

Dispositivo para Obtener Coeficiente de Fricción Estático

¹Martínez Martínez Edgar Edmundo, ²Sepúlveda Cervantes Gabriel y ²Portilla Flores Edgar Alfredo

¹Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN
²Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo, IPN

Resumen

El conocimiento del coeficiente de fricción en las aplicaciones de control es importante, debido a que el conocimiento de esta propiedad permite realizar este tipo de tareas con una mayor precisión. En este artículo se muestra el diseño, construcción e instrumentación de un dispositivo para la obtención del coeficiente de fricción entre dos superficies.

Este dispositivo se basa en un plano inclinado, el cual consiste en un IMU (Inertia Measurement Unit), Unidad de medición de la inercia), una tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009, un motor de CD y un sensor infrarrojo para el control de presencia.

La tarjeta NI 6009 sirve para la instrumentación de la plataforma enviando la información de los sensores y el IMU a una computadora de escritorio mediante el puerto USB. La computadora se utiliza para visualizar y procesar dichos datos mediante un modelo matemático, el coeficiente de fricción entre las superficies.

Para realizar los experimentos se construyó la plataforma experimental y se realizaron diversas pruebas utilizando distintos materiales: madera, metal, plástico. Como resultado de este trabajo se obtuvo un dispositivo en comunicación USB que facilita el análisis detallado de superficies para la obtención de coeficientes de fricción estático.

Palabras clave: Fricción, plano inclinado, IMU, NI USB-6009

1. Introducción

La fuerza de fricción se define como una fuerza de resistencia que actúa sobre un cuerpo que impide o retarda el deslizamiento de este respecto a otro o en la superficie que este en contacto, esta fuerza es siempre tangencial a la superficie en los puntos de contacto con el cuerpo, y tiene un sentido Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.

tal que se opone al movimiento posible o existente del cuerpo respecto a esos puntos. Por otra parte estas fuerzas de fricción están limitadas en magnitud y no impedirán el movimiento si se aplican fuerzas lo suficientemente grandes.

$$F = \mu N \quad (1)$$

La fuerza de fricción no depende del tamaño de la superficie de contacto entre los dos cuerpos, pero depende de la naturaleza de los materiales de esas superficies; para lo cual la fuerza de fricción es proporcional a la normal de ambos cuerpos.

1.1 Fuerza de fricción estática

La relación de la magnitud de la fuerza máxima de fricción estática a la magnitud de la fuerza normal recibe el nombre de coeficiente de fricción estático para las superficies que intervienen [1]. Si F_s representa la magnitud de la fuerza de fricción estática, entonces:

$$F_s \leq \mu_s N \quad (2)$$

Donde μ_s es el coeficiente de fricción estático y N es la magnitud de la fuerza normal. El signo igualdad vale sólo cuando F_s tiene su valor máximo.

2. Aplicaciones de sensores utilizados.

El uso de sensores y monitoreo tienen una gran importancia en la elaboración de dispositivos que tengan relación con nuestro entorno físico.

El uso del IMU ("Unidad de medición de la inercia") [2] tiene el fin, en esta aplicación, de resolver el cálculo cinemático del movimiento angular para una mano inteligente de microcirugía en la cual se desea eliminar el error del movimiento involuntario en la mano que existe en un humano al utilizar utensilios quirúrgicos.

El uso de la tarjeta de adquisición de datos NI USB -6009 se utiliza para el monitoreo y análisis el cual se desea ser visto o estudiado por medio de una computadora, [3] El uso de esta tarjeta se instrumenta en la realización de un pulsioxímetro, para monitorear el porcentaje de saturación de oxígeno en la sangre de forma no invasiva, para almacenar la información para su análisis y comparación, de uno o más pacientes.

3. Desarrollo Matemático

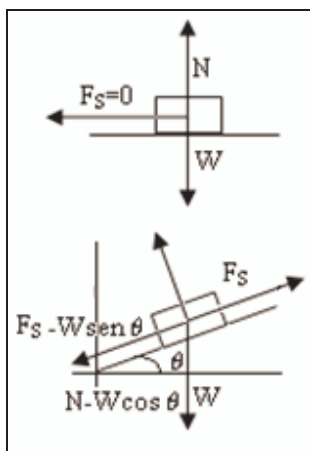


Fig. 1. Bloque en reposo y movimiento.

