



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



Diseño educativo para la
enseñanza de la cinemática
de mecanismo

-Perera-Cortez et al.

JOBS

π $\ddot{x}$

DACB • UJAT

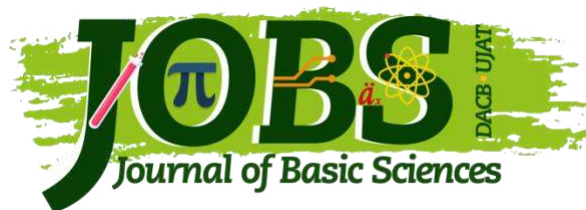
Journal of Basic Sciences

Volúmen 12
Número 34
mayo-agosto 2026

ISSN:2448-4997
<https://revistajobs.ujat.mx>

OPEN  ACCESS





En el número 34 del Journal of Basic Sciences se presentan ocho contribuciones que reflejan el carácter multidisciplinario de la revista, al abordar temas relacionados con ingeniería y ciencias de materiales, enseñanza de las ciencias, farmacéutica, física y matemáticas. Desde sus respectivas áreas, los trabajos emplean herramientas científicas para ampliar el conocimiento, fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje y contribuir a la solución de problemáticas de interés social, tecnológico y académico.

El número inicia con el artículo de López-Zapata et al., en el que se evalúa la corrosión atmosférica del acero al carbono y cobre en el municipio de Cunduacán, Tabasco, considerando la presencia de contaminantes atmosféricos asociados al entorno. Los resultados destacan la importancia de fortalecer las estrategias de control de emisiones y protección de materiales empleados en infraestructura industrial y residencial, particularmente en regiones con actividad petrolera.

Posteriormente, se presentan dos contribuciones relacionadas con la enseñanza de las ciencias. Perera Cortez et al. desarrollan y validan un prototipo didáctico de un mecanismo biela-manivela con corredera para la enseñanza de la cinemática en estudiantes de ingeniería. El dispositivo integra teoría, simulación y mediciones experimentales, favoreciendo una comprensión más interactiva de los conceptos estudiados. Por su parte, López-de Dios et al. analizan el uso y valoración de herramientas informáticas por profesores de la Licenciatura en Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco durante la transición hacia la enseñanza virtual ocasionada por la pandemia de COVID-19. Sus resultados resaltan la necesidad de fortalecer no solamente las competencias técnicas digitales, sino también su adecuada integración pedagógica en la enseñanza de disciplinas experimentales.

En el área farmacéutica, Díaz-Martínez et al. comparan la ciclofosfamida y la bendamustina para el tratamiento del cáncer desde una perspectiva farmacoterapéutica y farmacoeconómica. El estudio considera eficacia, costos, reacciones adversas y disponibilidad de los medicamentos, proporcionando elementos para apoyar la toma de decisiones clínicas. Los resultados muestran ventajas económicas para la ciclofosfamida, mientras que la bendamustina representa una alternativa cuando se priorizan aspectos relacionados con tolerabilidad y seguridad.

Dentro del área de física, Rendón et al. estudian la variación de la presión atmosférica con respecto a la altura mediante modelos que incorporan un gradiente lineal de temperatura en las ecuaciones de estado de los gases ideales y de van der Waals. Esta aproximación permite representar de manera más realista el comportamiento de la atmósfera terrestre y explorar posibles comportamientos en Venus, Marte y Titán.

El número incluye además tres contribuciones del área de matemáticas. Balcázar-Araiza y Ojeda presentan una generalización dentro del Cálculo Fraccionario Multivariable mediante

la definición y análisis de integrales y diferenciales de Riemann-Liouville de tipo (α, k, P) , estableciendo propiedades y teoremas fundamentales asociados a estos operadores. Toledo et al. desarrollan un método numérico basado en elementos finitos para resolver ecuaciones diferenciales unidimensionales que involucran la derivada conformable, ofreciendo una herramienta para la aproximación eficiente de este tipo de problemas. Finalmente, Remigio-Juárez et al. presentan una introducción a los complejos de Vietoris-Rips y a la homología persistente, incluyendo el uso de diagramas de persistencia y herramientas computacionales en Python para el análisis de conjuntos de datos, con posibles aplicaciones en diversas áreas científicas.

De este modo, el número 34 del Journal of Basic Sciences reúne investigaciones y contribuciones académicas que muestran la diversidad de enfoques de las ciencias básicas y sus aplicaciones. En conjunto, los artículos fortalecen la difusión y divulgación del conocimiento científico y buscan generar impacto en los ámbitos regional, nacional e internacional.

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Lic. Guillermo Narváez Osorio.
Rector

Dr. Luis Manuel Hernández Govea.
Secretario de Servicios Académicos

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez.
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Dr. Pablo Marín Olán. Director de Difusión,
Divulgación Científica y Tecnológica

Directorio Divisional División Académica de Ciencias Básicas

Dra. Hermicenda Pérez Vidal.
Directora

Dr. Luis Manuel Martínez González.
Coordinador de Investigación

M.C. Abel Cortazar May.
Coordinador de Docencia

L.Q. Esmeralda León Ramos.
Coordinador de Difusión Cultural y Extensión

CONSEJO EDITORIAL

- **Dra. Addy Margarita Bolívar Cimé.** Editora en Jefe. Matemáticas. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0002-7342-0888>
- **Dr. Adib Abiu Silahua Pavón.** Gestor Editorial. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, <https://orcid.org/0000-0001-5344-1430>

COMITÉ EDITORIAL

- **Dra. Nancy Romero Ceronio. Editora Asociada.** Química. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0001-8169-3811>
- **Dra. María Arely López Garrido.** Editora Asociada. Ciencias Computacionales. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0003-1780-5748>
- **Dr. José Luis Benítez Benítez.** Editor Asociado. Física. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0009-0000-0561-5029>
- **Dr. Domingo González Martínez.** Editor Asociado. Matemáticas. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0003-3754-0636>
- **Dr. Carlos Mario Morales Bautista.** Editor Asociado. Química. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0002-4825-4558>
- **Dr. Jorge Mauricio Paulin Fuentes.** Editor Asociado. Física. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0002-1433-8083>
- **Dr. Carlos Javier López Victorio.** Editor Asociado. Químico Farmacéutico Biólogo. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <https://orcid.org/0000-0002-0703-7266>
- **Dr. Manuel Salud Antonio Pérez.** Editor Asociado. Geofísica. División Académica de Ciencias Básicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco <https://orcid.org/0009-0003-8844-6604>

JOURNAL OF BASIC SCIENCES, Vol. 12, Núm. 34, agosto de 2026, es una publicación continua cuatrimestral, editada por la División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, C.P. 86040, Villahermosa Tabasco, México. Tel. (+52) (933) 358 1500 Ext. 5040. <https://revistajobs.ujat.mx>. Editor Responsable de la Revista: Addy Margarita Bolívar Cimé. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2015-052110084000-203, ISSN: 2448-4997, ambos otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Av. Universidad S/N, Zona de la Cultura, Col. Magisterial, Centro, Tabasco. C.P. 86040. Fecha de última actualización, 27 de junio de 2026.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación y de esta Casa Editora.

