

Solidworks una alternativa en el aprendizaje para analizar la flexión en vigas

J. Rosario Esaú Baltazar Ramírez¹, Daniel Murguía Pérez², Ernesto Cárdenas Zanabria³, Luis Gabriel González Vázquez⁴, José Benjamín Villalvazo Rivera⁵, Jean David Cárdenas González⁶, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán
Departamento de Metal Mecánica^{1,2,3}, Departamento de Ingeniería Industrial^{4,5},
Estudiante de Ingeniería Mecánica⁶.

Resumen - Las nuevas generaciones de estudiantes de Ingeniería Mecánica tienen una estrecha relación con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Esto ha impulsado la búsqueda de alternativas para mantener su interés en temas cruciales, como la flexión en vigas, y reducir el alto porcentaje de reprobación, que puede llegar al 80% en el tema de "diagramas de fuerzas cortantes y momentos flexionantes en vigas". Después de experimentar con varios programas de análisis de elementos finitos (CAE), se decidió trabajar con SolidWorks debido a la familiaridad que los estudiantes tienen con esta herramienta.

Índice de Términos - Flexión en vigas, Ingeniería Mecánica, SolidWorks.

Abstract - The new generations of Mechanical Engineering students have a close relationship with Information and Communication Technologies (ICT). This has driven the search for alternatives to maintain their interest in crucial topics, such as beam bending, and reduce the high failure rate, which can reach up to 80% in the subject of 'shear forces and bending moments diagrams in beams.' After experimenting with various

finite element analysis (CAE) programs, it was decided to work with SolidWorks due to the students' familiarity with this tool.

Keywords - Bending in Beams, Mechanical Engineering, SolidWorks.

I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), cuyo objetivo es contribuir al desarrollo y mejora de productos [1], ha desempeñado un papel fundamental en la ingeniería desde la década de 1960, cuando Iván Sutherland del MIT (Massachusetts Institute of Technology) desarrolló una herramienta para análisis de elementos finitos. Esta herramienta permitió predecir y simplificar los esfuerzos y deformaciones internos en piezas o conjuntos sujetos a cargas [2].

A través de la tecnología CAE, se pueden llevar a cabo diversos tipos de análisis, como análisis cinemáticos y dinámicos de mecanismos, análisis de elementos finitos, análisis de tensión, análisis de sistemas de control, análisis térmicos y análisis de fluidos[3]. Estos análisis siguen un proceso de tres etapas: preprocesamiento, resolución y postprocesamiento [4]. La importancia de la ingeniería asistida por computadora radica en su capacidad para someter un producto a pruebas antes de la

¹J. Rosario Esaú Baltazar Ramírez, Docente del departamento de Metal Mecánica. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. j.br@cdguzman.tecnm.mx

²Daniel Murguía Pérez, Docente del departamento de Metal Mecánica. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. daniel.mp@cdguzman.tecnm.mx

³Ernesto Cárdenas Zanabria, Docente del departamento de Metal Mecánica. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. ernesto.cz@cdguzman.tecnm.mx

⁴Luis Gabriel González Vázquez, Docente del departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. luis.gv@cdguzman.tecnm.mx. (autor corresponsal).

⁵José Benjamín Villalvazo Rivera, Docente del departamento de Ingeniería Industrial. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. jose.vr@cdguzman.tecnm.mx

⁶Jean David Cárdenas González, Estudiante de Ingeniería Mecánica. Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán. j20290887@cdguzman.tecnm.mx

producción, lo que permite anticipar posibles errores y encontrar áreas de mejora [5]

En la asignatura de mecánica de materiales, uno de los temas que comúnmente resulta desafiante para los estudiantes es el abordaje de "diagramas de fuerzas cortantes y momentos flexionantes en vigas". Este desafío es recurrente en diversas instituciones educativas al seguir un enfoque tradicional. Sin embargo, se ha observado que la implementación de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha tenido un impacto positivo al reducir la tasa de deserción, mejorar el rendimiento académico, incrementar la comprensión del tema y fortalecer la capacidad de los estudiantes para resolver ejercicios [6], [7].

En un mundo globalizado, la sociedad demanda que los educadores implementen estrategias de enseñanza que se adapten a las necesidades individuales de los estudiantes y promuevan el desarrollo de sus habilidades [8]. Esto es fundamental para elevar la competitividad de los estudiantes en un entorno cada vez más desafiante y optimizar la utilización de los recursos disponibles. En este contexto, los docentes no solo transmiten conocimientos, sino que también desempeñan un papel crucial al guiar y motivar a los estudiantes para descubrir y desarrollar sus talentos. Esto prepara a los estudiantes para afrontar los desafíos de la sociedad actual y contribuir de manera efectiva al bienestar colectivo. Por último, es importante destacar la necesidad de capacitar al personal docente para que posea los conocimientos, habilidades y destrezas necesarios para utilizar herramientas educativas apropiadas a sus respectivas áreas [9].

