

Diseño de gemelo digital de un mecanismo biela-manivela

Luis Eli Soto Arredondo^{1*}, David Luviano Cruz², Diana Yasiel Ortiz Muñoz³

Resumen

El proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un gemelo digital para un mecanismo biela-manivela, con el objetivo de mejorar la supervisión remota y la toma de decisiones en entornos industriales y académicos. Actualmente, la dependencia de la supervisión física limita la recopilación continua de datos y la validación precisa del rendimiento, lo que genera brechas en la optimización de procesos. El gemelo digital permitirá anticipar fallas, simular escenarios de desgaste y validar mejoras antes de la puesta en marcha, contribuyendo a la seguridad y eficiencia operativa. La propuesta incluye el desarrollo de un modelo CAD exportado a Simscape Multibody, la construcción de un prototipo físico y la implementación de comunicación en tiempo real mediante Arduino y MATLAB/Simulink, utilizando el protocolo TCP sobre red Wi-Fi. Este sistema permitirá visualizar simultáneamente variables cinemáticas como posición y velocidad angular, ofreciendo beneficios en diseño, mantenimiento y formación académica, preparando a los estudiantes para aplicar esta tecnología en la industria.

Palabras Clave

Gemelo digital – Mecanismo biela-manivela – Simulación en tiempo real – Arduino – MATLAB

^{1,2,3}Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México.

*Autor de correspondencia: al201018@alumnos.uacj.mx

Programa académico

Ingeniería en Mecatrónica

Fecha de presentación

27 de noviembre de 2025

Financiamiento

Sin financiamiento

Institución responsable del estudio

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Evento académico

1.º Congreso Internacional de las Fronteras de las Ingenierías

Conflicto de interés

Sin conflicto de interés declarado

Referencias

1. Groote, W. D., Kikken, E., Hostens, E., Van Hoecke, S., & Crevecoeur, G. (2022). Neural network augmented physics models for systems with partially unknown dynamics: Application to slider-crank mechanism. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 27, 103–114. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2021.3058536>
2. Segovia, M., & Garcia-Alfaro, J. (2022). Design, modeling and implementation of digital twins. *Sensors*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22145396>
3. Davies, O., Makkattil, A., Jiang, C., & Farsi, M. (2022). A digital twin design for maintenance optimization. *Procedia CIRP*, 109, 395–400. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.268>

CITACIÓN: Soto Arredondo, L.E., Luviano Cruz, D., & Ortiz Muñoz, D.Y. (2026). Diseño de gemelo digital de un mecanismo biela-manivela [Fronteras de la Ingeniería y Transformación Tecnológica]. *Memorias Científicas y Tecnológicas*, 5(1), 12-13.

DISEÑO DE GEMELO DIGITAL DE UN MECANISMO BIELA-MANIVELA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

CAMPUS CIUDAD UNIVERSITARIA

Luis Eli Soto Arredondo | Dr. David Luviano Cruz | Diana Yasiel Ortiz Muñoz |

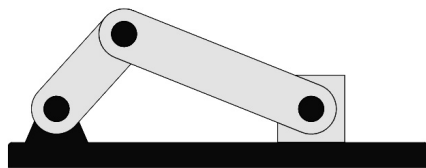


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En entornos industriales de manufactura y académicos aún depende de la supervisión física de los mecanismos para conocer su estado, lo que requiere personal adicional y dificulta la obtención continua de datos. Esta limitación provoca una brecha en la recopilación de información del comportamiento del mecanismo físico y su modelo digital. Como consecuencia, se dificulta la supervisión remota y la validez precisa de su rendimiento, lo que limita la capacidad en la toma de decisiones ante problemas de operación.

OBJETIVO

Diseñar gemelo digital de un mecanismo biela-manivela.



OBJETIVOS PARTICULARES

- Desarrollar el modelo cinemático del mecanismo biela-manivela de un grado de libertad.
- Diseñar el modelo mecánico del mecanismo de manera que respete el movimiento físico.
- Construir prototipo físico para la realización de pruebas y validar movimiento.
- Programar el sistema de adquisición de datos del microcontrolador para obtener los valores cinemáticos.
- Implementar un sistema de comunicación entre el microcontrolador, modelo mecánico, junto a su prototipo físico con la finalidad de obtener una sincronización en tiempo real.

JUSTIFICACIÓN

En el ámbito productivo, el gemelo digital brinda posibilidades en el diseño, mantenimiento y mejoras de sistemas, ya que se permite anticipar, simular situaciones de desgaste y validar mejoras para antes de que se pongan en marcha. Además, un gemelo digital donde se pueda visualizar el comportamiento del sistema a distancia genera una comodidad, evitando la supervisión física constante y puede proporcionar una seguridad extra al reducir una revisión a sistemas con difícil acceso o peligrosos, previniendo así posibles daños físicos. De igual manera, su implementación contribuye a mejorar las formas de enseñanza y formación de los estudiantes, logrando una preparación para que se logre aplicar esta herramienta en entornos industriales reales.

ALCANCES

- En este proyecto se desarrollará un modelo CAD del mecanismo biela-manivela, el cual será exportado a Simscape Multibody para la representación digital del mecanismo. Asimismo, se realizará el prototipo físico que servirá para validar el funcionamiento del gemelo digital.
- Se implementará una comunicación entre el mecanismo físico y su modelo digital mediante el uso de Arduino y MATLAB/Simulink, permitiendo la visualización de forma simultánea del movimiento del mecanismo en su representación digital. En este trabajo se realizará el monitoreo de la posición y la velocidad angular de la biela-manivela de 1 grado de libertad.

DELIMITACIONES

- Se realizará en un ambiente educativo debido a la accesibilidad de las licencias de programas educativos.
- El proyecto solo tendrá mediciones cinemáticas como posición angular y la velocidad angular.

- El mecanismo utilizará un motorreductor de 12 V, estableciendo como voltaje máximo debido a las especificaciones técnicas del fabricante.
- El envío de datos se realizará con una red local inalámbrica (Wi-Fi), mediante la implementación del protocolo TCP (Transmission Control Protocol), para obtener una comunicación de forma simultánea entre la parte física y la parte digital.

RESULTADOS ESPERADOS

Al término de este proyecto de titulación se espera tener una comunicación inalámbrica entre el mecanismo físico y su gemelo digital, implementando el protocolo de comunicación TCP, el cual sea el mediador para obtener una replica de movimiento en tiempo real en la que se pueda visualizar las variables cinemáticas de posición y velocidad angular.

REFERENCIAS

- W. D. Groote, E. Kikken, E. Hostens, S.V. Hoecke, and G. Crevecoeur, "Neural network augmented physics models for systems with partially un-known dynamics: Application to slider-crank mechanism," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 27, pp. 103–114, 1 Feb. 2022, issn:1941014X,doi:10.1109/TMECH.2021.3058536.
- M. Segovia and J. Garcia-Alfaro, "Design, modeling and implementation of digital twins," *Sensors*, vol. 22, 14 Jul. 2022, issn: 14248220, doi: 10.3390/s22145396.
- O. Davies, A. Makkattil, C. Jiang, and M. Farsi, "A digital twin design for maintenance optimization," in *Procedia CIRP*, vol. 109, Elsevier B.V.,