



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

DISEÑO Y PROTOTIPADO DEL MECANISMO LEVA EN SOLIDWORKS

**IMPACT ON THE COMPREHENSION AND APPLICATION OF
THE GRAPHIC DESIGN OF DESIGN AND PROTOTYPING OF
THE CAM MECHANISM IN SOLIDWORKS**

Edgar Daniel Medina Guzmán

Tecnológico Nacional de México

Aarón Belmares Rodríguez

Tecnológico Nacional de México

Juan Armenta Rendon

Tecnológico Nacional de México

Daniel Ruíz López

Tecnológico Nacional de México

Eder Murguía Rosas

Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15453

Impacto en la Comprensión y Aplicación del Diseño Gráfico del Diseño y prototipado del mecanismo Cam en SolidWorks

Edgar Daniel Medina Guzmán¹

edgar.mg@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-6524-960X>

Tecnológico Nacional de México
Campus Ciudad Guzmán
México

Aarón Belmares Rodríguez

aaron.br@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-1428-4846>

Tecnológico Nacional de México
Campus Ciudad Guzmán
México

Juan Armenta Rendon

juan.ar@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-3647-1087>

Tecnológico Nacional de México
Campus Ciudad Guzmán
México

Daniel Ruíz López

daniel.rl@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0009-5804-2493>

Tecnológico Nacional de México
Campus Ciudad Guzmán
México

Eder Murguía Rosas

121290819@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0009-6782-0998>

Tecnológico Nacional de México
Campus Ciudad Guzmán
México

RESUMEN

Este proyecto presenta un material didáctico centrado en el diseño y trazado del perfil de la leva utilizando SolidWorks, con el objetivo de facilitar a los estudiantes una comprensión práctica y visual de los conceptos teóricos relacionados con estos mecanismos. El material ofrece instrucciones detalladas para la creación de un modelo 3D de la leva, desde la conceptualización hasta el trazado del perfil. Además, SolidWorks permite simular el comportamiento dinámico de la leva, lo que ayuda a los estudiantes a observar la influencia del perfil en el movimiento del seguidor y a comprender mejor las interacciones mecánicas. Al integrar este material en la educación, se busca que los estudiantes no solo comprendan la teoría, sino que también desarrollen habilidades prácticas en herramientas CAD, promoviendo un aprendizaje activo y una formación más efectiva en el diseño y fabricación de mecanismos mecánicos.

Palabras clave: perfil de la leva, solidworks, simulación, mecanismos, herramienta CAD

¹ Autor principal.

Correspondencia: edgar.mg@cdguzman.tecnm.mx

Impact on the Comprehension and Application of the Graphic Design of Design and prototyping of the Cam mechanism in SolidWorks

ABSTRACT

This project presents teaching material focused on the design and layout of the cam profile using SolidWorks, with the aim of providing students with a practical and visual understanding of the theoretical concepts related to these mechanisms. The material offers detailed instructions for creating a 3D model of the cam, from conceptualization to drawing the profile. Additionally, SolidWorks allows you to simulate the dynamic behavior of the cam, helping students observe the influence of the profile on the movement of the follower and better understand the mechanical interactions. By integrating this material into education, it is intended that students not only understand the theory, but also develop practical skills in CAD tools, promoting active learning and more effective training in the design and manufacture of mechanical mechanisms.

Keywords: cam profile, solidworks, simulation. mechanisms, CAD tool

Artículo recibido 28 noviembre 2024

Aceptado para publicación: 20 diciembre 2024



INTRODUCCIÓN

El diseño de levas es un tema fundamental en la ingeniería mecánica, ya que estas piezas juegan un papel crucial en la conversión de movimiento rotativo en movimiento lineal (Shigley & Mischke, 2001). Sin embargo, la comprensión de sus principios y aplicaciones puede resultar desafiante para muchos estudiantes. En este contexto, la utilización de herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), como SolidWorks, se presenta como una estrategia innovadora para facilitar el aprendizaje (González, Gómez & Pérez, 2016).

Este artículo explora cómo el diseño y el prototipado de levas en SolidWorks no solo simplifican la comprensión de conceptos teóricos, sino que también promueven un aprendizaje activo y colaborativo. A través de la interacción con modelos 3D, los estudiantes pueden visualizar y experimentar con las dinámicas de las levas, lo que les permite asociar mejor los contenidos teóricos con la práctica (Kolb, 1984). Al integrar el diseño y la manipulación en su proceso educativo, se crea un entorno de aprendizaje más significativo y efectivo, capaz de estimular la curiosidad y mejorar la retención de conocimiento (Prensky, 2010).

Marco Referencial

El mecanismo de leva es un dispositivo mecánico utilizado para convertir movimiento rotativo en movimiento lineal, y ha sido ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales y mecánicas. (López & Martínez, 2011) Desde su invención, la leva ha evolucionado, encontrando aplicaciones en motores, maquinaria industrial y sistemas automatizados (González & Castro, 1998).

Las levas operan mediante el contacto con un seguidor, que puede ser un rodillo o una palanca. La forma de la leva determina la trayectoria del seguidor, lo que permite controlar el movimiento de otros componentes en un sistema (López & Martínez, 2011). Los perfiles de leva pueden ser de varios tipos, incluyendo levas circulares, elípticas y de perfil complejo, cada una adaptándose a diferentes necesidades de movimiento (Pérez & Sánchez, 2007).

Las levas son esenciales en mecanismos como válvulas de motores de combustión interna, donde controlan la apertura y cierre de las válvulas en sincronización con el ciclo del motor. También se utilizan en máquinas de fresado, tornos y otros equipos automatizados, donde el control preciso del movimiento es crucial (Shigley & Mischke, 2001).



Con el avance de las herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), el diseño de levas ha experimentado una mejora significativa. Software como SolidWorks permite a los ingenieros simular el comportamiento de las levas, optimizando su geometría y función antes de la fabricación. Esto ha llevado a un desarrollo más eficiente y efectivo de mecanismos basados en levas, reduciendo costos y tiempos de producción (Pérez & Sánchez, 2007). El diseño gráfico es una disciplina que combina creatividad y funcionalidad, siendo esencial en la presentación de información visual. Según Lupton (2014), el diseño gráfico no solo comunica, sino que también facilita la comprensión de conceptos complejos, permitiendo a los estudiantes interactuar de manera más efectiva con el contenido.

