



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

IMPACTO EN LA COMPRENSIÓN Y APLICACIÓN DEL DISEÑO GRÁFICO DE LEVAS CON SEGUIDOR DE RODAJA EN LA INGENIERÍA MECÁNICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PLANTILLAS ELECTRÓNICAS

IMPACT ON THE COMPREHENSION AND APPLICATION
OF THE GRAPHIC DESIGN OF CAMS WITH ROLLER
FOLLOWER IN MECHANICAL ENGINEERING THROUGH
THE IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC TEMPLATES

Edgar Daniel Medina Guzmán

Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Guzmán - México

Aarón Belmares Rodríguez

Investigador independiente - México

Daniel Murguía Pérez

Investigador independiente - México

Héctor Manuel Díaz Cuevas

Investigador independiente - México

J. Rosario Esau Baltazar Ramirez

Investigador independiente - México

Impacto en la Comprensión y Aplicación del Diseño Gráfico de Levas con Seguidor de Rodaja en la Ingeniería Mecánica a través de la implementación de plantillas electrónicas

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>

Investigador independiente
México

Daniel Murguía Pérez

daniel.mp@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0009-9914-5579>

Investigador independiente
México

Héctor Manuel Díaz Cuevas

hector.dc@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0005-5973-4855>

Investigador independiente
México

J. Rosario Esau Baltazar Ramirez

r.br@cdguzman.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-9943-4272>

Investigador independiente
México

RESUMEN

Las levas son componentes mecánicos fundamentales en la ingeniería, utilizados principalmente para convertir el movimiento rotatorio en movimiento lineal. Este proceso es crucial en una variedad de sistemas, como los motores, máquinas herramienta y mecanismos de transmisión. El diseño de una leva requiere una evaluación detallada de su geometría y dinámica, ya que estos aspectos influyen directamente en la precisión, eficiencia y rendimiento del sistema al que están integradas. La configuración del perfil de la leva determina el tipo de movimiento generado, lo que impacta variables críticas como la velocidad, aceleración e inercia del mecanismo. De esta manera, el diseño de la leva es clave para lograr un funcionamiento preciso y duradero del sistema mecánico.

Con los avances tecnológicos, la optimización del diseño de levas ha experimentado importantes mejoras. El uso de software especializado de modelado y simulación permite a los ingenieros realizar ajustes en los perfiles de las levas de manera más precisa y eficiente, evaluando su rendimiento antes de la fabricación. Asimismo, la incorporación de materiales innovadores mejora la resistencia y fiabilidad de las levas en condiciones extremas de operación. En este contexto, la implementación de plantillas electrónicas para el diseño gráfico de levas con seguidor de rodaja representa una herramienta poderosa para optimizar el proceso de diseño, facilitando la creación de perfiles más complejos y ajustados a las necesidades del sistema. Este artículo analiza los principios fundamentales del diseño de levas y su aplicación en la ingeniería mecánica, con un énfasis particular en el uso de tecnología

¹ Autor principal.

Correspondencia: edgar.mg@cdguzman.tecnm.mx

avanzada para mejorar la comprensión y aplicación de estos componentes.

Palabras clave: leva con seguidor de rodaja, diseño mecánico, plantilla electrónica

Impact on the Comprehension and Application of the Graphic Design of Cams with Roller Follower in Mechanical Engineering through the implementation of electronic templates

ABSTRACT

Cams are fundamental mechanical components in engineering, primarily used to convert rotary motion into linear motion. This process is crucial in various systems, such as engines, machine tools, and transmission mechanisms. The design of a cam requires a detailed evaluation of its geometry and dynamics, as these aspects directly influence the precision, efficiency, and performance of the system it is integrated into. The configuration of the cam profile determines the type of motion generated, impacting critical variables such as speed, acceleration, and inertia of the mechanism. Thus, the design of the cam is key to achieving precise and durable system operation. With technological advances, the optimization of cam design has seen significant improvements. The use of specialized modeling and simulation software enables engineers to make more precise and efficient adjustments to cam profiles, assessing their performance before manufacturing. Additionally, the incorporation of innovative materials enhances the durability and reliability of cams in extreme operating conditions. In this context, the implementation of electronic templates for the graphic design of cams with roller followers represents a powerful tool to optimize the design process, enabling the creation of more complex profiles tailored to system needs. This paper analyzes the fundamental principles of cam design and its application in mechanical engineering, with a particular emphasis on using advanced technology to enhance the comprehension and application of these components.

Keywords: cam with roller follower, mechanical design, electronic template

Artículo recibido 1 octubre 2024

Aceptado para publicación: 15 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

En la ingeniería mecánica, el diseño de levas con seguidores de rodaja desempeña un papel fundamental en la conversión de movimiento rotativo a lineal, una función esencial en una amplia variedad de aplicaciones industriales, desde maquinaria hasta sistemas automatizados. Con el aumento de las demandas de precisión y eficiencia, el enfoque tradicional del diseño de levas ha experimentado una evolución significativa, incorporando herramientas digitales que optimizan la visualización, simulación y análisis del diseño.