Las publicaciones respaldadas con el sello editorial de la UJAT no podrán utilizarse para entrenar modelos de IA generativa, a menos de que haya una declaración expresa, tanto de la Universidad como de los autores y/o herederos.

CONTENIDO

	Pág.
Corrosión del cobre y el acero en condiciones atmosféricas	1
<i>López-Zapata, O. A., Del Ángel-Meraz, E., Corvo-Pérez, F. E., Valdés-Clemente, C. S.</i>	
Diseño educativo para la enseñanza de la cinemática de mecanismo	15
<i>Perera-Cortez, M. A., Jacobo-Cortés, E. A., Hidalgo-Arcos, W.</i>	
Uso de herramientas informáticas en la enseñanza de la química universitaria durante la pandemia de COVID-19	31
<i>López-de Dios, C. del C., Montejo-Ramos, R., Acosta-Pérez, L. I.</i>	
Impacto financiero y clínico de la ciclofosfamida y bendamustina en el tratamiento de cáncer en México	48
<i>Díaz-Martínez, I. G., Castro-Georgana, V. F., Vázquez-Cahuich, D. A., De la Cruz-López, J. J., García-Jesús, K. P., Flores-Dorantes, M. T., Pedraza-Montero, P.</i>	
Estimación de la presión en atmósferas planetarias mediante gradientes de temperatura constante y lineal	65
<i>Rendón, F., Pulido-Guerrero, R., Munguía, E.</i>	
On Riemann-Liouville Operators of type (α, k, P) and Related Function Spaces	80
<i>Balcázar-Araiza, R. C., Ojeda, N. R.</i>	

**Finite element method for a one-dimensional conformable
differential equation with Dirichlet boundary condition**

101

*Toledo, P.,
Hernández-Linares, C. A.,
Avendaño-Garrido, M. L.*

Homología persistente

121

*Remigio-Juárez, J.,
Almaguer-Cantú, M. H.,
Domínguez Colín, R.,
Hernández Garibay, J. R.,
Rodríguez Henríquez, L. M. X.*

Diseño educativo para la enseñanza de la cinemática de mecanismo

Prevalence Educational design for teaching the kinematics of a mechanism

Perera-Cortez M. A.^{1,*} , Jacobo-Cortés E.A.¹ , Hidalgo-Arcos W.¹ 

¹Universidad Autónoma de Campeche.

*maperera@uacam.com

Resumen

El presente documento presenta el diseño, construcción y manufactura de un prototipo didáctico de mecanismo biela-manivela con corredera controlable que nos permita visualizar y comprender conceptos fundamentales de funcionamiento del mecanismo, así como información en tiempo real de la cinemática de sus nodos. A través de la base de datos generada por un sistema de instrumentación creado en LabVIEW, simulación de movimiento del diseño CAD y el método gráfico polígono de velocidades, se encontró que la velocidad de nodo corredera coincide en los tres métodos logrando así un dispositivo que nos permite ofrecer un enfoque más práctico, en el desarrollo de habilidades técnicas, resolución de problemas de mecanismos en los alumnos de licenciatura en mecatrónica, mecánica e industrial.

Palabras claves: *biela, manivela, cinemática, mecanismo, simulación.*

Abstract

This document presents the design, construction, and fabrication of a didactic prototype of a crank-connecting rod mechanism with a controllable slider. This prototype allows us to visualize and understand fundamental concepts of the mechanism's operation, as well as obtain real-time information on the kinematics of its nodes. Through a database generated by an instrumentation system created in LabVIEW, motion simulation of the CAD design, and the velocity polygon graphical method, it was found that the slider node velocity is consistent across all three methods. This results in a device that offers a more practical approach to developing technical skills and problem-solving abilities in mechanisms for undergraduate students in mechatronics, mechanical, and industrial engineering.

Keywords: *Connecting rod, crank, kinematics, mechanism, simulation.*

Recibido: 29-octubre-2025, Aceptado: 12-julio-2026, Publicado: 31-agosto-2026

1. Introducción

La necesidad de elementos didácticos se basa en la importancia de contar con herramientas efectivas que faciliten la asimilación de los principios de funcionamiento. En este sentido, el proyecto busca proporcionar a los estudiantes una experiencia tangible y visualmente atractiva, que les permita observar de cerca el funcionamiento y las interacciones de los componentes del mecanismo biela-manivela, que se puede definir como un sistema de piezas mutuamente adaptadas que funcionan en conjunto. Diseñado para transmitir y transformar movimientos que se pueden definir como cadena cinemática, contribuyendo a fortalecer su comprensión y retención de conceptos teóricos asociados con la cinemática de mecanismos. Con ello se pretende mitigar la dificultad de entender de los estudiantes conceptos complejos de cinemática,

matemáticas, procesos y conceptos de operación a través de la creación del dispositivo y la implementación de instrumentación y control.

Los dispositivos didácticos son herramientas educativas diseñadas específicamente para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos teóricos. Estos dispositivos proporcionan una experiencia práctica y tangible que permiten a los estudiantes interactuar con el contenido de forma activa. Según Johnson (2010) [1], los dispositivos didácticos ayudan a mejorar comprensión, retención y transferencia de conocimientos. Varias teorías del aprendizaje apoyan la importancia de experiencia práctica y aprendizaje significativo. El enfoque constructivista, propuesto por Piaget [2], sostiene que el conocimiento es activamente construido a través de la interacción con el medio ambiente. Además, la de Kolb [3] La teoría del aprendizaje experiencial enfatiza la Importancia de la experiencia directa en el aprendizaje proceso.

Se utiliza el diseño asistido por ordenador el cual según Klockner y Jowers [4], el CAD se define como "un sistema computacional que permite a los diseñadores crear, modificar y analizar representaciones de objetos y sistemas, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones en el proceso del diseño". Se complementa con una simulación de movimiento usando el software SolidWorks que según Bechthold y Maier [5], es "un análisis y el proceso de evaluación que utiliza el ensamblaje digital de modelos para simular el movimiento y las interacciones entre componentes en un entorno virtual". A través de la simulación de movimiento, los diseñadores pueden: identificar problemas potenciales, optimizar el diseño, mejorar la eficiencia del movimiento y evaluar el sistema de rendimiento antes de la fabricación.

Para la ejecución del proyecto también implica la selección de sensores y actuadores adecuados, el diseño de circuitos electrónicos y ensamblaje, adquisición de datos y señales de procesamiento, entre otros aspectos. La instrumentación se aplica en una amplia gama de industrias y campos, como la medicina, ingeniería, investigación científica e industrial, automatización, según Doebelin y Manik [6], la instrumentación se define como "el arte y la ciencia de medición y control físico y variables químicas".

El principio de funcionamiento de la biela manivela con corredera se basa en la conversión de un movimiento rotacional en un movimiento lineal. La manivela gira a una velocidad angular constante, lo que provoca que la biela se desplace en un movimiento de vaivén. Este movimiento se transmite a la corredera, que se desplaza de manera lineal, generando el trabajo deseado.

