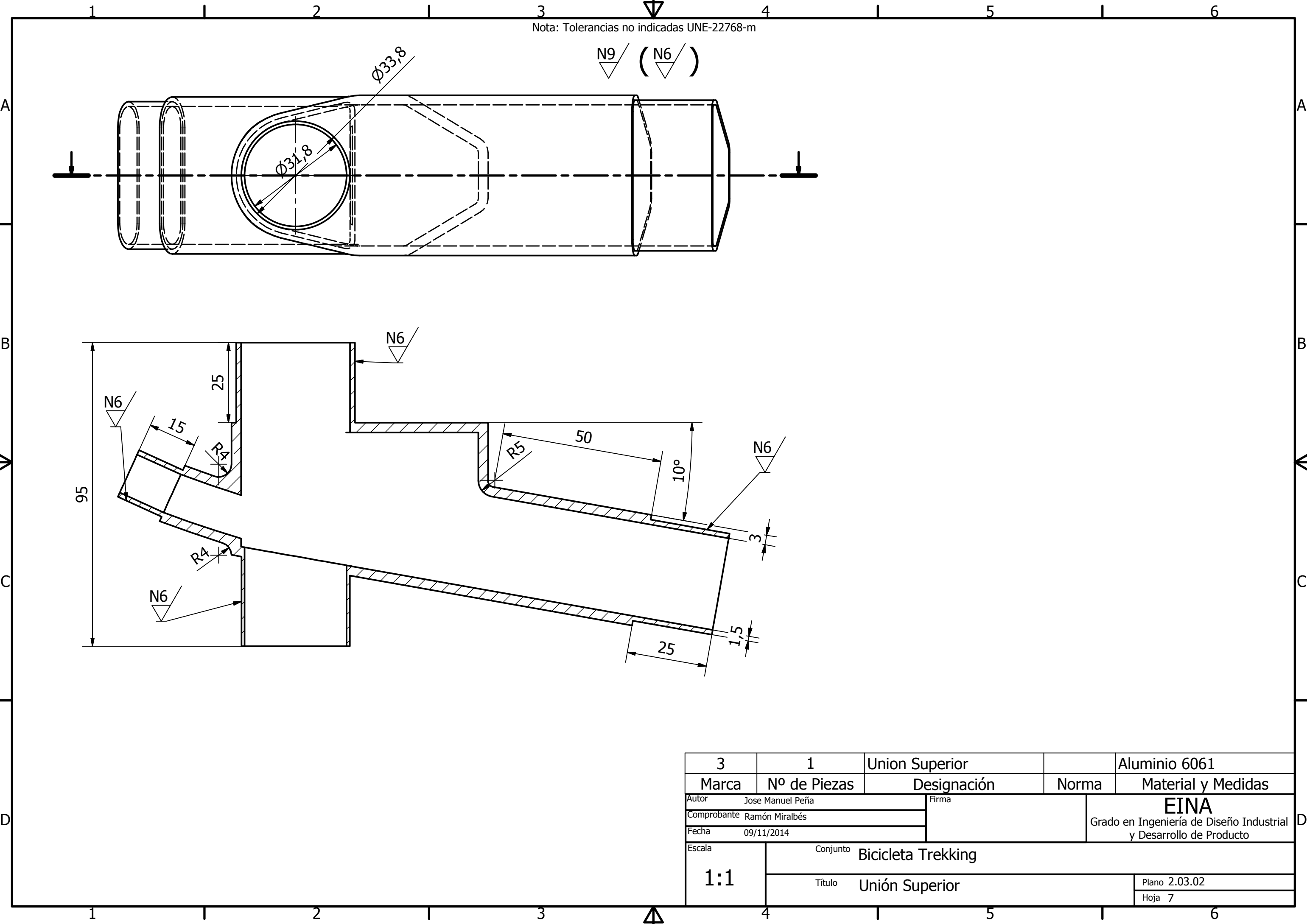
Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9 / ( N6 / )

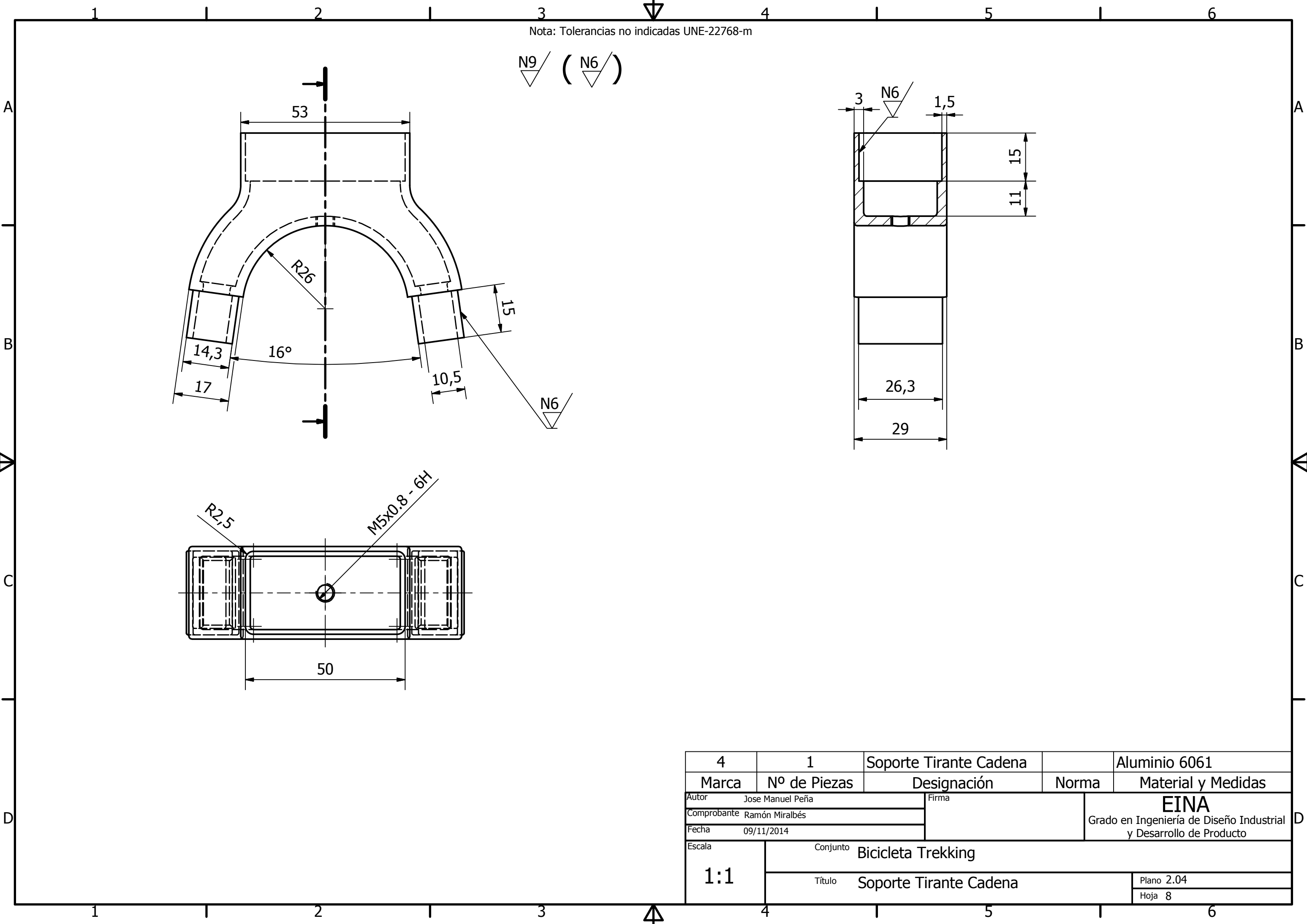
2	1	Pedalier		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma		
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	1:2	Conjunto Bicicleta Trekking		
		Título	Pedalier	Plano 2.02.01
		Hoja 4		







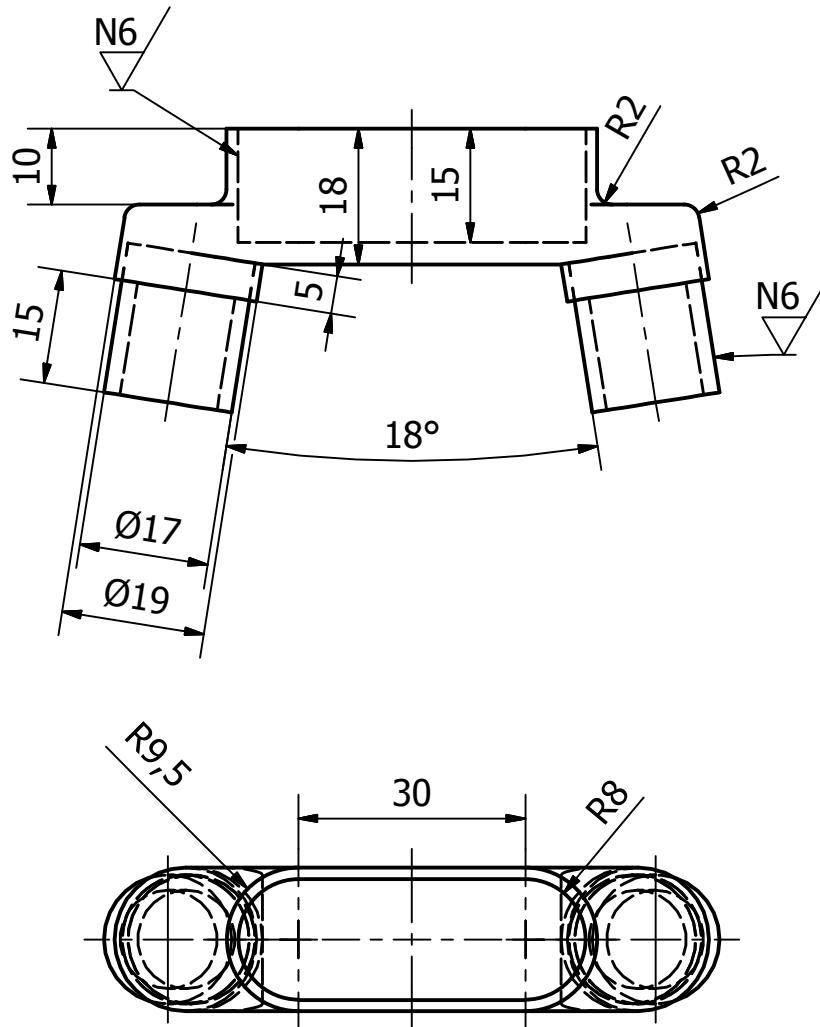
3	1	Union Superior		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:1	Título Unión Superior			Plano 2.03.02
				Hoja 7





Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9/ ( N6/ )

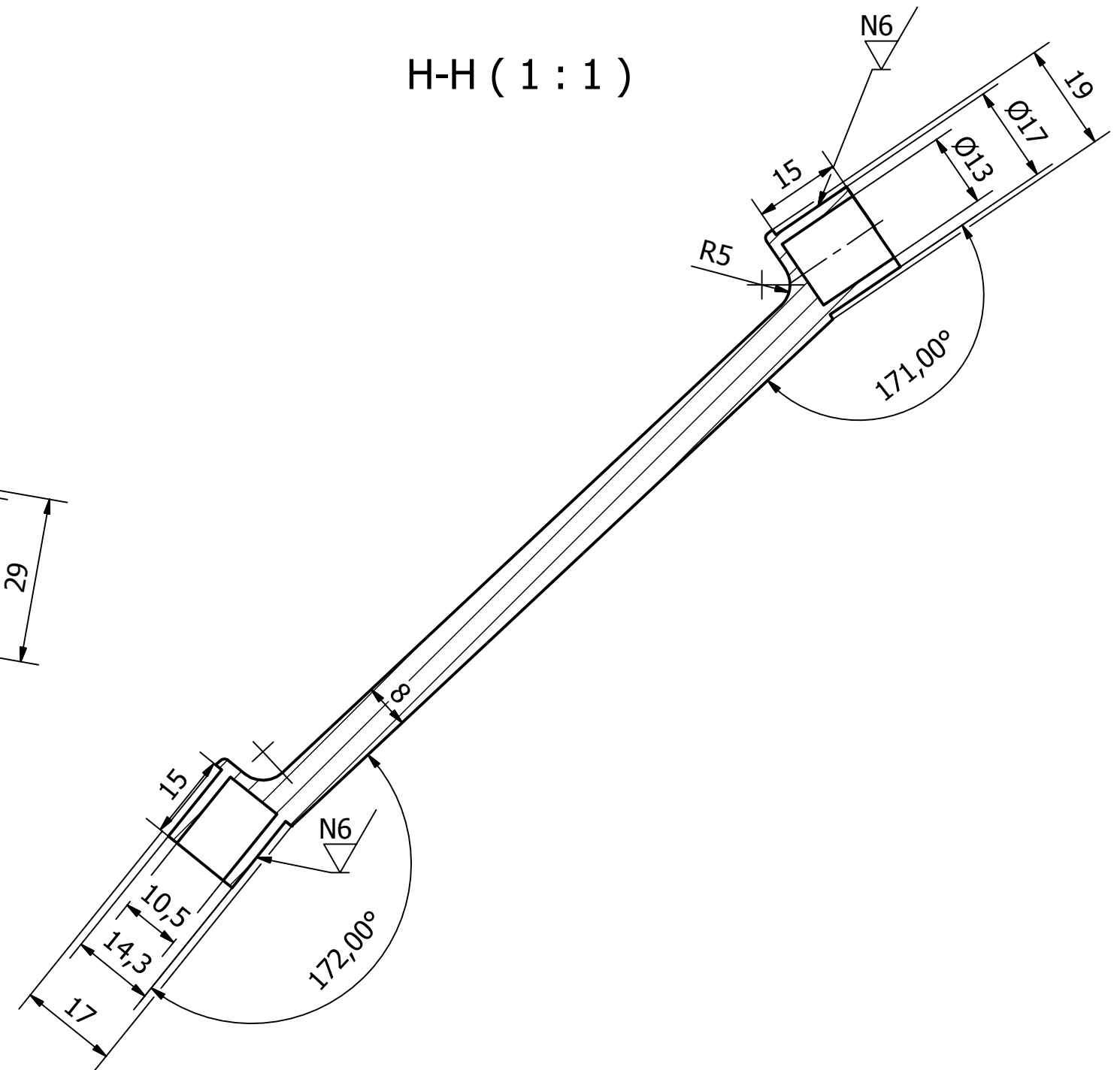
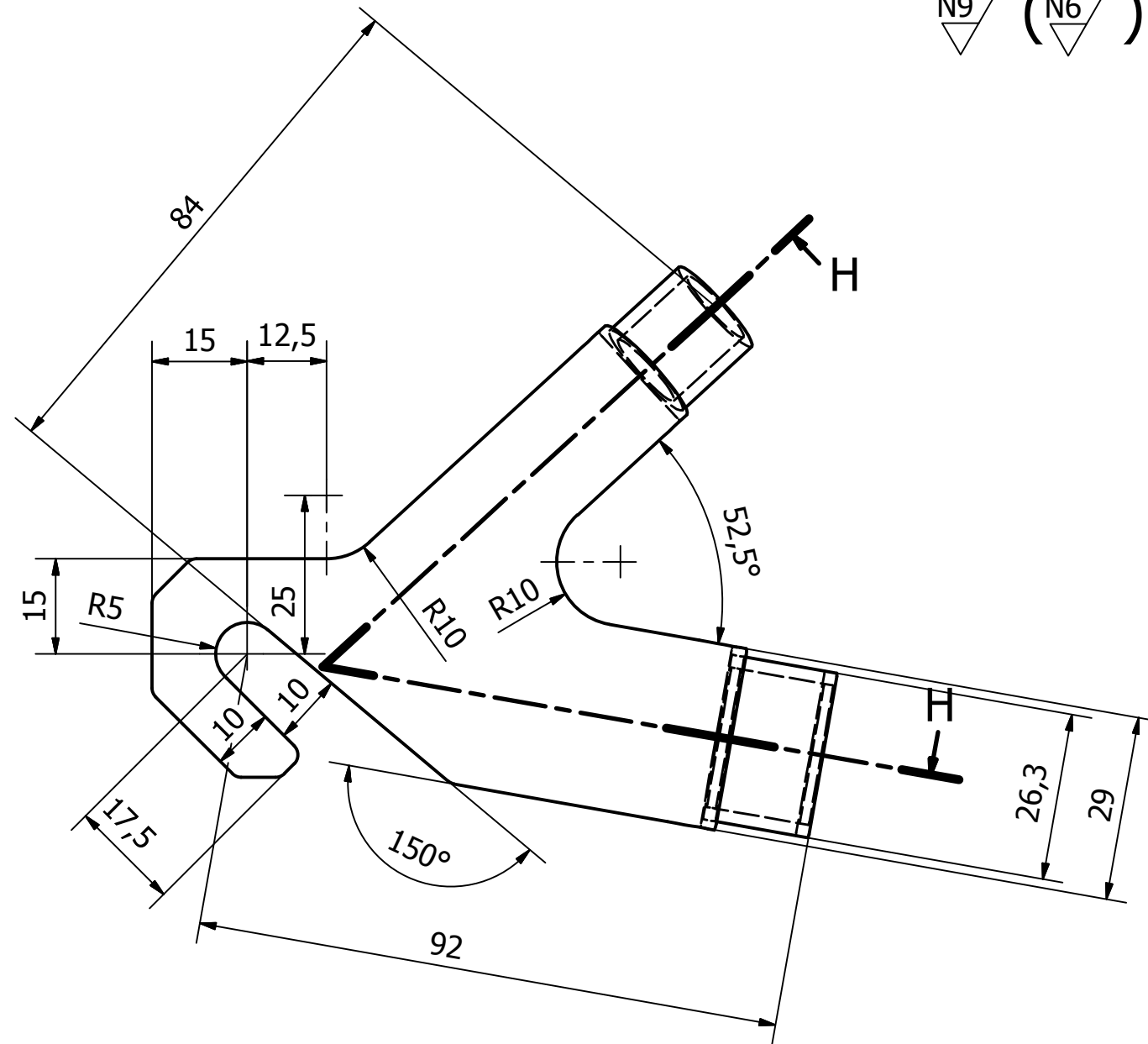


5	1	Soporte Tirante Sillín		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:1	Título Soporte Tirante Sillín			Plano 2.05
				Hoja 9

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9/ (N6/ )

