



# Title: Análisis de sistema mecánicos utilizando sistemas CAE, para estudiantes de Ingeniería Mecatrónica

**Authors:** HERNANDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo, CANO-CORONA, Ariana, PEREZ-SERRANO, Froylán y MENDEZ-ZAPATA, Elías

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2020-04  
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

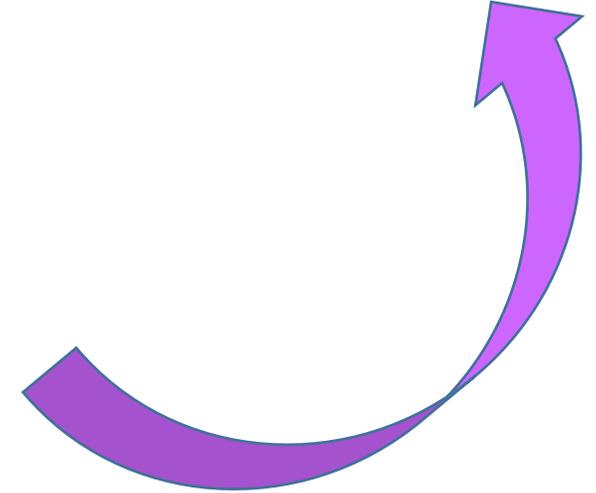
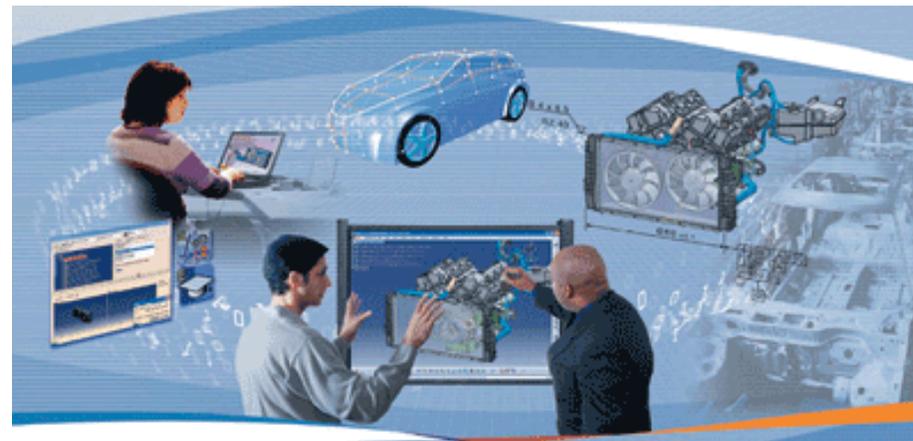
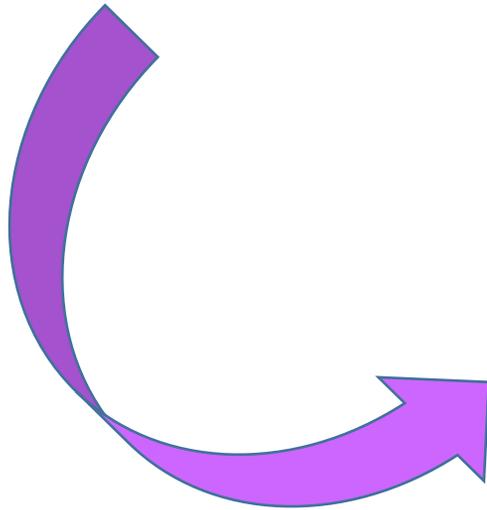
Pages: 10  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Introducción