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se ejecutó de acuerdo con el diagrama que se muestra en la Figura 1.

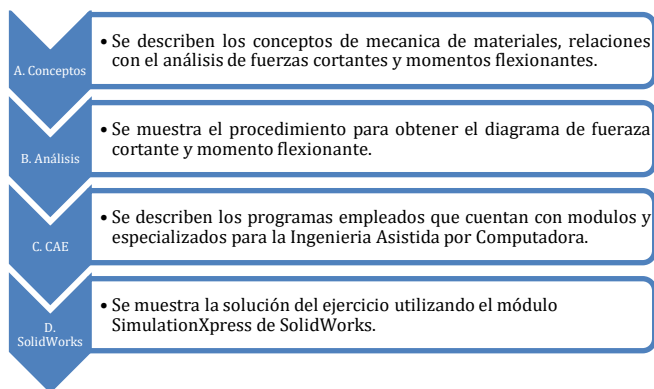


Figura 1 Metodología empleada

III. RESULTADOS

A. Conceptos de mecánica de materiales

Dentro del ámbito de la mecánica de materiales, una viga se define como un componente estructural diseñado para resistir cargas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal. Para su estudio y análisis, las vigas se clasifican en dos categorías: vigas estáticas, que cumplen con las condiciones básicas de equilibrio, y vigas hiperestáticas, que no satisfacen las condiciones de equilibrio y requieren considerar condiciones adicionales [10]. En las Figuras 2 y 3 se ilustran ejemplos de vigas estáticas y hiperestáticas para una mejor comprensión.

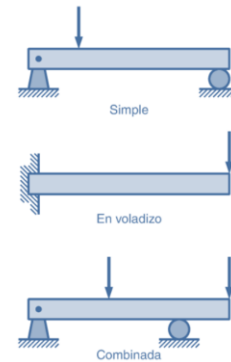


Figura. 2 Ejemplos de vigas estáticas [10]

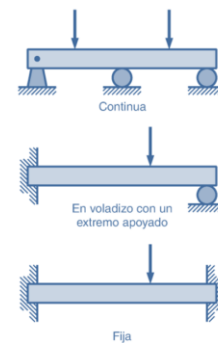


Figura 3 Vigas hiperestáticas [10]

Una carga representa una fuerza aplicada verticalmente, con una orientación de 270° en sentido antihorario. Estas cargas pueden ser de dos tipos: puntuales o distribuidas. Los apoyos son elementos estructurales que brindan soporte a la viga, y los más comunes son los apoyos de pasador o perno, así como los apoyos de rodillo. Estos apoyos se muestran en la Figura 4, donde se identifican como A y B, representando un perno y un rodillo, respectivamente. Las cargas puntuales se denotan como P1, P2 y P3, mientras que w1 y w2 representan cargas distribuidas [11].

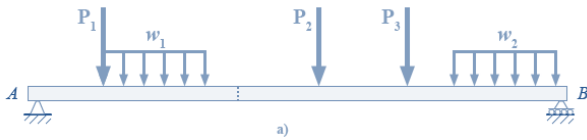


Figura 4 Ilustración de apoyos y cargas [11]

Las vigas se clasifican según sus puntos de apoyo. Por ejemplo, una viga con un apoyo articulado en un extremo y un apoyo de rodillo en el otro se conoce como "viga simplemente apoyada" o "viga simple". Un apoyo articulado permite la rotación en el extremo de una viga, pero no permite el desplazamiento [12]. Puedes observar un ejemplo en la Figura 5.

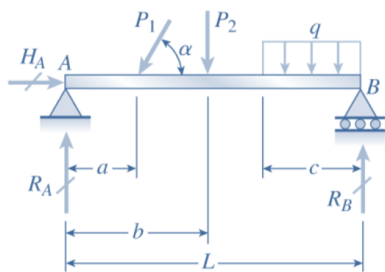


Figura 5 Viga simple [12]

La estructura representada en la Figura 6 es conocida como una "viga en voladizo". Mientras que en el extremo izquierdo está completamente inmovilizada, en contraste, en el lado derecho, es libre, lo que le permite tanto desplazarse como girar. Por lo tanto, en el apoyo fijo (o empotrado), pueden surgir tanto fuerzas reactivas como momentos [12].

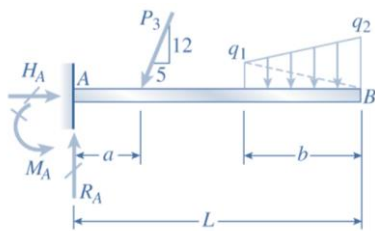


Figura 6 Viga en voladizo [12]

La Figura 7 representa una viga con una extensión o saliente. Esta viga cuenta con apoyos simples en los puntos A y B, es decir, un apoyo articulado en A y un apoyo de rodillo en B. Además, se extiende más allá del punto de apoyo en B. El tramo BC sobresaliente se asemeja a una viga en voladizo, con la diferencia de que el eje de la viga puede rotar en el punto B [12].

