

NUEVO SISTEMA DE TRANSMISION DE BICICLETA MOVIDA POR PALANCAS

Campamento, A.; Cremades, L.V.^(P)

Abstract

We present the design of a new transmission system for a bike that transforms its alternative movement of a lever in a rotating movement. This system is also compared with regard to a conventional bicycle.

The transmission in a conventional bicycle is very simple, because it is just a pair of discs linked by a chain. By the pedals, the linked disc turns, which, through the chain moves the back disc, which turns its wheel.

Throughout this process, the so-called Bobbing phenomenon occurs: there is a moment in which the pedaling is not giving power to the transmission, is the so-called deadlock of the transmission. At this point the rear wheel does not receive movement in a continuous basis, and that is because the force applied on the pedal passes through the axis of rotation of the pedals. At that time, which occurs when the pedals are set out on the same vertical axis, the force applied multiplied by the distance perpendicular to the axis of rotation mean that the transmitted power is null.

We have studied a number of proposals that give solution to the problem and made a comparative study of all the alternatives. Finally, we have chosen the one that offers the best results. The work includes the completion of a simulation of its behaviour and an economic study. In conclusion, it is shown that the new mechanism design meets all the objectives set at the beginning.

Keywords: Bicycle, transmission, system, levers, movement

Resumen

Se presenta el diseño de un nuevo sistema de transmisión de bicicleta que transforma el movimiento alternativo suministrado a una palanca en un movimiento rotativo, así como el estudio comparativo con respecto al de una bicicleta convencional.

La transmisión de la bicicleta convencional es muy simple, pues se trata de un par de discos unidos por una cadena. Mediante los pedales, se hace girar el plato solidario, el cual, mediante la cadena mueve el disco trasero, que hace girar la rueda solidaria a él. En todo este proceso se produce el llamado fenómeno de Bobbing: existe un instante en el pedaleo en el que no se transmite potencia en la transmisión, es el denominado punto muerto de la transmisión. En este punto no se está comunicando de forma continuada el movimiento a la rueda trasera, y eso es debido a que la fuerza aplicada sobre el pedal pasa por el eje de giro de los pedales. En ese momento, que tiene lugar cuando los pedales coinciden en la misma vertical, la fuerza aplicada por la distancia perpendicular al eje de giro multiplicadas provocan que la potencia transmitida es nula.

Se han estudiado varias propuestas que dan solución al problema en cuestión y se realiza un estudio comparativo entre todas las alternativas. Finalmente, se ha adoptado la que consideramos que mejor resultados ofrece. El trabajo incluye la realización de unas simulaciones de su comportamiento, y un estudio económico. Como conclusión, se

demuestra que el nuevo mecanismo diseñado satisface todos los objetivos al inicio planteados.

Palabras clave: Bicicleta, transmisión, sistema, palancas, movimiento

1. Introducción

El diseño de la bicicleta convencional presenta cierta problemática que podría evitarse, mejorando así el rendimiento y sus prestaciones.

La transmisión de la bicicleta convencional es sin duda una de las más simples que existen, pues se trata únicamente de un par de discos unidos por una cadena que restringe su movimiento, formando un mecanismo que permite el avance de la bicicleta.

Gracias al esfuerzo humano se consigue girar el eje del plato mediante los pedales, haciendo girar este plato solidario, el cual, por mediación de una cadena mueve el eje trasero. Al ser la rueda trasera solidaria al eje trasero, se acaba transmitiendo el movimiento provocado por el pedaleo a ésta, provocando el avance de la bicicleta.

En todo este proceso se produce un fenómeno que empeora el rendimiento del mecanismo. Se trata del llamado fenómeno de Bobbing. Este fenómeno explica que existe un instante en el pedaleo de la bicicleta tradicional en el que no se transmite potencia en la transmisión, es el denominado punto muerto de la transmisión. En este punto no se está comunicando de forma continuada el movimiento a la rueda trasera, y eso es debido a que la fuerza aplicada sobre el pedal pasa por el eje de giro de los pedales. En ese momento, que tiene lugar cuando los pedales coinciden en la misma vertical, la fuerza aplicada por la distancia perpendicular al eje de giro multiplicadas provocan que la potencia transmitida sea nula.