**Figura 1** Herramientas teóricas y de simulación para análisis de sistemas mecánicos. *Fuente: elaboración propia*

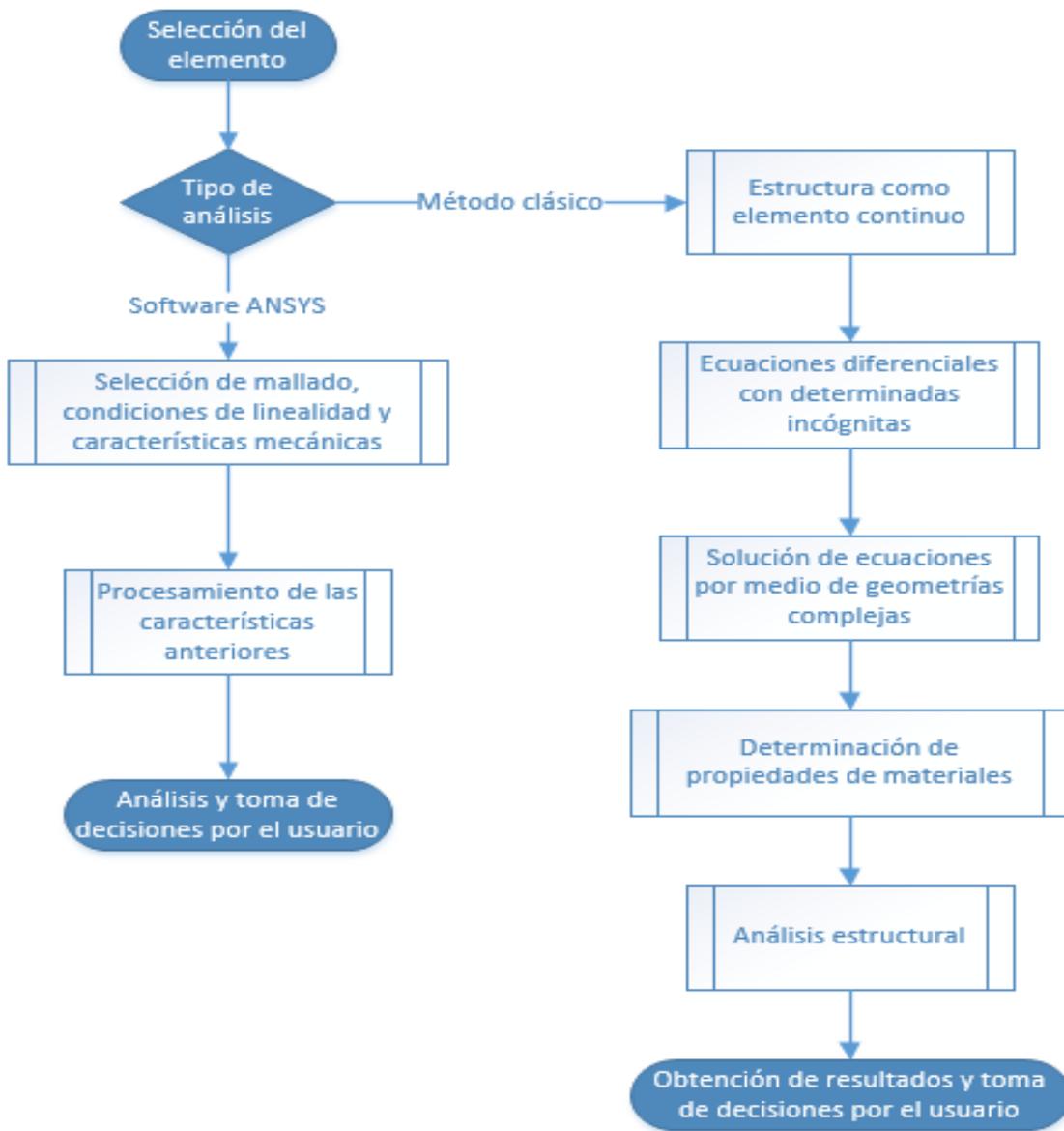
	Software	Características
1	Abaqus Simulia	Programa CAE de cálculo por elementos finitos de propósito general.
2	Algor	Solución para aplicaciones de ingeniería orientada a análisis computacional multifísica.
3	Ansys	<b>Programa CAE para diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos FEA</b> , a través del malleo, ejecución y post proceso, ejecuta el análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos y diseño mecánico, resuelve problemas físicos sometidos a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración y aplicaciones específicas.
4	Autodesk Simulation	Programa que valida y optimiza sus diseños, simula el diseño a esfuerzos virtuales para predecir su comportamiento en el mundo real.
5	Caedium Symlab	Solución de análisis para resolver problemas de ingeniería a través de la optimización de modelos 3D.
6	Comsol Multiphysics	Software CAE para modelado, análisis y simulación de fenómenos físicos 3D en ingeniería.
7	Fe pipe	Software para análisis por el método de elementos finitos pero usado exclusivamente para <b>tubería y recipientes a presión.</b>
8	Femap	Programa de simulación y análisis FEA, con pre y post proceso para estimar el desempeño en el desarrollo y diseño de productos.
9	LS-Dyna	Programa que resuelve análisis dinámico CAE de modelos 3D por el método de elementos finitos, para problemas reales, modelos complejos no lineales y cuerpos rígidos.
10	MSC Software	Ofrece una solución completa para problemas de ingeniería usando simulación y análisis CAE.