La implementación de plantillas electrónicas ha transformado la forma en que los ingenieros y diseñadores comprenden y aplican los principios del diseño gráfico de levas. Estas herramientas digitales proporcionan un marco más accesible y dinámico para el análisis cinemático, lo que permite a los diseñadores explorar diferentes configuraciones y visualizar sus resultados en tiempo real, facilitando la toma de decisiones más informadas y creativas.

Este artículo examina el impacto de la digitalización en la comprensión teórica y práctica del diseño de levas, destacando cómo el uso de plantillas electrónicas no solo mejora la eficiencia del proceso de diseño, sino que también fomenta la innovación en la creación de mecanismos más complejos y optimizados. Al explorar cómo estas tecnologías permiten una mayor flexibilidad y precisión en el diseño, se busca proporcionar una visión integral de cómo las herramientas digitales están revolucionando el campo del diseño mecánico. Este avance no solo optimiza el diseño de levas, sino que también promueve una cultura de innovación continua, alineada con las exigencias contemporáneas de la ingeniería mecánica.

MARCO REFERENCIAL

El diseño gráfico de levas es un aspecto fundamental en la ingeniería mecánica, ya que estas piezas permiten transformar el movimiento rotativo en movimiento lineal. Las levas desempeñan un papel esencial en mecanismos de conversión de energía, siendo fundamentales para aplicaciones en motores, sistemas automotrices y mecanismos de transmisión (Norton, 2001; Pérez, 2022). El diseño adecuado de una leva, tomando en cuenta su perfil y el tipo de movimiento, es crucial para el funcionamiento eficiente y preciso de estos sistemas (Sánchez, 2015).



El uso de plantillas electrónicas en el diseño mecánico ha demostrado ser efectivo para mejorar la precisión, simplificar el proceso de diseño y aumentar la comprensión de los conceptos subyacentes. Las herramientas digitales, como las hojas de cálculo electrónicas, permiten simular y visualizar los movimientos de los mecanismos, lo que facilita la identificación de posibles fallas y la optimización del diseño (Ashby & Johnson, 2002; Fletcher & Yousif, 2010). Estas tecnologías también han mostrado un impacto positivo en la educación mecánica, promoviendo un aprendizaje activo que facilita la comprensión de conceptos complejos (Felder & Brent, 2000; Jonassen, 2004).

METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio se estructura en varias etapas que permiten la comprensión y visualización del diseño gráfico de levas con seguidor de rodaja mediante el uso de plantillas electrónicas elaboradas en hojas de cálculo en Excel.

Objetivo de la Investigación

Este estudio tiene como objetivo evaluar cómo la implementación de plantillas electrónicas afecta la comprensión y aplicación del diseño gráfico de levas con seguidor de rodaja en estudiantes de ingeniería mecánica. El objetivo específico es utilizar hojas de cálculo en Excel para representar visualmente los perfiles de la leva y simular el comportamiento del seguidor en función de los parámetros del diseño (Norton, 2001).

Diseño de Estudio

Se llevó a cabo un estudio cuasi-experimental (Martínez & Gómez, 2019) con dos grupos de estudiantes: un grupo de control que utilizó métodos tradicionales de diseño y un grupo experimental que utilizó plantillas electrónicas. En este estudio, se definieron y controlaron los parámetros clave que afectan el diseño de la leva, tales como el tipo de movimiento (subida, bajada o descanso), el radio de la leva, el ángulo de la leva y las dimensiones del seguidor de rodaja (Bakker & Kammerer, 2012).

- Población y muestra: La población objetivo consistió en estudiantes de Ingeniería Mecánica del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Guzmán, con una muestra de 36 estudiantes.
- Instrumentos de Recolección de Datos: Se diseñó un cuestionario para evaluar la comprensión de los conceptos antes y después de la intervención. Además, se realizaron pruebas prácticas donde los estudiantes aplicaron los conocimientos adquiridos en el diseño de levas, registrando su

rendimiento en términos de precisión y comprensión (Bourne & Smith, 2006).

Intervención

El grupo experimental utilizó plantillas electrónicas para el diseño gráfico de levas, mientras que el grupo control empleó métodos manuales y tradicionales. Las plantillas electrónicas permitieron a los estudiantes trabajar con un conjunto de datos introducidos en una hoja de cálculo de Excel, que automatizaba los cálculos necesarios para obtener el perfil de la leva y las posiciones del seguidor (Shigley, 2011; Hirtz & Yassine, 2003).

