

# DISEÑO, MODELADO Y FABRICACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA EL DESGASTE DE MATERIALES METÁLICOS USANDO MATERIAL GRANULAR

Garzón Orjuela, Álvaro Sebastián (1), Balvantín García, Antonio de Jesús (2)

1 [Licenciatura en ingeniería mecánica, Universidad Santo Tomas de Aquino] | [alvarogarzon@usantotomas.edu.co]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [antonio.balvantin@ugto.mx]

## Resumen

Actualmente, en los países latinoamericanos en desarrollo, es de vital importancia la transportación y almacenamiento de material granular. Sin embargo, dicho material granular genera desgaste por fricción a los sistemas de transporte. En el presente estudio experimental, se plantea conocer el grado de desgaste que genera un material granular determinado, sobre el material de un componente mecánico de un sistema de transporte. Para dicho estudio se desarrolló un sistema experimental rotativo para la generación de desgaste artificial sobre probetas de distintos materiales. Los resultados obtenidos se presentan en función al número de ciclos a los que se somete la probeta bajo una fuerza aplicada de manera constante y uniforme.

## Abstract

Currently, in Latin American countries in development, it is of vital transportation and material storage granular. However, said granular material generates wear by friction to the transport systems. In this experimental study, arises to know the degree of wear and tear that generates a material specific, granular on a mechanical of a transportation system component material. For this study developed a rotary experimental system for the generation of artificial wear on specimens of various materials. The results are presented according to the number of cycles that undergoes the test specimen under a force applied in a constant and uniform way.

### Palabras clave

Desgaste, transporte, sistema experimental, material granular

## INTRODUCCIÓN

El sector productivo de materiales granulares requiere el uso de sistemas de transporte confiables y de bajo costo para su desarrollo. Sin embargo, el transporte de material granular genera desgaste mecánico por abrasión [1-4]. Consecuentemente, se produce pérdida de material por fricción o contacto, ocasionando en la mayoría de los casos falla por fatiga en los componentes mecánicos [5]. Este tipo de desgaste es muy común en elementos como bujes y tornillos transportadores de material granular, los cuales son piezas que deben ser sustituidas constantemente, lo cual implica altos costos de producción.

Debido a lo anterior, se han reportado diversos estudios del desgaste generado por el material granular en contacto con piezas de múltiples materiales [2-4]. Como lo plantea Moore M.A [6], No existe una relación simple entre el desgaste y las propiedades mecánicas, pero el desgaste es generalmente bajo para material de alta dureza y alta tenacidad a la fractura y para valores elevados de la relación entre la resistencia a la fractura y la dureza.

Además de esto se ha estudiado el desgaste a partir de otros materiales granulares, así lo muestra J. Camacho [7] en su artículo donde nos habla del desgaste que genera el impacto de los granos de arroz a su mecanismo de transporte, para evitar destruir el arroz y prevenir el desgaste en la maquinaria, a partir de esto planteo una modificación en la transportadora, donde podía variar el ángulo de choque entre los granos de arroz y la superficie metálica, y mediante chorros de aire variar la velocidad de impacto de los mismos.

Mediante la experimentación propuesta en [7], probando diferentes ángulos y recubrimientos el autor concluyó que un impacto a 90° hace rebotar mucho el arroz generando chochar las partículas entre sí mismas, a 30° y 60° se tienen mayores ventajas y el mejor recubrimiento de para menor desgaste fue el anodizado en el aluminio.

Al igual en otros estudios como el de Mair K. [8] donde investiga la influencia de la distribución de tamaño de partículas, forma y rugosidad de grano (PSD) en la fuerza de fricción y estabilidad de cortado a capas granulares, generando un estudio del desgaste a partir de la forma y tamaño de las partículas. Mediante un estudio de esfuerzos analizó la relación del espesor y el desgaste que se generaba; por lo cual concluyo que las partículas esféricas lisas son las de menor resistencia friccional, comparándolas con las partículas angulares, la angularidad de la partícula tiene gran relación en el desgaste.

En el presente trabajo se propone la generación de un sistema experimental que permita emular las condiciones de diversos elementos mecánicos que estén en contacto con diferentes tipos de material granular. Mediante este sistema se pretende también caracterizar el desgaste generado a una probeta de bronce la cual se trató previamente, para así simular el desgaste que puede generar material granular a aun elemento mecánico que pueda estar construido de este material.

