



## Estudio de un sistema de balance de una esfera sobre una superficie

Ana Laura Razo García<sup>1</sup>, José Miguel Sosa Zúñiga<sup>1</sup> y Cesar Augusto Limones Pozos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. laura.gar1297@gmail.com

La ingeniería de control ha contribuido significativamente al avance de la ciencia y la tecnología y trata con el modelado y el control de sistemas con el objetivo de modificar sus comportamientos con base a objetivos específicos. Es aplicable a una gran variedad de sistemas entre ellos sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y químicos. Tiene una extrema importancia en los sistemas de vehículos espaciales, de guiado de misiles y similares. Es por tanto relevante contar con sistemas que permitan una mejor comprensión de los conceptos de control clásico y control retroalimentado con fines académicos.

El balanceador de una esfera de dos grados de libertad es un mecanismo que consiste de una esfera que rueda libremente sobre una superficie plana debido a la fuerza de gravedad generada por la inclinación de la superficie. El movimiento de la esfera es controlado por medio de actuadores que reciben señales que modifican la inclinación. Comúnmente estos actuadores son implementados por son dos motores eléctricos o servomotores unidos a dos lados de la superficie que reciben señales para el control de movimiento de la esfera y permiten tener movimiento en dos grados de libertad. La orientación de la superficie se puede controlar para estabilizar una posición deseada de la esfera o incluso obtener seguimiento de trayectorias definidas sobre la superficie. Para la medición de la posición de la esfera existen distintas implementaciones entre las que destacan el uso de una pantalla táctil sobre la superficie, un sistema con una cámara o sensores de fuerza colocados sobre la superficie. Se requiere un sistema de control donde se retroalimenta la posición de la esfera en cada instante con la que se genera una señal de error que es la entrada del controlador para llevar la salida al valor deseado. El modelo en espacio de estados es un sistema no lineal sin embargo un controlador PID convencional se puede usar para estabilizar una posición de la esfera sobre la superficie resultando en una respuesta de lazo cerrado satisfactoria y aceptable.

El objetivo de este trabajo es analizar y modelar en espacio de estados el sistema de esfera sobre superficie incluyendo junto con la cinemática del mecanismo la actuación electromecánica proveída por motores eléctricos, y validar con base en simulaciones numéricas un controlador para la estabilización de posiciones de la esfera sobre la superficie.

Los resultados de este trabajo permitirán obtener guías para la posterior implementación física de un prototipo del sistema y para el diseño y la implementación de controladores. La implementación de un prototipo de estas características que permitiría demostrar práctica e intuitiva y con fines académicos algunos de los conceptos control clásico y sistemas retroalimentados. Este sistema es utilizado normalmente para el estudio de las acciones básicas de control retroalimentado en las asignaturas de control clásico a nivel licenciatura. Normalmente el balance de esfera es una herramienta para el aprendizaje de los conceptos de control debido a su utilidad al mostrar prácticamente los conceptos de control retroalimentado en un sistema mecánico.