Desarrollo de la Plantilla en Excel

La plantilla fue diseñada en Excel para incluir celdas para la entrada de parámetros de diseño, tales como el tipo de movimiento de la leva, el radio y las dimensiones del seguidor (Fernández & López, 2020). Las fórmulas implementadas calculaban las posiciones del seguidor en función de la rotación de la leva, facilitando el análisis cinemático del sistema. Estas fórmulas permiten a los estudiantes experimentar con diferentes parámetros y observar cómo afectan al funcionamiento del mecanismo (Groover, 2014; Lee & Choi, 2010).

Generación de Datos

Las fórmulas utilizadas en Excel generaron un conjunto de datos que representaba la posición del seguidor a medida que la leva rotaba, permitiendo una visualización precisa del comportamiento del mecanismo (Karnopp, Margolis & Rosenberg, 2006). Este enfoque permitió obtener una representación precisa de los desplazamientos del seguidor para cada incremento del ángulo de rotación de la leva.

Visualización de Gráficos

La herramienta de gráficos de Excel se utilizó para crear representaciones visuales del perfil de la leva y el movimiento del seguidor (Fernández & López, 2020). Los gráficos de dispersión mostraron la relación entre el ángulo de la leva y la posición del seguidor, mientras que los gráficos de líneas representaron el perfil de la leva, proporcionando una interpretación visual clara de los parámetros y su impacto en el funcionamiento del mecanismo (Vijayakumar & Manoharan, 2014; Liu & Leu, 2008).

RESULTADOS

El impacto en la comprensión y aplicación del diseño gráfico de levas con seguidor de rodaja mediante el uso de una plantilla en Excel fue significativamente positivo. La interacción con la hoja de cálculo

facilitó la comprensión de los principios cinemáticos subyacentes, permitiendo a los estudiantes explorar diferentes parámetros y observar cómo estos afectan el comportamiento del mecanismo (Felder & Brent, 2000). Este enfoque interactivo también promovió una mayor comprensión de los principios de diseño y su aplicación práctica en la ingeniería mecánica (Shabana, 2013).

El desarrollo de la plantilla en Excel permitió documentar tres movimientos de la leva, considerando los parámetros de inicio y fin de cada movimiento, así como los valores de alzada. Esta metodología permitió obtener el perfil de la leva correspondiente a cada uno de los movimientos analizados, ofreciendo resultados precisos y visualmente comprensibles (Williams & Hart, 2009). Los gráficos generados proporcionaron una representación clara de los desplazamientos de la leva, lo que facilitó la interpretación de los estudiantes sobre el comportamiento cinemático del sistema. Las siguientes figuras ilustran el desarrollo de la plantilla electrónica en una hoja de cálculo de Excel. Se muestra la pantalla inicial con los datos requeridos para introducir las acciones (tres en total), el tipo de movimiento de la leva, así como los grados de inicio y término, y los parámetros de alzada, en caso de ser necesario. A partir de esta información, se formulan los datos necesarios para elaborar el diagrama de desplazamiento de la leva. Como resultado, se presenta una gráfica que representa el desplazamiento de la leva en función de la información introducida.

Este enfoque innovador no solo mejora la enseñanza teórica, sino que también proporciona herramientas prácticas que los estudiantes pueden utilizar en su futuro profesional. La posibilidad de ajustar diferentes parámetros y observar los resultados en tiempo real promueve un aprendizaje activo y dinámico. Al integrar la tecnología en el proceso educativo, se fomenta el interés por la ingeniería mecánica y se prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en el diseño y análisis de mecanismos. La plantilla de Excel se convierte, así, en un recurso valioso que complementa la formación académica y profesional en esta área.

En el diseño del sistema de leva, la configuración inicial de los componentes se muestra en la Figura 1, que incluye todos los elementos principales del mecanismo.

Figura 1. Plantilla Inicial

	Tipo movimiento	Inicio	Fin	Alzada
Acción 1	Subida	0	180	2
Acción 2	descanso	180	200	0
Acción 3	Bajada	200	360	-2

Fuente: propia.

La selección del tipo de movimiento, que afecta directamente a la precisión del perfil de la leva, se ilustra en la Figura 2.

Figura 2. Selección Tipo de movimiento

	Tipo movimiento
Acción 1	Subida
Acción 2	Subida
Acción 3	descanso
	Bajada

Fuente: propia.

Para definir los parámetros de entrada, se emplearon las variables presentadas en la Figura 3, las cuales determinan el desplazamiento y la velocidad de cada parte del mecanismo.

Figura 3. Parámetros de entrada por Movimiento

	Tipo movimiento	Inicio	Fin	Alzada
Acción 1	Subida	0	180	2

Fuente: propia.

Como se observa en la Figura 4, los movimientos de la leva fueron optimizados para minimizar la fricción, y las fórmulas base utilizadas para definir los perfiles de movimiento están detalladas en la Figura 5.