## MATERIALES Y MÉTODOS

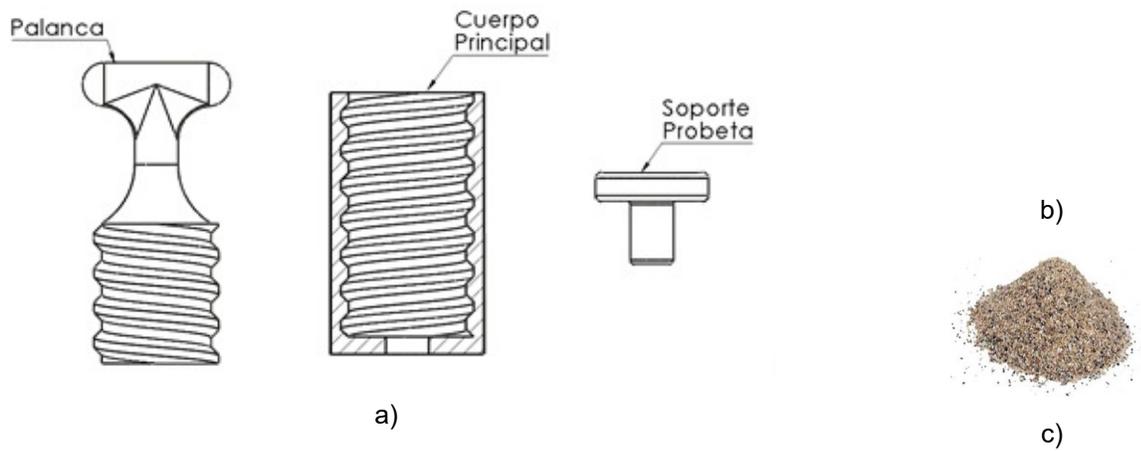
Los materiales granulares como sal, arena, están conformados por gran cantidad de partículas, su tamaño oscila entre 0,1 a 10 milímetros. Por lo que su transporte es uno de los gastos más significativos en cuestión de mantenimiento y repuestos, mediante nuestro mecanismo simularemos el desgaste que sufre una pieza mecánica sometida a dicho transporte y desgaste.

Los patrones de movimiento de las partículas abrasivas son muy importantes para el desgaste de los materiales. Para la simulación de éste, se diseñó un sistema de rotación usando el software comercial SolidWorks®. Este programa que consiste en una plataforma de diseño mecánico en 3D en el que se pueden

generar geometrías 3D usando sólidos paramétricos. La aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller [10]. Una de las principales ventajas de un diseño mecánico en 3D paramétrico es que dichos modelos se pueden exportar en diferentes formatos para prototípico rápido. La impresión 3D es una tecnología que se basa [11].

El sistema experimental propuesto (Figura 1a) consiste en un mecanismo que permite emular el desgaste mecánico que sufre un material al estar en contacto con material granular. Mediante una impresora Anycubic i3 Mega® se imprimió el dispositivo, utilizando como material PLA (ácido poliláctico) con refuerzo de fibra de carbono, ver Figura 1b.

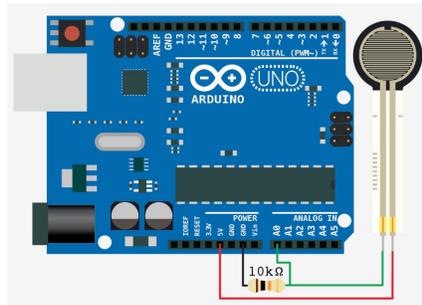
El material que se desgastó en la experimentación fue bronce estándar. Inicialmente se cortaron probetas con un diámetro de 1 pulgada y  $\frac{1}{2}$  de pulgada de espesor. Dichas probetas se lijaron y pulieron hasta grano 1500 con el fin de obtener el acabado espejo con la menor rugosidad posible para luego medir el desgaste. La rotación de la probeta se llevó a cabo utilizando un torno convencional, con el fin de poder fijar una velocidad de 100 RPM. El desgaste artificial de la probeta se indujo utilizando arena mixta de construcción (tamaño máximo de grano 5 mm) como material granular, ver Figura 1c. Finalmente, para determinar el efecto del material granular sobre la probeta se midió el cambio de rugosidad de la misma utilizando un rugosímetro SJ-310 de Mitutoyo.