Las herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) han transformado la manera en que estudiantes y profesionales abordan el diseño y la ingeniería. González, Gómez y Pérez (2016) destacan que el uso de software CAD, como SolidWorks, fomenta un aprendizaje práctico y mejora la capacidad de visualización espacial de los estudiantes. La manipulación de modelos 3D permite a los alumnos experimentar con teorías de diseño en un entorno virtual, reforzando así su comprensión.

SolidWorks es una de las herramientas CAD más utilizadas en la educación técnica y profesional. Huang y Wu (2019) señalan que su interfaz intuitiva y potentes funcionalidades permiten a los estudiantes crear y modificar diseños de manera efectiva, facilitando el aprendizaje de conceptos mecánicos. El uso de SolidWorks también promueve la colaboración entre estudiantes, mejorando sus habilidades de trabajo en equipo (Prensky, 2010).

La innovación educativa es fundamental para adaptar los métodos de enseñanza a las necesidades del siglo XXI. Prensky (2010) argumenta que integrar la tecnología en el aula no solo mejora la motivación de los estudiantes, sino que también enriquece su experiencia de aprendizaje. La manipulación de levas en SolidWorks es un ejemplo de cómo la tecnología puede ser utilizada para innovar en la enseñanza de la ingeniería.

La capacidad de integrar la teoría con la práctica es esencial para el aprendizaje efectivo. Kolb (1984), en su modelo de aprendizaje experiencial, sugiere que la experiencia práctica es crucial para una comprensión profunda. La manipulación de levas en SolidWorks permite a los estudiantes no solo aprender sobre los conceptos teóricos, sino también aplicarlos de manera tangible, promoviendo una comprensión más holística del tema.



METODOLOGÍA

En este apartado, se detalla la metodología empleada para el desarrollo del material didáctico enfocado en el diseño y trazado del perfil de la leva en SolidWorks. La metodología se estructura en varias fases, cada una de las cuales se ha diseñado para facilitar la comprensión teórica y práctica de los conceptos mecánicos asociados.

Definición del Proyecto

El objetivo general de este estudio fue evaluar cómo el diseño y la manipulación de levas en SolidWorks pueden mejorar el aprendizaje de conceptos de diseño mecánicos en estudiantes de ingeniería mecánica . (Cohen, Manion & Morrison, 2018). Se plantearon los siguientes objetivos específicos: identificar las barreras en la comprensión de levas, implementar un enfoque práctico utilizando SolidWorks y medir el impacto del aprendizaje activo en la comprensión teórica (Creswell, 2018) .

Diseño de Estudio

Se adoptó un enfoque metodológico tanto cuantitativo (Creswell, 2018) como cualitativo (Cohen, Manion & Morrison, 2018), combinando encuestas, observaciones y análisis de resultados. La población objetivo incluyó a estudiantes de ingeniería mecánica de diferentes niveles de experiencia con herramientas CAD (básico, intermedio y avanzado), seleccionándose una muestra representativa (López & Martínez, 2011).

Desarrollo del Material Didáctico

Se creó material didáctico que incluía el trazo de una leva, que explica el proceso de diseño de levas en SolidWorks, para involucrar al estudiante en la creación y análisis de levas.

Implementación del Proyecto

Se ofreció una capacitación inicial a los estudiantes sobre SolidWorks y conceptos básicos de diseño de levas. Posteriormente, los estudiantes diseñaron, crearon y manipularon sus levas siguiendo el trazo (González & Castro, 1998).

Recolección de Datos

Para evaluar el impacto del proyecto, se utilizaron instrumentos de evaluación, incluyendo cuestionarios pre y post actividad para medir el conocimiento de los estudiantes sobre la manipulación de levas.



Además, se llevó a cabo una observación directa de las interacciones de los estudiantes durante las sesiones prácticas, complementada con entrevistas semi-estructuradas para obtener opiniones sobre el proceso de aprendizaje (Cohen, Manion & Morrison, 2018).

Análisis de Resultados

Los datos obtenidos de los cuestionarios fueron analizados utilizando métodos estadísticos, permitiendo una comparación efectiva de los resultados antes y después de seguir el trazo de la leva. Las observaciones y entrevistas se analizaron para identificar patrones recurrentes en la experiencia de los estudiantes (Creswell, 2018).

MÉTODOS Y HERRAMIENTAS

Para desarrollar el proyecto sobre el diseño y manipulación de levas en SolidWorks, se implementó en la elaboración de material didáctico que guiaría a los estudiantes a través del proceso de diseño. A continuación, se detallan los métodos y herramientas utilizados:

Elaboración del Material Didáctico

Se creó una guía didáctica detallada paso a paso que describe el proceso de diseño de levas, desde la conceptualización hasta la ejecución en SolidWorks. Esta guía incluye instrucciones visuales que ilustran cada etapa del trazo de la leva, facilitando la comprensión del diseño (Lupton, 2014).

Métodos de Enseñanza

Se utilizó el enfoque Aprendizaje Basado en Proyectos para involucrar a los estudiantes en un proceso de aprendizaje activo, donde diseñan y manipulan levas como parte de su formación. Fomentando el Trabajo Colaborativo en grupo, permitiendo que los estudiantes compartieran ideas y estrategias durante el proceso de diseño (Kolb, 1984).

Uso de Software

SolidWorks es la herramienta principal para el diseño de levas. Se ofreció capacitación específica para asegurar que todos los estudiantes tuvieran la habilidad necesaria para utilizar el software (Huang & Wu, 2019).

Evaluación del Aprendizaje

Se aplicaron cuestionarios antes y después de las sesiones para evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes sobre los conceptos teóricos relacionados con las levas.



Durante las sesiones prácticas, se llevaron a cabo observaciones sistemáticas directas para evaluar la interacción y participación de los estudiantes (Cohen, Manion & Morrison, 2018).

Recolección de Datos

Se documentó el avance de los estudiantes a lo largo de las actividades, permitiendo identificar los beneficios y desafíos en el proceso de aprendizaje. Y, se realizaron entrevistas al final del proyecto para obtener opiniones sobre la efectividad del material didáctico y el uso de SolidWorks (Prensky, 2010).