W es el peso del bloque, N es la fuerza normal ejercida por el plano inclinado sobre el bloque, F_s es la fuerza tangencial de fricción ejercida por la superficie inclinada sobre el bloque.

La fuerza resultante ejercida por la superficie de contacto, ya que el bloque se encuentra en reposo es:

$$N + F_s + W = 0 \quad (3)$$

Descomponiendo las fuerzas en las componentes cartesianas "xy", a lo largo del plano y la normal al plano, tenemos:

$$N - W \cos \theta = 0 \quad (4)$$

$$F_s - W \sin \theta = 0 \quad (5)$$

Por tanto de la ecuación (2), si aumentamos el ángulo de inclinación lentamente, hasta que principie el deslizamiento, para ese ángulo:

$$\theta = \theta_s \quad (6)$$

Entonces se utiliza:

$$F_s = \mu_s N \quad (7)$$

Por último sustituyendo en las ecuaciones (4) y (5):

$$N = W \cos \theta_s \quad (8)$$

$$\mu_s = W \sin \theta_s \quad (9)$$

Por lo que:

$$\mu_s = \tan \theta_s \quad (10)$$

Al final, midiendo el ángulo de inclinación en el que principia el desplazamiento, se obtiene el coeficiente de fricción estático entre dos superficies.

4. Diseño e implementación

4.1 Diseño Mecánico

La parte mecánica del dispositivo está compuesta por una plataforma de aluminio impulsada por un motor de corriente directa, la cual se estará desplazando angularmente hasta que la muestra del material tenga un desplazamiento.

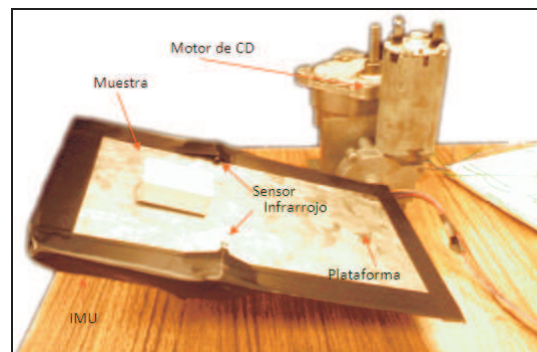


Fig. 2. Plataforma mecánica.

4.2 Diseño Eléctrico

El motor de corriente directa está controlado en giro por dos relevadores, dos transistores TIP41 y un sensor infrarrojo.

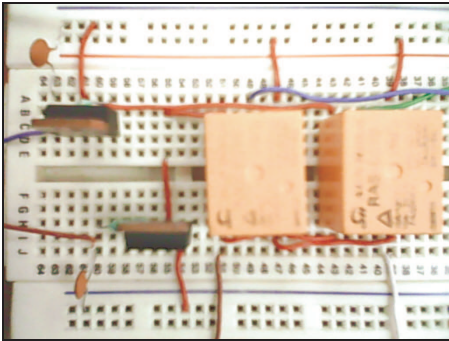


Fig. 3. Control de giro del motor de CD.

El medidor de inercia (IMU) permite la medición de la componente gravitacional en dirección paralela al plano donde se coloca la muestra, con ello se puede conocer la fuerza longitudinal que produce el movimiento. La fuerza paralela al plano va incrementando conforme el ángulo de inclinación aumenta, así en el instante que se produce el movimiento se conoce la componente que vence a la fuerza de fricción estática.

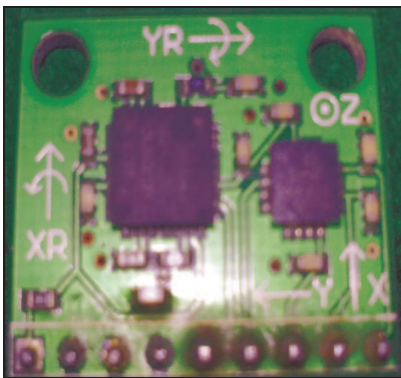


Fig. 4. IMU (*Inertia Measurement Unit*).