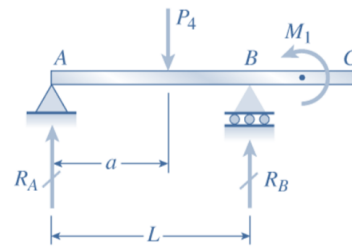


Figura 7 Viga saliente [12]

Los diagramas de fuerza cortante y momento flector: son simplemente la representación gráfica de las distribuciones correspondientes, dibujadas en los sistemas de los ejes coordenados $V-x$ y $M-x$ y suelen colocarse debajo del diagrama de cargas. Los máximos y mínimos del diagrama de momentos corresponden siempre a secciones de fuerza constante nula y pueden obtenerse a partir de igualar a cero la derivada de la solución analítica la cual siempre la distribución de la fuerza cortante [13]. En la Figura 8 se muestra un diagrama de cargas-cortantes-momentos flectores para una carga uniforme.

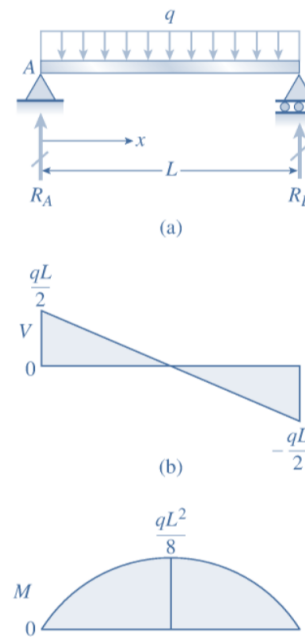


Figura 8 Diagrama de cargas-cortantes-momentos flectores [12]

Para determinar las fuerzas cortantes y momentos flectores, existen diversas técnicas, como el método de áreas, el análisis de fuerzas distribuidas, el cálculo de momentos internos, la aplicación de deformaciones unitarias y el método de secciones. En este caso, se utilizará el "método de secciones", una técnica común en la mecánica de materiales y la ingeniería estructural. Este método se basa en el principio de equilibrio y consiste en

cortar una estructura en una sección transversal imaginaria. Luego, se aplican las condiciones de equilibrio a esa sección para determinar las fuerzas internas, como las fuerzas cortantes y los momentos flexionantes.

El método de secciones resulta especialmente efectivo para analizar vigas en sistemas de carga complejos y permite obtener el diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores a lo largo de la longitud de la estructura. En este análisis, se establecerán cuatro secciones: A-C, C-D, D-E y E-B, como se ilustra en la Figura 9. La premisa fundamental es establecer una sección para cada par de fuerzas, lo que facilitará la determinación de las fuerzas internas en la viga.

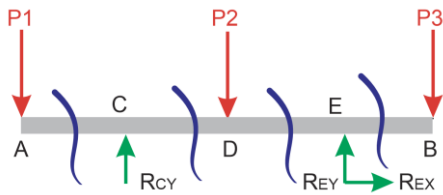


Figura 9. Método de secciones

B. Solución de ejercicio utilizando el método de secciones

Como una ilustración práctica del método de secciones, se presenta la solución al problema 5.8, tal como se describe en el libro “Mecánica de Materiales” de Beer Ferdinand. El enunciado del problema es el siguiente: ‘Dibuje los diagramas de fuerza cortante y momento flector para la viga y carga dadas, y determine los valores máximos absolutos de a) la fuerza cortante y b) el momento flector [14]. Los resultados de este análisis se muestran en la Figura 10.’

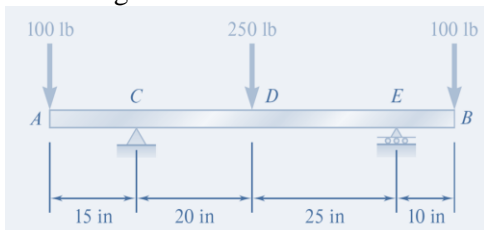


Figura 10 Ejercicio 5.8 [14]

Paso 1: se construye un diagrama de cuerpo libre, para determinar las reacciones en los apoyos, como se muestra en la Figura 10

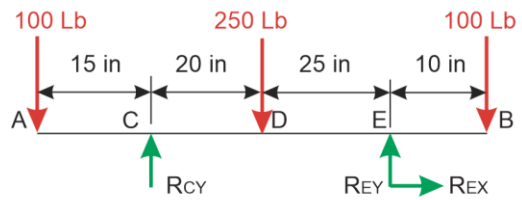


Figura 11. Diagrama de cuerpo libre

Paso 2: Se determinan las reacciones en los apoyos, considerando que es un cuerpo rígido y se hace en el punto donde se encuentra el mayor número de incógnitas.