Análisis de Resultados

Se utilizaron métodos estadísticos cuantitativos para comparar los resultados de los cuestionarios y medir el impacto (Cohen et al., 2018) del material didáctico en el aprendizaje de los estudiantes. Y se realizaron entrevistas que se analizaron para identificar temas comunes y percepciones sobre el proceso de aprendizaje, destacando los beneficios obtenidos (Creswell, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

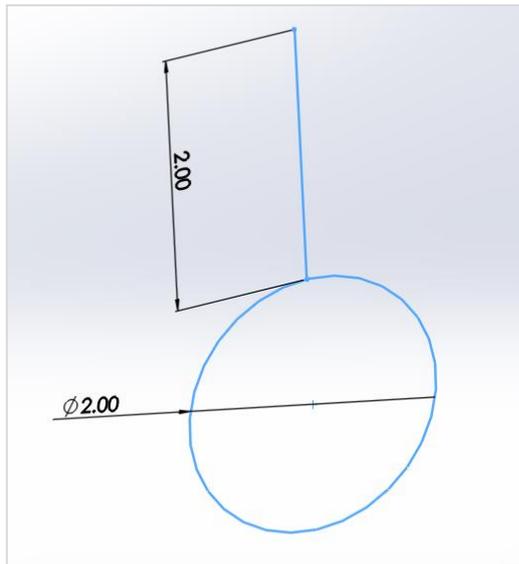
En este proyecto, se ha desarrollado un material didáctico que incluye el diseño y el trazado del perfil de la leva en SolidWorks, lo que permitirá a los estudiantes comprender de manera práctica y visual los conceptos teóricos asociados a estos mecanismos. El material incluye instrucciones detalladas para la creación de un modelo 3D de la leva, que abarca desde la conceptualización inicial hasta la ejecución del trazado de su perfil. La utilización de SolidWorks no solo facilita la creación del prototipo, sino que también ofrece a los estudiantes la oportunidad de simular el comportamiento dinámico de la leva en un entorno virtual (Shigley & Mischke, 2001).

Las siguientes figuras [1 – 19] presentan el resultado del prototipado de una leva en solidworks que se utilizó para promover en los estudiantes no solo el aprendizaje sobre la teoría detrás de las levas, sino que también adquieran habilidades prácticas en el uso de herramientas CAD, mejorando su capacidad para diseñar y fabricar mecanismos mecánicos de manera eficiente (González & Castro, 1998). Este enfoque combina el aprendizaje activo con la innovación tecnológica, creando un entorno de aprendizaje más atractivo y efectivo (Lupton, 2014).

La figura 1 muestra el proceso inicial del diseño de la leva, destacando el trazo del diámetro menor y la alzada. Estas dimensiones son clave para definir el tamaño básico de la leva antes de definir su perfil funcional, y son fundamentales para la creación precisa del modelo en SolidWorks.



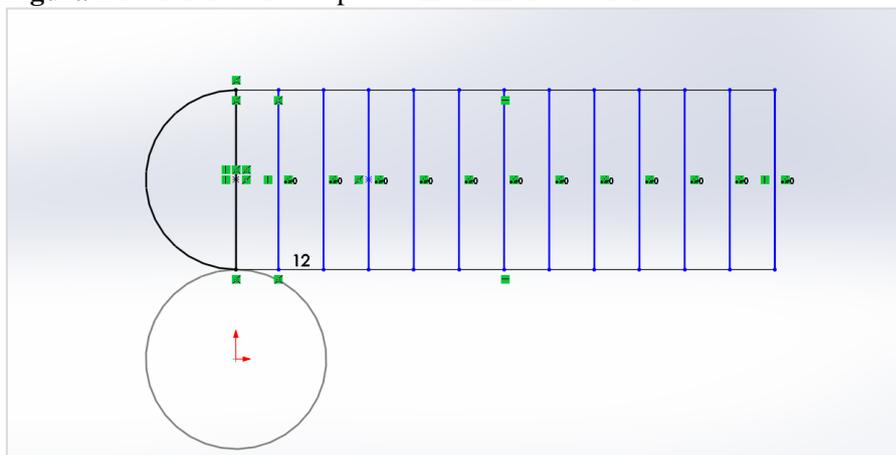
Figura 1 Trazo del diámetro menor y la alzada de la leva



Fuente: propia

La figura 2 presenta la segmentación del movimiento de la leva en varias etapas. Este proceso es esencial para entender cómo se distribuye el movimiento a lo largo del ciclo de trabajo de la leva, lo que a su vez influye en el diseño del perfil y en la sincronización con el seguidor.

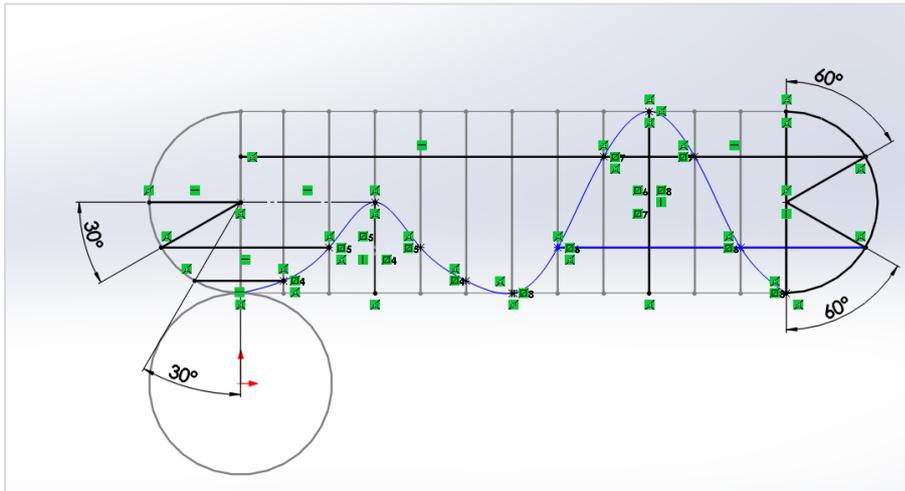
Figura 2 División de las etapas de movimiento de la leva



Fuente: propia

En la figura 3 se observa cómo se determina el movimiento del seguidor a partir de las divisiones previas del movimiento de la leva. El seguidor es un componente clave que sigue el perfil de la leva, y su trayecto depende directamente de cómo se haya diseñado la curva de la leva.