4.3 Implementación adquisición de datos

Todos los elementos del dispositivo están conectados a la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 la cual cuenta con las siguientes características:



Fig. 5. NI USB-6009.

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET, Matlab & Simulink
- El software de NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos

La tarjeta está conectada a la computadora la cual recibe los datos del IMU para procesarlos con el Software Matlab & Simulink [4]; por medio de un modelo matemático para obtener el coeficiente de fricción estático, mostrando en pantalla dicho coeficiente entre los materiales.

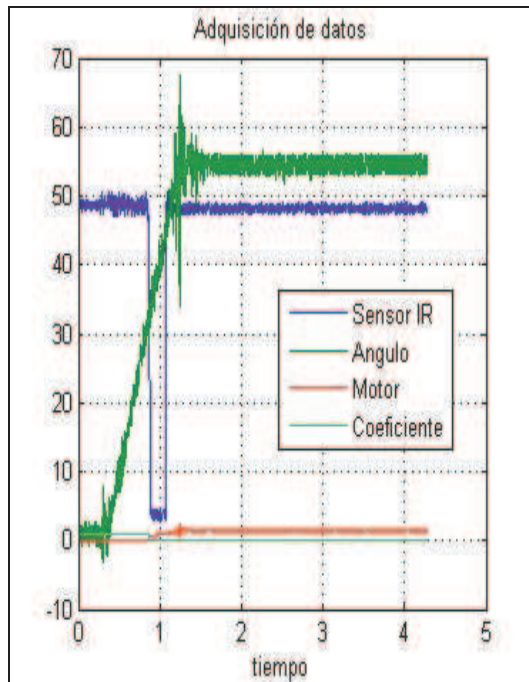


Fig. 6. Gráfica de resultado en Simulink & Matlab

5. Diagramas de funcionamiento

El funcionamiento del dispositivo inicia al activar el motor por medio del software Matlab & Simulink; el motor empieza a elevar una plataforma angularmente hasta el punto en donde se rompe la fuerza fricción estática de los materiales, este punto será detectado por el sensor infrarrojo que está conectado al software Matlab & Simulink por medio de la tarjeta de adquisición de datos para realizar el frenado del motor, el cálculo matemático de dicho coeficiente de fricción y mostrar el resultado, tal como se muestra en el diagrama de flujo de la figura N° 7.

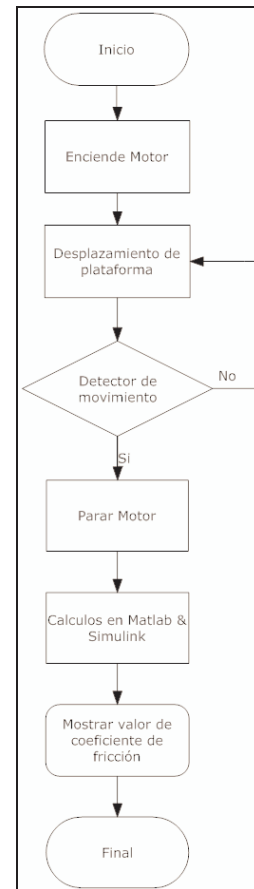


Fig. 7. Diagrama de flujo del dispositivo.

El motor está controlado por Matlab & Simulink mediante la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 en una E/S digital, la cual mandara una señal a los transistores TIP41 para que de acuerdo a su polarización gire en un sentido u otro y se detenga el motor. La caja de engranes que contiene el motor de CD da la posibilidad de que se pueda parar el motor sin que el peso del material venza a la plataforma y esta se venga abajo.