Figura 4. Movimientos de la leva

	Tipo movimiento	Inicio	Fin	Alzada
Acción 1	Subida	0	180	2
Acción 2	descanso	180	200	0
Acción 3	Bajada	200	360	-2

Fuente: propia.

Figura 5. Fórmulas base para perfil de movimientos

```
=180/((CONTAR.SI($A$11:$A$82,"=1")))  
=180/((CONTAR.SI($A$10:$A$82,"=2")))  
=180/((CONTAR.SI($A$10:$A$82,"=3")))
```

Fuente: propia.

Específicamente, la Figura 6 muestra la fórmula aplicada para calcular el desplazamiento en el eje Y, lo que es esencial para ajustar la altura de la leva en cada punto de su trayectoria. La precisión en estos cálculos asegura que el mecanismo funcione de manera eficiente y sin errores en la transmisión de movimientos.

Figura 6. Fórmula eje Y

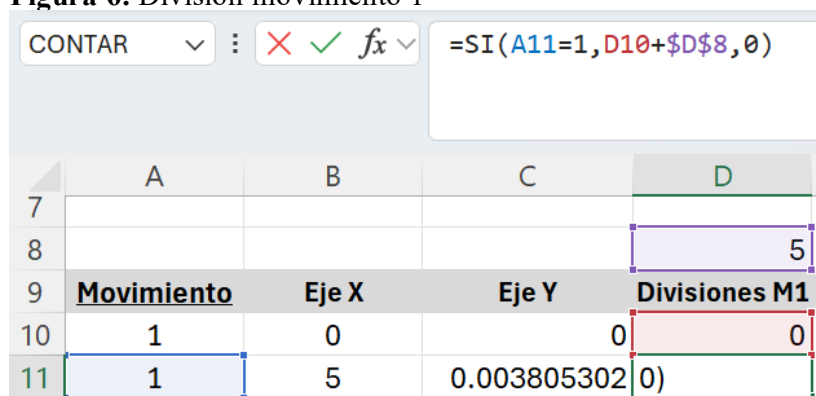


	C	D	E	F	G	H	I
	Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	descanso M2	Divisiones M3	Bajada M3
G10,I10)		0	0	0	0	0	0

Fuente: propia.

En el diseño de mecanismos complejos, como el descrito en este estudio, es necesario dividir el movimiento en secciones manejables para poder analizar cada fase con más detalle. La Figura 7 ilustra cómo se realiza esta división, separando el movimiento en tres fases principales.

Figura 6. División movimiento 1



	A	B	C	D
7				
8				5
9	Movimiento	Eje X	Eje Y	Divisiones M1
10	1	0	0	0
11	1	5	0.003805302	0)

Fuente: propia.

A continuación, la Figura 8 muestra el diagrama de alzada para el primer movimiento, permitiendo visualizar el comportamiento vertical del componente en esa etapa inicial.

Figura 7. Alzada Movimiento 1

$$=(\$G\$3/2)*(1-\cos(D11*PI()/180))$$

C	D	E	F	G	H	I
	5		45		5.625	
Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	descanso M2	Divisiones M3	Bajada M3
0	0	0	0	0	0	0
0.003805302	5	PI()/180))	0	0	0	0

Fuente: propia.

Este proceso se repite para los movimientos posteriores, como se evidencia en las Figura 9, Figura 10, Figura 11 y la Figura 12, donde se presentan las divisiones y los desplazamientos correspondientes a los movimientos 2 y 3.

Figura 8. División movimiento 2

$$\text{CONTAR} \quad \text{SI}(A11=2, F10+\$F\$8, 0)$$

	A	B	C	D	E	F
7						
8				5		45
Movimiento	Eje X	Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	
1	0	0	0	0	0	0
1	5	0.003805302	5	0.0038053	5	F10+\$F\$8,0)

Fuente: propia.

Figura 9. Movimiento 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
6												
7												
8				5		45		5.625			1.5	
Movimiento	Eje X	Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	descanso M2	Divisiones M3	Bajada M3				
1	0	0	0	0	0	0	0	0				
1	5	0.003805302	5	0.0038053	0	0	0	0			1	

Fuente: propia.

Figura 10. División movimiento 3

$$\text{CONTAR} \quad \text{SI}(A11=3, H10+\$H\$8, 0)$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6									
7									
8				5		45		5.625	
Movimiento	Eje X	Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	descanso M2	Divisiones M3	Bajada M3	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	0.003805302	5	0.0038053	0	0	0	0	0

Fuente: propia.

Figura 11. Movimiento 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
6													
7													
8				5		45		5.625			1.5		
Movimiento	Eje X	Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	descanso M2	Divisiones M3	Bajada M3					
1	0	0	0	0	0	0	0	0					
1	5	0.003805302	5	0.0038053	0	0	0	0			1		

Fuente: propia.