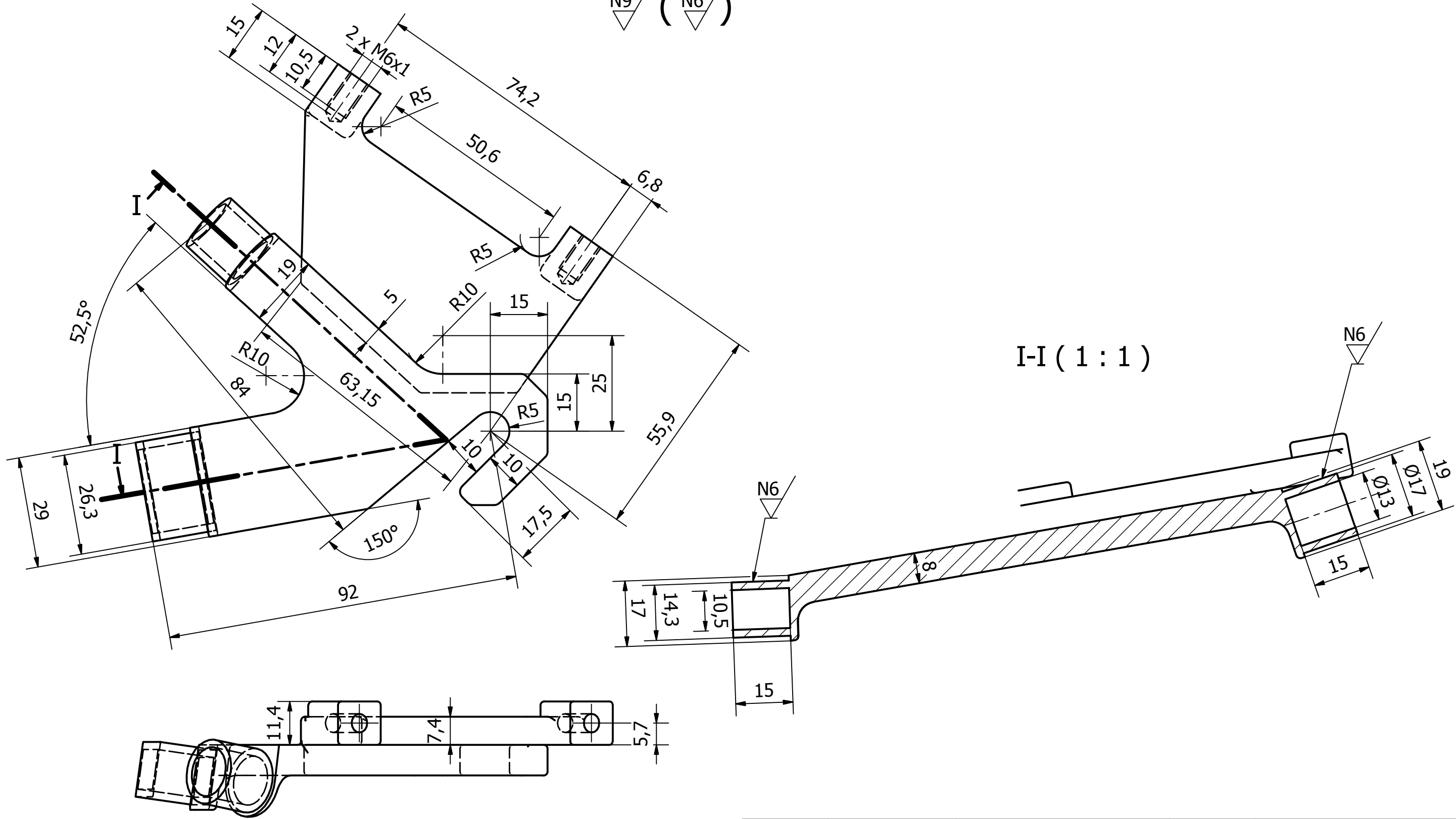
H-H ( 1 : 1 )



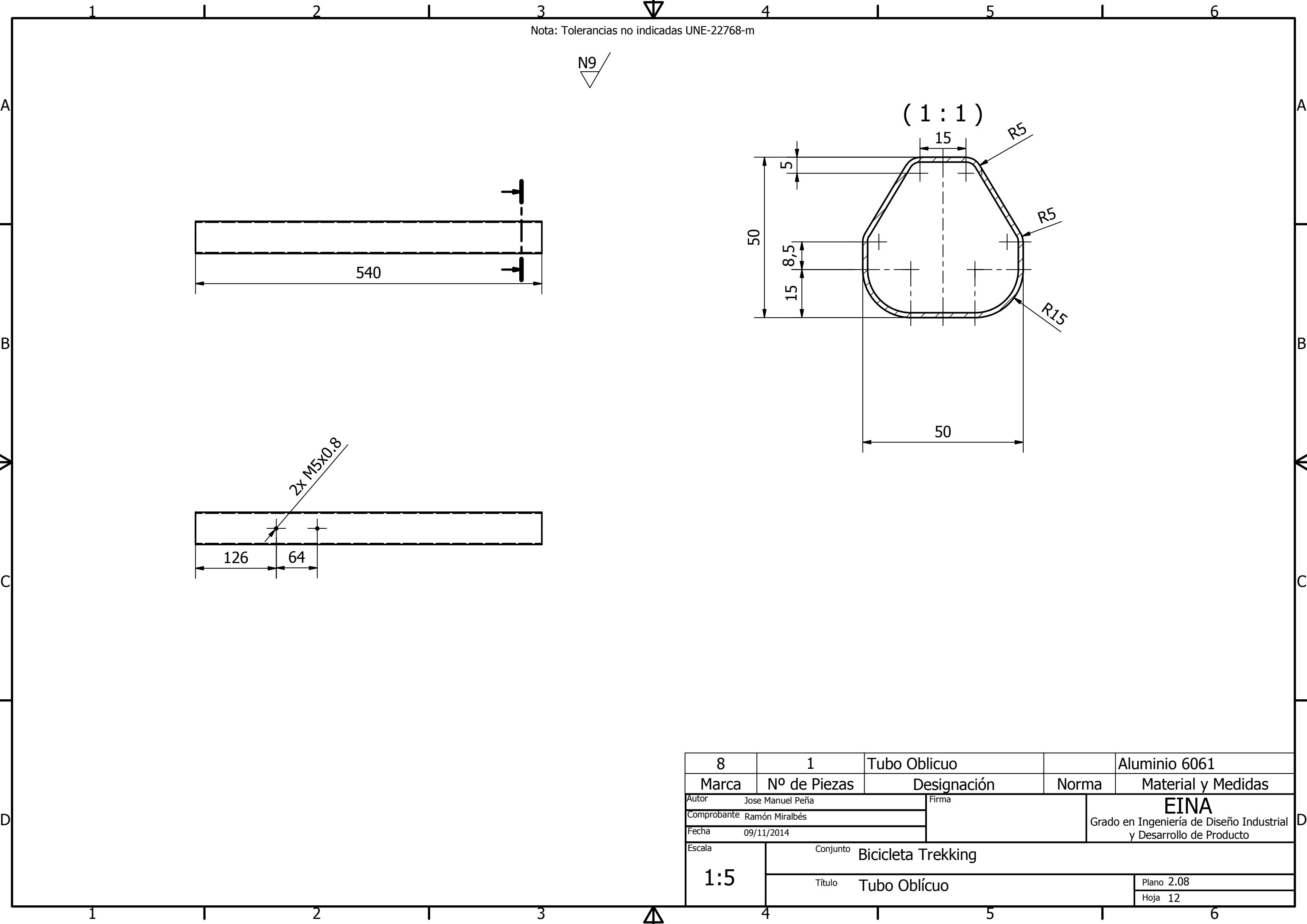
6	1	Puntera Derecha		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:1	Título Puntera Derecha			Plano 2.06
				Hoja 10

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9/ ( N6/ )



7	1	Puntera Izquierda		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:1	Título Puntera Izquierda			Plano 2.07
				Hoja 11



Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9

( 1 : 1 )

R5

R5

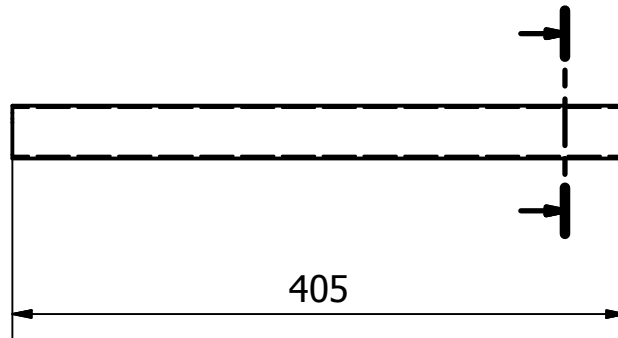
R15

2x M5x0.8

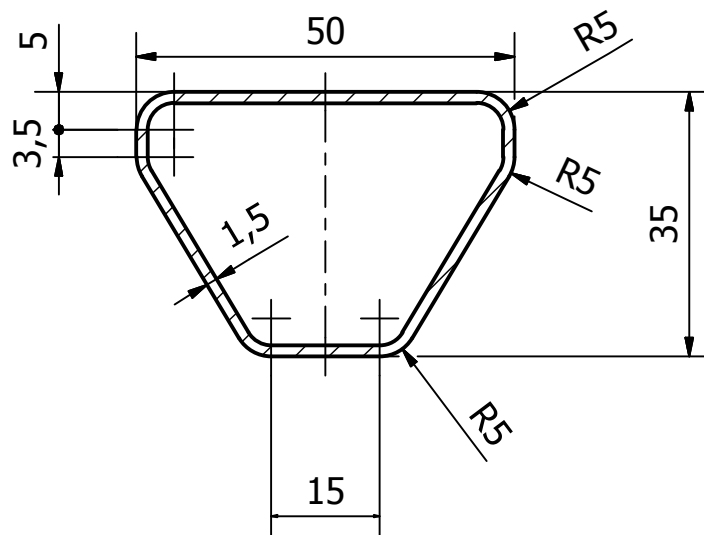
8	1	Tubo Oblicuo		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:5	Título Tubo Oblícuo			Plano 2.08
				Hoja 12

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9



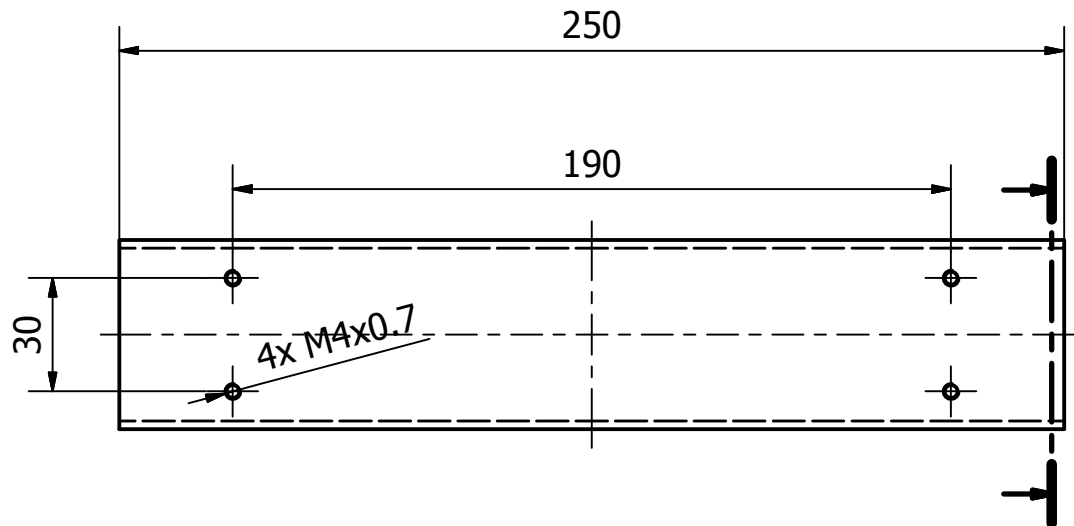
( 1 : 1 )