$$\sum ME = 0 + \curvearrowright \quad (1)$$

Se coloca cada una de las fuerzas en función al momento de equilibrio que generaría, considerando que un momento es igual a una fuerza por una distancia, con respecto al punto E y considerando que en sentido antihorario es positivo. En la ecuación 2 se muestra como quedan representadas todas las cargas

$$(100 \text{ Lb})(15 \text{ in}) + (250 \text{ Lb})(20 \text{ in}) + (100 \text{ Lb})(55 \text{ in}) - (R_{EY})(45 \text{ in}) = 0 \quad (2)$$

Al despejar R_{EY} de la ecuación (2), se obtiene que:

$$R_{EY} = 200 \text{ Lb } \uparrow$$

Para determinar la se realiza una sumatoria de fuerzas en C igual a cero, es decir .

$$\sum FY = 0 + \uparrow \quad (3).$$

Al sustituir las fuerzas, se obtiene la ecuación 4

$$-100 \text{ Lb} - 250 \text{ Lb} - 100 \text{ Lb} + 203.33 \text{ Lb} + R_{CY} = 0 \quad (4)$$

Al despejar de la ecuación 4 se obtiene que:

$$R_{CY} = 250 \text{ Lb } \uparrow$$

La R_{CX} es igual a cero, debido a que no se encuentra ninguna otra fuerza sobre eje

$$\sum FX = 0 \quad (5)$$

Al sumar todas las fuerzas en X, encontramos que:

$$R_{CX} = 0$$

Paso 3: Se agregan las magnitudes de las reacciones en los apoyos a la Figura 11, con la finalidad de poder construir el diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores.

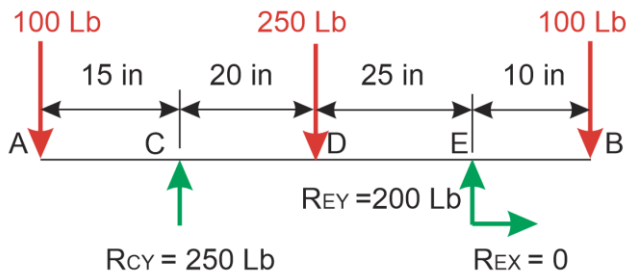


Figura 12. Diagrama de cuerpo libre de la viga

Paso 4: Para desarrollar los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores, es esencial realizar un análisis por secciones con el propósito de determinar tanto la magnitud de la fuerza cortante como el momento flector en cada una de ellas. A modo de ilustración, en la Figura 13 se exhibe el corte de la sección A-C

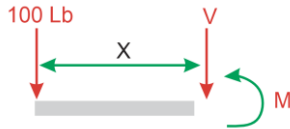


Figura 13. Diagrama de cuerpo libre de la viga

En el diagrama de cuerpo libre representado en la Figura 13, se aprecian dos fuerzas actuando en la dirección del eje Y. Para calcular la magnitud de V, es necesario realizar una suma de fuerzas en el eje Y, lo cual se expresa como $\Sigma F_Y = 0$ +↑, tal como se ilustra en la ecuación (6).

$$-100 - V = 0 \quad (6)$$

Al despejar la cortante V, se obtiene:

$$V = -100 \text{ Lb}$$

Para hacer la sumatoria de momentos, se considera que es positivo $\Sigma M = 0 + \curvearrowright$ en sentido antihorario. El resultado de la sumatoria de momentos se muestra en la ecuación (7)

$$100 \text{ Lb} \cdot X + M = 0 \quad (7)$$

Al despejar el momento, se obtiene:

$$M = -100 \text{ Lb} \cdot X$$

La sección A-C, está comprendida entre la sección de $0 \leq X \leq 15$ in, en la Figura 14 se muestra el diagrama de cuerpo libre

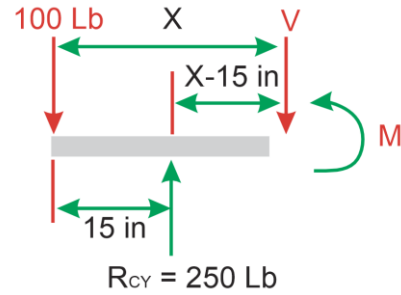


Figura 14. Sección de la viga A-C

En el diagrama de cuerpo libre representado en la Figura 14, se aprecian tres fuerzas actuando en la dirección del eje Y, de las cuales dos están en un ángulo de 270° y una en un ángulo de 90° en sentido antihorario. Para calcular la magnitud de V, es necesario realizar una suma de fuerzas en el eje Y, lo cual se expresa como $\Sigma F_Y = 0$ +↑, tal como se ilustra en la ecuación (8). Esto nos permite determinar el valor de V, que es fundamental para el análisis de fuerzas en esta sección de la viga.