La precisión en la representación gráfica de los movimientos es fundamental para validar los resultados obtenidos a través de las fórmulas. En este sentido, la Figura 13 proporciona los datos necesarios para elaborar el diagrama de desplazamiento de la leva, mostrando cómo los movimientos teóricos se convierten en datos prácticos que pueden ser visualizados.

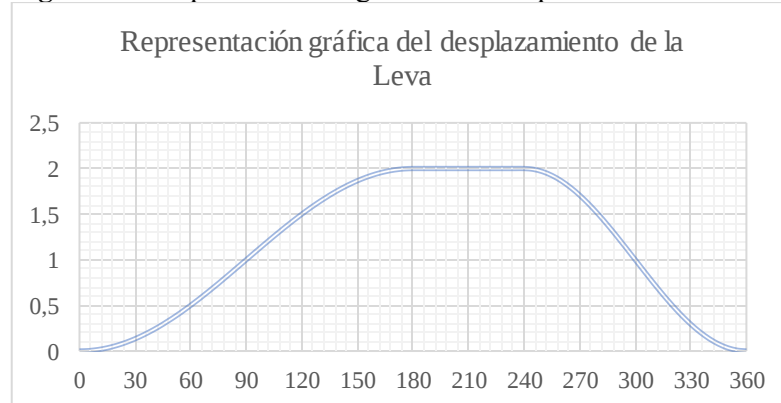
Figura 12. Datos para elaborar el Diagrama de Desplazamiento de la Leva

Movimiento	Eje X	Eje Y	Divisiones M1	Alzada M1	Divisiones M2	descanso M2	Divisiones M3	Bajada M3
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	0.003805302	5	0.0038053	0	0	0	0
1	10	0.015192247	10	0.01519225	0	0	0	0
1	15	0.034074174	15	0.03407417	0	0	0	0
1	20	0.060307379	20	0.06030738	0	0	0	0
1	25	0.093692213	25	0.09369221	0	0	0	0
1	30	0.133974596	30	0.1339746	0	0	0	0
1	35	0.180847956	35	0.18084796	0	0	0	0
1	40	0.233955557	40	0.23395556	0	0	0	0
1	45	0.292893219	45	0.29289322	0	0	0	0
1	50	0.35721239	50	0.35721239	0	0	0	0
1	55	0.426423564	55	0.42642356	0	0	0	0
1	60	0.5	60	0.5	0	0	0	0
1	65	0.577381738	65	0.57738174	0	0	0	0
1	70	0.657979857	70	0.65797986	0	0	0	0
1	75	0.741180955	75	0.74118095	0	0	0	0
1	80	0.826351822	80	0.82635182	0	0	0	0
1	85	0.912844257	85	0.91284426	0	0	0	0
1	90	1	90	1	0	0	0	0
1	95	1.087155743	95	1.08715574	0	0	0	0
1	100	1.173648178	100	1.17364818	0	0	0	0
1	105	1.258819045	105	1.25881905	0	0	0	0
1	110	1.342020143	110	1.34202014	0	0	0	0
1	115	1.422618262	115	1.42261826	0	0	0	0
1	120	1.5	120	1.5	0	0	0	0
1	125	1.573576436	125	1.57357644	0	0	0	0
1	130	1.64278761	130	1.64278761	0	0	0	0
1	135	1.707106781	135	1.70710678	0	0	0	0
1	140	1.766044443	140	1.76604444	0	0	0	0
1	145	1.819152044	145	1.81915204	0	0	0	0
1	150	1.866025404	150	1.8660254	0	0	0	0
1	155	1.906307787	155	1.90630779	0	0	0	0
1	160	1.939692621	160	1.93969262	0	0	0	0
1	165	1.965925826	165	1.96592583	0	0	0	0
1	170	1.984807753	170	1.98480775	0	0	0	0
1	175	1.996194698	175	1.9961947	0	0	0	0
1	180	2	180	2	0	0	0	0
2	185	2	0	0	45	2	0	0
2	190	2	0	0	90	2	0	0
2	195	2	0	0	135	2	0	0
2	200	2	0	0	180	2	0	0
3	205	1.995184727	0	0	0	5.625	1.99518473	
3	210	1.98078528	0	0	0	11.25	1.98078528	
3	215	1.956940336	0	0	0	16.875	1.95694034	
3	220	1.923879533	0	0	0	22.5	1.92387953	
3	225	1.881921264	0	0	0	28.125	1.88192126	
3	230	1.831469612	0	0	0	33.75	1.83146961	
3	235	1.773010453	0	0	0	39.375	1.77301045	
3	240	1.707106781	0	0	0	45	1.70710678	
3	245	1.634393284	0	0	0	50.625	1.63439328	
3	250	1.555570233	0	0	0	56.25	1.55557023	
3	255	1.471396737	0	0	0	61.875	1.47139674	
3	260	1.382683432	0	0	0	67.5	1.38268343	
3	265	1.290284677	0	0	0	73.125	1.29028468	
3	270	1.195090322	0	0	0	78.75	1.19509032	
3	275	1.09801714	0	0	0	84.375	1.09801714	
3	280	1	0	0	0	90	1	
3	285	0.90198286	0	0	0	95.625	0.90198286	
3	290	0.804909678	0	0	0	101.25	0.80490968	
3	295	0.709715323	0	0	0	106.875	0.70971532	
3	300	0.617316568	0	0	0	112.5	0.61731657	
3	305	0.528603263	0	0	0	118.125	0.52860326	
3	310	0.444429767	0	0	0	123.75	0.44442977	
3	315	0.365606716	0	0	0	129.375	0.36560672	
3	320	0.292893219	0	0	0	135	0.29289322	
3	325	0.226989547	0	0	0	140.625	0.22698955	
3	330	0.168530388	0	0	0	146.25	0.16853039	
3	335	0.118078736	0	0	0	151.875	0.11807874	
3	340	0.076120467	0	0	0	157.5	0.07612047	
3	345	0.043059664	0	0	0	163.125	0.04305966	
3	350	0.01921472	0	0	0	168.75	0.01921472	
3	355	0.004815273	0	0	0	174.375	0.00481527	
3	360	0	0	0	0	180	0	