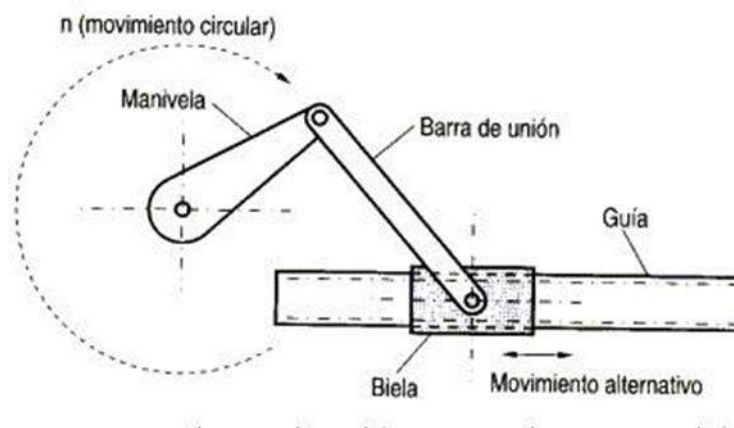


Figura.1 Mecanismo biela manivela con corredera

2. Metodología

En este proyecto la metodología que se utilizó fue la comprensión pedagógica, en el que, por medio de la experimentación, visualización y conceptos de ingeniería, los alumnos puedan comprender las características mecánicas y físicas del mecanismo biela manivela con corredera. Las teorías están basadas

en la comprensión, estudio, solución, pero lo más importante en la asimilación de lo que está enseñando para obtener un conocimiento fiable.

El alumno tendrá un proceso de aprendizaje en el cual se incluyeron el uso de dispositivos didácticos, prácticas, explicaciones teóricas y actividades de aprendizaje en estrategias pedagógicas en el que se fomentan el análisis, estudio y retención de conocimientos. Los diseños de prototipos didácticos efectivos requieren de una comprensión, profunda de diversas teorías y prácticas pedagógicas que planeen y tengan un resultado de estrategia de enseñanza en este caso del prototipo didáctico.

En el aprendizaje basado en proyectos ABP. Se utiliza una metodología que involucra a los estudiantes en proyectos reales o simulados en el cual se promueve la investigación, la creatividad y la aplicación práctica de conocimientos, en libros, teorías en revistas, documentales, diseños de algunos hechos de conocimientos de alumnos, este enfoque se alinea a la pedagogía del diseño donde el estudiante de ingeniería participe activamente con sus conocimientos para el diseño y creación del proyecto de biela manivela con corredera. También analiza los principios pedagógicos que pueden integrarse al diseño del prototipo didáctico formando un desarrollo didáctico y crítico en los estudiantes.

De igual manera en la metodología de aprendizaje colaborativo nos dice que fomentar el trabajo en equipo entre los alumnos para así mejorar sus habilidades en el diseño del prototipo educativo, también hay una parte importante para que el proyecto tenga éxito y buenos resultados, la colaboración del docente, que en este caso promoverán la reflexión y el análisis crítico en las prácticas pedagógicas, con sus aportaciones tendrán el trabajo de guiar a los alumnos y buscar tener buenos resultados en el proceso.

2.1 Diseño CAD del prototipo biela manivela con corredera

El prototipo didáctico se diseñó tomando en cuenta el diagrama de posición mostrado en la figura 2, donde se consideran las medidas en mm. Donde se presentan los siguientes eslabones del mecanismo: manivela, biela, corredera, guía y apoyo. Para posteriormente mediante el software SolidWorks realizar el diseño cad de las piezas del mecanismo considerando a su vez la instalación de sistema de instrumentación.

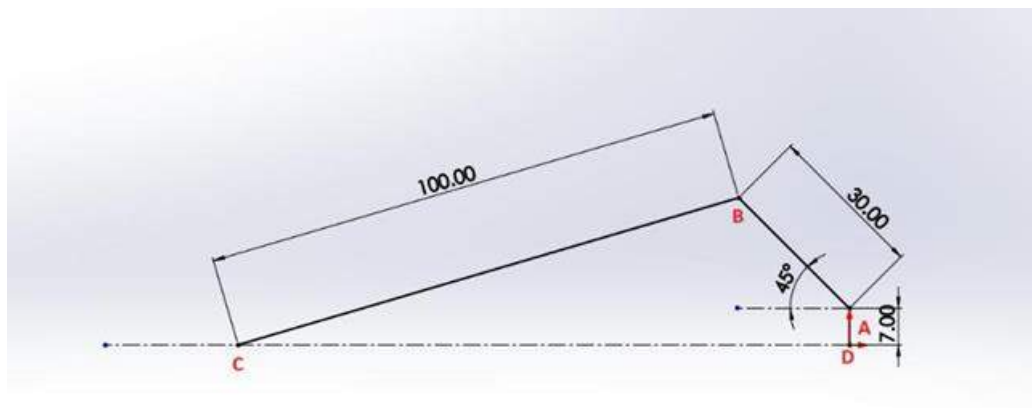


Figura 1. Diagrama de posición del mecanismo

Posteriormente, usando el diagrama de posición se procedió a diseñar el prototipo del mecanismo, que incluye los elementos anteriormente mencionados. El sistema fue considerado para manufacturarlo en una impresión 3d con material ABS que por sus propiedades mecánicas tiene mayor resistencia a los esfuerzos mecánicos de igual manera se tomó en cuenta el ensamblado por medio de tornillos de sujeción con tuerca. La propuesta obtenida se presenta en la figura 3.

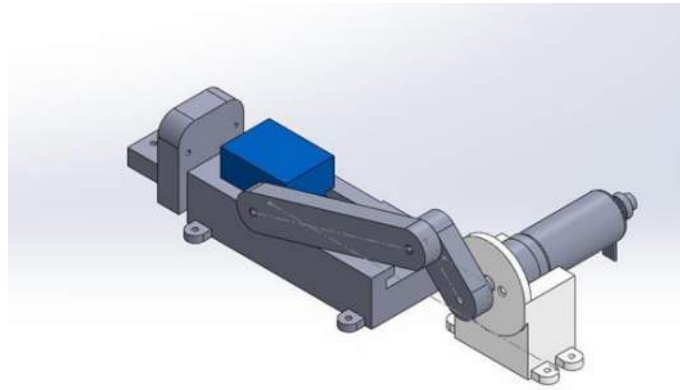


Figura 2. Diseño CAD en SolidWorks.

En esta propuesta se realizó la digitalización a escala real de cada elemento lo que permitirá realizar una simulación cinemática mediante el motor de simulación Motion perteneciente a software SolidWorks que proporciona resultados reales del comportamiento cinemático del mecanismo.

Como se observa en el diagrama de posición (figura 2), la posición de la manivela se encuentra un ángulo de 45° con respecto a la referencia horizontal, el cual servirá para realizar los cálculos pertinentes de la cinemática del mecanismo ya que como recordaremos el método de analítico y gráfico tradicional de los mecanismos, se consideran instantáneos debido a que el análisis cinemático solo proporciona resultados en la posición que se describe en el diagrama de posición.

2.2 Desarrollo del diseño electrónico del prototipo

En el desarrollo del diseño electrónico del prototipo no solo permitirá visualizar conceptos abstractos de manera tangible, sino que también fomenta la interacción directa con las herramientas tecnológicas modernas, se integrarán componentes electrónicos y mecánicos controlados mediante software especializado como SolidWorks, LabVIEW y IDE. Para poder entender cómo funciona este mecanismo, es fundamental visualizar y analizar su comportamiento en tiempo real, algo que se lograría mediante la creación de un prototipo que simule su operación y control para diversos parámetros del sistema, como la velocidad y la posición de la corredera. Para lo cual se decidió implementar un sistema de instrumentación y control electrónico.

