

Modelado de curva torque-ángulo para el análisis de confiabilidad de ensamblaje para tornillos M6

Sarahi Zuñiga Soto^{1*}, Iván Juan Carlos Pérez Olguín²

Resumen

El torque aplicado en tornillos es un parámetro crítico que determina la calidad y seguridad del ensamblaje, especialmente en sectores como automotriz y construcción. Una variabilidad en el torque puede comprometer la integridad del producto, generando fallas en sujeciones críticas. Este proyecto tiene como objetivo caracterizar el comportamiento de la curva torque-ángulo en tornillos M6 mediante análisis de datos, con el fin de definir una ventana de proceso óptima que garantice un apriete seguro y confiable. La metodología incluye la recopilación y validación de un conjunto de datos de mediciones, el cálculo de límites de ensamblaje recomendados y la aplicación de técnicas de regresión lineal y ajustes gaussianos en entornos de simulación como MATLAB. Se espera que el modelado proporcione métricas clave sobre la variabilidad del torque y permita establecer límites específicos (LSL y USL) para asegurar la robustez del ensamblaje. Los resultados facilitarán la extrapolación de criterios a otros tamaños de tornillo, contribuyendo a la estandarización y mejora de procesos industriales.

Palabras Clave

Curva torque ángulo – Tornillo M6 – Ventana de proceso – Torque hasta sujeción – Torque hasta fallo

^{1,2}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

*Autor de correspondencia: al259300@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Maestría en Ingeniería Industrial

Fecha de presentación

20 y 27 de noviembre de 2025

Financiamiento

SECIHTI (CVU 2158166)

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Eventos académicos

10.º Coloquio de Posgrados del IIT, 1.º Congreso Internacional de las Fronteras de las Ingenierías

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Norton, R. L. (2011). *Diseño de máquinas*. Naucalpan, Estado de México: Pearson.
2. Guggolz, D., Manoharan, S. K., & Friedrich, C. (2016). Avoiding of self-loosening in components with multiple screw joints. The American Society of Mechanical Engineering Congress and Exposition, 57366, 9.
3. Pérez-Olguín, I. J. C., Fernández-Gaxiola, C. C., Rodríguez-Picón, L. A., & Méndez-González, L. C. (2024). Characterization and dataset compilation of torque-angle curve behavior for M2/M3 screws. *MDPI*, 9(10), 37.

CITACIÓN: Zuñiga Soto, S., & Pérez Olguín, I.J.C. (2026). Modelado de curva torque-ángulo para el análisis de confiabilidad de ensamblaje para tornillos M6 [Fronteras de la Ingeniería y Transformación Tecnológica]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 5(1), 38-39.

Modelado de curva torque-ángulo para el análisis de confiabilidad de ensamblaje para tornillos M6

Alum. Sarahi Zuñiga Soto & Dr. Iván Juan Carlos Pérez Olguín

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura

Maestría en Ingeniería Industrial

Resumen

Los tornillos M6 se utilizan en la industria automotriz para aplicaciones donde la calidad del ensamblaje es crítica para la fiabilidad de las sujeciones. Por ello, este proyecto busca caracterizar el comportamiento de la curva torque-ángulo mediante el análisis de datos. El objetivo final es establecer una ventana de proceso óptima que garantice la calidad de la sujeción y asegure que la fiabilidad del ensamblaje no se vea comprometida.

Introducción

Cuando los elementos se cargan con un momento respecto a su eje longitudinal, se dice que están en torsión y, por consiguiente, el momento aplicado se llama torque. Esta situación es común en ejes de transmisión de potencia y en tornillos [1].

Los tornillos M6 son ampliamente utilizados en la industria automotriz, específicamente en procesos donde se requiere resistencia de media a alta, un ejemplo son en sujeción de componentes del motor o en el montaje de chasis y carrocería. Dado la importancia en su aplicación en ramas de la industria, es de vital importancia asegurar un ensamblaje adecuado para optimizar las propiedades de sujeción del tornillo M6 [2,3]. Un torque inexacto, ya sea insuficiente o excesivo, pueden generar problemas que comprometan la integridad del producto.