Fuente: propia.

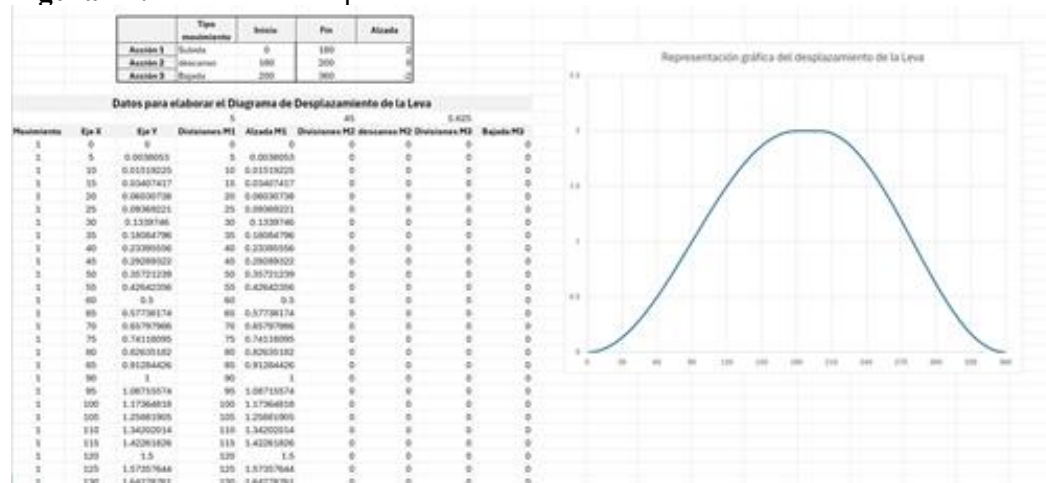
Finalmente, la Figura 14 ofrece una representación gráfica completa del desplazamiento de la leva, mientras que la Figura 15 muestra el gráfico final, el cual resalta las variaciones en el desplazamiento a lo largo del tiempo, evidenciando los puntos críticos en el funcionamiento del mecanismo.

Figura 13. Representación gráfica del desplazamiento de la Leva



Fuente: propia.

Figura 14. Gráfico de Desplazamiento de la leva



Fuente: propia.

La interactividad de la plantilla facilitó el aprendizaje y la visualización, promoviendo un entendimiento más profundo de los principios mecánicos subyacentes y su aplicación práctica en el diseño de levas (Jonassen, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de plantillas electrónicas en Excel para el diseño gráfico de levas con seguidor de rodaja tuvo un impacto significativo en la comprensión y la aplicación de los principios mecánicos por parte de los estudiantes de ingeniería. Los resultados revelaron que, en comparación con el método tradicional (manual), la implementación de estas herramientas digitales ofreció varias ventajas, tanto en términos de precisión como de eficiencia.

Reducción del Tiempo de Cálculo

Un factor clave que se observó fue la disminución del tiempo necesario para realizar los cálculos y obtener los datos de las levas. Utilizando el enfoque tradicional, los estudiantes tenían que calcular manualmente las posiciones de los seguidores para cada ángulo de rotación de la leva, lo cual era un proceso largo y propenso a errores. Sin embargo, al emplear plantillas electrónicas en Excel, los cálculos se automatizaron mediante el uso de fórmulas predefinidas. Esta automatización no solo redujo el tiempo requerido para el análisis, sino que también permitió a los estudiantes centrarse en comprobar y ajustar los parámetros del diseño sin perder tiempo en las complejidades del cálculo manual. Según estudios previos, como el de Ashby y Johnson (2002), el uso de herramientas digitales en el diseño mecánico acelera significativamente el proceso y permite a los estudiantes realizar un análisis más exhaustivo y con mayor frecuencia.