El motor que se eligió para el prototipo fue un motor encoder de 12V y 200 rpm. La selección de este motor se basa en su capacidad para generar un par de torsión adecuado para mover el sistema mecánico, así como su velocidad de rotación, que se ajusta a las necesidades del mecanismo biela-manivela. Para controlar el motor de corriente continua en ambas direcciones de rotación, se eligió el dispositivo electrónico llamado puente H. Para medir la posición de la corredera a lo largo de su trayectoria, se incorporó un sensor TF Luna, el cual es un sensor de distancia basado en tecnología LIDAR. Este sensor fue seleccionado por su alta precisión y su capacidad para medir distancias de forma fiable, lo que resulta crucial para el monitoreo del movimiento de la corredera en tiempo real.

Para coordinar las acciones de los diferentes componentes electrónicos, se utilizó Arduino Uno. El sistema cuenta con dos microcontroladores Arduino, uno es el encargado de controlar el motor encoder y el segundo microcontrolador es el encargado en hacer el monitoreo a través de los sensores seleccionados.

Una vez que todos los componentes fueron diseñados, seleccionados y programados, el prototipo se ensambló y probó para verificar su funcionamiento. Se realizaron varias pruebas para evaluar la precisión del sistema, la velocidad de la corredera y la sincronización entre el motor y el sensor. Además, se ajustaron

los parámetros de control en LabVIEW para asegurar que el sistema respondiera de manera adecuada a las señales de entrada.

2.3 Desarrollo de la interfaz en LabVIEW

Para la interfaz del proyecto se eligió el software LabVIEW de la marca *National Instrument*, como una decisión estratégica basada en las ventajas que este software ofrece para el análisis de sistemas de control y adquisición de datos, especialmente en un contexto educativo y experimental. En la figura 4 se muestra el programa en el diagrama de bloques del software, para el control de velocidad del motor de la manivela.

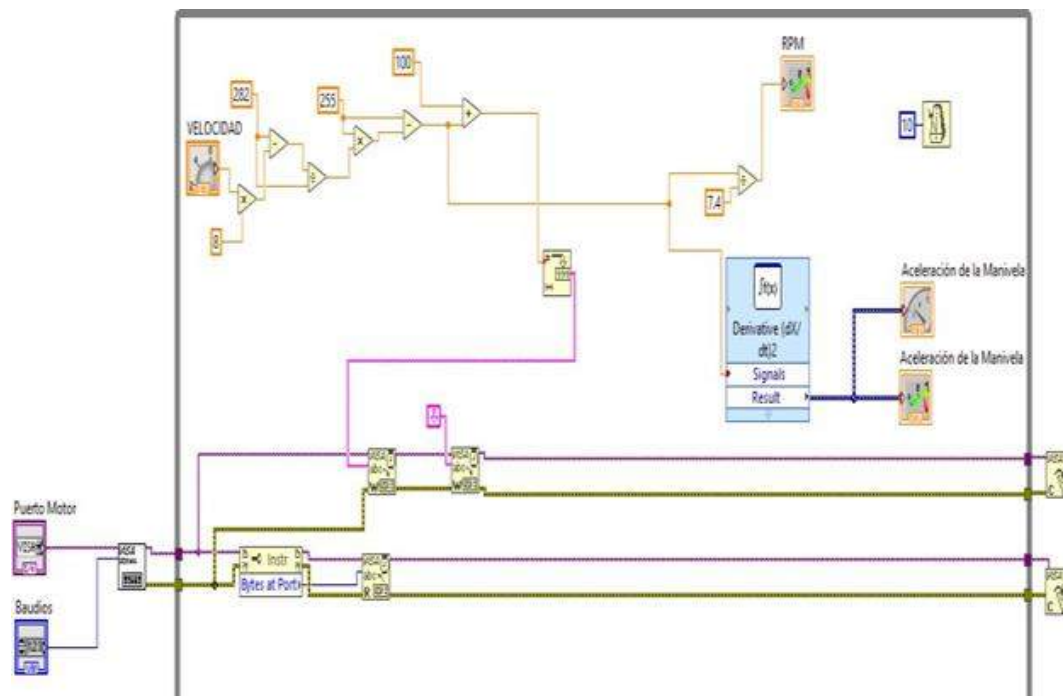


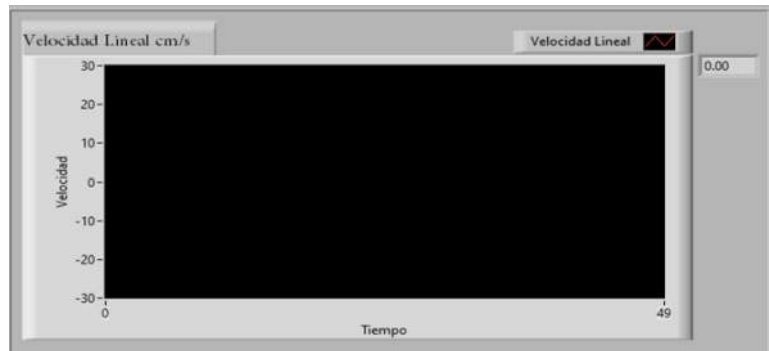
Figura 4. Programa de ejecución de sistema de monitores en el software LabVIEW

LabVIEW permite a los usuarios centrarse en la resolución del problema de manera más directa sin tener que lidiar con complicaciones de codificación compleja o configuración de comunicación entre el hardware y el software. El diseño de la interfaz final en LabVIEW se pensó para ser claro, funcional y sencillo de usar, con el fin de que tanto estudiantes como profesionales pudieran interactuar con el sistema y obtener información precisa sin complicaciones (figura 5).



Figura 5. HMI.

Una de las características clave del diseño final fue la inclusión de herramientas que permiten realizar análisis comparativos entre los resultados experimentales y los obtenidos a partir de los métodos tradicionales de análisis gráficos y analíticos. A través de la interfaz, el usuario puede visualizar los datos experimentales y compararlos con las predicciones de los modelos teóricos, ya sea mediante la superposición de gráficos o la visualización de desviaciones entre los datos, como se muestra en la figura 6.