$$-100 \text{ Lb} + 250 \text{ Lb} - V = 0 \quad (8)$$

Al despejar la magnitud de V, se obtiene:

$$V = 150 \text{ Lb}$$

Para hacer la sumatoria de momentos, se considera que es positivo $\Sigma M = 0 + \curvearrowright$ en sentido antihorario. El resultado de la sumatoria de momentos se muestra en la ecuación (9)

$$100X - (250 \text{ Lb})(X - 15 \text{ in}) + M = 0 \quad (9)$$

Al despejar el momento, se obtiene:

$$M = 150 \text{ Lb} \cdot X - 3750 \text{ Lb} \cdot \text{in}$$

La sección C-D, está comprendida entre la sección de $15 \leq X \leq 35$ in, en la Figura 15 se muestra el diagrama de cuerpo libre

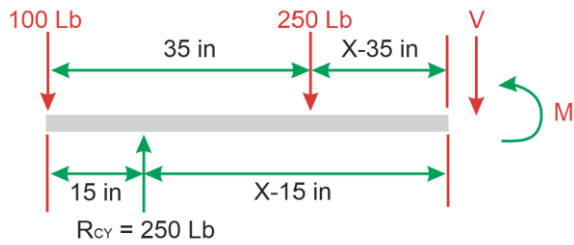


Figura 15. Sección de la viga C-D

En el diagrama de cuerpo libre representado en la Figura 15, se aprecian cuatro fuerzas actuando en la dirección del eje Y, de las cuales tres están en un ángulo de 270° y una en un ángulo de 90° en sentido antihorario. Para calcular la magnitud de V, es necesario realizar una suma de fuerzas en el eje Y, lo cual se expresa como $\Sigma FY = 0 + \uparrow$, tal como se ilustra en la ecuación (10). Esto nos permite determinar el valor de V, que es fundamental para el análisis de fuerzas en esta sección de la viga.

$$-100 \text{ Lb} + 250 \text{ Lb} - 250 \text{ Lb} - V = 0 \quad (10)$$

Al despejar la magnitud de V, se obtiene:

$$V = -100 \text{ Lb}$$

Para hacer la sumatoria de momentos, se considera que es positivo $\Sigma M = 0 + \curvearrowright$ en sentido antihorario. El resultado de la sumatoria de momentos se muestra en la ecuación (11)

$$100 \text{ Lb} \cdot X - (250 \text{ Lb})(X - 15 \text{ in}) + 250 \text{ Lb} \cdot X - 8750 \text{ Lb} \cdot \text{in} + M = 0 \quad (11)$$

Al despejar el momento, se obtiene:

$$M = -100X + 5000 \text{ Lb} \cdot \text{in}$$

La sección D-E, está comprendida entre la sección de $35 \leq X \leq 60 \text{ in}$, en la Figura 16 se muestra el diagrama de cuerpo libre

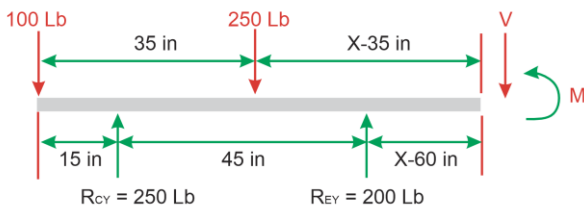


Figura 16. Sección de la viga D-E

En el diagrama de cuerpo libre representado en la Figura 16, se aprecian tres fuerzas actuando en la dirección del eje Y, de las cuales dos están en un ángulo de 270° y dos en un ángulo de 90° en sentido antihorario. Para calcular la magnitud de V, es necesario realizar una suma de fuerzas en el eje Y, lo cual se expresa como $\Sigma FY = 0 + \uparrow$, tal como se ilustra en la ecuación (12). Esto nos permite determinar el valor de V, que es fundamental para el análisis de fuerzas en esta sección de la viga.

$$-100 \text{ Lb} + 250 \text{ Lb} - 250 \text{ Lb} + 200 \text{ Lb} - V = 0 \quad (12)$$

Al despejar la magnitud de V, se obtiene:

$$V = 100 \text{ Lb}$$

Para hacer la sumatoria de momentos, se considera que es positivo $\Sigma M = 0 + \curvearrowright$ en sentido antihorario. El resultado de la sumatoria de momentos se muestra en la ecuación (13)

$$100X - (250 \text{ Lb})(X - 15) + (250 \text{ Lb})(X - 35) - (200 \text{ Lb})(X - 60) + M = 0 \quad (13)$$

Al despejar el momento, se obtiene:

$$M = 100X - 7000$$

Paso5: A partir de estos resultados se construye el diagrama de fuerza cortante y momento flector, proyectando líneas verticales donde se encuentran ubicadas las cargas y los apoyos de la Figura 12, considerando los datos obtenidos anteriormente. El resultado final se muestra en la Figura 16