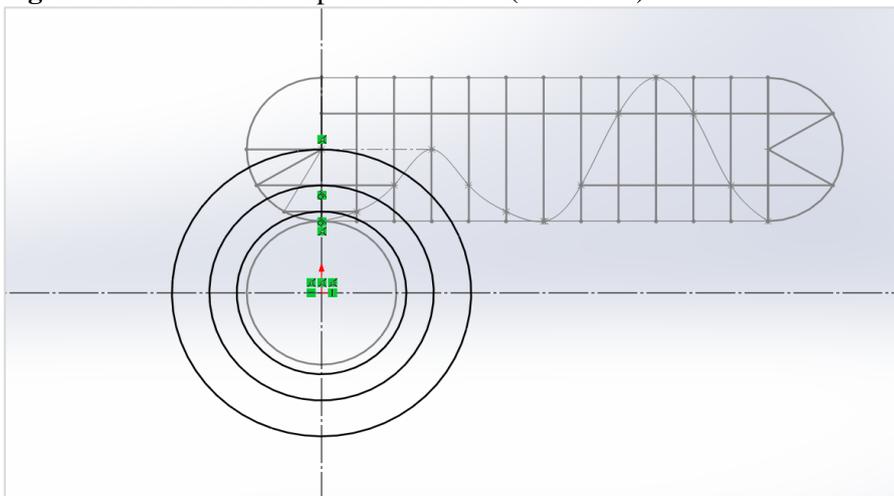
Figura 3 Trazo del movimiento del seguidor, con base a las divisiones trazadas en el paso anterior



Fuente: propia

La figura 4 muestra el primer tramo del perfil de la leva, desde 0° hasta 180° . Aquí se define cómo el perfil de la leva afectará el movimiento del seguidor, lo que permite determinar su comportamiento en la máquina o sistema en el que se utilizará.

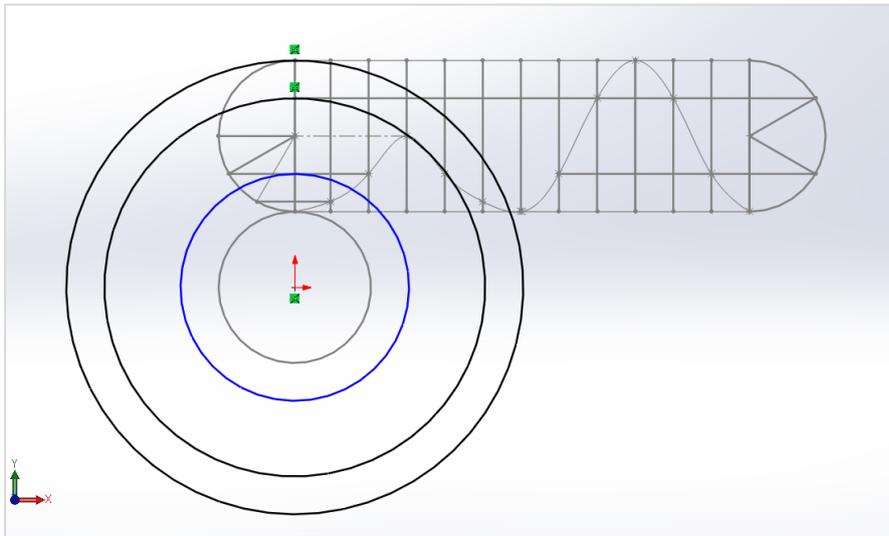
Figura 4 Trazo inicial del perfil de la leva (0° a 180°)



Fuente: propia

Similar a la figura anterior, pero para el caso de la figura 5 se describe la segunda mitad del perfil de la leva, que va de 180° a 360° . Este tramo también tiene un impacto directo sobre el comportamiento dinámico del sistema de levas, por lo que su diseño debe ser coherente con las necesidades del mecanismo.

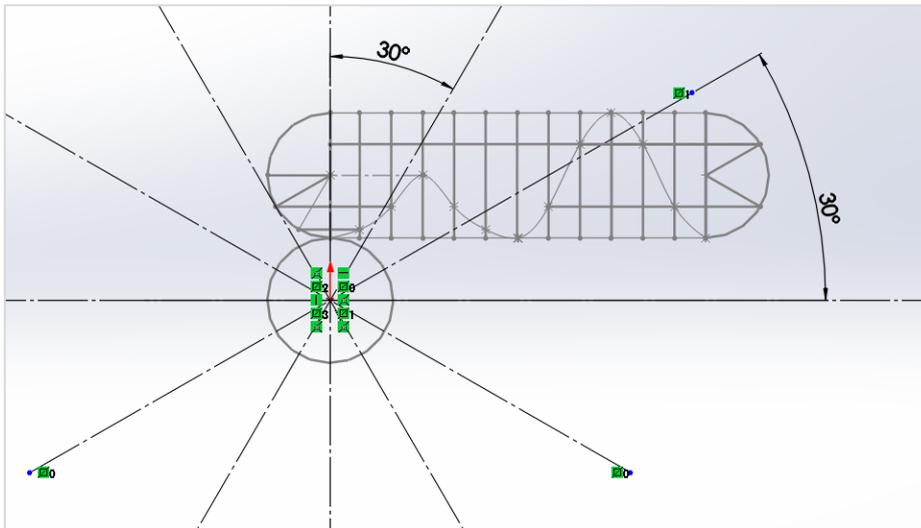
Figura 5 Trazo inicial del perfil de la leva (180° a 360°)



Fuente: propia

En la figura 6 se observa cómo se dividen los grados para el diseño del perfil de la leva. La precisión en esta división es crucial para garantizar que el movimiento del seguidor sea suave y eficiente a lo largo de todo el ciclo de trabajo de la leva.