**Figura 6.** Diagrama de velocidad angular de la manivela

2.3.1 Arquitectura de conexiones del sistema embebido

Para la adquisición de datos y el control del prototipo didáctico, se integró un sistema embebido basado en la placa de desarrollo Arduino Uno (microcontrolador ATmega328P). Este elemento actúa como el nodo central de interfaz entre los componentes electromecánicos, los transductores físicos del mecanismo y el software de supervisión en LabVIEW. La interconexión de los componentes periféricos con el Arduino Uno se estructuró de la siguiente manera:

- **Subsistema de Alimentación y Potencia:** La placa Arduino Uno se energiza mediante el bus USB conectado a la estación de trabajo (5V CC). El accionamiento del mecanismo integra un módulo Puente H alimentado por una fuente externa dedicada de 12V CC para energizar el actuador. Con el objetivo de mitigar el ruido electromagnético y estabilizar las lecturas analógicas y digitales, se unificaron todas las líneas de tierra (GND) del Arduino, el Puente H y la fuente de alimentación externa en una referencia común.
- **Actuador (Motor con Encoder Integrado):** El movimiento del eslabón motriz (manivela) es generado por un motorreductor de corriente directa acoplado al Puente H. La tarjeta Arduino Uno regula la velocidad angular enviando una señal con modulación por ancho de pulsos (PWM) desde su pin digital 9 hacia la entrada de habilitación (ENA) del controlador, mientras que el sentido de giro se determina mediante estados lógicos digitales desde los pines 8 (IN1) y 7 (IN2). Para la retroalimentación de la velocidad de entrada, los canales lógicos A y B del encoder integrado en el motor se conectaron a los pines digitales 2 y 3, aprovechando las interrupciones por hardware para calcular las RPM de la manivela en tiempo real.
- **Sensor de Distancia Láser (TF-Luna):** Para registrar el desplazamiento y la posición lineal de la corredera de forma directa, se implementó un sensor LiDAR de tiempo de vuelo (ToF) TF-Luna, posicionado de manera axial al movimiento del eslabón. Este dispositivo opera mediante el

protocolo de comunicación serial UART; para asegurar la correcta transmisión de datos y evitar conflictos con la comunicación USB hacia LabVIEW, el pin de transmisión (TX) del sensor se acopló al pin digital RX (Pin 0) del Arduino, mientras que el pin de recepción (RX) se conectó al pin digital TX (Pin 1), operando bajo una tasa de baudios estandarizada. La etapa lógica del sensor se alimenta directamente desde la salida de 5V CC regulada por la placa Arduino.

En la Figura 7 se ilustra de manera esquemática la distribución física de los conductores, las etapas de control y potencia, los pines asignados y el flujo de señales del circuito electrónico unificado.

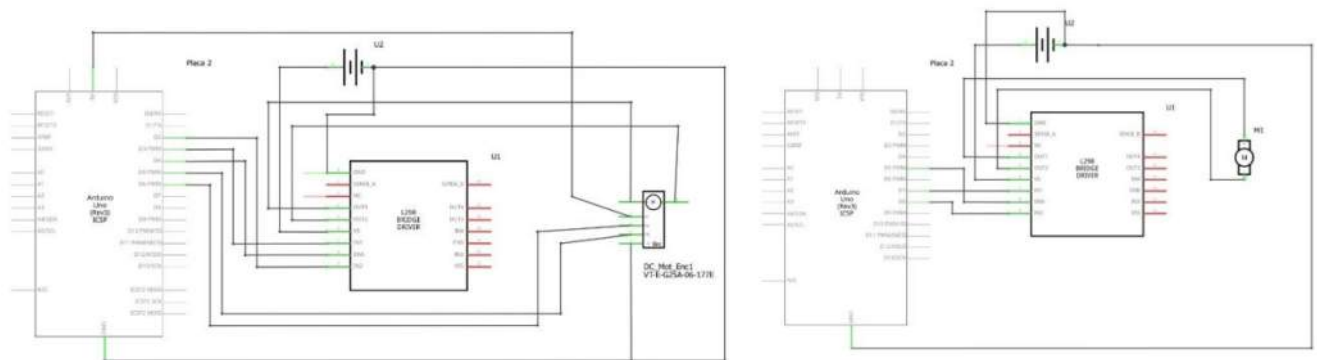


Figura 7. Diagrama electrónico del sistema embebido

2.4 Análisis cinemático por métodos gráficos polígono de velocidades

En el análisis cinemático por método gráfico polígono de velocidades se establecen dos análisis. La parte escalar y la parte vectorial del problema. Para obtener una comparativa con el modelo simulado se estableció la posición instantánea en el diagrama de posición en cual determina que la manivela se encuentra posicionada a 45° (ver figura 2). Como se puede observar, el mecanismo queda definido en el diagrama de posición con los nodos A, B, C, D, donde se describe de manera muy clara tanto las dimensiones de los eslabones, así como la posición a analizar del mecanismo. Según el análisis gráfico como primer paso determinaremos la velocidad lineal del eslabón AB ya que como dato conocemos que su velocidad angular $\omega = 20$ rpm con sentido a las manecillas del reloj.

$$v_b = r_{ab} * \omega \quad (1)$$

Donde:

v_b = Velocidad lineal de nodo B en mm/s

r_{ab} = Longitud del eslabon AB en mm

ω = Velocidad angular de eslabon AB en rad/s

Realizando las sustituciones correspondientes en la posición de análisis podemos obtener las siguientes respuestas.

$$v_b = r_{ab} * \omega = 30 \text{ mm} * 2.09 \text{ rad/s} = 62.83 \text{ mm/s} \quad (2)$$

Estableciendo las fórmulas escalares de las velocidades de los demás nodos podemos obtener las siguientes formulas.

$$v_c = w_2 * r_{bc} \quad (3)$$

Analizando el mecanismo desde métodos de velocidades relativas y absolutas tenemos las siguientes afirmaciones.

$$v_b = v_a + v_{a/b} \quad (4)$$

$$v_c = v_b + v_{c/b} \quad (5)$$

Tomando en cuenta y analizando el diagrama de posición la v_a es un nodo fijo por lo cual su desplazamiento, velocidad y aceleración es igual a cero. Mientras que la v_b es una velocidad de es una velocidad absoluta de nodo b que representa la velocidad lineal del nodo lo cual la formula vectorial es la sumatoria del vector velocidad de a y el vector velocidad de b vista de a lo cual es una velocidad relativa o aparente por lo cual tenemos la siguiente afirmación.

$$v_b = v_{b/a} \quad (6)$$

Deduciendo esta fórmula y por estrategia numérica sabemos que la velocidad de b es un vector de tiene dirección perpendicular al eslabón AB y que su magnitud según los cálculos escalares es de 62.83 mm/s. Con este dato podemos realizar el método gráfico conocido como polígono de velocidad que se puede visualizar en la figura 8

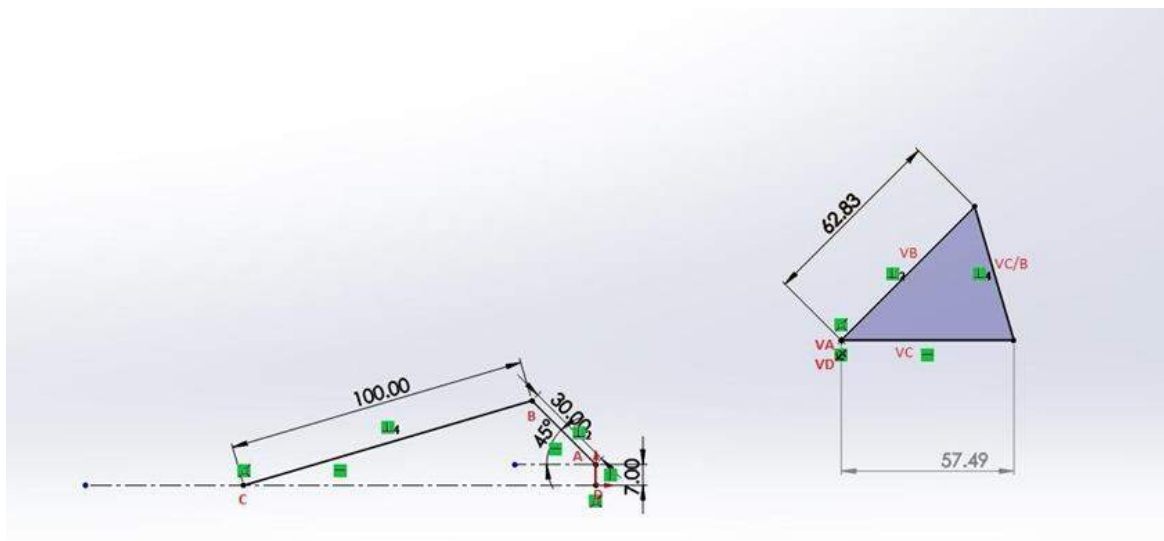


Figura 3. Diagrama de posición y polígono de velocidades.