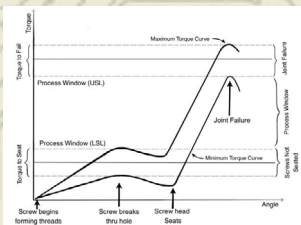


Figura 1. Caracterización de curva torque-ángulo [3]

Planteamiento del problema



El proyecto surge de la necesidad de definir y validar un límite operativo óptimo para el ensamblaje de tornillos M6. Diversos factores ambientales y variables de instalación generan variabilidad en la fuerza de aplicación, es por ello, que en este estudio se analizarán datos de torque-ángulo para caracterizar y minimizar esa incertidumbre.

Objetivo

General.- Caracterizar el comportamiento de la curva de torque-ángulo para tornillos M6 bajo condiciones de prueba de ensamblaje para definir una ventana de proceso óptima

Específico.- Analizar y validar el *dataset* de mediciones de torque tornillos M6 y establecer los métricos claves

Específico.- Calcular la ventana de proceso y los límites de ensamblaje recomendados, posterior evaluar la robustez del ensamble mediante el cálculo de *torque-to-fail*

Específico.- Emplear técnicas de regresión lineal y ajustes Gaussianos en el entorno de *MatLab* para modelar y simular el comportamiento del torque

Referencias

- [1] R. L. Norton, Diseño de maquinas, Naucalpan, Estado de México: Pearson, 2011
- [2] D. Guggolz, S. K. Manoharan y C. Friedrich, «Avoiding of self-loosening in components with multiple screw joints,» The American Society of Mechanical Engineering Congress and Exposition, vol. 57366, p. 9, 2016.
- [3] I. J. C. Pérez-Olguín, C. C. Fernández-Gaxiola, L. A. Rodríguez-Picón and L. C. Méndez-González, "Characterization and dataset compilation of torque-angle curve behavior for M2/M3 screws," MDPI, vol. 9, no. 10, p. 37, 2024.

Metodología

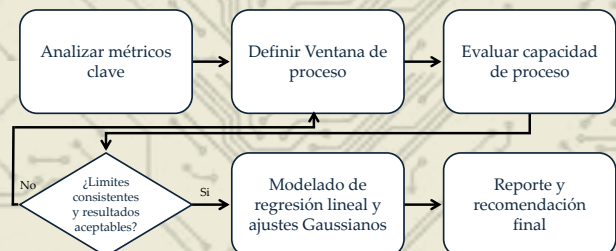


Figura 2. Metodología propuesta para seguimiento de proyecto.

Como parte de la estrategia del cálculo de la ventana de proceso, se utilizarán las siguientes formulas para la obtención del límite específico inferior (*low specification limit - LSL*) y el límite específico superior (*upper specification limit - USL*):

$$LSL = \bar{x}_{\text{Torque hasta sujeción}} + 3\sigma_{\text{Torque hasta sujeción}}$$
$$USL = \bar{x}_{\text{Torque hasta fallo}} - 3\sigma_{\text{Torque hasta fallo}}$$

Así como los límites recomendados de especificación de ensamblaje:

$$\text{Ensamble recomendado } LSL = \beta (\bar{x}_{\text{Torque hasta sujeción}} + 3\sigma_{\text{Torque hasta sujeción}})$$
$$\text{Ensamble recomendado } USL = \alpha (\bar{x}_{\text{Torque hasta fallo}} - 3\sigma_{\text{Torque hasta fallo}})$$

Donde α representa el nivel de proporción de seguridad y β indica el factor de unidad utilizado.

Resultados Esperados

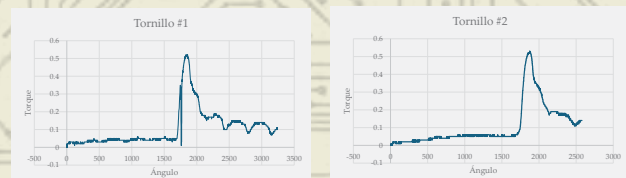


Figura 3. Gráficas de curva torque-ángulo

La metodología propuesta busca caracterizar el comportamiento y la distribución del torque aplicado en tornillos M6, con el fin de establecer la ventana de proceso óptima que asegure un apriete seguro y un ensamblaje confiable.

Mediante la aplicación de regresión y ajustes gaussianos, se obtendrán métricas de varianza, las cuales permitirán cuantificar la incertidumbre del torque en función del ángulo de rotación.

Conclusiones

Se espera que los resultados de este estudio, basados en el modelado de datos torque-ángulo, aporten información cuantitativa sobre la variabilidad del ensamblaje óptimo de tornillos M6 y que permitan extrapolar criterios y buenas prácticas a otros tipos y diámetros de tornillo.