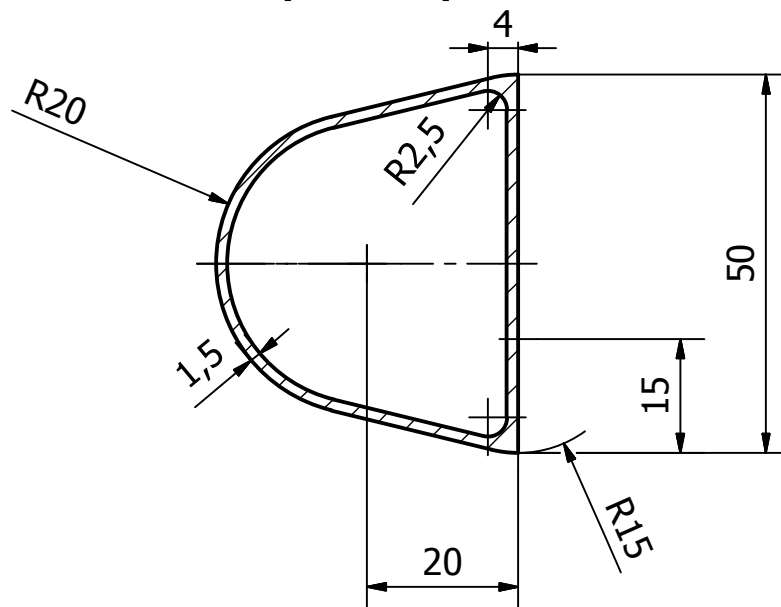
9	1	Tubo Horizontal		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña	Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:5	Título		Tubo Horizontal	Plano 2.09
				Hoja 13

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9



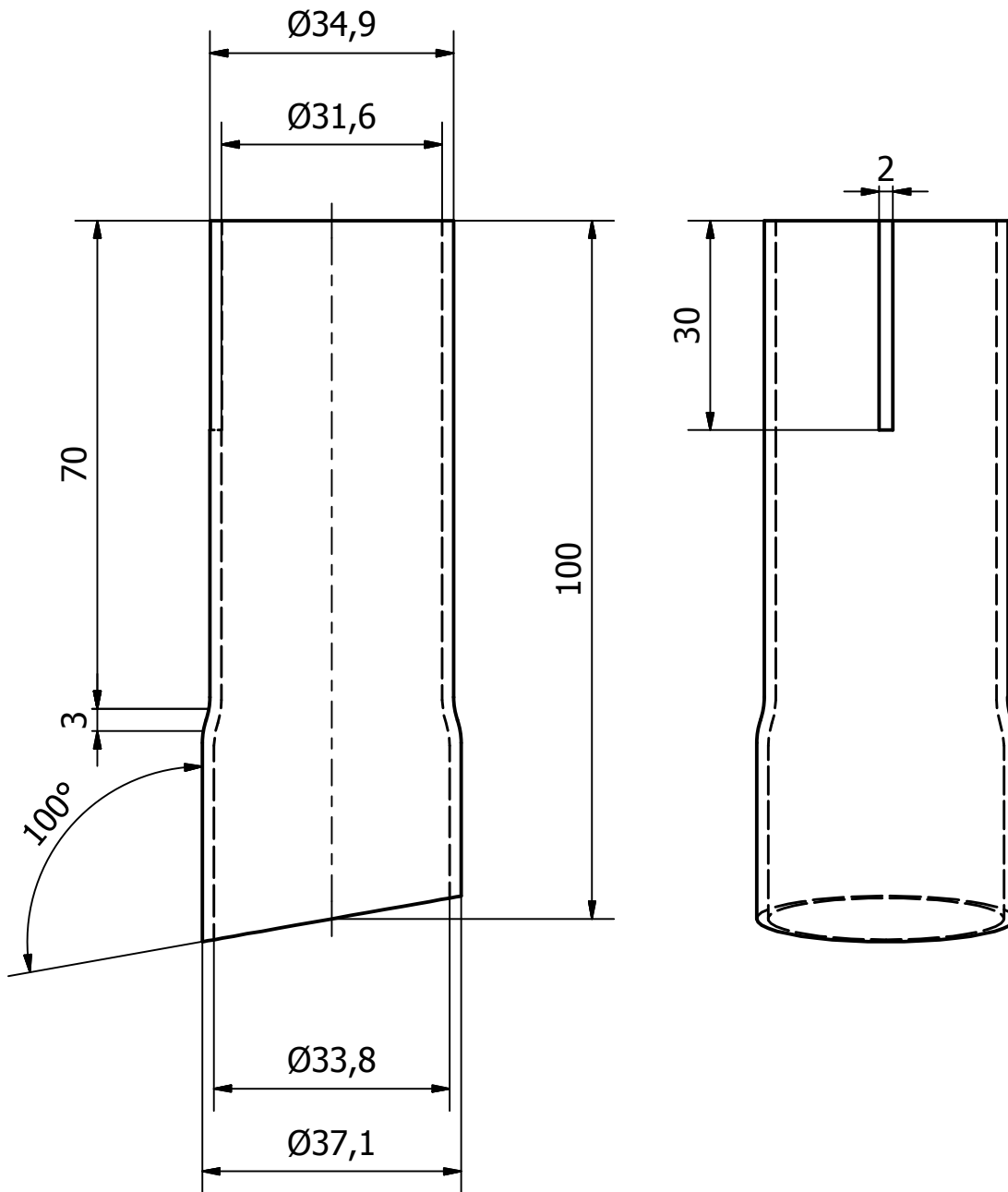
( 1 : 1 )



10	1	Cubierta Tubo Sillin		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:2	Título Cubierta Tubo Sillín			Plano 2.10
				Hoja 14

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

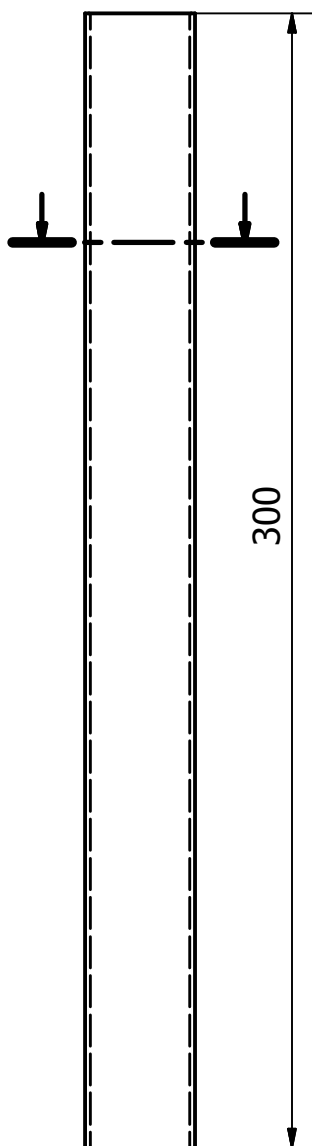
N9



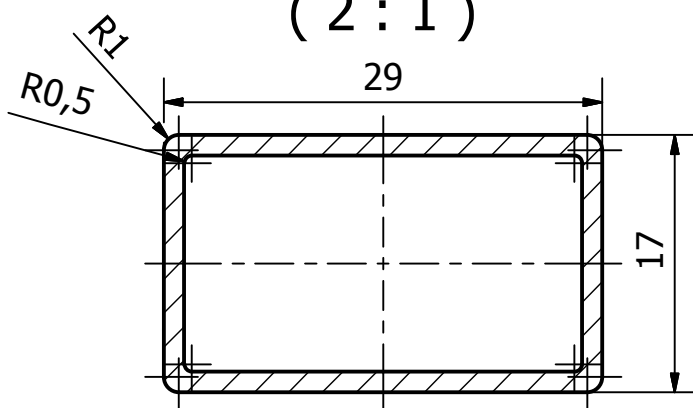
11	1	Tubo Sillín		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:1	Título Tubo Sillín			Plano 2.11
				Hoja 15

Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9



( 2 : 1 )



12	1	Tirante Cadena		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	16/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:2	Título Tirante Cadena			Plano 2.12
				Hoja 16



Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

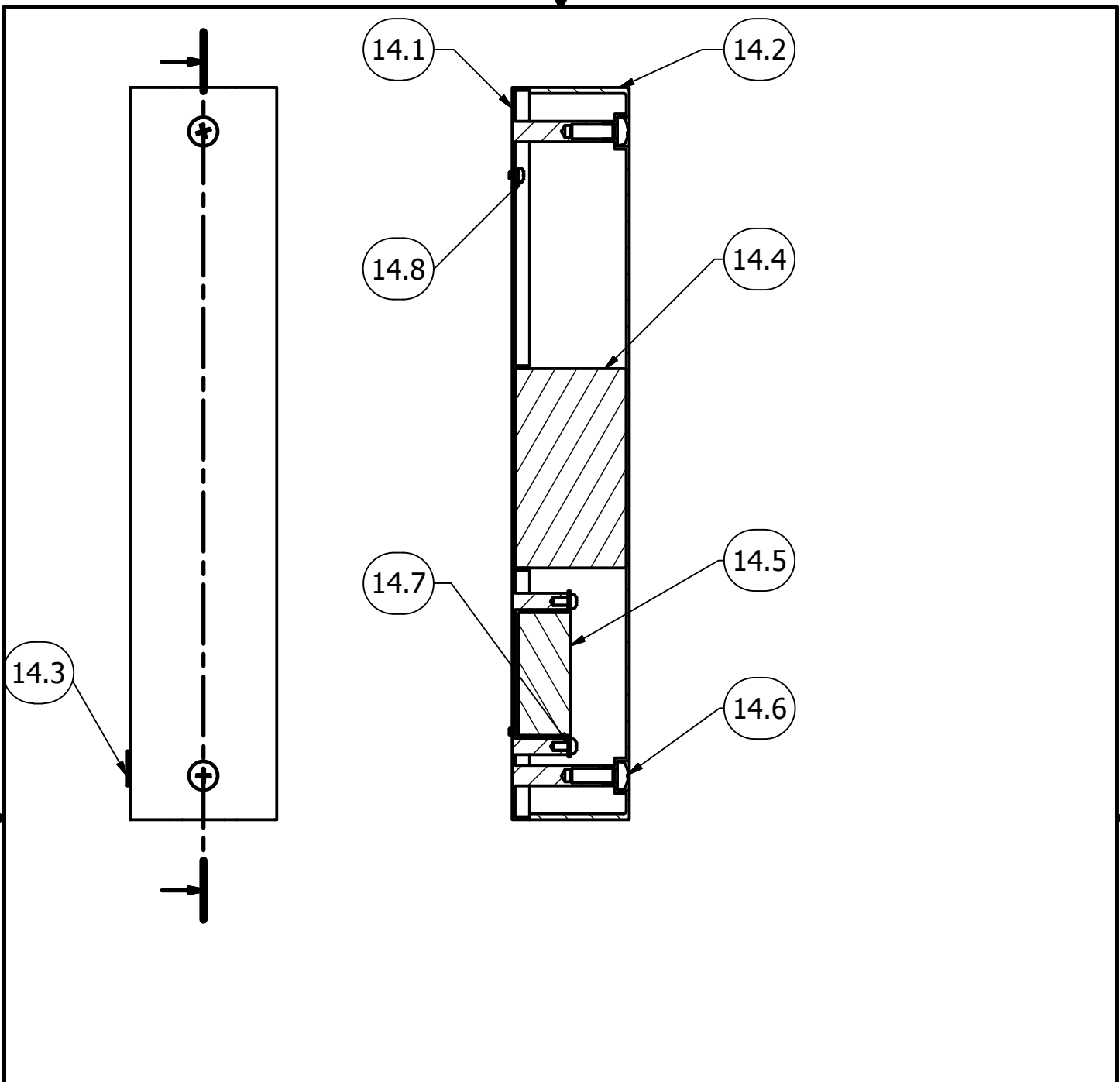
N9

Ø19

Ø17

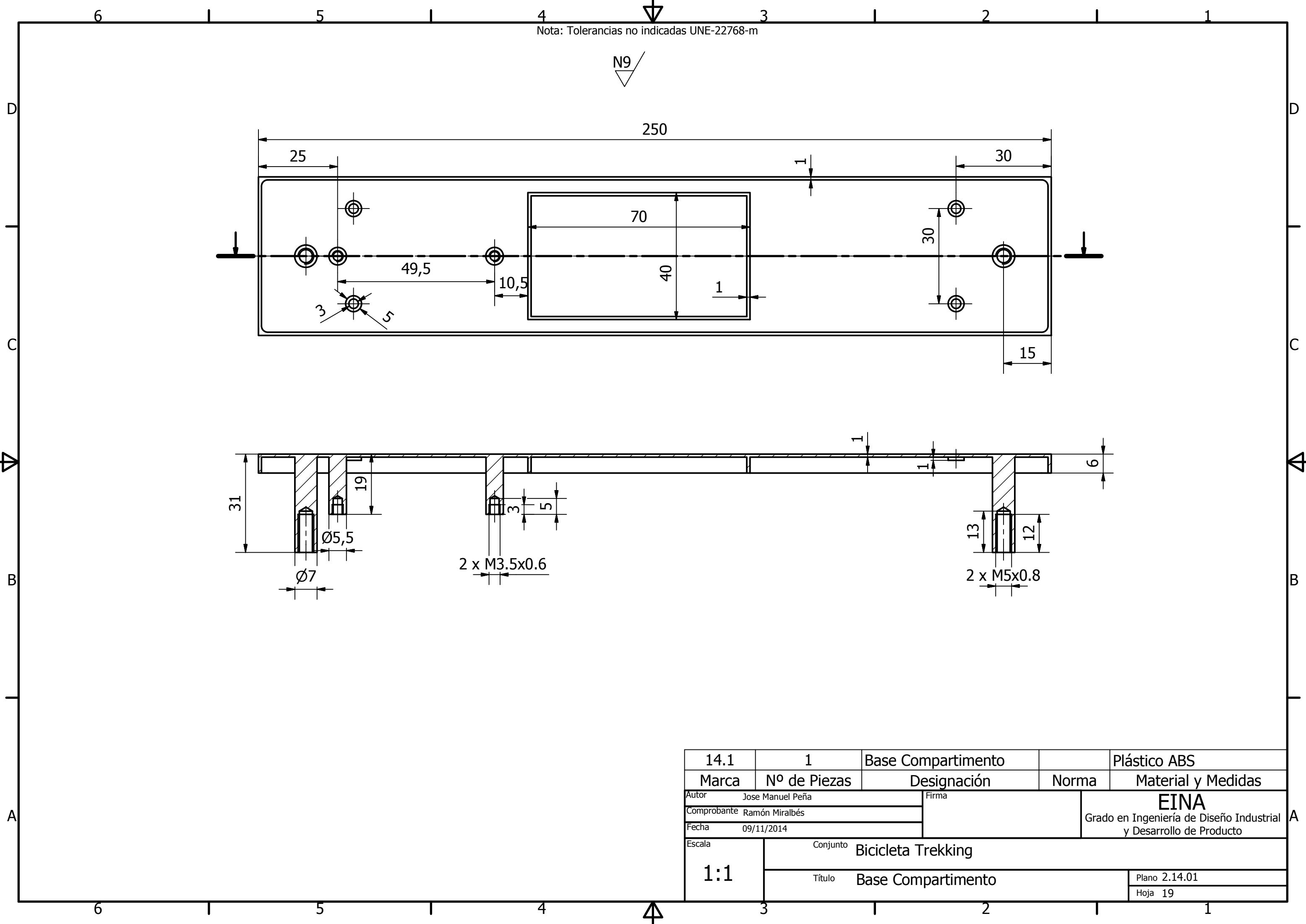
300

13	1	Tirante Sillín		Aluminio 6061
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:2	Título Tirante Sillín			Plano 2.13
				Hoja 17

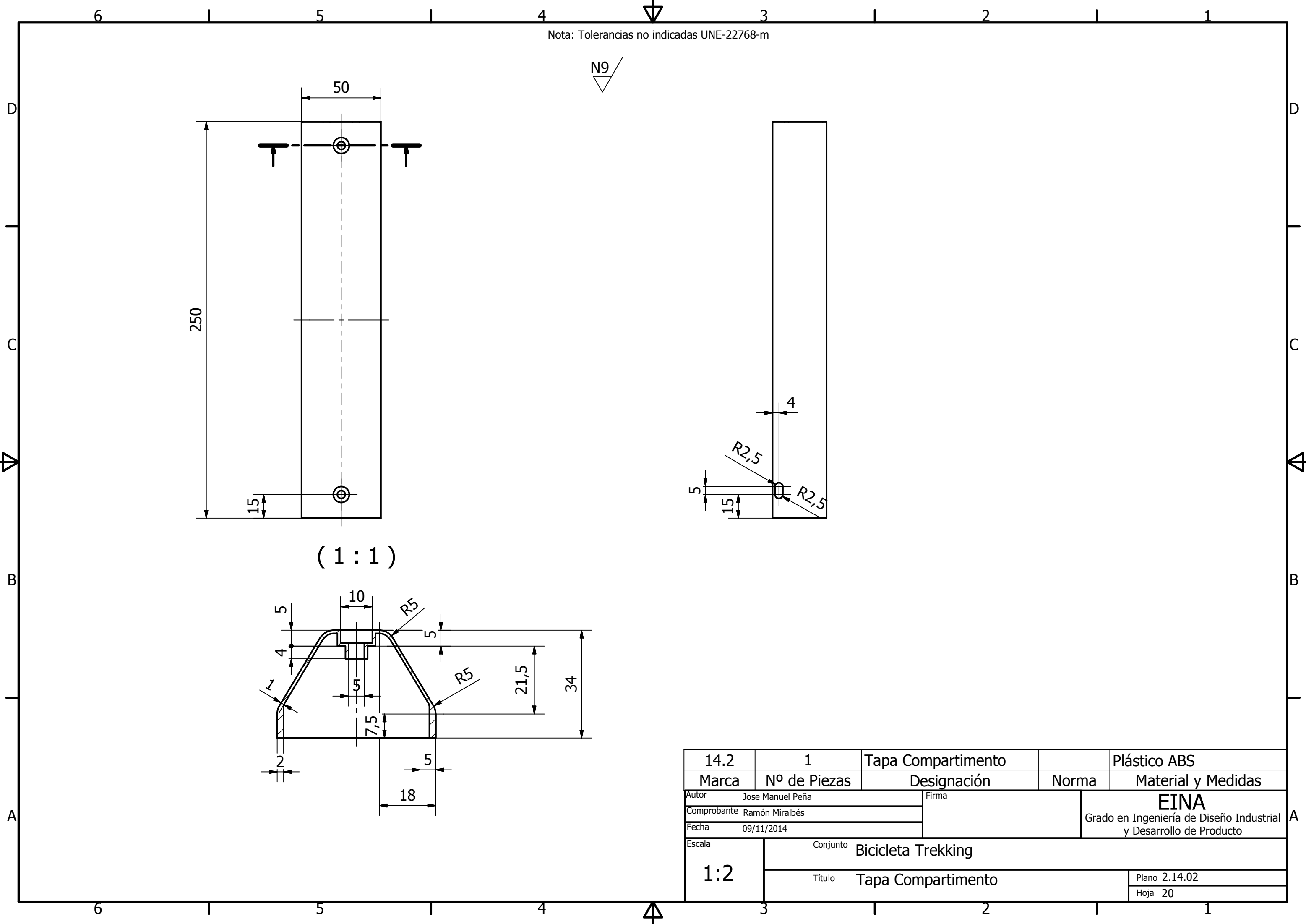


14.8	4	Tornillo	ISO 7045	M2,5 x 3 - 4.8 - H
14.7	2	Tornillo	ISO 7045	M2,5 x 6 - 4.8 - H
14.6	2	Tornillo-	ISO 7045	M5 x 16 - 4.8 - H
14.5	1	Motor		Comercial
14.4	1	Bateria		Comercial
14.3	1	Salida Cables		Caucho
14.2	1	Tapa Compartimento		Plástico ABS
14.1	1	Base Compartimento		Plástico ABS
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas

Autor Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>	
Comprobante				
Fecha 09/11/2014				
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
	1:2	Título Subconjunto Compartimento	Plano 2.14	
			Hoja 18	

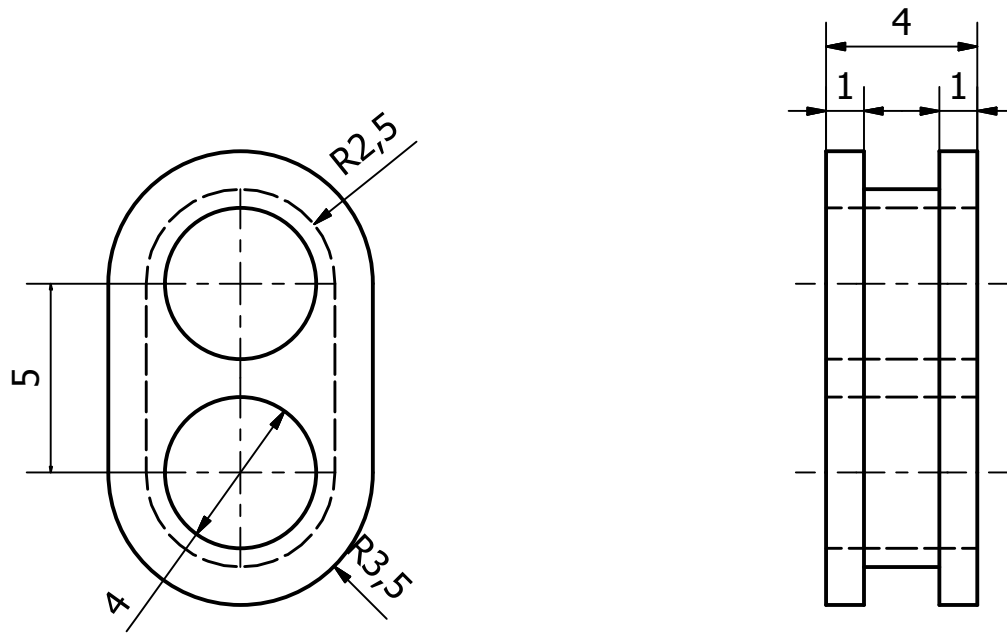


14.1	1	Base Compartimento		Plástico ABS
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	EINA Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
1:1	Título Base Compartimento			Plano 2.14.01
				Hoja 19



Nota: Tolerancias no indicadas UNE-22768-m

N9



14.3	1	Salida Cables		Caucho
Marca	Nº de Piezas	Designación	Norma	Material y Medidas
Autor	Jose Manuel Peña		Firma	<div>EINA</div> <div>Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto</div>
Comprobante	Ramón Miralbés			
Fecha	09/11/2014			
Escala	Conjunto Bicicleta Trekking			
5:1	Título Salida Cables			Plano 2.14.03
				Hoja 21

---

# PLIEGO DE CONDICIONES BICICLETA

## Indice

1.Condiciones Técnicas Generales	2
1.1 Facultativas	2
1.1.1 Dirección de la empresa contratante	2
1.1.3 Director de Proyecto	2
1.1.4 Moldista	2
1.1.5 Personal de mantenimiento de la maquinaria	3
1.1.6 Instaladores	3
1.1.7 Operarios	3
1.2 Económicas	3
2. Especificaciones de los Materiales y Elementos	4
2.1 Listado de Materiales	4
2.2 Calidades Mínimas	7
2.3 Piezas Normalizadas	7
2.4 Ensayos de Materiales	7
2.5 Maquinaria	8
2.6 Equipos	8
3 Reglamentación y Normativa Aplicable	8
4. Aspectos del contrato que se refieran directamente al Proyecto	10
4.1 Limitaciones en los Suministros	10

## 1. Condiciones Técnicas Generales

### 1.1 Facultativas

#### 1.1.1 Dirección de la empresa contratante

Gestionará la actuación de los diversos departamentos de la empresa y participará en la toma de decisiones en caso de que se requiriese.

#### 1.1.2 Diseñador

Será el encargado del desarrollo de la idea, desde los estudios de mercado hasta el desarrollo de planos y sugerencias sobre los métodos de fabricación, incluyendo la generación de conceptos y el desarrollo de aquel que se decida finalmente llevar a cabo. Durante dicho desarrollo deberá recabar la información necesaria y hacérsela saber a su cliente, participando éste activamente en la toma de decisiones importantes. También deberá informar de los costes estimados del proyecto y, en caso de que fuera necesario, realizar las modificaciones pertinentes que pudieran aparecer durante el desarrollo del proyecto debidas a fallos de diseño.

No será considerado responsable de cualquier mal funcionamiento o defecto del producto derivado del proceso de fabricación y que no estuviese relacionado con fallos en el propio diseño.

#### 1.1.3 Director de Proyecto

Será responsable de las modificaciones y complementos al proyecto. Supervisará los métodos de fabricación, certificación y pruebas que hubieran de realizarse en la bicicleta o en las instalaciones y maquinaria destinadas a su producción. También supervisará las actuaciones necesarias en el plan de control de calidad del producto, dando fe de que el producto se fabrica de acuerdo a las especificaciones requeridas.

#### 1.1.4 Moldista

Diseñará los moldes necesarios para la fabricación de las piezas que necesiten de un molde para su fabricación, ciñéndose en la mayor medida de lo posible al presupuesto establecido. Una vez diseñado el molde supervisará que este funciona correctamente durante la fabricación del producto, en caso de que hubiera algún defecto en el diseño del molde estará obligado a buscar las correspondientes soluciones para solventar el problema.



### 1.1.5 Personal de mantenimiento de la maquinaria

Se encargarán de que las diferentes maquinas que intervienen en el proceso de fabricación de la bicicleta funcionen perfectamente, solventando todos aquellos problemas técnicos que estas pudieran ocasionar.

### 1.1.6 Instaladores

Se encargaran de la instalación de las máquinas así como de los programas necesarios para su funcionamiento.

### 1.1.7 Operarios

Se encargarán de los procesos propios de la cadena de producción, reponer materiales necesarios para las máquinas de producción, mover las piezas, y montar las bicicletas y preparar los moldes para la maquina de inyección.

## 1.2 Económicas

La empresa correrá con todos los gastos relacionados con el desarrollo de la bicicleta, de acuerdo con lo estipulado en el documento presupuesto que se incluye en el proyecto.

Estos gastos incluirán los emonumentos de los empleados, adquisición de materiales, maquinaria, mantenimiento y el propio coste del presente documento proyecto, así como los trabajos no estipulados en que pudiera incurrir el diseñador.

## 2. Especificaciones de los Materiales y Elementos

### 2.1 Listado de Materiales

Los materiales de las correspondientes piezas son descritos exhaustivamente en la memoria técnica.

Aquí se presentará un breve extracto de los materiales que se deberán emplear para la realización de este producto:

#### **Dirección**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

#### **Pedaliar**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

#### **Unión Superior**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

#### **Soporte Tirante Cadena**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

#### **Soporte Tirante Sillín**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

#### **Puntera Derecha**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### **Puntera izquierda**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Moldeo y mecanizado

### **Tubo Oblícuo**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Extrusión y mecanizado

### **Tubo Horizontal**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Extrusión y mecanizado

### **Cubierta Tubo Sillín**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Extrusión y mecanizado

### **Tubo Sillín**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Extrusión y mecanizado

### **Tirante Cadena**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Corte

### **Tirante Sillín**

Material Empleado: Aluminio 6061

Método de Fabricación: Corte

### Base Compartimento

Material Empleado: ABS

Método de Fabricación: Inyección de plástico y mecanizado

### Tapa Compartimento

Material Empleado: ABS

Método de Fabricación: Inyección de plástico y mecanizado

### Salida Cables

Material Empleado: Caucho

Método de Fabricación: Inyección de plástico y mecanizado

### Batería

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Motor

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Electrónica

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Elemento Comercial

### Tornillo ISO 7045 M5 x 16

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Pieza Normalizada

## Tornillo ISO 7045 M2.5 x 3

Material Empleado: Ver descripción técnica

Proceso de Fabricación: Pieza Normalizada

## 2.2 Calidades Mínimas

Los parámetros mínimos exigidos para los materiales son los que se muestran a continuación. Estos se comprobarán a través de los métodos de calidad habituales para la parte contratante, y en el caso de no disponer de un método habitual, adoptará aquel que al menos le permita cubrir con garantías las exigencias de la normativa de calidad aplicada por ella habitualmente.:

### Aluminio:

Nombre Técnico: Aluminio 6061 T6

Densidad: 2.60 gr/cm<sup>3</sup>

Módulo de Young: 69 GPa

Alargamiento a Rotura: 10%

Relación de Poisson: 0.33

Resistencia a Tracción: 290 MPa

## 2.3 Piezas Normalizadas

Las piezas normalizadas que se van a adquirir fuera del proceso productivo propio son las que se enumeran a continuación, y deberán cumplir con las especificaciones del fabricante en todo momento, además de las indicaciones detalladas por este proyecto.