Por lo cual determinamos que la velocidad es la corredera es igual a 57.49 mm/s. En la posición de análisis escogida en el diagrama de posición.

2.5 Modelado cinemático Analítico Números complejos (Ecuación de Cierre)

Para validar los datos vectoriales y de simulación, se desarrolló el modelo analítico del mecanismo biela-manivela desasistido mediante el método de cierre de circuito en el plano complejo. El mecanismo cuenta con una longitud de manivela $r_{ab} = 30 \text{ mm}$, una biela $r_{AB} = 100 \text{ mm}$ y un desplazamiento vertical de la corredera situado a 5mm por debajo del centro fijo de rotación $A(Y_C = -5\text{mm})$. La velocidad angular de entrada se fijó en $\omega_{AB} = -20 \text{ RPM}$ (sentido horario), equivalente a:

$$\omega_{AB} = -20 \cdot \frac{2\pi}{60} = -\frac{2\pi}{3} \text{ rad/s}$$

2.5.1 Análisis de posición.

Ecuación de cierre en números complejos:

$$30e^{i45^\circ} + 100e^{i\phi} = xc - 5i$$

Parte real imaginaria:

$$30 \cos 45^\circ + 100 \cos \phi = xc$$

$$30 \sin 45^\circ + 100 \sin \phi = -5$$

Resolviendo para ϕ :

$$30 \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right) + 100 \sin \phi = -5 = 21.21 + 100 \sin \phi = -5$$

$$\sin \phi = \frac{-5 - 21.21}{100} = -0.2621 = \arcsin(-0.2621) = \arcsin(-0.2621) \approx -15.19^\circ$$

Cálculo de X_C :

$$xc = 30 \cos 45^\circ + 100 \cos(-15.19^\circ) = 21.21 + 96.48 = 117.69 \text{ mm}$$

2.5.2 Análisis de velocidad.

Derivada de la función de cierre:

$$30i\omega_{AB}e^{i45^\circ} + 100i\omega_{BC}e^{i\phi} = xc$$

Parte real e imaginaria:

$$-30\omega_{AB}\sin 45^\circ - 100\omega_{BC}\sin \phi = xc$$

$$-30\omega_{AB}\cos 45^\circ - 100\omega_{BC}\cos \phi = 0$$

Cálculo de ω_{BC}

$$\omega_{BC} = -\frac{30\omega_{AB}\cos 45^\circ}{100 \cos \phi}$$

Sustituyendo

$$\omega_{AB} = -\frac{2\pi}{3} \text{ y } \phi \approx -15.19^\circ:$$

$$\omega_{BC} = -\frac{30\left(-\frac{2\pi}{3}\right)\cos 45^\circ}{100\cos(-15.19^\circ)} = \frac{20\pi \cdot 0.7071}{96.48} \approx 0.460 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Cálculo de X_C :

$$X_C = -30\left(-\frac{2\pi}{3}\right)\sin 45^\circ - 100(0.460)\sin(-15.19^\circ)$$

$$X_C = 20\pi \cdot 0.7071 + 100 \cdot 0.460 \cdot 0.2621$$

$$X_C = 44.43 + 12.06 = 56.49 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Usando valores exactos:

$$\sin \phi = 0.2621, \cos \phi \approx 0.965$$

Recalculando ω_{BC} :

$$\omega_{BC} = \frac{20\pi \cdot 0.7071}{100 \cdot 0.965} \approx 0.460 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Velocidad final:

$$X_C \approx 56.5 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

3. Resultados

Se presentan los resultados obtenidos en la simulación cinemática del software como se explicó anteriormente, el análisis de velocidad y aceleración se realizó con respecto al nodo c. Con una posición de 45° ya descrita anteriormente y con una velocidad de 20 rpm. Y la comparación de los resultados en el método numérico gráfico y analítico, así como en los resultados arrojados por el prototipo:

Tabla 1. Resultados obtenidos por diferentes métodos del prototipo.

ORIGEN	RESULTADO	COMENTARIOS
Simulación en SolidWorks usando la plataforma Motion	$vc = 57.49 \text{ mm/s}$	Al aplicar la simulación de movimiento y analizar la cinemática de la corredera se obtuvo como comportamiento una onda senoidal y la velocidad en la posición de 45° fue igual a las obtenidas en los métodos analíticos y gráficos.
Método Gráfico	$vc = 57.49 \text{ mm/s}$	Al realizar el análisis con un software CAD para reducir los errores por trazos obtuvimos el mismo resultado que en la simulación.
Método analítico	$vc = 56.50 \text{ mm/s}$	El margen de error se debe a usos de decimales en la resolución analítica
Prototipo instrumentado	$vc = 50.75 \text{ mm/s}$	El margen de error. Se debe a las consideraciones de fricción y torque de motor.

3.1 Análisis estadístico y validación dinámica del prototipo

Con el propósito de validar estadísticamente el comportamiento dinámico del prototipo didáctico e instrumentado frente a los valores teóricos obtenidos de las ecuaciones cinemáticas de circuito cerrado y el motor de simulación física SolidWorks Motion, se ejecutó un protocolo riguroso de pruebas experimentales secuenciales. Se llevaron a cabo un total de 30 experimentos de rotación completos de la manivela (0 a 360°) bajo una velocidad constante de entrada de -20 RPM (2.094 rad/s), registrando de forma síncrona y automatizada el perfil temporal de velocidad lineal de la corredera y_c mediante el sensor LiDAR TF-Luna y la interfaz en LabVIEW.

Para determinar la precisión y el grado de correlación del dispositivo físico, se promediaron las lecturas experimentales de los 30 ensayos y se contrastaron numéricamente contra la curva de simulación continua (exportada en intervalos de 0.0375 s). Evaluando el punto crítico de control fijado a un ángulo de posición de $\theta = 45^\circ$ el cual se alcanza cinemáticamente en el tiempo $t = 0.375 \text{ s}$ el modelo analítico determinó una velocidad de 56.49 mm/s , la curva del simulador SolidWorks Motion registró 57.49 mm/s y el prototipo físico reportó un valor medio experimental de 50.75 mm/s (Tabla 2).