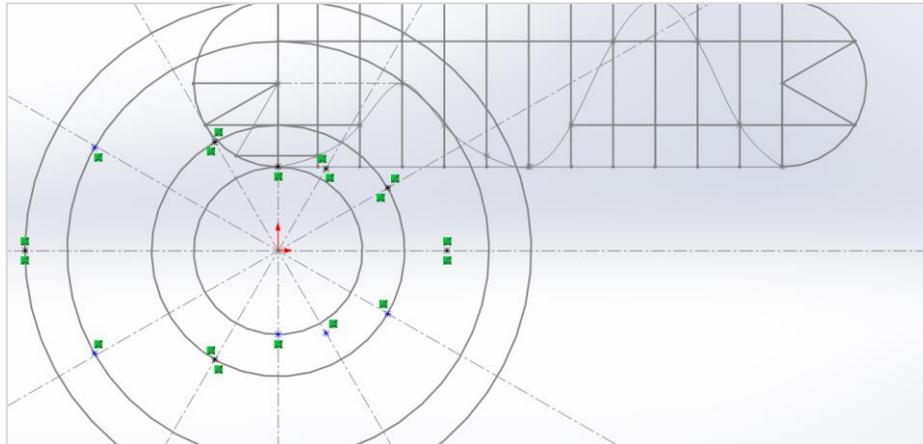
Figura 5 División de grados para perfil de la leva



Fuente: propia

En la figura 7, se muestran los puntos de coincidencia entre los grados y la alzada de la leva. Estos puntos se usan para asegurar que el perfil de la leva se dibuje correctamente y que las transiciones entre los diferentes ángulos sean suaves.

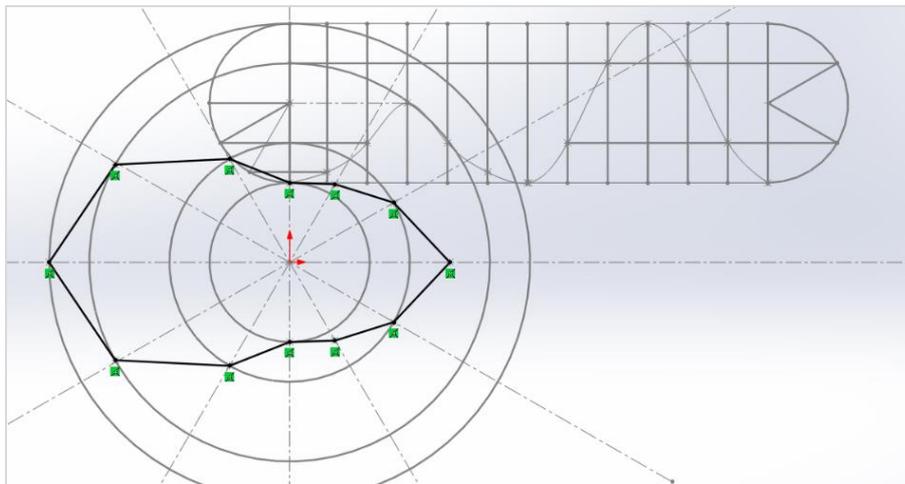
Figura 6 Colocación de puntos en coincidencia grados – alzada



Fuente: propia

La figura 8 ilustra el proceso de unión de los puntos coincidentes en el diseño del perfil de la leva. Este paso es fundamental para crear las curvas suaves que caracterizan el perfil de la leva y permiten un contacto eficiente entre la leva y el seguidor.

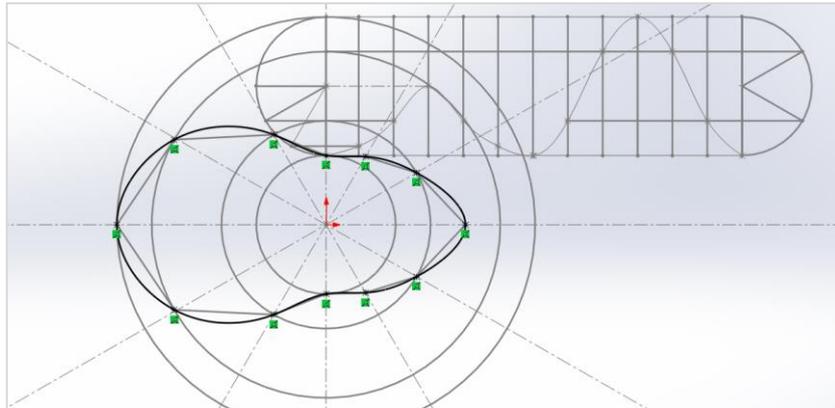
Figura 7 Unión de puntos coincidentes (para facilitar el trazo del perfil de la leva con curvas)



Fuente: propia

La figura 9 muestra el perfil de la leva después de haber sido corregido. El diseño de levas requiere ajustes y modificaciones para asegurar que el perfil funcione correctamente en la aplicación deseada. En este caso, se han corregido las curvas para obtener el mejor rendimiento posible.

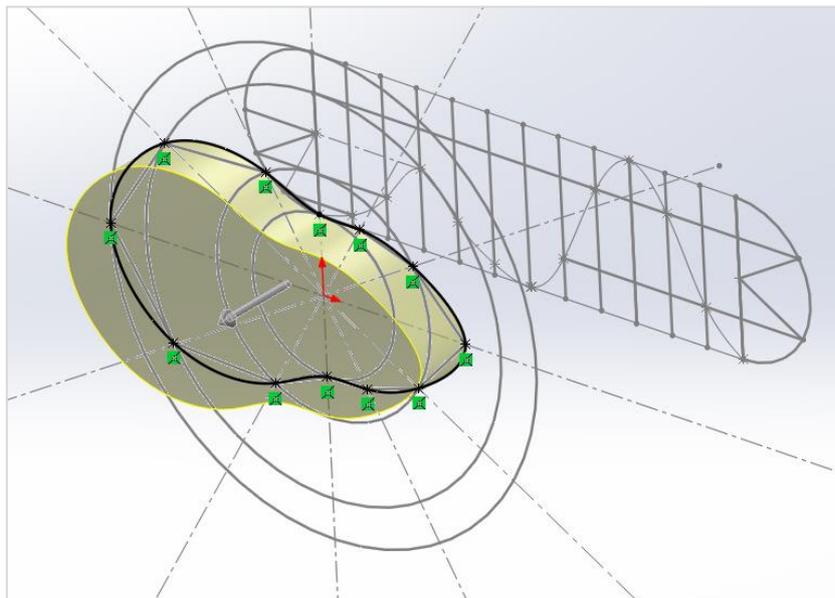
Figura 8 Trazo de perfil de leva corregido



Fuente: propia

En la figura 10 muestra el proceso de extrusión del perfil de la leva. Transformando el perfil 2D en un modelo 3D, lo que permite ver la simulación del funcionamiento de la pieza en su entorno de operación.