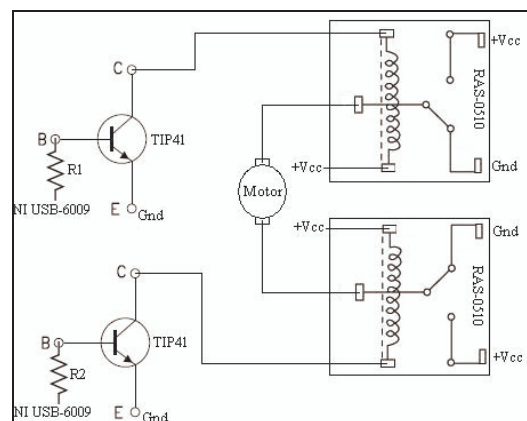


Fig. 8. Diagrama Eléctrico del motor de CD.

El IMU está conectado a la tarjeta de adquisición de datos en una E/S analógica para recibir la posición de la plataforma y hacer los cálculos matemáticos.

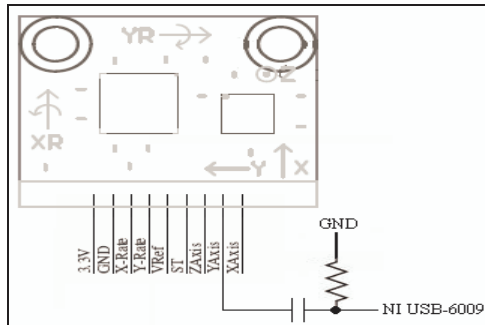


Fig. 9. Diagrama eléctrico IMU.

El sensor está conectado a la tarjeta de adquisición de datos en una E/S analógica, este sensor monitorea el movimiento que se efectuara al romperse la fuerza de fricción estática para realizar los cálculos matemáticos.

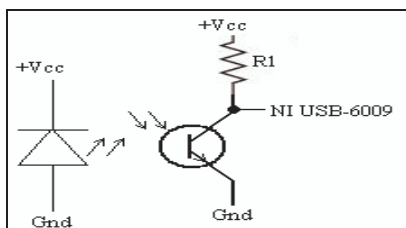


Fig. 10. Diagrama eléctrico de sensor de movimiento.

El modelo matemático del coeficiente de fricción estática esta desarrollado en Matlab & Simulink el cual resuelve todos los cálculos para obtener dicho coeficiente.

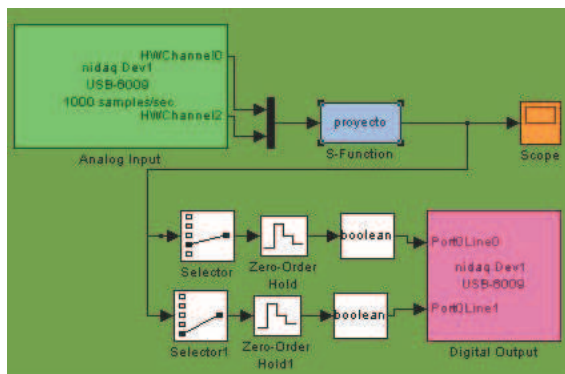


Fig. 11. Diagrama del modelo matemático en Simulink.

6. Conclusiones

Se obtuvieron algunos coeficientes de fricción estático entre superficies como acero galvanizado vs aluminio, acero galvanizado vs madera, acero galvanizado vs cartón. Debido a las imperfecciones en las superficies de las muestras las mediciones muestran un error mayor a 20% con respecto a los valores reportados en la literatura por lo que el trabajo a futuro consistirá en perfeccionar las muestra para obtener una mejor aproximación con los valores reales.

Referencias

- [1] Halliday D Resnick R. *“Fundamentos de Física Versión Ampliada”*, Continental, México D.F., Segunda Edición, 1986.
- [2] Wei A., Pradeep K., Cameron N. *“Design of All-Accelerometer Inertial Measurement Unit for Tremor Sensing in Hand-held Microsurgical Instrument”*, in Proc. IEEE/RSJ Intl. Conf. Intell. Robots and Systems, Hawaii, 2001, pp. 1106-1111.
- [3] Campos I., Martínez L., Vinaja V, Rodríguez P., *“Instrumentación virtual de un pulsioxímetro”*, *Revista Mexicana de Física*, 52, 5, 474-478, 2006.
- [4] Software Matlab & Simulink, © 1994-2009 The MathWorks, Inc., <http://www.mathworks.com/>.