## 2.4 Ensayos de Materiales

### Aluminios

Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente **UNE-EN ISO 6892-1:2010**

Los ensayos anteriores se realizarán en un laboratorio independiente con certificación **ISO 9001** y los gastos correrán a cuenta de la empresa contratante.

Todos los prototipos fabricados se someterán a ensayos de funcionamiento y controles de calidad para asegurar que el producto final cumple con las especificaciones requeridas. Los ensayos incluirán aquellos que estipula la normativa **UNE-EN**

**14764:2006**, y la ampliación de dichos ensayos hasta la rotura de los elementos, para garantizar que cumplen con los requisitos impuestos más allá de los legales.

De igual manera cada producto final, antes de ser embalado, debe pasar por el banco de pruebas para verificar su correcto funcionamiento, será de obligado cumplimiento el ajuste del equipo que será llevado a cabo por personal especializado y preparado para este cometido. En estas funciones se incluyen las siguientes:

**Aseguramiento de los ensamblajes:** El operario corroborará que las piezas están colocadas de la manera adecuada.

**Prueba de funcionamiento con todos los accesorios con los que se embalará.** De este modo se comprueba que el conjunto testado no sufrirá ningún problema de uso.

### 2.5 Maquinaria

Para el corte de los tubos de aluminio se dispondrá de una sierra de cinta automática. El mecanizado de las piezas que así lo precisan se realizará con un taladro y el corte de la chapa mediante troquelado. En caso necesario la fabricación de las bicicletas podría también externalizarse y ser adquiridas a un proveedor que deberá cumplir con los controles de calidad pertinentes.

### 2.6 Equipos

En los equipos necesarios, distinguiremos los equipos humanos y los equipos de herramientas.

Los equipos humanos los formarán personal cualificado con al menos Grados Formativos o Ciclos superiores de Formación profesional en mecánica para el ensamblado de piezas. En caso necesario serán instruidos específicamente para el ensamblado de las piezas y el manejo de los adhesivos que las unen.

Se permitirá el empleo de personal con discapacidades en tareas sencillas y en los márgenes marcados por la legislación vigente.

En cuanto a los equipos de herramientas, deberán incluir Llaves dinamométricas, guantes y otros protectores que se estimen necesarios según el puesto y la función a desempeñar (gafas, mono de trabajo, botas con puntera reforzada, etc.), útiles adecuados para el ensamblaje y el desensamblaje, Banco de trabajo y todas las que el departamento de producción de la empresa considere necesarias para cada puesto concreto de trabajo.

Los puestos que por desempeñar una función muy específica no emplean parte del juego de herramientas completo designado, no será necesario que dispongan de la parte no empleada. Por otro lado, si se emplea alguna herramienta de modo puntual, esta si deberá estar incluida en el juego de herramientas del puesto.

## 3 Reglamentación y Normativa Aplicable

La responsabilidad relativa a aquellos daños producidos bien en personas, instalaciones o en el propio equipo pertenecerá únicamente a la persona que manipule incorrectamente de cualquier modo en cualquier dispositivo interno o externo del equipo.

De todos modos, se deberán adoptar las medidas normativas y reglamentos adecuados para garantizar la seguridad en el funcionamiento de las instalaciones, en la seguridad de la información, etc. De este modo se podrá garantizar que la parte contratante se acerca a cumplir un estándar de calidad elevado (al que se debe añadir las prácticas exigidas por el sistema de calidad perseguido por la parte contratante, sea ISO 9000, EFQM u otro)

Relativas a las máquinas:

**UNE EN 414:01 EN 414:00** Reglas para el diseño y presentación de las normas de seguridad.

**UNE EN 457: 93 EN 457: 92** Señales audibles de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos.

**UNE EN 626-2:97 EN 626-2:96** Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las maquinas. Parte 2 :Metodología para especificar los procedimientos de verificación.

**UNE EN 953:98 EN 953:97** Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.

**UNE EN 954-1:97+Erratum:98 EN 954-1:96.** Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.

**UNE EN 981:97 EN 981:96** Sistema de señales de peligro y de información auditivas y visuales.

**UNE EN 1050:97 EN 1050:96** Principios para la evaluación del riesgo.

**UNE EN 1093-1:99 EN 1093-1:98** Valoración de la emisión de sustancias peligrosas transportadas por el aire. Parte 1: Selección de los métodos de ensayo.

**UNE EN 1837:99 EN 1837:99** Alumbrado integral de las máquinas

**UNE EN 12786:00 EN 12786:99** Guía para la elaboración de los capítulos sobre vibraciones de las normas de seguridad.

**UNE EN 13478:02 EN 13478:02** Prevención y protección contra incendios.

**UNE EN ISO 14159:04 EN 14159:04** Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas.

Gestión de la Seguridad de la Información:

**UNE/ISO 17799** Gestión de la Seguridad de la Información

Equipos de protección individual (directiva 89/686/CEE)

Protección respiratoria:

**UNE EN 133:02**

Protección de los ojos:

**UNE EN 166:02**

Ropas de protección

**UNE EN 340:04**

Protección de pies y piernas

**UNE EN 346:93 +A1:97**

Protección contra caída de alturas

**UNE EN 341:97**

Protección auditiva

**UNE EN 352-1:03**

Protección de la cabeza

**UNE EN 397:95 +ERRATUM:96 +A1:00**

Ergonomía

**UNE EN 547:97**

## 4. Aspectos del contrato que se refieran directamente al Proyecto

### 4.1 Limitaciones en los Suministros

Las materias primas se comprarán respectivamente al proveedor que mejor precio ofrezca. En caso de que el material solicitado no cumpla con los ensayos a los que se verá sometido, los gastos ocasionados serán sufragados por el proveedor y se recurrirá al suministrador de reserva para la compra de material.

En caso de que el suministro se retrase respecto a la planificación establecida, el proveedor deberá afrontar una penalización equivalente a los días de retraso, y podría ver rescindido el contrato en caso de que dichos retrasos sean reincidentes o superen los quince días.

Las materias primas serán medidas en Kilogramos, y se pagarán descontando la cantidad de material que sea necesaria para la realización de ensayos del material. Si la calidad de una partida es desigual sólo se abonará el material utilizable.

Cualquier modificación sobre el proyecto deberá ser acordada entre las partes



involucradas en dicha modificación. El coste incurrido por causa de la misma será abonado por la parte que sea responsable de dicha modificación. En caso de que las modificaciones provoquen un retraso en la materialización del proyecto, se procederá al pago de una cantidad acordada por parte de la empresa responsable al fabricante del producto. De igual manera cualquier retraso causado por la empresa fabricante y que se considere que perjudica a los proveedores será indemnizado de igual manera.

Las pruebas y ensayos necesarios a los materiales, expuestos en el apartado 2.4, serán sufragados por el suministrador y realizados por un laboratorio independiente que garantice los resultados obtenidos.

Los suministradores de materias primas deben garantizar las calidades mínimas especificadas en el contrato. Igualmente deben garantizar que se entregarán en condiciones óptimas y que serán aptos para su uso durante al menos la duración del proyecto. La empresa suministradora no se hará responsable de los daños que se puedan producir en el material debidos a un almacenamiento del mismo en condiciones diferentes a las estipuladas.

La empresa fabricante garantizará el correcto funcionamiento del producto durante los dos años que marca la ley. Dicha garantía no contempla los daños derivados de un mal uso o accidentales. En caso de que la causa de mal funcionamiento sea achacable a las piezas suministradas por un proveedor, los costes serán asumidos por la empresa fabricante siempre y cuando el número de unidades defectuosas sea inferior al 5% de la producción total. En caso de que el mal funcionamiento fuese objeto de demanda o implicase una indemnización al usuario final, el porcentaje a pagar por cada parte se acordará en función de la cuantía.

---

# ESTADO DE MEDICIONES BICICLETA

### Indice

1. Objeto	2
2. Listado Completo de Partidas	3
Capítulo 1 Piezas fabricadas mediante Conformado	3
Capítulo 2 Piezas fabricadas por Extrusión	3
Capítulo 3 Piezas fabricadas mediante Corte	4
Capítulo 4 Compartimento eléctrico	4

### 1. Objeto

Tiene como misión definir y determinar las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad del producto objeto del Proyecto.

Incluirá el número de unidades y definirá las características, modelos, tipos y dimensiones de cada partida de obra o elemento del objeto del Proyecto.

## 2. Listado Completo de Partidas

A continuación se detallarán todas las piezas necesarias para la fabricación de la bicicleta.

### Capítulo 1 Piezas fabricadas mediante Conformado

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
	Dirección	Uds		1	100
	Pedaliar	Uds		1	100
	Unión Superior	Uds		1	100
	Soporte Tirante Cadena	Uds		1	100
	Soporte Tirante Sillín	Uds		1	100
	Puntera Derecha	Uds		1	100
	Puntera Izquierda	Uds		1	100
	Abrazadera Tija	Uds		1	100

### Capítulo 2 Piezas fabricadas por Extrusión

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
	Tubo Oblícuo	Uds		1	100
	Tubo Horizontal	Uds		1	100
	Cubierta Tubo Sillín	Uds		1	100
	Tubo Sillín	Uds		1	100

## Capítulo 3 Piezas fabricadas mediante Corte

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
	Tirante Cadena	Uds		2	200
	Tirante Sillín	Uds		2	200

## Capítulo 4 Compartimento eléctrico

Código	Descripción	Uds	Dimensiones	Resumen de Mediciones	
	Base Compartimento	Uds		1	100
	Tapa Compartimento	Uds		1	100
3x 18650	Batería	Uds	68 x 38 x 38	1	100
M42SP-13NK	Motor	Uds	42 x 19	1	100
	Electrónica	Uds		1	100
	Conexion Dinamo	Uds		1	100
	Salida Cables	Uds		1	100
ISO 7045	Tornillo	Uds	M5 x 16	2	200
ISO 7045	Tornillo	Uds	M 2.5 x 3	4	400

---

# PRESUPUESTO BICICLETA

## Indice

1. Objeto	2
2. Presupuesto de Ejecución Material	3
Capítulo 1 Piezas fabricadas mediante Conformado	3
Partida 1.1 Dirección	3
Capítulo 2 Piezas fabricadas por Extrusión	6
Capítulo 4 Compartimento eléctrico	9
Capítulo 5 Montaje	12
Partida 5.1 Montaje	12
Capítulo 6 Embalaje	13
Partida 6.1 Embalaje	13
3. Resumen del Presupuesto de Ejecución Material	14
Resumen Capítulo 1: Piezas fabricadas mediante conformado	14
Resumen Capítulo 2: Piezas fabricadas mediante extrusión	14
Resumen Capítulo 3: Piezas fabricadas mediante corte	15
Resumen Capítulo 4: Compartimento eléctrico	15
Resumen Capítulo 5: Montaje	16
Resumen Capítulo 6: Embalaje	16
4. Presupuesto Total	17



### 1. Objeto

El presupuesto tiene como objeto determinar el coste económico del proyecto.