Sea:

α : ángulo girado en el pedaleo por la biela respecto a la horizontal recorrido en sentido horario

F: fuerza considerada constante en todo momento, ejercida por el usuario de la bicicleta

x: distancia perpendicular de la fuerza F al centro de giro de las bielas

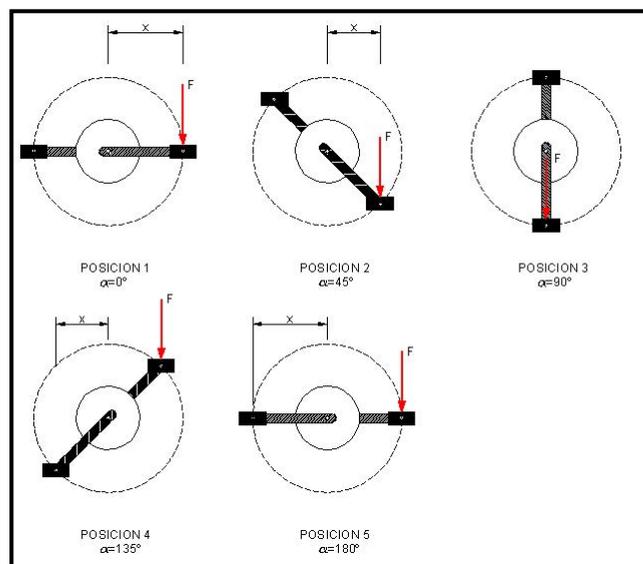


Figura 1. Fenómeno de Bobbing.

Según muestra la Figura 1, la distancia x es máxima para $\alpha=0^\circ$ y $\alpha=180^\circ$, lo que significa que el par generado será, en un principio máximo. Para valores de α entre 0° y 90° el par disminuye y para valores de α entre 90° y 180° el par aumenta. Se observa que para 90° el valor del par generado es nulo: eso se debe a que la fuerza F aplicada coincide con la vertical del centro de giro de las bielas, provocando que el producto $F \cdot x$ sea nulo. Esto mismo ocurre cada 180° , según se muestra en la Figura 2. La curva teórica de par generado muestra valores de máximo cada 180° , empezando por el valor de $\alpha=0^\circ$.

Sin embargo, estos resultados no son los correctos, pues no se ha tenido en consideración el fenómeno de Bobbing. Este fenómeno indica que, en realidad, el punto de par máximo generado se encuentra ligeramente desplazado hacia la derecha, tal como muestra la Figura 2. Este hecho se debe a que a pesar de que el brazo de palanca se reduce, en esta posición las piernas del ciclista pueden efectuar esfuerzos más elevados, llegando a compensar la pérdida de brazo de palanca hasta un cierto punto en que inevitablemente el par comienza a disminuir su valor.

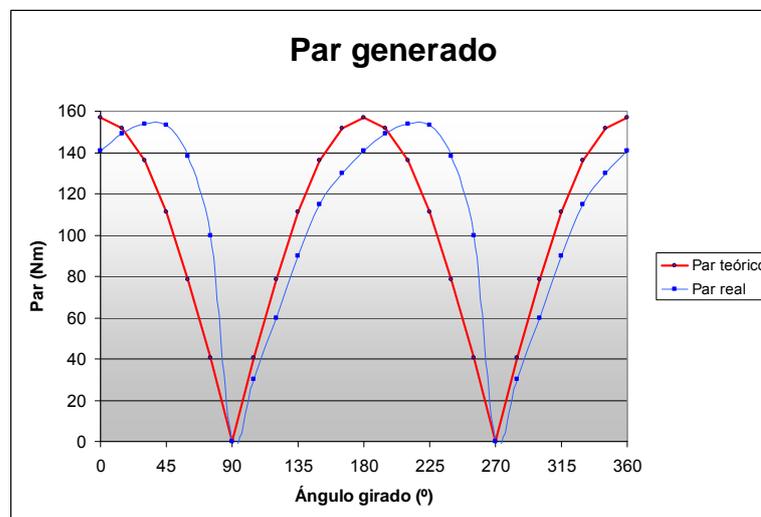


Figura 2. Curva de par generado.

Además, debe tenerse en cuenta que la fuerza F aplicada no es, en realidad, constante. Este valor dependerá en cada caso del esfuerzo realizado por el ciclista. Por ese motivo, el par obtenido tampoco seguirá una ecuación estrictamente matemática. Debe sumarse el hecho de que al ser un movimiento rotativo cuesta aplicar de forma continua la potencia adecuada para el avance, reduciendo la eficacia de la transmisión de potencia.

En definitiva, se puede observar que es la transmisión de la bicicleta básicamente lo que se pretende mejorar. El estudio aquí presentado sintetiza los principales resultados obtenidos en el Proyecto Final de Carrera, que con dicha finalidad se llevó a cabo [1].

2. Objetivos

El objetivo principal del este trabajo ha sido el diseño de un nuevo sistema de transmisión de bicicleta que transforma el movimiento alternativo suministrado a una palanca en un movimiento rotativo, de una forma simple y eficaz.

El diseño aquí propuesto está basado en una invención patentada por el Sr. Manuel Soriano [2], en la que se presenta un dispositivo compuesto por dos palancas activables alternativamente. Cuando basculan dichas palancas, la potencia aplicada se transforma en un movimiento rotativo de sentido constante en el eje de salida.

Este diseño presenta varios puntos a mejorar, en especial por lo que se refiere a la transmisión. Por ejemplo, en la caja de transmisión utiliza engranajes rectos, los cuales aparte de aumentar el ruido en la transmisión, debido al rozamiento entre los dientes de los diferentes engranajes, provocan una notable pérdida de rendimiento en la transmisión de la potencia. Otros aspectos a mejorar serían la elección de los materiales de la bicicleta, a fin de reducir el peso del conjunto, o la protección de la caja de engranajes con una carcasa, para evitar el contacto directo con los engranajes.

3. Diseño propuesto

El dispositivo de transformación de un movimiento alternativo en un movimiento rotativo, que la invención [2] propone, resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática convencional de escaso rendimiento que presentan los sistemas de transformación convencionales de este tipo, concretamente permitiendo que dicha transmisión se produzca en condiciones óptimas, por cuanto el brazo de palanca es máximo, y permitiendo además que la palanca receptora del movimiento alternativo pueda resultar motriz en ambos sentidos, en lugar de ser motriz exclusivamente en un sentido, retornando "en vacío" en sentido contrario, como sucede convencionalmente.

El movimiento se suministra a través de las palancas a un eje de entrada de una caja de engranajes a través de unas chavetas metálicas. En esta caja de engranajes se realizan dos funciones básicas. Una es la de asegurar que los pedales izquierdo y derecho vayan sincronizados de forma tal que cuando uno suba el otro baje y viceversa; esto se consigue utilizando un engranaje inversor que fuerza esta situación. La otra función es la de transmitir ese movimiento de giro transmitido al eje de entrada de la caja de engranajes al eje del plato de la bicicleta; esto se realiza mediante una serie de engranajes que finalmente hacen girar el eje de plato, a través del cual una cadena transmite el movimiento al eje trasero de la bicicleta provocando el giro de la rueda trasera, que logra el avance de la bicicleta hacia adelante.

El movimiento se inicia al suministrar una fuerza sobre el pedal, que se encuentra fijado a la primera de las barras del mecanismo. Ésta se moverá transmitiendo su movimiento a las demás barras del mecanismo hasta conseguir hacer girar el eje de entrada de una caja de engranajes situada bajo el cuadro de la bicicleta. Este movimiento descrito por el mecanismo de barras hará girar el eje de salida de la caja de engranajes, consiguiendo, mediante un sistema de engranajes, hacer girar el eje solidario al plato de la bicicleta.

Una vez que el plato de la bicicleta gire sobre su eje, existirá una transmisión mediante una cadena dentada al piñón posterior de la bicicleta. Esta transmisión será la encargada de hacer girar el piñón que, como consecuencia, hará girar su eje y a la vez la rueda trasera de la bicicleta, consiguiendo el avance de todo el conjunto.

La Figura 3 muestra una imagen de una bicicleta con el sistema de transmisión propuesto.



Figura 3. Conjunto del diseño propuesto.

3.1. Mecanismo de barras

El mecanismo de barras mostrado en la Figura 4 está compuesto por cuatro barras destinadas a transmitir el movimiento suministrado a la primera de ellas a una caja de engranajes que, posteriormente, transmitirá el movimiento mediante un sistema de engranajes al eje del plato de la bicicleta.

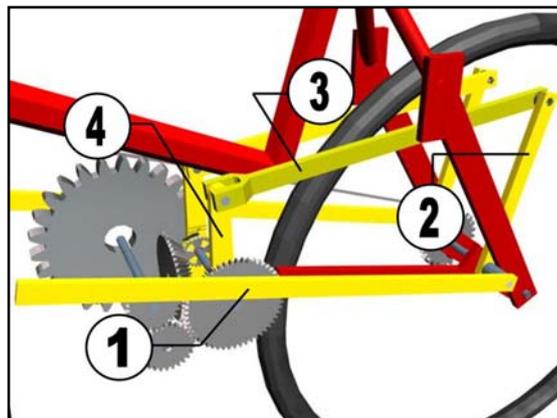


Figura 4. Esquema de los elementos del mecanismo de barras.

El novedoso sistema de movimiento alternativo para el mecanismo de barras añade una ventaja más al conjunto de la bicicleta: permite obtener una velocidad de avance mayor (39,2 km/h) que la que se obtendría en igualdad de condiciones con una bicicleta de montaña tradicional (29,4 km/h) o de carreras (34,3 km/h).

Los elementos que componen el mecanismo de barras son básicamente las barras numeradas en la Figura 4:

- **Barra 1:** Barra que recibe el esfuerzo directamente del usuario. Es en esta barra donde se pueden encontrar los pedales. Presenta un extremo fijo en el cuadro de la bicicleta, sobre el que gira.
- **Barra 2:** Barra transmisora del movimiento con un extremo fijo en el cuadro y el otro ligado a la barra 3.
- **Barra 3:** Barra que comunica el movimiento de la barra 2 a la barra 4. Presenta los extremos libres, pero ligados a las respectivas barras.

- **Barra 4:** Barra con un punto fijo en la caja de engranajes, en el eje de entrada.
- **Pasadores:** Para las uniones de las barras se utilizarán unos pasadores que trabajarán a doble cizalladura. Se deberán dimensionar adecuadamente para que resistan la tensión de ruptura por cizalla.

Existen dos puntos fijos en el mecanismo de barras: se trata de la unión de las barras 1 y 2, así como también el extremo de la barra 4 que da a la caja de engranajes. El primero de los dos puntos se encuentra unido al chasis de la bicicleta, por lo que permanecerá siempre estático. El segundo es la unión del mecanismo de barras con la caja de engranajes. Este punto estará situado en el eje de entrada de la caja de engranajes, permitiendo al girar los engranajes, transmitir el giro al plato de la bicicleta.

La barra 1 realiza un movimiento circular respecto al extremo O que la une con la barra siguiente, la barra 2. En su desplazamiento recorre un arco aproximado en su extremo libre (lado de los pedales, punto P0) de 377 mm, el equivalente a 40° de rotación, hasta alcanzar el punto P1, siendo su longitud de 540 mm.

La barra 2 realiza también un movimiento circular respecto al punto O, teniendo en cuenta una particularidad: las barras 1 y 2 están a 90° una de la otra en todo momento. Podría decirse que se trata de una única barra en forma de "L".

También debe considerarse que los puntos de rotación de ambas barras se tratan, en este caso, del mismo punto O. Se trata de una barra de 220 mm de longitud, recorriendo un arco de 40°, esto es, 153,6 mm desde el punto inicial P0 al final P1.

La barra 3 realiza un movimiento de traslación. Se trata de una barra que sirve de unión o puente entre las barras 2 y 4.

Por último, la barra 4 también realiza un movimiento circular entorno a uno de sus extremos. En este caso se trata de una barra de 110 mm que recorre un arco de 80° respecto a su punto de rotación, equivalente a 153,6 mm, exactamente el mismo valor de arco recorrido que para la barra 2.

3.2. Caja de engranajes

La caja de engranajes básicamente realiza la función de transmitir el movimiento de las palancas mediante un eje de entrada (eje 1) a un eje de salida (eje 3) coincidente con el eje de giro del plato de bicicleta, que se encargará de transmitir mediante cadena al piñón trasero de la rueda posterior de la bicicleta, tal como se muestra en la Figura 5, mediante el eje 2. Los ejes 1 y 3 giran en el mismo sentido, pero el eje 2 lo hace en sentido contrario, pues sirve de inversor.

La transmisión de la caja de engranajes se ha realizado básicamente mediante engranajes cilíndricos rectos, a excepción de la relación entre el mecanismo de barras y la propia caja de engranajes, es decir, la unión de la barra 4 con el engranaje 4, que sería una transmisión mediante engranajes cónicos, tal como muestran las Figuras 5, 6 y 7.

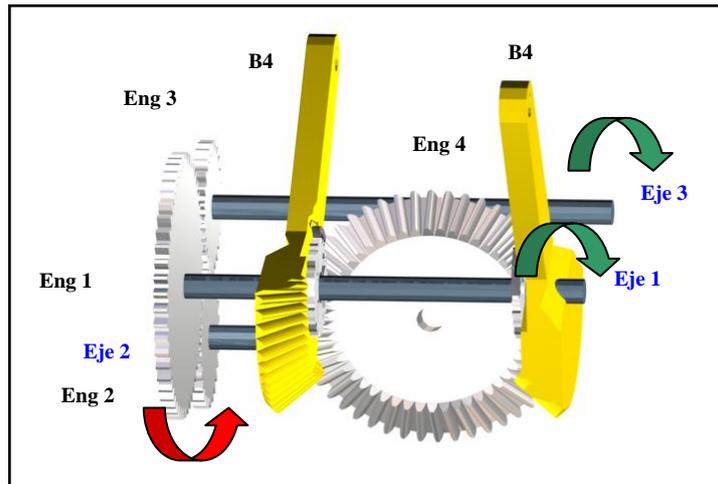


Figura 5. Esquema de los elementos del mecanismo de barras.

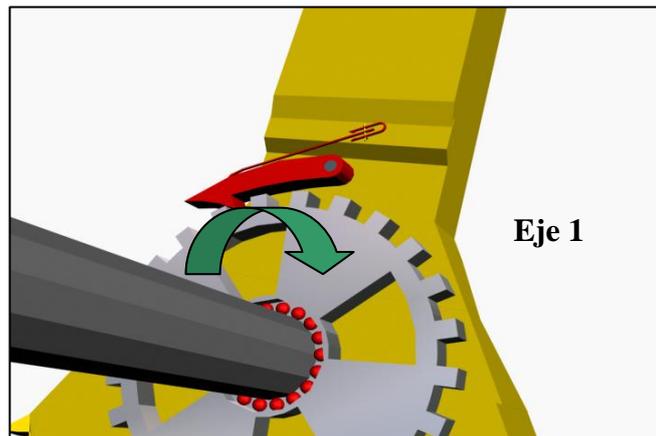


Figura 6. Detalle de la transmisión de la barra 4.