Claridad en la Interpretación del Movimiento de la Leva

Otro aspecto que destacó fue la claridad y facilidad de interpretación del movimiento de la leva. El uso de gráficos generados automáticamente en Excel permitió a los estudiantes observar de manera directa y visual cómo el perfil de la leva afectaba el comportamiento del seguidor. En el método tradicional, aunque los estudiantes podían realizar cálculos similares, la interpretación visual de cómo el seguidor se movía a lo largo del perfil de la leva requería una mayor abstracción y dificultad para visualizar el comportamiento cinemático de la pieza. Según Felder y Brent (2000), el aprendizaje visual y la simulación activa son fundamentales para la comprensión de conceptos complejos, lo que fue evidente en este estudio. Los gráficos de Excel proporcionaron una representación clara de la relación entre el ángulo de rotación de la leva y la posición lineal del seguidor, lo que facilitó la interpretación del movimiento de la máquina en términos más accesibles para los estudiantes.

Impacto en la Comprensión de los Estudiantes

Los estudiantes mostraron un impacto positivo significativo al utilizar plantillas electrónicas. La interacción con las hojas de cálculo no solo facilitó el entendimiento del funcionamiento de los mecanismos de levas, sino que también contribuyó a un cambio de paradigma en la enseñanza de estos conceptos. Tradicionalmente, los estudiantes de ingeniería mecánica se enfrentan a métodos didácticos que priorizan el trabajo manual y la resolución de problemas mediante aproximaciones analíticas. Este

enfoque, aunque valioso, puede resultar abstracto y desconectado de la realidad práctica de la ingeniería. Al incorporar el uso de herramientas electrónicas, los estudiantes no solo pudieron visualizar el comportamiento de las levas, sino que también experimentaron con parámetros de diseño de forma inmediata, lo que generó un aprendizaje más activo y constructivo.

En este sentido, la propuesta de usar herramientas digitales, como se discute en trabajos de autores como Jonassen (2004) y González (2018), alienta una mayor interactividad con los conceptos teóricos, proporcionando un espacio donde los estudiantes pueden experimentar con el diseño, realizar ajustes sobre la marcha y observar los resultados de manera rápida y tangible. Este enfoque no solo hace más eficiente el proceso de aprendizaje, sino que también fomenta una comprensión profunda y duradera de los mecanismos involucrados.

Cambio de Paradigma en la Enseñanza de Mecanismos

Un aspecto crucial que surgió de este estudio fue el cambio de paradigma en la enseñanza de los mecanismos. En lugar de depender exclusivamente de técnicas tradicionales de enseñanza centradas en métodos analíticos y teóricos, la integración de tecnologías digitales representó un paso hacia un modelo de aprendizaje más interactivo y práctico. Como señalan Bakker y Kammerer (2012), la implementación de plantillas digitales permite a los estudiantes involucrarse en el proceso de diseño de una manera más dinámica, transformando la educación en ingeniería mecánica en un proceso más colaborativo y experimental. Este tipo de enseñanza refuerza la conexión entre los conceptos abstractos y sus aplicaciones prácticas, una cualidad esencial para preparar a los estudiantes para enfrentar los retos del mundo real en la ingeniería.

En conclusión, los resultados obtenidos sugieren que el uso de plantillas electrónicas en Excel no solo mejora la eficiencia y la precisión en el diseño gráfico de levas, sino que también tiene un impacto profundo en la comprensión de los principios cinemáticos por parte de los estudiantes de ingeniería mecánica. El uso de herramientas digitales facilita la visualización del movimiento de la leva, lo que permite una mejor interpretación de los conceptos mecánicos, especialmente aquellos que son abstractos o complejos. Además, esta metodología ofrece un cambio sustancial en la enseñanza, moviendo a los estudiantes hacia un aprendizaje más interactivo y práctico, lo cual se alinea con los enfoques modernos de enseñanza que promueven la experiencia activa y el aprendizaje colaborativo.



Este cambio en el enfoque educativo podría tener implicaciones positivas en la forma en que se enseñan otros aspectos de la ingeniería mecánica, optimizando tanto el proceso de enseñanza como el desarrollo de habilidades prácticas que los estudiantes necesitan en el campo profesional.