**Tabla 1** Características de los principales softwares para análisis y simulación en ingeniería, *elaboración propia*

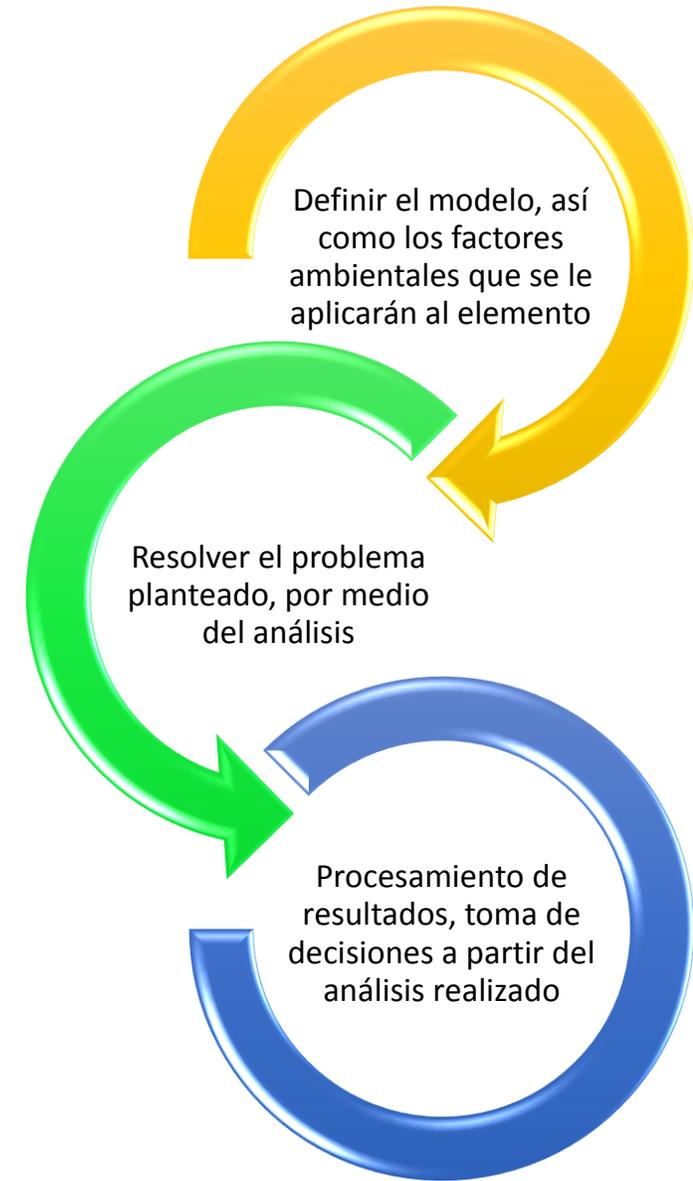
En la tabla, se muestra un comparativo de las principales características de los softwares basados en herramientas CAE, sin embargo la mayoría de ellos requieren de licencias a un costo elevado que las instituciones de educación superior no pueden solventar, de esta forma con el uso del software ANSYS se promueven metodologías de simulación que fomentan un aprendizaje significativo en los futuros profesionales.

Es importante destacar que el uso de este programa no solo se limita al cálculo de algoritmos, ya que también se obtienen resultados numéricos que permiten un análisis más integral para la toma de decisiones, en el área de Ingeniería Mecatrónica como en la simulación de flujo de fluidos, análisis de esfuerzos estructurales, transferencia de calor y determinación de secuencias mecánicas.