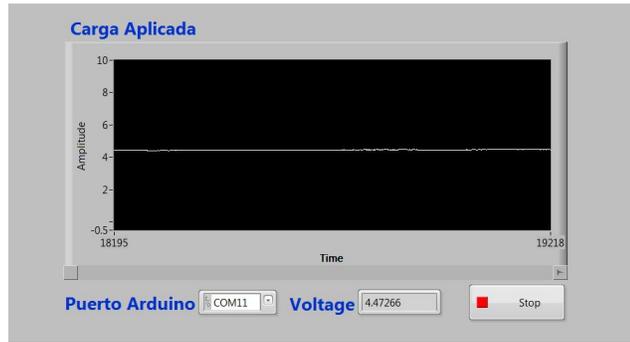
**Figura 1. Bosquejo del sistema experimental (a); prototipo físico del sistema (b); material granular utilizado para generar desgaste (c).**

En la Figura 1, se observa que el sistema experimental consiste en tres partes: un soporte que se sujeta al torno y donde se monta la probeta; una palanca de presión que mantiene una fuerza constante sobre el material granular, que a su vez genera carga sobre la probeta; finalmente, el cuerpo principal donde se alojan tanto la probeta como el material granular.

Para la determinación de la carga aplicada sobre el sistema se desarrolló un instrumento virtual, en la plataforma LabVIEW®, vinculado con una placa de programación comercial Arduino UNO R3. La carga se monitoreó usando un sensor de fuerza FSR 402 (Figura 2). Las cargas aplicadas en los experimentos fueron de 18, 43 y 51 Newtons sobre diferentes probetas.



a)



b)

Figura 2. Sistema de monitoreo de carga aplicada, (a) esquema de conexión; (b) instrumento virtual.

El desarrollo experimental consistió en hacer girar la probeta mediante el torno convencional, fijando la velocidad de giro (100 RPM). Simultáneamente, se monitoreó la carga aplicada por el sistema utilizando la plataforma generada en LabView®. Posteriormente, se midieron nuevamente las rugosidades de las probetas para determinar el grado de desgaste que sufrió el material. Los resultados obtenidos para diferentes cargas pueden observarse en la siguiente sección.

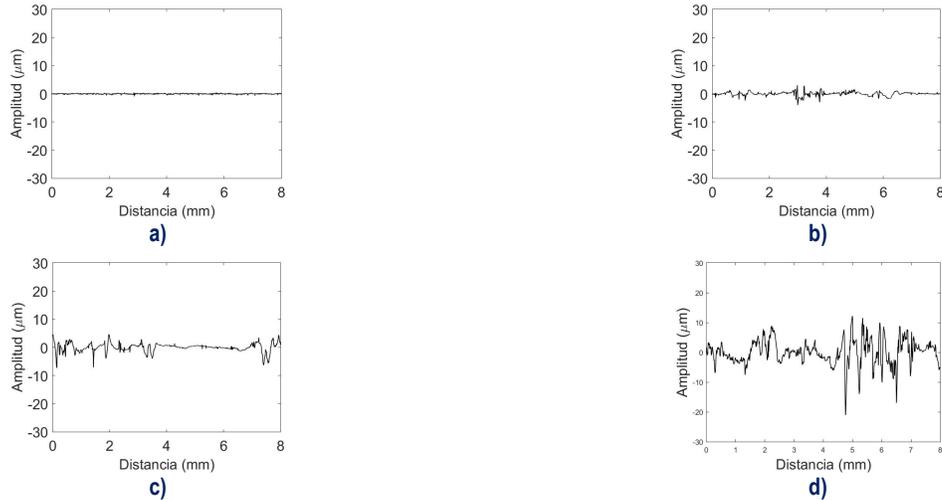
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo del trabajo, es la generación de un desgaste artificial sobre probetas metálicas implementando un sistema experimental diseñado y fabricado en las instalaciones de la División de Ingenierías. Esto con el propósito de desarrollar una plataforma didáctica que permita a los estudiantes de licenciatura visualizar el desgaste en superficies metálicas provocadas por un material granular.

Se obtuvieron diferentes resultados para 3 probetas, las cuales se sometieron a la experimentación planteada en la sección anterior. La Tabla 1 muestra las condiciones experimentales de velocidad de giro, tiempo de la prueba y carga aplicada para cada probeta.