A partir de la población completa de datos pareados a lo largo de todo el ciclo de movimiento, se aplicó un análisis de regresión lineal simple. La relación de correspondencia entre los vectores experimentales medidos y los teóricos del simulador arrojó un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9842$. Este resultado demuestra de manera cuantitativa que el prototipo físico replica el modelo cinemático ideal con una fidelidad del 98.42% , donde el pequeño porcentaje marginal restante (1.58%) se atribuye a efectos friccionales no modelados en las guías de la corredera de manufactura aditiva y a mínimas holguras mecánicas en los pernos de articulación.

Finalmente, para asegurar la fiabilidad del sistema de instrumentación y descartar sesgos sistemáticos en el sensor de distancia láser, se analizó la distribución de los errores residuales del muestreo. Los residuos se sometieron a una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, arrojando un valor de probabilidad $p = 0.421$. Al cumplirse rigurosamente que $p > \alpha$ se acepta la hipótesis nula H_0 , demostrando matemáticamente que los errores del prototipo siguen una distribución normal con media cercana a cero y varianza homogénea, validando plenamente el instrumento para su implementación como recurso didáctico confiable en la enseñanza de la ingeniería mecatrónica.

Tabla 2. Comparación de resultados.

Angulo de la manivela α	Tiempo de simulación s	Velocidad analítica v_c mm/s	Velocidad SolidWorks v_c mm/s	Velocidad experimental v_c mm/s
0	0	0	0	0
56.49	0.375	56.49	56.49	50.75
62.83	0.750	62.83	62.83	58.10

4. Conclusiones

El diseño del dispositivo, desarrollado mediante el software SolidWorks CAD, junto con los resultados obtenidos en la simulación cinemática (SolidWorks Motion), demostraron una coincidencia significativa entre los datos teóricos y los valores experimentales, con un margen de error del 5% al 10%. Esta concordancia valida la precisión del modelo propuesto y su capacidad para representar fielmente el comportamiento del mecanismo manivela-biela- corredera en condiciones reales.

Los resultados permitieron contrastar los métodos analíticos (gráficos y matemáticos) con los datos de simulación, confirmando que el dispositivo reproduce adecuadamente fenómenos clave como:

- La identificación de puntos muertos (superior e inferior).
- La determinación de la velocidad máxima de la corredera.
- La inversión de movimiento y su relación con la cinemática del sistema.

Además, las gráficas generadas en la simulación presentaron una alta correlación con los datos obtenidos experimentalmente, lo que refuerza la confiabilidad del diseño y la metodología empleada. Esta consistencia entre teoría y práctica no solo valida el modelo, sino que también facilita la comprensión de los principios fundamentales de la cinemática de mecanismos, permitiendo a los estudiantes visualizar y analizar conceptos que, de otro modo, permanecerían abstractos.

Contribuciones principales:

- Validación del modelo CAD: El diseño en SolidWorks demostró ser una representación precisa del mecanismo físico, con resultados simulados muy cercanos a los teóricos.
- Herramienta didáctica efectiva: El dispositivo permite una transición clara entre teoría y práctica, reforzando el aprendizaje de conceptos como velocidades, aceleraciones y puntos críticos en mecanismos.
- Precisión experimental: El margen de error reducido (5%-10%) confirma que la instrumentación y los métodos de medición empleados son adecuados para este tipo de análisis.

5. Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche por el apoyo institucional y las facilidades brindadas para el desarrollo de este proyecto. De igual forma, expresamos nuestro reconocimiento a los catedráticos colaboradores de la Universidad Tecnológica de Campeche por su respaldo y compromiso con la innovación educativa.

Extendemos nuestro agradecimiento a las academias de Mecatrónica de ambas instituciones por su valiosa colaboración, asesoría técnica y aportaciones académicas, que enriquecieron significativamente el enfoque pedagógico y tecnológico de este trabajo.

Reconocemos además el invaluable aporte de los estudiantes que participaron en las etapas de diseño, construcción y validación del prototipo, cuyo entusiasmo y dedicación fueron fundamentales para el éxito de esta iniciativa.

6. Conflicto de intereses

“Los autores declaran no tener conflictos de intereses”

7. Declaratoria de uso de Inteligencia Artificial

Los autores declaramos que hemos utilizado herramientas de Inteligencia Artificial (IA) generativa durante la elaboración de este manuscrito, exclusivamente como apoyo en tareas de redacción, revisión lingüística y organización del contenido. Todas las ideas, fundamentos teóricos, metodologías, resultados, conclusiones y referencias presentados son de nuestra autoría y responsabilidad. El uso de IA no reemplazó el análisis crítico, la interpretación de datos ni la contribución intelectual original de esta investigación. Revisamos y editamos el contenido generado y asumimos la responsabilidad integral sobre la veracidad y originalidad del trabajo publicado.

8. Resumen Grafico

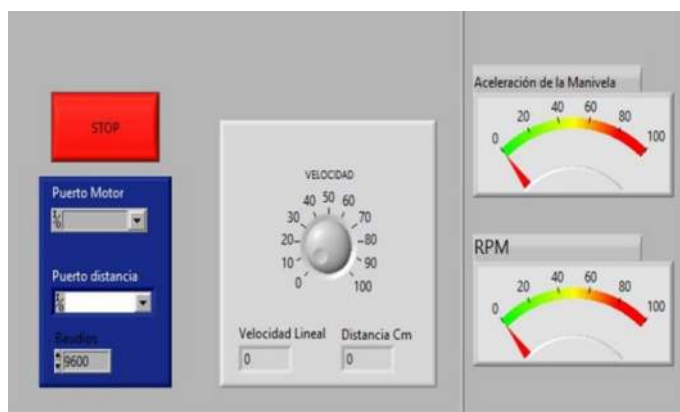


Figura 9. Controles de sistema LabVIEW

Uno de los principales resultados es el sistema HMI que se desarrolló para el manejo del dispositivo didáctico el cual permite al usuario manejar la velocidad de motor que inyecta el movimiento de entrada al mecanismo, que permite el funcionamiento de igual que nos muestra que comportamiento cinemático de la corredera el elemento final, desplazamiento, velocidad y aceleración.

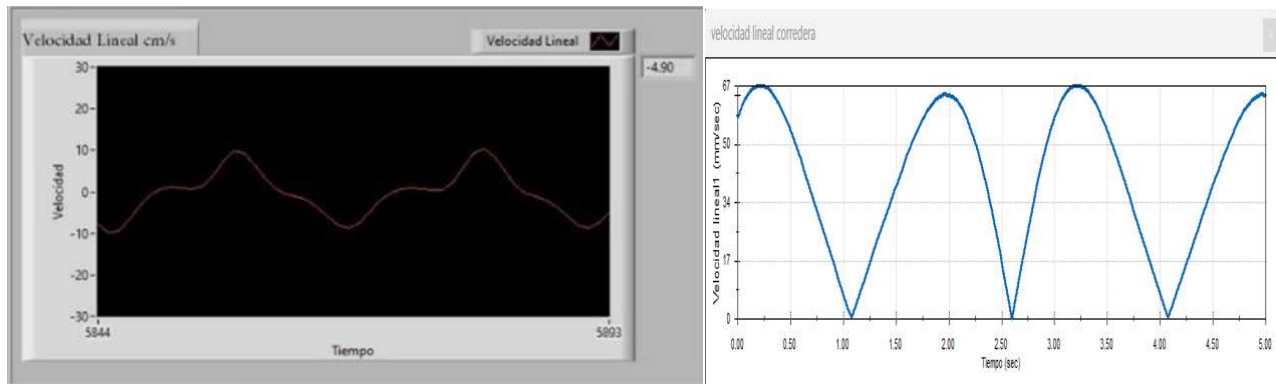


Figura 10. Diagrama de velocidad.