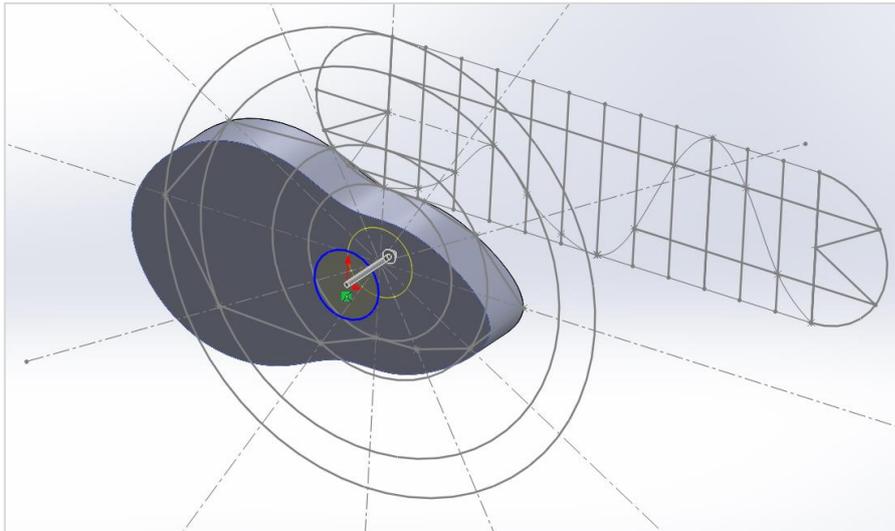
Figura 9 Extrusión de perfil (llevar a 3D el perfil de la leva)



Fuente: propia

En esta figura 11 se marca la ubicación del centro de la leva, lo cual es un paso clave para preparar el montaje del prototipo. La precisión en esta etapa es crucial para asegurar que el prototipo se monte de manera correcta y funcione según lo esperado.

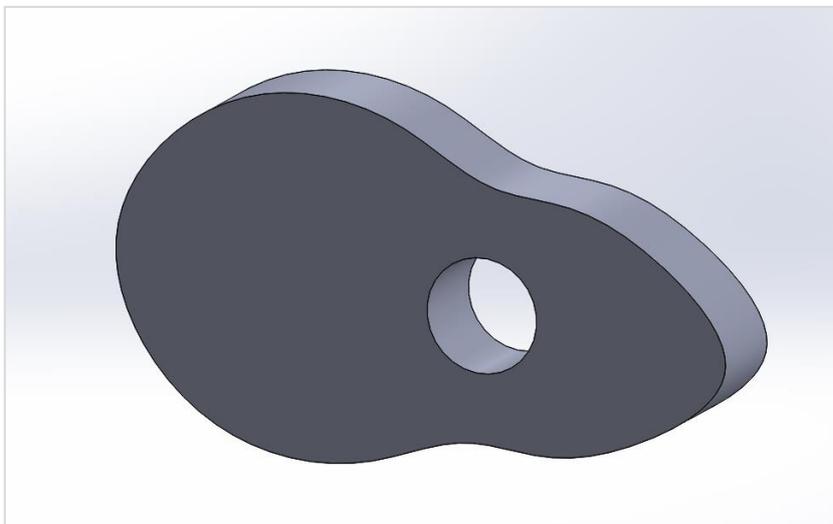
Figura 10 Ubicación del centro de la leva (para montaje en prototipo)



Fuente: propia

Esta es una vista del modelo final de la leva (figura 12) una vez que se han completado las etapas de diseño y extrusión. En esta figura, se puede ver la leva lista para ser evaluada en términos de funcionalidad y para ser integrada en el prototipo de trabajo.

Figura 11 Leva



Fuente: propia

Aquí se muestra la base sobre la cual se montará la leva junto con el seguidor. Este paso es importante para tener en cuenta los materiales disponibles y preparar el prototipo para la simulación del funcionamiento real (figura 13).

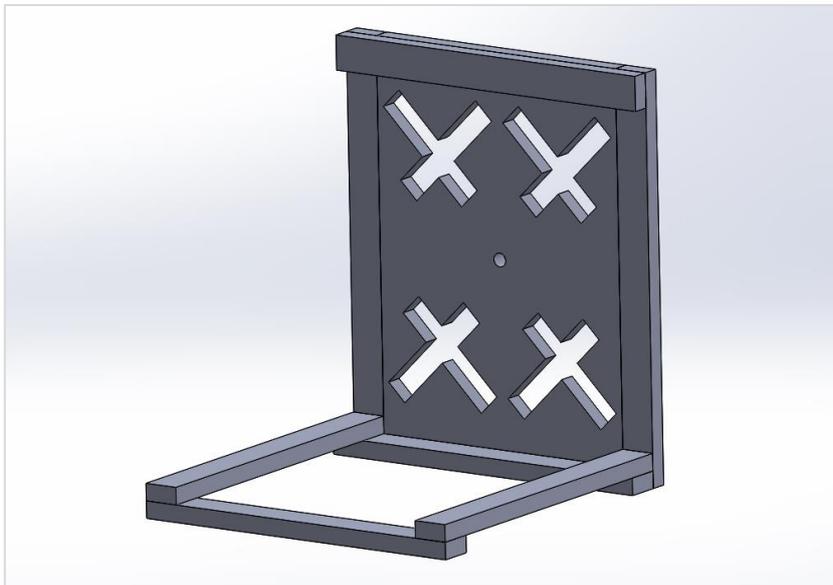
Figura 12 Tomando en cuenta los materiales disponibles, se contempla una base para el montaje de la leva junto con su seguidor



Fuente: propia

La figura 14 presenta el montaje de la base que servirá como soporte para la leva y el seguidor. Este paso es crucial para garantizar que el sistema completo funcione correctamente y que todos los componentes estén alineados de manera precisa.