## 2. Presupuesto de Ejecución Material

A continuación se detallarán todas las piezas necesarias para la fabricación de la bicicleta.

### Capítulo 1 Piezas fabricadas mediante Conformado

#### Partida 1.1 Dirección

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.1.1	Material	€	0.39
1.1.2	Mano de Obra	€	2.25
1.1.3	Medios Auxiliares	€	25,30

<b>Total Partida</b>	€	27.94
----------------------	---	-------

#### Partida 1.2 Pedalier

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.2.1	Material	€	0.23
1.2.2	Mano de Obra	€	1.24
1.2.3	Medios Auxiliares	€	17.83

<b>Total Partida</b>	€	19.30
----------------------	---	-------

#### Partida 1.3 Unión Superior

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.3.1	Material	€	0.26
1.3.2	Mano de Obra	€	1.18
1.3.3	Medios Auxiliares	€	18.54

<b>Total Partida</b>	€	19.98
----------------------	---	-------

## Partida 1.4 Soporte Tirante Cadena

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.4.1	Material	€	0.06
1.4.2	Mano de Obra	€	0.54
1.4.3	Medios Auxiliares	€	10.23

<b>Total Partida</b>	€	10.83
----------------------	---	-------

## Partida 1.5 Soporte Tirante Sillín

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.5.1	Material	€	0.03
1.5.2	Mano de Obra	€	0.40
1.5.3	Medios Auxiliares	€	8.57

<b>Total Partida</b>	€	9.00
----------------------	---	------

## Partida 1.6 Puntera Derecha

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.6.1	Material	€	0.07
1.6.2	Mano de Obra	€	0.25
1.6.3	Medios Auxiliares	€	7.25

<b>Total Partida</b>	€	7.57
----------------------	---	------

## Partida 1.7 Puntera Izquierda

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.7.1	Material	€	0.13
1.7.2	Mano de Obra	€	0.20
1.7.3	Medios Auxiliares	€	7.05

<b>Total Partida</b>	€	7.38
----------------------	---	------

### Partida 1.8 Abrazadera Tija

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
1.8.1	Elemento Comercial	€	1.86

<b>Total Partida</b>	€	1.86
----------------------	---	------

Capítulo 2 Piezas fabricadas por Extrusión

Partida 2.1 Tubo Oblícuo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.1.1	Material	€	0.28
2.1.2	Mano de Obra	€	0.15
2.1.3	Medios Auxiliares	€	6.43

<b>Total Partida</b>	€	6.86
----------------------	---	------

Partida 2.2 Tubo Horizontal

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.2.1	Material	€	0.18
2.2.2	Mano de Obra	€	0.10
2.2.3	Medios Auxiliares	€	5.34

<b>Total Partida</b>	€	5.62
----------------------	---	------

Partida 2.3 Cubierta Tubo Sillín

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.3.1	Material	€	0.12
2.3.2	Mano de Obra	€	0.10
2.3.3	Medios Auxiliares	€	6.22

<b>Total Partida</b>	€	6.44
----------------------	---	------

### Partida 2.4 Tubo Sillín

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
2.4.1	Material	€	0,39
2.4.2	Mano de Obra	€	0.10
2.4.3	Medios Auxiliares	€	2.23

<b>Total Partida</b>	€	2.72
----------------------	---	------

**Capítulo 3 Piezas fabricadas mediante Corte****Partida 3.1 Tirante Cadena**

<b>Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Nº de Unidades</b>
3.1.1	Material	€	0.07
3.1.2	Mano de Obra	€	0.22
3.1.3	Medios Auxiliares	€	1.24

<b>Total Partida</b>	€	1.53
----------------------	---	------

**Partida 3.2 Tirante Sillín**

<b>Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>	<b>Nº de Unidades</b>
3.2.1	Material	€	0.04
3.2.2	Mano de Obra	€	0.22
3.2.3	Medios Auxiliares	€	1.24

<b>Total Partida</b>	€	1.50
----------------------	---	------

## Capítulo 4 Compartimento eléctrico

## Partida 4.1 Base Compartimento

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.1.1	Material	€	0.25
4.1.2	Mano de Obra	€	0.45
4.1.3	Medios Auxiliares	€	5.44

<b>Total Partida</b>	€	6.14
----------------------	---	------

## Partida 4.2 Tapa Compartimento

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.2.1	Material	€	0.43
4.2.2	Mano de Obra	€	0.50
4.2.3	Medios Auxiliares	€	7.78

<b>Total Partida</b>	€	8.71
----------------------	---	------

## Partida 4.3 Batería

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.3.1	Elemento Comercial	€	12.50

<b>Total Partida</b>	€	12.50
----------------------	---	-------

## Partida 4.4 Motor

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.4.1	Elemento Comercial	€	10.00

<b>Total Partida</b>	€	10.00
----------------------	---	-------



## Partida 4.5 Electrónica

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.5.1	Elemento Comercial	€	80.00

<b>Total Partida</b>	€	80.00
----------------------	---	-------

## Partida 4.6 Salida Cables

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.7.1	Material	€	0.01
4.7.2	Mano de Obra	€	0.25
4.7.3	Medios Auxiliares	€	1.25

<b>Total Partida</b>	€	1.51
----------------------	---	------

## Partida 4.7 Tornillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.8.1	Elemento Comercial	€	0.03

<b>Total Partida</b>	€	0.03
----------------------	---	------

Partida 4.8 Tornillo

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
4.9.1	Elemento Comercial	€	0.15
Total Partida		€	0.15

## Capítulo 5 Montaje

## Partida 5.1 Montaje

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
5.1.1	Material	€	25.50
5.1.2	Mano de Obra	€	10.23
5.1.3	Medios Auxiliares	€	5.04

<b>Total Partida</b>	€	53.79
----------------------	---	-------

## Capítulo 6 Embalaje

## Partida 6.1 Embalaje

Partida	Descripción	Unidades	Nº de Unidades
6.1.1	Material	€	5.26
6.1.2	Mano de Obra	€	2.45
6.1.3	Medios Auxiliares	€	1.32

<b>Total Partida</b>	€	9.03
----------------------	---	------

### 3. Resumen del Presupuesto de Ejecución Material

#### Resumen Capítulo 1: Piezas fabricadas mediante conformado

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
1.1	Dirección	27.94	1	27.94
1.2	Pedalier	19.30	1	19.30
1.3	Unión Superior	19.98	1	19.98
1.4	Soporte Tirante Cadena	10.83	1	10.83
1.5	Soporte Tirante Sillín	9.00	1	9.00
1.6	Puntera Derecha	7.57	1	7.57
1.7	Puntera Izquierda	7.38	1	7.38
1.8	Abrazadera Tija	1.86	1	1.86

<b>Total Capítulo 1</b>	<b>103.86 €</b>
-------------------------	-----------------

#### Resumen Capítulo 2: Piezas fabricadas mediante extrusión

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
2.1	Tubo Oblícuo	6.86	1	6.86
2.2	Tubo Horizontal	5.62	1	5.62
2.3	Cubierta Tubo Sillín	6.44	1	6.44
2.4	Tubo Sillín	2.72	1	2.72

<b>Total Capítulo 2</b>	<b>21.64 €</b>
-------------------------	----------------

Resumen Capítulo 3: Piezas fabricadas mediante corte

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
3.1	Tirante Cadena	1.53	2	3.06
3.2	Tirante Sillín	1.50	2	3.00

<b>Total Capítulo 3</b>	<b>6.06 €</b>
-------------------------	---------------

Resumen Capítulo 4: Compartimento eléctrico

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
4.1	Base Compartimento	6.14	1	6.14
4.2	Tapa Compartimento	8.71	1	8.71
4.3	Batería	22.50	1	22.50
4.4	Motor	10.00	1	10.00
4.5	Electrónica	80.00	1	80.00
4.6	Salida Cables	1.51	1	1.51
4.7	Tornillo	0.03	4	0.12
4.8	Tornillo	0.15	2	0.30

<b>Total Capítulo 4</b>	<b>129.28 €</b>
-------------------------	-----------------

Resumen Capítulo 5: Montaje

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
5.1	Montaje	53.79	1	53.79

Total Capítulo 5	53.79 €
------------------	---------

Resumen Capítulo 6: Embalaje

Partida	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
6.1	Embalaje	9,03	1	9.03

Total Capítulo 6	9.03 €
------------------	--------

## 4. Presupuesto Total

<b>Total Presupuesto de Ejecución Material</b>	323.66 €
--	----------

Gastos Generales (15%)	48.55 €
Beneficio Industrial (16%)	51.79 €
<b>Presupuesto de Ejecución por Contrata</b>	424 €

IVA (21%)	89.04 €
Proyecto (4% PEM)	12.95 €
Dirección de Obra (4% PEM)	12.95 €
Control de Calidad (1% PEM)	3.24 €

<b>Presupuesto Total</b>	542.28 €
--------------------------	----------

QUINIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS