

Dispositivo Didáctico para el Equilibrado del Mecanismo Cuadrilátero Articulado

Víctor Sayago Serrano

Grado en Ingeniería Mecánica

Resumen

El objetivo de este proyecto es diseñar, calcular y fabricar un dispositivo mecatrónico para realizar el estudio del equilibrado del mecanismo cuadrilátero articulado.

Además del mecanismo, el sistema está formado por un motor eléctrico, un microcontrolador, diversos sensores y un ordenador.

El programa informático que gestiona el sistema desde el ordenador está desarrollado en base a Microsoft Excel, el cual nos permite comunicarnos con el entorno de Arduino y así poder controlar nuestro mecanismo.

La fabricación del mecanismo se realiza principalmente en base a la impresión 3D.

El procedimiento de equilibrado que se aplica se desarrolla a partir del método de Berkof-Lowen.

1. Introducción

La motivación para la realización de este proyecto yace primordialmente en el estudio del equilibrado de mecanismos articulados y en la creación de un dispositivo mecatrónico con el cual se pueda demostrar y se pueda observar dicho estudio. Además me motivó la posibilidad de crear un software didáctico para que cualquier usuario pueda realizar un estudio completo del cuadrilátero articulado.

Los objetivos principales del proyecto son los siguientes;

- Realizar un software capaz de crear cuadriláteros articulados y tener un estudio completo de posición, velocidad, aceleración y esfuerzos. También, que muestre una resolución del equilibrado de éste mediante el método de Berkof-Lowen. Dicho estudio llegue a ser lo más parecido al que ofrece la simulación de movimiento del software de Siemens NX.
- Diseñar y fabricar un cuadrilátero articulado para poder aplicar el estudio del equilibrado. Poder ser capaz de montar el mecanismo y que éste trabaje lo más preciso posible.
- Aprender de la impresión 3D, del comportamiento de las piezas de plástico y del montaje de éstas.
- Crear un software que permita leer datos del mecanismo fabricado y poder controlarlo mediante un motor eléctrico, diferentes sensores y la comunicación entre Visual Basic y Arduino a través de un ordenador.

La información consultada de [1] a [7] ha sido utilizada especialmente para realizar el estudio teórico del proyecto. El libro de Norton [6] ha sido de especial ayuda para poder realizar correctamente este proyecto, ya que con él he aprendido el tema del equilibrado y el método de Berkof-Lowen. El libro Shigley [7] incorpora también un punto que habla del equilibrado y en se explica un ejercicio de aplicación para equilibrar un cuadrilátero articulado.

2. Memoria

En la memoria se presenta el mecanismo cuadrilátero articulado y todos los estudios realizados de éste: posición, velocidad, aceleración y fuerzas. Además, se comenta el equilibrado de forma general y aplicado para mecanismos articulados mediante el método de Berkof-Lowen.

Seguidamente, se introduce el diseño mecánico del sistema. En él se ven los diferentes tres diseños y sus respectivos cambios y mejoras hasta el diseño final. Gracias a Siemens NX se realizaron los modelados en 3D y los planos de los componentes. Además, se realizó una simulación de movimiento de todo el conjunto para comparar los valores calculados en el apartado teórico con los obtenidos del NX; y, una simulación de solicitaciones mediante la consulta de [9] para saber si las barras manivela y balancín podrían llegar a partir por culpa de los contrapesos añadidos. Se llega a la conclusión que los valores obtenidos teóricamente y con el simulador difieren con un porcentaje de error muy bajo y las piezas diseñadas no rompen aplicando un factor de seguridad de cuarenta.

Se procede después a mostrar el diseño electrónico, el estudio de los diferentes componentes utilizados y las conexiones de éstos. Las conexiones se pudieron realizar gracias a un programa llamado Fritzing [10], [11]. Para saber cómo se debían conectar los componentes, se visitaron diversas páginas web, entre ellas la del autor muy conocido en el mundo de la programación con Arduino llamado Luís Llamas [13]-[18].

Finalmente se encuentra el diseño informático. En él se presenta el programa de este proyecto diseñado para el control y el estudio completo del mecanismo cuadrilátero articulado. Dicho programa permite al usuario crear su propio cuadrilátero articulado y obtener todo el estudio que se ha realizado en el apartado teórico del proyecto. Tiene una presentación muy didáctica. Incorpora varios mensajes para que el lector no se pierda utilizándolo. También, se explican los diferentes ámbitos de programación de Arduino y Visual Basic y se comentan los diferentes códigos utilizados.

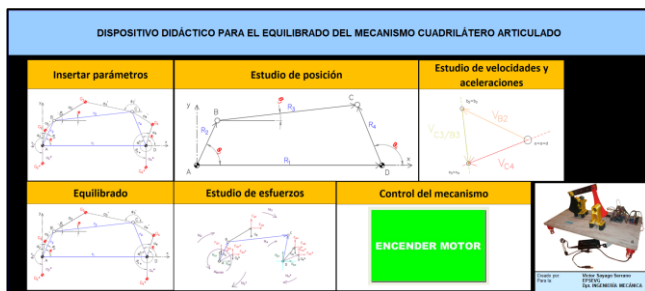


Fig. 1. Hoja de presentación del programa en Excel

3. Experimentación

En el apartado de la experimentación se ha procedido a explicar el transcurso de fabricación del dispositivo.

Se empezó primeramente con la impresión de prueba de todas las piezas, mediante la impresora Anet A8, para poder modificar el diseño adaptándolo a la tolerancia de fabricación.

Más adelante con la ayuda de la empresa donde actualmente trabajo se fabricó la barra acopladora a partir de una plancha de acero inoxidable de 3mm de grosor.

Cuando ya se acabó de modelar el diseño final, se comenzaron a imprimir todas las piezas y se fueron montando sobre la tabla de madera. En primer lugar se montó la bancada donde yace el motor eléctrico y después el resto de componentes. El problema principal viene cuando se ha de calibrar la barra acopladora para que haga su movimiento lo más paralelo a las bancadas posible, ya que cualquier desviación puede destruir todo el mecanismo. Gracias al diseño de la manivela, el montaje del eje del motor se realizó insertando dos tornillos de métrico cuatro con sus respectivas roscas para que la barra no se pudiera escapar del eje hacia ninguno de los dos sentidos y hubiera una unión firme. La electrónica se montó una vez el mecanismo estaba anclado a la base. El cableado se pasó por la parte inferior de la tabla para que no se viera mediante el uso de bridas.

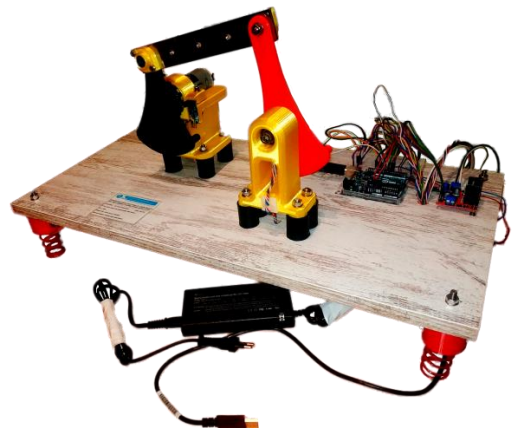


Fig. 2. Representación del dispositivo

4. Planificación del proyecto

Este proyecto se ha planificado dividiendo todo el proyecto en diferentes fases y plasmando el tiempo realizado en cada una de ellas en un Diagrama de Gantt.

5. Cálculo económico

Se han realizado varios cálculos económicos. Uno de ellos es el propio, la cantidad de dinero que ha tenido que salir de mi bolsillo para poder fabricar el dispositivo. Y otro, el precio que realmente vale. Éste último tiene varios presupuestos ya que se han estudiado tres diferentes empresas que trabajan en la impresión 3D. Se han propuesto dos diferentes precios de fabricación, el más caro y el más barato. Por último, se presenta un presupuesto final en el cual se incluye el precio de ingeniería teniendo en cuenta las horas dedicadas en el proyecto.

6. Mejoras futuras

Para empezar, tal y como se describe en los objetivos, una de las finalidades de la fabricación del mecanismo era poder extraer valores mediante los sensores de velocidad y de aceleración para medir el desequilibrio.

Construir todas las barras de aluminio, se conseguiría mucha más precisión de montaje y de trabajo ya que las piezas tendrían mucha mejor tolerancia. Tendría un aspecto mucho más profesional, y el diseño podría variar sin tener temor a que las piezas pudieran flexionar o romper. Dichas barras se fabricarían de tal forma que su centro de masas pudiera cambiar de posición, como por ejemplo poniendo pesos hechos a medida. En la barra acopladora actual tiene agujeros roscados ya que en un principio se quería poner un peso para variar el centro de masas. Finalmente, tener los datos de las piezas fabricadas con una precisión más alta que la que ofrece la impresión 3D y el software de NX, y así realizar un estudio de equilibrado mucho más exacto.

Todas las barras puedan ser variables en longitud, y así tener un programa mucho más potente capaz de resolver diferentes situaciones aplicadas al prototipo fabricado y no únicamente una actualmente.

Las articulaciones entre las barras diseñarlas mediante rótulas. Actualmente el montaje del mecanismo sufre mucha fatiga ya que éste no tiene un perfecto montaje.

Realizar los programas de los sensores de velocidad y los acelerómetros, con lo cual se podrían realizar gráficas de fuerzas y de momentos para cada posición y velocidad del mecanismo fabricado.

Diseño de control del mecanismo, habilitando así el control con precisión la velocidad de giro del motor, y no tener que ir variando el valor PWM. También, incorporar un sistema de seguridad por el tema de enganches involuntarios con la manivela y no hacerse daño por culpa del giro del motor. Actualmente, he sufrido varios enganches con la manivela y he de decir que el motor puede llegar a causar daños graves.

7. Conclusiones

Las conclusiones sobre mi proyecto final de carrera son muy positivas en cuanto a organización y ejecución de la fabricación de este dispositivo, tanto mecánico como informático, capaz de medir y corregir las fuerzas dinámicas que ocasionan vibraciones no deseadas y que finalmente haya tenido un aspecto un tanto profesional y presentable para su uso en clases prácticas.

La idea principal del proyecto, la aplicación del método de Berkof-Lowen en la creación del mecanismo cuadrilátero articulado con la ayuda del software de Excel, ha sido un punto a favor en mi trayectoria académica.

Primero he de decir que he aprendido mucho realizando el estudio teórico. El método para conocer la posición, la velocidad y la aceleración me llevaron un tiempo considerable, ya que no lo había visto antes. En cambio, el método de equilibrado no me llevó tanto tiempo, todo y que tampoco lo había visto nunca, lo consideré bastante intuitivo a la hora de aprenderlo y de plasmarlo en mi propio mecanismo.

Seguidamente, el diseño mecánico tardé mucho en realizarlo al ser el punto más importante, pero no el más difícil desde mi punto de vista y lo supe solventar de manera muy satisfactoria.

El diseño electrónico ha sido el punto más débil de todo el proyecto, pero aun así estoy satisfecho de cómo han quedado las conexiones y el uso de los componentes.

Con el punto que más orgulloso estoy es con el diseño informático. Es el apartado en el que he dedicado más horas, el programa con Excel que he realizado me ha llevado desde principios de abril. Esta herramienta me ha servido de gran ayuda a la hora de realizar los estudios teóricos y los cálculos desde el principio del proyecto. La interfaz de mi software ha quedado muy profesional, presentando al usuario toda la información posible para que sea capaz de utilizarlo sin problemas. Además, he permitido que cualquier persona que utilice el programa pueda ver cómo se ha creado y que pueda aprender de él.

El montaje y la fabricación del prototipo han sido el punto clave para que el mecanismo pueda funcionar como debía. Tuve muchas impresiones erróneas y piezas que al final se tuvieron que volver a fabricar ya que acabaron rompiendo. Finalmente, el mecanismo ha acabado funcionando como debía y estoy muy contento de haberlo conseguido.

Como párrafo final me gustaría decir que ha sido todo un reto realizar en el Proyecto Final de Carrera la creación de un mecanismo. Gracias a este trabajo me he dado cuenta que hay una diferencia inmensa entre el dibujo en papel y la realidad.

Agradecimientos

En agradecimiento a mi familia: Nuria, mi madre; Juan Luís, mi padre; Juan Luís, mi hermano; María & Javier, mis abuelos; y Marta, mi pareja.

Nombrar también a Marcos y al equipo de empresa de Intecma.

A todos ellos, por su gran compasión y apoyo constante en alcanzar este sueño.

Bibliografía

- [1] Solé i Rovira, Joan. *Apuntes de la asignatura de Diseño de Mecanismos* [en PDF]. Universidad de Vilanova i la Geltrú, Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.
- [2] Creación Virtual de Mecanismos Planos en Máquinas. En: *Universitat Politècnica de València* [en línea]. Prof. Dr. José L. Oliver, 2014. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <<http://www.upv.es/vltmodels/v2016/C02-Cuadrilateros-Grashof.pdf>>.
- [3] Four-Bar Linkages. En: *Dynamics* [en línea]. Matthew west, 2017. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <<http://dynref.engr.illinois.edu/aml.html>>.
- [4] Mecanismo de Watt. En: *Wikipedia* [en línea]. Wikimedia Foundation, 2018. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mecanismo_de_Watt>.
- [5] Four-bar linkage. En: *Wikimedia Commons* [en línea]. Wikimedia Foundation, 2018. [Consulta: 10 abril 2020]. Disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Four-bar_linkage>.
- [6] Robert L. Norton. *Diseño de maquinaria*. Cuarta edición. McGraw-Hill. ISBN 978-970-10-6884-7.
- [7] Joseph Edward Shigley, John Joseph Uicker, JR. *Teoría de máquinas y mecanismos*. McGraw-Hill. ISBN 968451297X.
- [8] TraceParts S.A.S [en línea]. Saint Romain, Francia. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.traceparts.com/es>>.
- [9] *Apuntes de la parte de Resistencia de Materiales de la asignatura de Diseño y Simulación Asistido por Ordenador* [en PDF]. Profesorado de Resistencia de Materiales, Universidad de Vilanova i la Geltrú, Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.
- [10] Fritzing [en línea]. [Consulta: 1 julio 2020]. Disponible en: <<https://fritzing.org/>>.
- [11] Electro Schematics [en línea]. [Consulta: 1 julio 2020]. Disponible: <<https://www.electroschematics.com/fritzing-software-download/>>.
- [12] Arduino [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.arduino.cc/>>.
- [13] Luis Llamas [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.luisllamas.es/>>.
- [14] Salidas analógicas PWM en Arduino. En: *Luis Llamas* [en línea]. [Consulta: 02 julio 2020]. Disponible en: <<https://www.luisllamas.es/salidas-analogicas-pwm-en-arduino/>>.
- [15] El Bus SPI en Arduino. En: *Luis Llamas* [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.luisllamas.es/arduino-spi/>>.
- [16] Usar un acelerómetro ADXL345 con Arduino. En: *Luis Llamas* [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.luisllamas.es/arduino-acelerometro-adxl345/>>.
- [17] Qué son y cómo usar interrupciones en Arduino. En: *Luis Llamas* [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.luisllamas.es/que-son-y-como-usar-interrupciones-en-arduino/>>.
- [18] Hacer un encóder óptico con un optointerruptor y Arduino. En: *Luis Llamas* [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <<https://www.luisllamas.es/usar-un-optointerruptor-con-arduino/>>.
- [19] Harinder85. “Connecting 2 ADXL345 Accelerometer sensors over I2C” [foro]. En: Arduino Forum [en línea]. 16 abril 2019; 03:33 CET [Consulta: 18 junio 2020; 18:35 CET]. Disponible en: <<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=610345.0>>.
- [20] oscar2015. “conectar dos acelerómetros digitales ADXL345 a Arduino Uno” [foro]. En: Arduino Forum [en línea]. 17 febrero 2015; 03:51 CET [Consulta: 18 junio 2020; 18:37 CET]. Disponible en: <<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=301345.msg2134607#msg2134607>>.