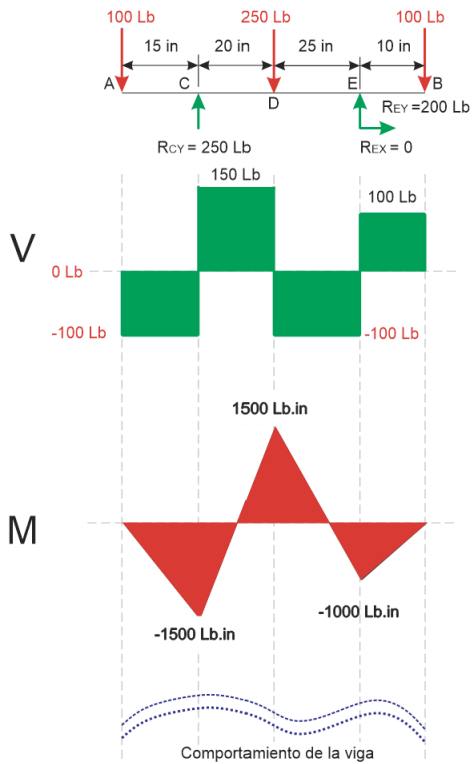


Figura 16. Diagrama de fuerza cortante-momento flexionante

De forma visual se obtienen, las respuestas: a) $V_{\max, \text{abs}} = 150 \text{ lb}$ y b) $M_{\max, \text{abs}} = 1500 \text{ lb.in}$

C. Programas de cómputo empleados para ingeniería asistida por computadora CAE

En la Tabla 1, se muestran los nombres con las descripciones de los programas más comunes para la ingeniería asistida por computadora

TABLA 1

Programas más comunes para la ingeniería asistida por computadora

Nombre	Descripción
SolidWorks	SOLIDWORKS es un software CAD 3D que permite modelar piezas y ensamblajes en 3D, así como crear planos en 2D. Ofrece soluciones integrales para el desarrollo de productos, permitiendo la creación, diseño, simulación, fabricación y gestión de datos del proceso de diseño de manera eficiente [15].
Solid Edge	Solid Edge, desarrollado por Siemens, es un conjunto de herramientas de software que abarca todas las etapas del proceso de desarrollo de productos, incluyendo diseño mecánico y eléctrico, simulación,

	manufactura, documentación técnica, gestión de datos y colaboración en la nube. Ofrece una solución integral e innovadora para el desarrollo de productos [16].
Inventor	Autodesk Inventor es un software profesional de diseño mecánico que abarca modelado 3D, simulación, visualización y documentación de productos. Facilita la integración de datos 2D y 3D en un entorno único, permitiendo la creación de representaciones virtuales. Mejora la eficiencia del equipo, planificación, gestión de proyectos y colaboración, garantizando la calidad del producto [17].
ANSYS	Ansys es un conjunto de software de simulación de ingeniería con más de 40 años de experiencia. Cubre diversas áreas de la física, como fluidodinámica, análisis estructural y electromagnetismo. Permite a las empresas reducir costos al realizar simulaciones detalladas en lugar de prototipos físicos, mejorando la eficiencia y fomentando la innovación[18].
Nastran	MSC Nastran es una destacada aplicación de análisis estructural con más de 50 años de experiencia en FEA. Es un estándar de la industria que permite a los ingenieros llevar a cabo análisis estáticos, dinámicos y térmicos, incluyendo optimización y análisis de fatiga, con alto rendimiento computacional [19].
Adams	Adams es el software de análisis de dinámica de múltiples cuerpos más utilizado a nivel mundial. Ayuda a ingenieros a estudiar la dinámica de piezas en movimiento, la distribución de cargas y fuerzas en sistemas mecánicos y optimizar el rendimiento de productos. Permite crear y probar prototipos virtuales con eficiencia, resolviendo ecuaciones de cinemática, estática, cuasiestática y dinámica. Además, mejora la precisión de análisis de elementos finitos (FEA) al calcular cargas y fuerzas en una amplia gama de movimientos y entornos [20].

D. Solución de ejercicio en SolidWorks

Paso 1: En la Figura 17 se muestra el resultado de establecer las condiciones iniciales para modelar el croquis de la viga.

- Seleccionar el sistema de unidades Inglesas IPS (pulgada, libra, segundo).
- Abrir un croquis en el plano de trabajo Planta.
- Dibujar una línea horizontal que parta del origen, ubicando un punto final en cada punto.
- Salir del croquis.

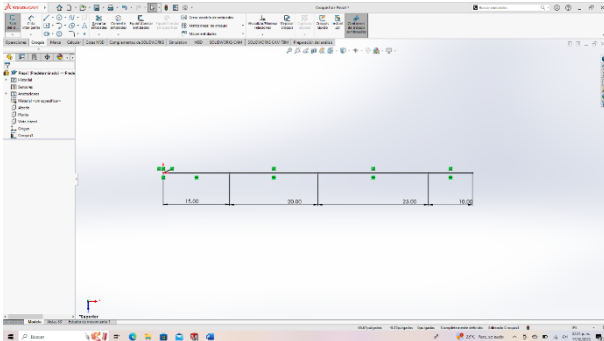


Figura 17 Modelado del croquis de la viga

Paso 2: La Figura 18, muestra los resultados obtenidos al aplicar el perfil estructural.