# Propuesta



**Figura 2** Diseño en 3D del transportador modular, *elaboración propia*



**Figura 3** Tres fases en el análisis de ingeniería asistida por computadora, *elaboración propia*

# Aplicación

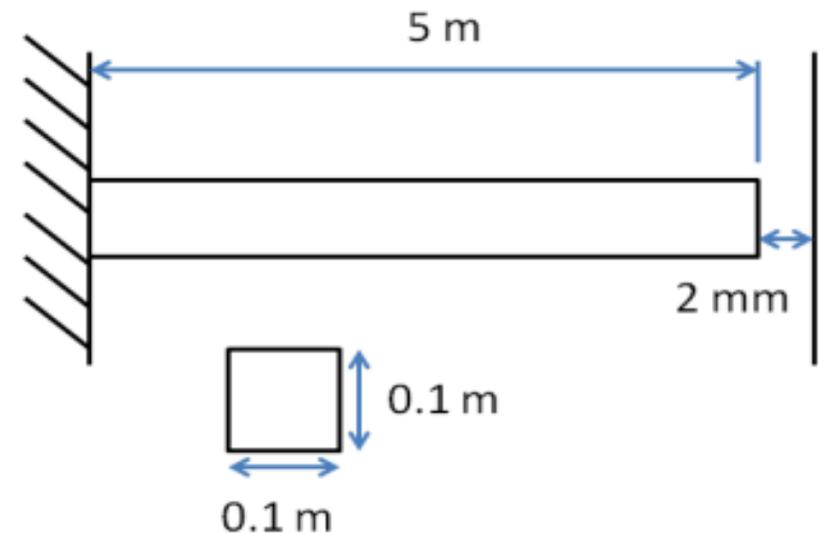
El planteamiento del problema es el siguiente; una barra de acero ( $E = 2.0E10$  Pa,  $\nu = 0.3$ ,  $\alpha = 1.2E-5$ ) con las dimensiones que se muestran se coloca entre dos paredes. Por un lado, la barra está rígidamente fijada a la pared y por el otro, hay un espacio de 2 mm entre la pared y la barra. ¿Cuál es el esfuerzo en la barra después de que aumenta la temperatura  $100$  °C ?

Determinar si la expansión de la barra es mayor que el espacio libre entre la barra y la pared  $x = 0.002$  metros.

$$\delta_T = \alpha L \Delta T \quad (1)$$

Si  $\delta_T > x$ , entonces sabemos que habrá tensión en la barra. De lo contrario, el esfuerzo en la barra  $\sigma_{xx} = 0$ . Insertando los valores, encontramos:

$$\delta_T = (1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(5 \text{ m})(100 \text{ } ^\circ\text{C}) = .006 \text{ m} > .002 \quad (2)$$



**Figura 4** Descripción de la viga en voladizo, *Elaboración propia*

# Aplicación

Podemos dividir aún más el problema en esta ecuación.

$$\delta_T = x + \delta_\sigma \quad (3)$$

Donde  $\delta_T$  es la contribución de deformación del cambio de temperatura y  $\delta_\sigma$  es la contribución de deformación de la fuerza impartida por la pared sobre la barra. Por lo tanto

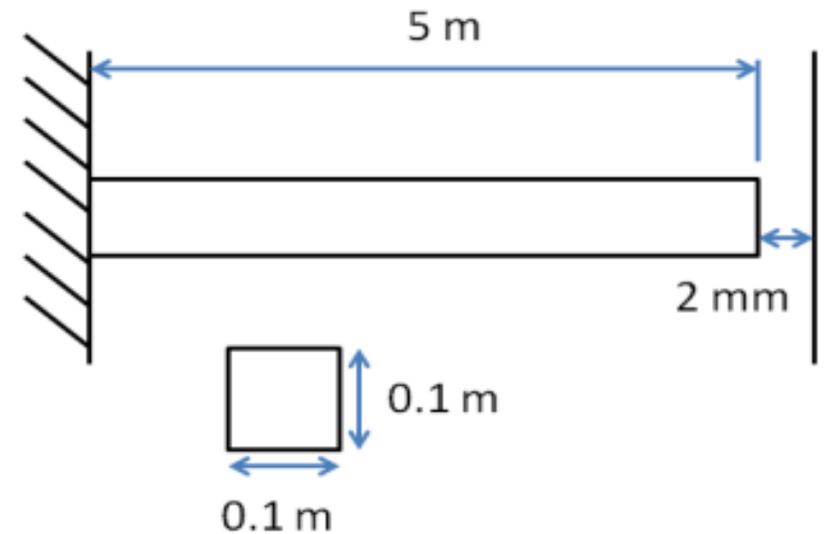
$$\alpha L \Delta T = x + \frac{PL}{EA} \quad (4)$$