En este diagrama se representa la velocidad de la corredera en tiempo real lo cual nos permite observar que el mecanismo sufre variaciones de velocidad a lo largo de su desplazamiento experimentando velocidades máximas hasta velocidades mínimas iguales a cero que como ya se ha mencionado representa los puntos muertos del mecanismo donde se realiza la inversión de movimiento.

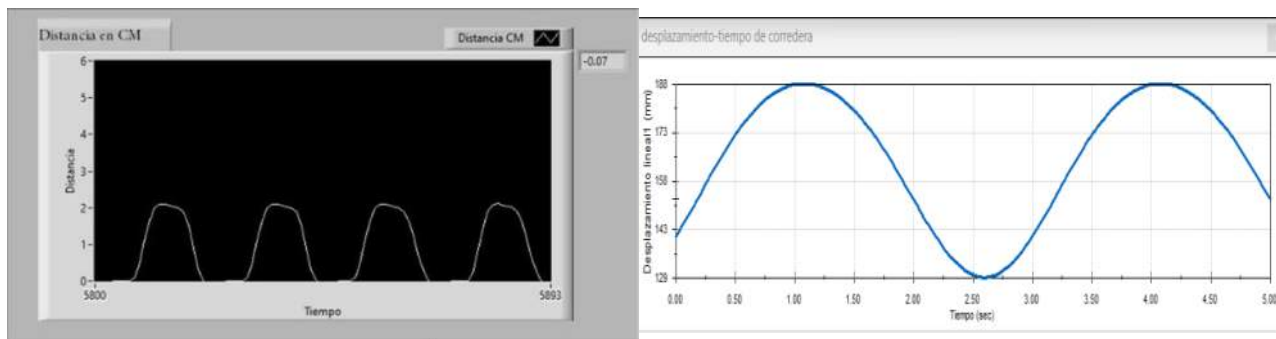


Figura 11. Diagrama de desplazamiento

En este diagrama obtenemos el comportamiento del desplazamiento de la corredera con respecto al tiempo donde nos permite observar una señal senoidal a diferencia de los diagramas obtenidos en la simulación no podemos observar el comportamiento puro ya que en las simulaciones se consideran condiciones ideales y en la realidad hay factores como el torque, fricción y retraso de la señal que no permite ello

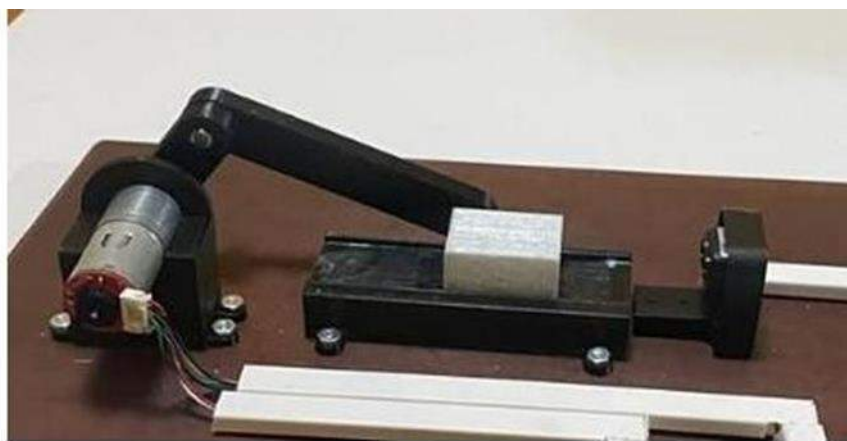


Figura 4. Prototipo Didáctico Biela manivela con corredera.

Como resultado fundamental del proyecto de investigación obtenemos el dispositivo didáctico que nos permite emular el comportamiento del mecanismo en tiempo real, y poder aterrizar los conceptos fundamentales del funcionamiento

9. Roles de contribución

ROL	AUTORES(AS)
Conceptualización	Miguel Angel Perera Cortez
Curación de datos	Wilberth Hidalgo Arcos
Análisis formal	Edgar Antonio Jacobo Cortés
Investigación	Miguel Angel Perera Cortez
Metodología	
Administración del proyecto	Miguel Angel Perera Cortez
Software	Wilberth Hidalgo Arcos
	Edgar Antonio Jacobo Cortés
Supervisión	Miguel Angel Perera Cortez
Validación	Miguel Angel Perera Cortez
	Wilberth Hidalgo Arcos
	Edgar Antonio Jacobo Cortés
Escritura-borrador-original	Wilberth Hidalgo Arcos
Escritura-revisión-edición	Miguel Angel Perera Cortez
	Edgar Antonio Jacobo Cortés

Nota. Taxonomía de roles de contribución (CRediT)

10. Referencias

- [1] Bechthold, M., & Maier, A. (2019). Simulation of Motion. En S. Ahuja (Ed.), SolidWorks 2019.
- [2] Doebelin, E. O., & Manik, D. N. (2014). Measurement Systems: Application and Design. McGraw-Hill Education.
- [3] Johnson, D. W. (2010). Dispositivos didácticos. En M. L. García Llamas, & A. Gil-Flores (Eds.), Diccionario de la educación (pp. 171-173). Ediciones Aljibe.
- [4] Klockner, H. R., & Jowers, I. (2015). Computer Aided Design. En I. Herskovic (Ed.), Encyclopedia of Human Computer Interaction (2nd ed.). Idea Group Reference.
- [5] Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall.
- [6] Piaget, J. (1977). El desarrollo de la inteligencia. Crítica.
- [7] Shigley, J. E., & Uicker, J. J. (2007). Teoría de Máquinas y Mecanismos. McGraw-Hill Interamericana.
- [8] Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.
- [9] M. Á. Perera-Cortez et al., "Prototype design education for the teaching of mechanism kinematics: Application to the Scotch yoke mechanism," Journal Schools of Economic Thought and Methodology, vol. 7, no. 13, pp. 15–23, Dec. 2023. doi: 10.35429/JSETM.2023.13.7.15.23.
- [10] M. Á. Perera-Cortez et al., "Prototype design education for cinematic learning mechanisms: Applications to the mechanisms to control crank with runner," Journal of Information Technologies, vol. 10, no. 29, pp. 19–27, Jun. 2023. doi: 10.35429/JIT.2023.29.10.19.27.
- [11] M. A. Perera Cortez, R. C. Canto Canul, J. M. Duran Lugo, J. C. Canul Ek, and A. A. Vela Ávila, "Diseño y Estudio Cinemático de Prototipo Didáctico de Mecanismo de Cuatro Barras," in *Liderazgo con Sello Mecatrónico*, A. Gastélum Barrios and J. E. Vargas Soto, Eds. México: Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C., 2025, ch. 8, pp. 101-113.