- Utilizar el comando estructural de los comandos de las Piezas Soldadas.
- Elegir el estándar ISO de los elementos estructurales.
- Ingresar el comando SB-Beam.
- Aplicar el comando estructural de 120 X 12.
- Confirmar al presionar el botón Aceptar

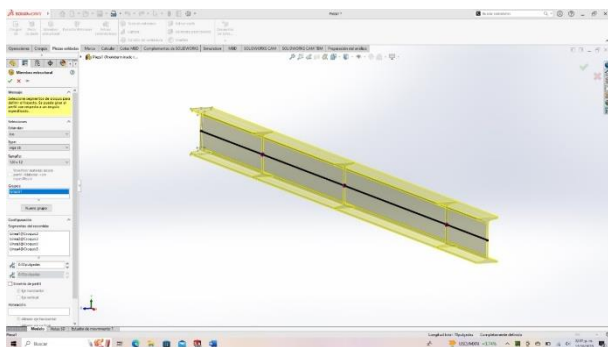


Figura 18 Modelado del perfil estructural de la viga

Paso 3: La Figura 19, muestra el aspecto de aplicar las cargas y apoyos en la viga.

- Iniciar el módulo SimulationXpress de SolidWorks.

- Escoger el análisis estático.
- Establecer la ubicación de los apoyos.
- Aplicar las cargas

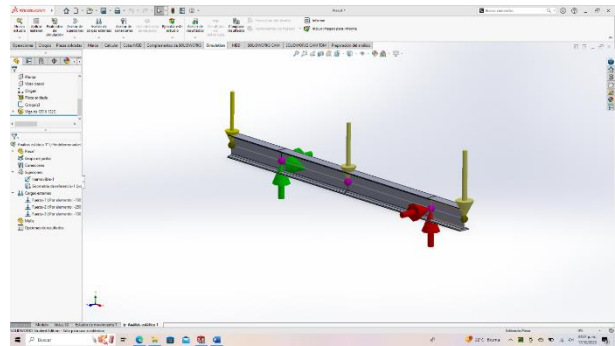


Figura 19 Apoyos y cargas aplicadas a la viga

Paso 4: La Figura 20 muestra el material que se aplicó a la viga

- Definir el material acero ASTM A36
- Aplicar el mallado solido en la viga

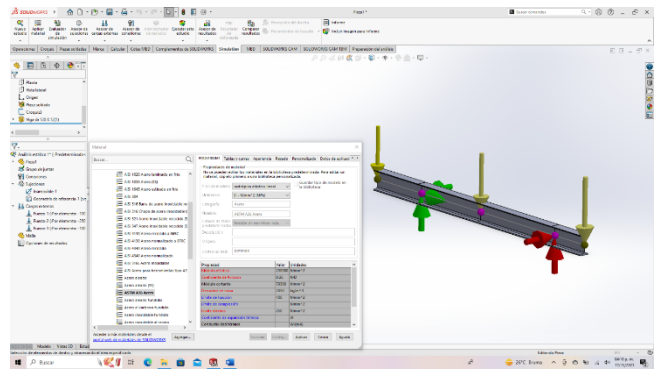


Figura 20 Asignar material ASTM a la viga

Paso 5: Las Figura 21 muestra los resultados obtenidos de la fuerza cortante y del momento flector.

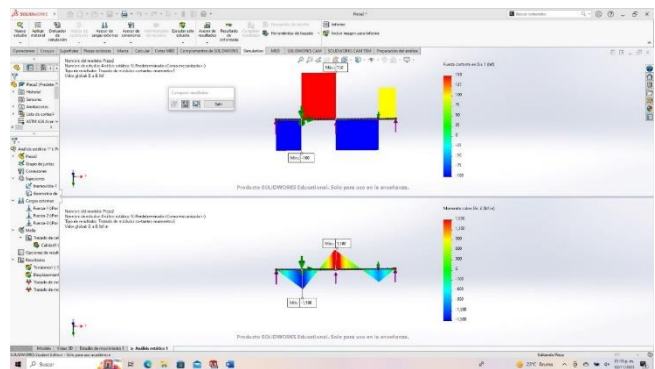


Figura 21 Fuerza cortante y momento flector máxima

IV. CONCLUSIONES

El estudio examinó el impacto de SolidWorks como herramienta de enseñanza en Ingeniería Mecánica. Los estudiantes, familiarizados con las TIC, mostraron un mayor interés en el análisis de flexión en vigas, lo que redujo la tasa de reprobación del tema "diagramas de fuerzas cortantes y momentos flexionantes en vigas" del 80% al 10%. Es importante enfatizar que, al ser resuelto por SolidWorks, aumentando la certidumbre y confianza en los resultados y reduce los tiempos. No obstante, es fundamental no prescindir de desarrollar la comprensión en el análisis de estructuras..