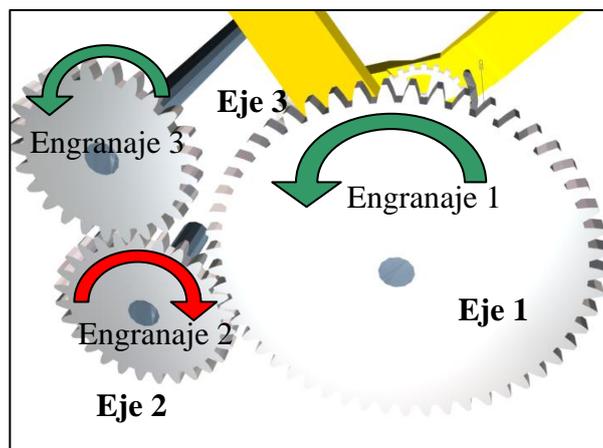


Figura 7. Detalle de la transmisión en los engranajes 1, 2 y 3.

La transmisión de engranajes cilíndricos rectos permite transmitir potencias importantes, especialmente si están bien lubricados, con un rendimiento que suele ser bastante elevado, del orden de un 98-99%. Es por este motivo que interesa este modelo para el diseño de los engranajes, pues interesa transmitir la máxima potencia al piñón trasero de la bicicleta para facilitar el avance de la bicicleta. A pesar del buen rendimiento, debe tenerse en cuenta que éste puede reducirse en los rodamientos, cojinetes y lubricantes. Este será el motivo por el cual la transmisión en la unión del engranaje 4 con la barra 4 se adoptará una transmisión de engranajes cónicos; pues ello mejorará y asegurará una buena transmisión de un mecanismo a otro.

Los engranajes cónicos, en este caso de dentado recto, tienen un rendimiento también elevado, aunque relativamente inferior a los anteriores. El motivo principal de que se haya escogido este sistema de transmisión es el de transmitir velocidades admisibles más elevadas que las que se conseguirían si se hubieran escogido los engranajes cilíndricos rectos. Esto se debe a que tienen mejor continuidad en el engrane existente entre los dientes de engranaje.

Debido a que los dientes de engranajes cónicos originan una componente axial sobre las ruedas de la transmisión en cuestión, se han incorporado a su diseño unos cojinetes (rodamientos axiales) que absorberán esta componente. Además, el hecho de utilizar engranajes cónicos permitirá reducir notablemente el ruido generado en la transmisión. Este tipo de engranajes es muy útil para situaciones en que existe un cambio de dirección en el eje de transmisión, con poco espacio de maniobra, como por ejemplo en diferenciales de automóviles.

3.3. Transmisión del conjunto

En la Figura 8 se muestra el conjunto del mecanismo de barras y el de engranajes incorporados ambos en la propia bicicleta.

Puede observarse el movimiento que describen las barras mediante las flechas coloreadas en color calabaza. Las de color verde indican que los ejes 1 y 3 del sistema de engranajes gira en el sentido indicado de avance, mientras que la de color rojo indica que el eje intermedio de esta transmisión, el eje 2, gira justamente en el sentido contrario. Finalmente, las flechas de color azul indican el movimiento de giro, tanto del plato de la bicicleta como el de la cadena y piñón trasero de la bicicleta.