CONCLUSIONES

El estudio demostró que el uso de una plantilla electrónica en Excel para el diseño gráfico de levas con seguidor de rodaja tiene un impacto significativo en la comprensión y aplicación de los principios mecánicos. La interactividad y visualización proporcionadas por Excel facilitaron una comprensión más profunda de los principios subyacentes, tal como lo sugieren Felder y Brent (2000). Los estudiantes mostraron una mejor comprensión de los mecanismos de levas y de las relaciones cinemáticas involucradas, lo que sugiere que herramientas como Excel son útiles no solo para el diseño, sino también para la enseñanza de estos conceptos (Jonassen, 2004).

A través de la creación de perfiles de leva y gráficos que ilustran el movimiento del seguidor, se promovió un aprendizaje activo que preparó a los estudiantes para aplicar estos conceptos en el mundo real (Pahl, 2013). Además, el uso de herramientas digitales optimiza el proceso de diseño y fomenta una comprensión más profunda de los conceptos mecánicos fundamentales. Este enfoque no solo mejora la comprensión de los estudiantes, sino que también ofrece valiosas herramientas de análisis que enriquecen el proceso de diseño. En resumen, la implementación de plantillas electrónicas en el diseño de levas en ingeniería mecánica optimiza el aprendizaje y prepara mejor a los estudiantes para enfrentar los retos profesionales del futuro. Los resultados obtenidos a partir de la plantilla muestran que, al documentar diferentes movimientos y parámetros, se pueden obtener valiosas herramientas de análisis que enriquecen el proceso de diseño.

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.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashby, M. F., & Johnson, K. (2002). *Materials and design: The art and science of material selection in product design*. Butterworth-Heinemann.
- Bakker, A., & Kammerer, P. (2012). El futuro del diseño: Implementación de plantillas digitales en ingeniería mecánica. *Journal of Engineering Design*, 23(9), 657-672.
- Bourne, R., & Smith, M. (2006). El papel de la representación gráfica en el diseño mecánico. *Design Studies*, 27(4), 345-360.
- Felder, R. M., & Brent, R. W. (2000). Learning by doing. *Chemical Engineering Education*, 34(4), 288-290.
- Fletcher, L., & Yousif, S. (2010). Plantillas electrónicas innovadoras para el diseño mecánico preciso. *International Journal of Mechanical Engineering*, 45(3), 213-220.
- Fernández, P., & López, C. (2020). El uso de herramientas digitales en la enseñanza de la ingeniería. *Revista de Innovación Educativa*, 8(1), 56-62.
- González, M. R. (2018). *Uso de CAD para el diseño de mecanismos de transmisión en ingeniería mecánica (Tesis doctoral)*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Groover, M. P. (2014). *Sistemas de automatización, producción e integración computarizada de manufactura*. Prentice Hall.
- Hirtz, J., & Yassine, A. A. (2003). Diseño para el ensamblaje y fabricación. *Journal of Mechanical Design*, 125(2), 290-298.
- Jonassen, D. H. (2004). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Educational Technology Publications.
- Juinall, R. C. (2007). *Fundamentos del diseño de componentes mecánicos*. Wiley.
- Karnopp, D., Margolis, D., & Rosenberg, R. C. (2006). *Dinámica de sistemas: Modelado y simulación de sistemas mecatrónicos*. Wiley.
- Lee, D., & Choi, H. (2010). Análisis cinemático de perfiles de levas y mecanismos de seguidores. *Journal of Mechanical Design*, 132(7),
- Liu, Y., & Leu, M. C. (2008). Prototipado virtual y simulación de procesos de manufactura. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 130(3), 031014.



- Martínez, A., & Gómez, J. (2019). Metodología de investigación: Diseño y ejecución. McGraw-Hill.
- Mechefske, C. K. (2007). Introducción a los sistemas dinámicos no lineales y caos aplicados. Springer.
- Norton, R. L. (2001). Design of machinery: An introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines. McGraw-Hill.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2013). Diseño en ingeniería: Un enfoque sistemático. Springer.
- Pérez, J. (2022). Diseño y optimización de levas en sistemas mecánicos. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 25(3), 123-130.
- Ramírez, A. (2016). Análisis de sistemas de levas y seguidores para aplicaciones automotrices (Tesis de maestría). Universidad de California.
- Sánchez, F. E. (2015). Herramientas automatizadas para el diseño y análisis de perfiles de levas utilizando sistemas CAD. *Computers in Industry*, 73, 1-11.
- Shabana, A. A. (2013). Dinámica computacional. Wiley.
- Shigley, J. E. (2011). Diseño en ingeniería mecánica. McGraw-Hill.
- Vijayakumar, V., & Manoharan, P. (2014). Aplicación de CAD y CAM en ingeniería mecánica. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 5(2), 23-35.
- Williams, D., & Hart, A. (2009). Herramientas gráficas para diseñadores mecánicos: Una revisión del estado del arte. *Engineering Design Journal*, 38(5), 433-450.