REFERENCIAS

- [1] “Ingeniería Asistida por Computadora: ¿que es y cómo funciona?”, ESSS. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.esss.co/es/blog/ingenieria-asistida-por-computadora-que-es-y-como-funciona/>
- [2] O. Rojas Lazo y L. Rojas Rojas, “Diseño asistido por computador”, *idata*, vol. 9, núm. 1, p. 007, mar. 2014, doi: 10.15381/idata.v9i1.5709.
- [3] “Universidad Tecmilenio || Certificado”. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://a14121-10879811.cluster211.canvas-user-content.com/courses/14121~4611/files/14121~10879811/course%20files/mn/mn13351/bb/tema15-1.htm>
- [4] “Ingeniería asistida por ordenador (CAE)”, Siemens Digital Industries Software. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-engineering-cae/13112>
- [5] admin, “¿ Qué es Ingeniería asistida por computadora? Una definición”, Goebel Engineering. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.goebel-engineering.com/es/que-es-ingenieria-asistida-por-ordenador/amp/>
- [6] jorge O. M. Vallecilla, “Visualización, experimentación y discusión: estrategia didáctica en la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de materiales”, *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 13, núm. 26, Art. núm. 26, ago. 2018, doi: 10.26507/rei.v13n26.896.
- [7] “Vista de Implementación de un software educativo para la enseñanza y aprendizaje de resistencia de materiales en ingeniería mecánica”. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/2122/2027>
- [8] “‘La educación superior debe adaptarse a las necesidades de las personas’ - IPEE UNESCO”. Consultado: el 7 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.buenosaires.iiep.unesco.org/es/portal/la-educacion-superior-debe-adaptarse-las-necesidades-de-las-personas>
- [9] F. E. Mori Escobar, “Uso educativo de TIC y aprendizaje significativo en estudiantes de Ingeniería Electrónica de Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 2020”, Repositorio Institucional - UCV, 2020, Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47867>
- [10] J. C. Rosete Fonseca, V. M. Díaz de León Santiago, y V. Levi González Ajuech, *Mecánica de materiales: teoría y aplicaciones*. Grupo Editorial Patria, 2018. Consultado: el 31 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/itcg/40533>
- [11] “FUERZAS DISTRIBUIDAS. CENTROIDES”. Consultado: el 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://cv.udl.cat/cursos/101606gea/continguts/modul1_nou/tema5.htm
- [12] B. J. Goodno y J. M. Gere, *Mecánica de materiales*. Cengage Learning, 2016. Consultado: el 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/itcg/93273>
- [13] U. de Guanajuato, “Clase digital 10. Diagramas de fuerza cortante y momento flector”, Recursos Educativos Abiertos. Consultado: el 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-10-diagramas-de-fuerza-cortante-y-momento-flector/>
- [14] B. Ferdinand, *Mecánica De Materiales*. 2018.
- [15] “SOLIDWORKS - Qué es y para qué sirve”, SolidBI. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://solid-bi.es/solidworks/>
- [16] “Solid Edge | Siemens Digital Industries Software”. Consultado: el 11 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://blogs.sw.siemens.com/solidedge/>
- [17] “Autodesk Inventor | ASIDEK Platinum Partner Autodesk”, ASIDEK. Consultado: el 11 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.asidek.es/industria-y-fabricacion-2/autodesk-inventor/>
- [18] “Ansys | Software de Simulación”, Integral Innovation Experts. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://integralplm.com/ansys/>
- [19] “MSC Nastran”, Hexagon. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hexagon.com/es/products/product-groups/computer-aided-engineering-software/msc-nastran>

[20] “Adams student edition”, Hexagon. Consultado: el 10 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hexagon.com/products/adams-student-edition>

Biografía Autores

Baltazar, R.J.R.E. Profesor, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: j.br@cdguzman.tecnm.mx, Maestro en Enseñanza de las Ciencias. Docente del Departamento de Metal Mecánica.

Murguía, P.D. Profesor, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: daniel.mp@cdguzman.tecnm.mx, Maestría en Administración egresado del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. Docente del Departamento de Ingeniería Mecánica.

Ernesto C.Z. Profesor y Jefe del departamento del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: ernesto.cz@cdguzman.tecnm.mx, Maestría en Diseño Mecánico egresado de la Universidad de Guanajuato. Docente del Departamento de Ingeniería Mecánica.

González, V.L.G. Profesor, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: luis.gv@cdguzman.tecnm.mx, Maestro en Enseñanza de las Ciencias. Docente del Departamento de Ingeniería Industrial.

Villalvazo, R.J.B. Profesor de Asignatura, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: jose.vr@cdguzman.tecnm.mx, Maestría en Tecnologías para el aprendizaje egresado del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Docente del Departamento de Ingeniería Industrial.

Jean D.C.G., R.E. Estudiante, del Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán, Jalisco, C.P 49000 email: 120290887@cdguzman.tecnm.mx, Estudiante de Ingeniería Mecánica.