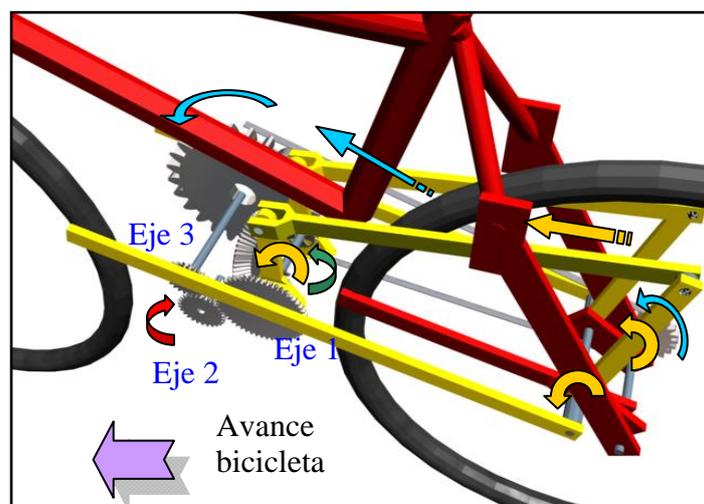


Figura 8. Detalle de la transmisión en los engranajes 1, 2 y 3.

El conjunto del mecanismo permite, mediante el suministro de un esfuerzo por parte del ciclista, transmitir el movimiento necesario para iniciar la marcha de la bicicleta. Ello se consigue transmitiendo el movimiento a través del mecanismo de barras, del sistema interno de engranajes y, finalmente, mediante el plato y cadena, hasta lograr el giro del piñón trasero de la bicicleta, lo que hará girar la rueda trasera de la misma, logrando el avance de todo el conjunto.

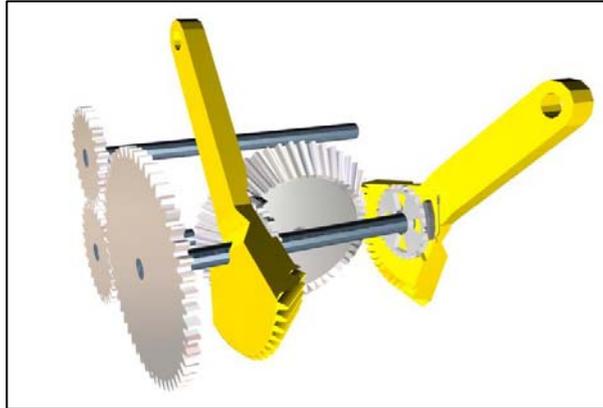


Figura 9. Detalle de la transmisión por engranajes.

4. Conclusiones

Se ha logrado satisfacer la necesidad de hallar un modo de evitar el punto muerto de las transmisiones en las bicicletas. Se ha partido de un modelo de referencia y se ha conseguido optimizar el diseño de una nueva forma de transmisión aplicada a una bicicleta de competición, alcanzando los siguientes objetivos:

- Diseño de un nuevo sistema de transmisión capaz de evitar el punto muerto existente en la transmisión de las bicicletas convencionales.
- Optimización del diseño propuesto para lograr mayor velocidad de avance de la bicicleta y reducción del peso del conjunto ciclista-bicicleta.
- Planteo de mejoras futuras que se puedan aplicar al diseño, como por ejemplo, la posibilidad de aplicar sistemas de marchas en la nueva transmisión.

Estimamos que el coste de fabricación de un prototipo de bicicleta que incorporara el sistema de transmisión propuesto sería de unos 1700 €.

Referencias

[1] Campamento, A. "Diseño de una bicicleta movida por palancas que transforman el movimiento alternativo en uno rotativo". Proyecto Final de Carrera, ETSEIB-UPC, Noviembre 2007.

[2] Soriano, M. "Dispositivo de transformación de un movimiento alternativo en un movimiento rotativo". Patente española 1035695, 16 Mayo 1997.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Manuel Soriano, inventor del modelo de partida para el diseño propuesto en este estudio, por la información aportada acerca de su diseño original, por su paciencia y atención.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Lázaro V. Cremades.
Dpto. de Proyectos de Ingeniería. ETSEIB-UPC.
Av. Diagonal, 647, planta 10, 08028 Barcelona (España).
Phone: +34 93 401 1750
Fax: + 34 93 401 6646
E-mail: lazaro.cremades@upc.edu

Alejandro Campamento.
c/ Balcalls nº 46 Aº 2, 08024 Barcelona (España).
Telf: +34 93 213 49 86
E-mail: AlejandroCampamento@yahoo.es