Tabla 1: Parámetros experimentales			
Probeta	RPM	TIEMPO (min)	CARGA (N)
Referencia	0	0	0
1	100	1	18
2	100	1	43
3	100	1	51

Los resultados obtenidos para las diferentes condiciones experimentales se muestran en la Figura 3. La Figura 3a muestra el perfil de rugosidad obtenido para una probeta con acabado espejo que se tomó de referencia. Mientras que, las figuras 3b-d muestran los perfiles medidos posterior al desgaste generado aplicando las diferentes cargas: 18, 43 y 51 Newtons, respectivamente.



**Figura 3: Perfiles de rugosidad para las distintas probetas: (a) Probeta de referencia; (b) Probeta 1; (c) Probeta 2; (d) Probeta 3.**

De los resultados mostrados en la Figura 3 se puede determinar que el sistema experimental generado puede emular el fenómeno de desgaste por material granular sobre superficies metálicas. Teniendo que, existe una relación directa entre el desgaste generado y la carga aplicada sobre el sistema. A mayor carga se produce una mayor afectación de la superficie plana de las probetas por el material granular.

## CONCLUSIONES

Es factible concluir que se cumplió el objetivo del proyecto, debido a que se desarrolló un sistema experimental de bajo costo capaz de generar un desgaste artificial sobre superficies planas de materiales metálicos. Los resultados obtenidos son repetibles para las condiciones experimentales propuestas.

La metodología implementada tanto para la fabricación e implementación del sistema propuesto establece un buen antecedente para que los alumnos de licenciatura se familiaricen con el fenómeno de desgaste de materiales. El desarrollo de un mayor número de prototipos didácticos como este tendrá un impacto positivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los programas educativos de licenciatura que incorporen este fenómeno en sus unidades de aprendizaje.

Como trabajo futuro, se propone la caracterización del desgaste para diferentes condiciones experimentales de velocidad, carga y tiempo. Adicionalmente, se deben analizar probetas de otros tipos de materiales bajo este proceso e implementar diferentes materiales granulares para inducir el desgaste artificial sobre las mismas.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Antonio de Jesús Balvantín García por compartir ampliamente sus conocimientos y su servicio, igualmente a todos los doctores de la división de ingeniería mecánica de la UG. A la Universidad de Guanajuato y Universidad Santo Tomas por la oportunidad de participar en el Verano de Investigación Científica 2018. Finalmente, a mi familia y amigos que apoyaron para salir adelante con este gran proyecto.

## REFERENCIAS

- [1]. OBER, J. A. (2018). MINERAL COMMODITY SUMMARIES 2018. US GEOLOGICAL SURVEY.
- [2]. PÉREZ-OVIEDO, P., & TORRE-NIETO, J. GUÍA DE DISEÑO PARA CALCULAR EL DESGASTE ABRASIVO ENTRE COMPONENTES NO LUBRICADOS.
- [3]. RICHARDSON, R. C. D. (1968). THE WEAR OF METALS BY RELATIVELY SOFT ABRASIVES. *WEAR*, 11(4), 245-275.
- [4]. RICHARDSON, R. C. D. (1967). THE WEAR OF METALS BY HARD ABRASIVES. *WEAR*, 10(4), 291-309.
- [5]. HIBBELER, R. C. (2006). *MECÁNICA DE MATERIALES*. PEARSON EDUCACIÓN.
- [6]. MOORE, M. A., & KING, F. S. (1980). ABRASIVE WEAR OF BRITTLE SOLIDS. *WEAR*, 60(1), 123-140.
- [7]. CAMACHO, J., LEWIS, R., & DWYER-JOYCE, R. S. (2009). SOLID PARTICLE EROSION CAUSED BY RICE GRAINS. *WEAR*, 267(1-4), 223-232.
- [8]. MAIR, K., FRYE, K. M., & MARONE, C. (2002). INFLUENCE OF GRAIN CHARACTERISTICS ON THE FRICTION OF GRANULAR SHEAR ZONES. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: SOLID EARTH*, 107(B10), ECV-4.
- [9]. NIETO, L. A. P. (2017). PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES USANDO PRUEBAS ULTRASÓNICAS DE INMERSIÓN. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 3(2), 2433-2437.
- [10]. ROBSON, L. S. (2001). GUIDE TO EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF STRATEGIES FOR PREVENTING WORK INJURIES; HOW TO SHOW WHETHER A SAFETY INTERVENTION REALLY WORKS.
- [11]. MOLINA, P. J., MARTI, S., & PASTOR, O. (2002). PROTOTIPADO RÁPIDO DE INTERFACES DE USUARIO. IN PROCS. OF IDEAS, 78-90.