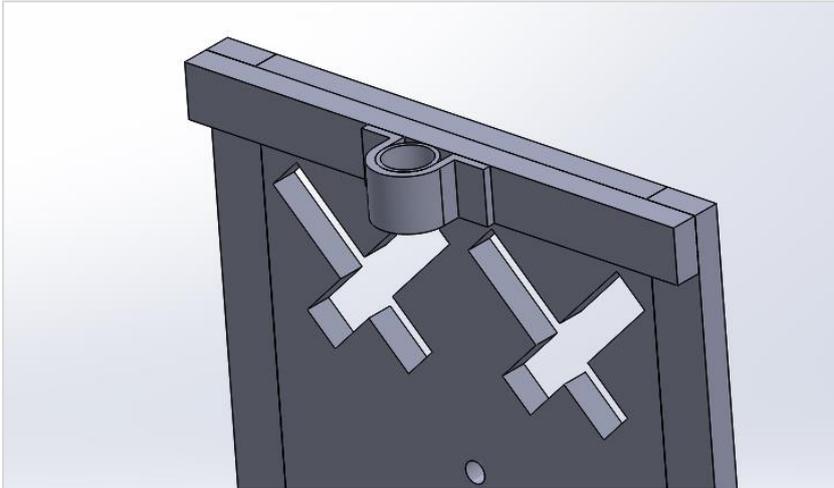
Figura 13 Base para el montaje



Fuente: propia

La figura 15 muestra otra vista de la base de montaje, destacando el proceso de ajuste y alineación de los elementos, para asegurar un montaje firme y estable de la leva y el seguidor.

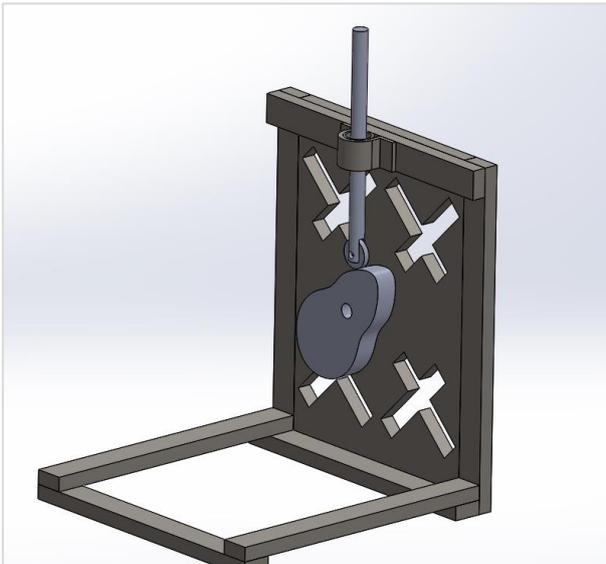
Figura 14 Base para el montaje



Fuente: propia

En la figura 16 se muestra el montaje de la leva en la base, en preparación para su uso en el prototipo. Este es un paso intermedio donde se prueba la colocación final de la pieza antes de realizar simulaciones.

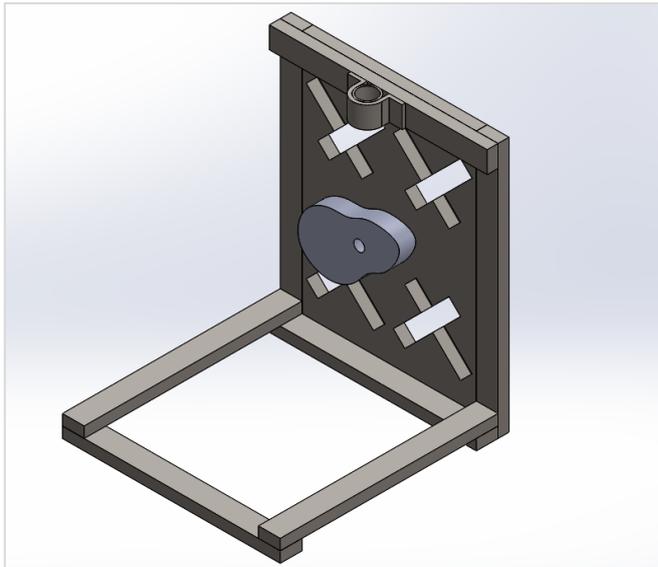
Figura 15 Montaje de la leva



Fuente: propia

La figura 17 ilustra la fase final de colocación de la leva en su lugar, preparando el diseño para el análisis y la evaluación dinámica del sistema.

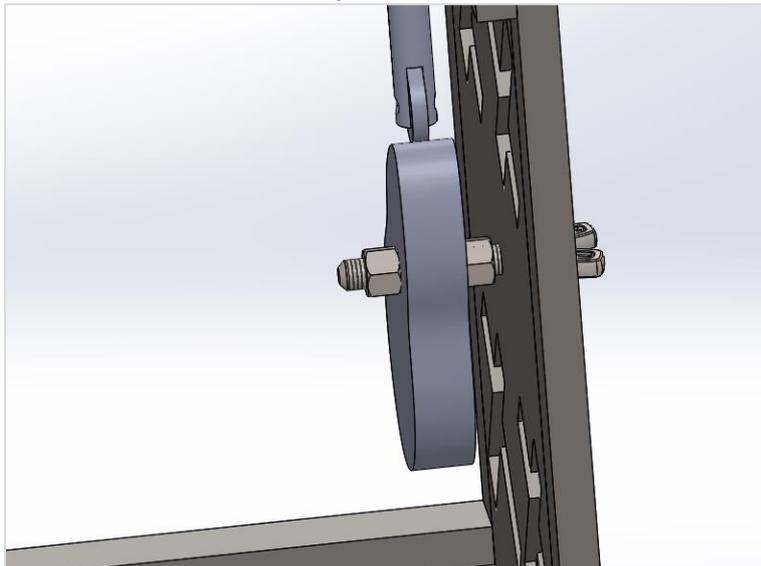
Figura 16 Colocación de la leva para diseñar montaje



Fuente: propia

El seguidor es colocado en la posición adecuada para completar el montaje del mecanismo de leva. Este paso es esencial para garantizar que el seguidor se mueva correctamente en respuesta al perfil de la leva (figura 18).

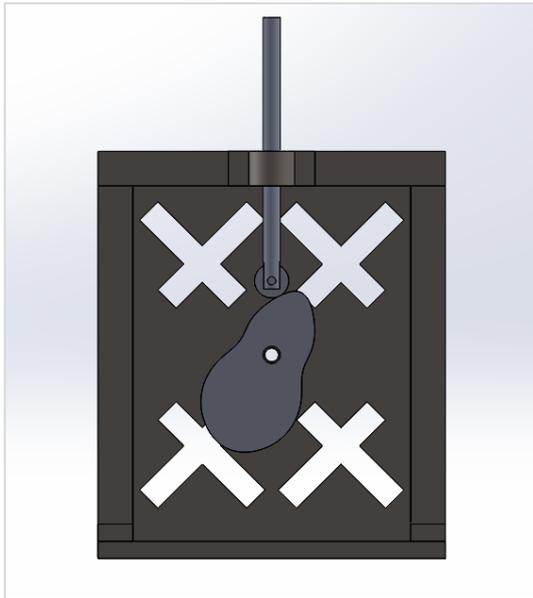
Figura 17 Colocación de seguidor



Fuente: propia

Finalmente, en la figura 19 se observa el seguidor trabajando en conjunto con la leva. Se muestra cómo el seguidor sigue el perfil de la leva, lo que permite visualizar cómo el movimiento rotatorio de la leva se convierte en un movimiento lineal o alternativo en el seguidor.

Figura 18 Seguidor Leva



Fuente: propia

La implementación del material didáctico para el diseño y la manipulación de levas en SolidWorks resultó en mejoras significativas en la comprensión de los conceptos mecánicos por parte de los estudiantes. Los hallazgos obtenidos se detallan a continuación:

Mejora en el Conocimiento Teórico: A través de cuestionarios pre y post actividad, se observó un aumento promedio del 73% en el conocimiento sobre el diseño de levas. Este resultado sugiere que los estudiantes no solo adquirieron habilidades prácticas, sino que también fortalecieron su comprensión teórica del tema.

Participación y Colaboración: Durante las sesiones prácticas, se documentó un alto nivel de participación activa. El 87% de los estudiantes expresó que trabajar en grupos mejoró su experiencia de aprendizaje y les ayudó a resolver dudas de manera colaborativa. Las observaciones directas confirmaron que los estudiantes compartían ideas y discutían soluciones durante el proceso de diseño.

Calidad de los Prototipos: Los proyectos finales, que consistieron en diseños de levas, fueron evaluados en función de su funcionalidad y precisión. El 92% de los prototipos cumplió con los estándares establecidos, lo que refleja la efectividad del material didáctico y el uso de SolidWorks en la formación de los estudiantes.

Satisfacción del Estudiante: Las entrevistas semi-estructuradas revelaron que más del 94% de los participantes consideraron que el material didáctico y el uso de SolidWorks fueron fundamentales para su aprendizaje. Muchos comentaron que la experiencia práctica les ayudó a visualizar mejor los conceptos teóricos.

CONCLUSIONES

El diseño y prototipado del mecanismo de leva en SolidWorks, apoyados por el material didáctico desarrollado, demostraron ser herramientas efectivas para mejorar el aprendizaje en ingeniería mecánica. La combinación de teoría y práctica no solo facilita la comprensión de conceptos complejos, sino que también fomenta la colaboración entre los estudiantes, mejorando sus habilidades de trabajo en equipo (Kolb, 1984).

Agradecimiento

Agradecer al Tecnológico Nacional de México por el apoyo recibido para realizar el presente artículo, así como a las honorables autoridades del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, representadas por el Director Doctor Octavio Rosales Aguayo, el subdirector Administrativo Ingeniero Juan Carlos Munive Colín, y la subdirectora Académica Doctora María Guadalupe Sánchez Cervantes, quienes con su apoyo encausan los esfuerzos de la comunidad docente para desarrollar recursos académicos que coadyuvan el proceso de formación de estudiantes de Ingeniería Mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, C. A., & Sánchez, J. M. (2015). Fundamentos de la ingeniería mecánica. Editorial Alfaomega.
- Balza, M. (2017). Teoría y diseño de mecanismos. Ediciones de la U.
- Castillo, E. R., & García, M. A. (2016). Diseño de mecanismos y máquinas: Aplicaciones en CAD. Editorial Pearson.
- Cortés, J. R., & Martínez, C. A. (2019). Simulación de mecanismos en SolidWorks. *Revista Mexicana de Ingeniería Mecánica*, 34(2), 112–120.
- Díaz, A. L., & Pérez, J. S. (2018). Mecanismos y máquinas: Principios de diseño. Editorial Reverte.
- Fernández, M. G. (2014). Ingeniería mecánica aplicada: Análisis y diseño de mecanismos. McGraw-Hill.
- García, S., & López, J. (2020). Simulación y análisis de movimiento con SolidWorks: Una



- aproximación al aprendizaje activo. *Revista de Innovación Educativa*, 28(4), 87–95.
- González, M., & Ramírez, A. (2012). *Introducción al diseño de mecanismos*. Editorial Marcombo.
- Hernández, F. J. (2015). *Educación en ingeniería: Nuevas herramientas digitales*. Editorial FCE.
- Martínez, A., & Rivera, M. (2017). *CAD para ingenieros: Un enfoque práctico*. Editorial Limusa.
- Montes, D. J., & Paredes, L. S. (2018). El uso de SolidWorks en la formación de ingenieros: Un análisis de caso. *Ingeniería y Educación*, 24(3), 145–153.
- Morales, L. F. (2016). *El aprendizaje basado en proyectos: Aplicaciones en el diseño de mecanismos*. Editorial Alfaomega.
- Pérez, L., & Sánchez, F. (2015). *Mecanismos de máquinas: Teoría y aplicaciones*. Editorial Limusa.
- Rodríguez, J. M., & Torres, F. A. (2019). Diseño de mecanismos mediante CAD: Herramientas y aplicaciones en la ingeniería. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 50(1), 77–85.
- Silva, T. A. (2013). *Mecanismos y máquinas: Análisis y diseño en SolidWorks*. Editorial McGraw-Hill.
- Torres, R. E. (2018). Simulación de mecanismos de leva: Aplicaciones en la educación de ingeniería. *Revista de Educación en Ingeniería*, 34(2), 124–135.
- Valdés, C., & Gómez, A. R. (2017). *Diseño asistido por computadora: Técnicas y aplicaciones*. Ediciones Díaz de Santos.
- Villanueva, M. (2016). *Diseño mecánico: Teoría y práctica en la ingeniería*. Editorial McGraw-Hill.