Sustituyendo  $\sigma_{xx} = \frac{P}{A}$ , obtenemos una ecuación solucionable

$$\alpha L \Delta T = x + \frac{\sigma_{xx} L}{E} \quad (5)$$

Resolviendo para  $\sigma$ , encontramos que

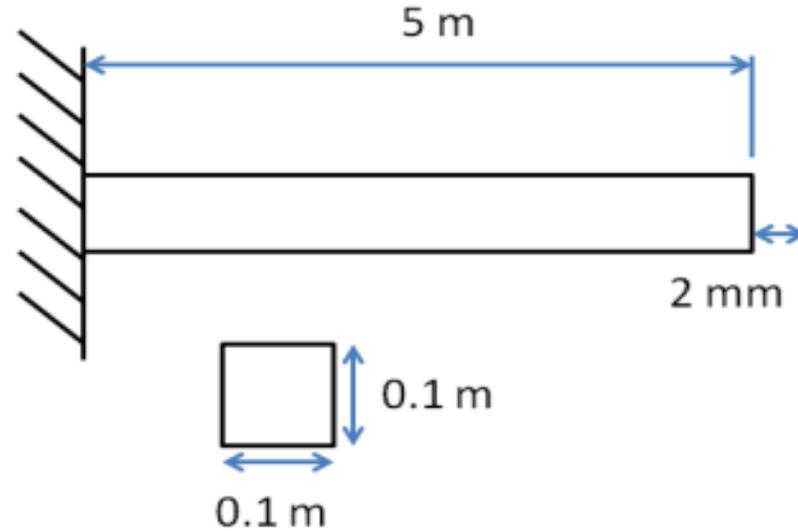
$$\sigma_{xx} = \alpha E \Delta T - \frac{x E}{L} \quad (6)$$



**Figura 4** Descripción de la viga en voladizo, *Elaboración propia*

# Aplicación

**Figura 4** Descripción de la viga en voladizo, *Elaboración propia*



Después de sustituir, encontramos

$$\sigma_{xx} = (1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})(2 \times 10^{11} \text{ Pa})(100^\circ\text{C}) - \frac{.002 \text{ m}(2 \times 10^{11} \text{ Pa})}{5 \text{ m}} \quad \dots (7)$$

$$\sigma_{xx} = 160 \text{ MPa} \quad (8)$$

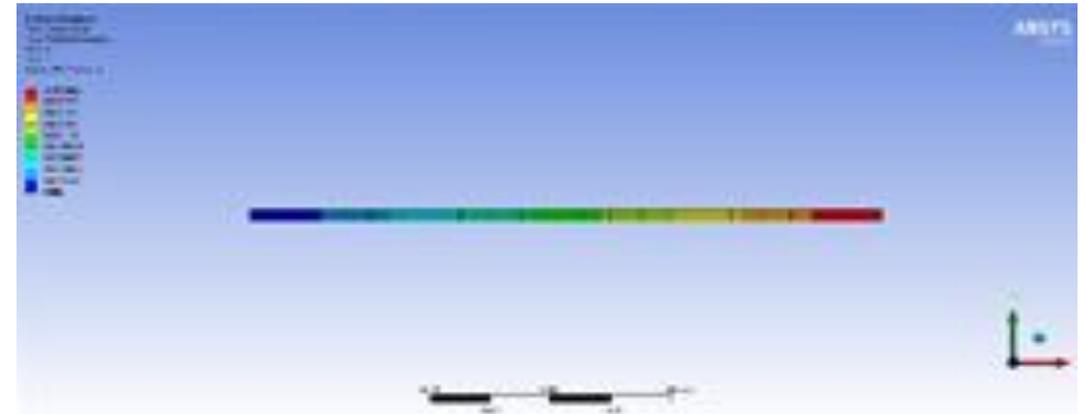
# Resultados

Se utilizó la simulación en ANSYS Workbench para mostrar la rapidez y ventajas de las herramientas CAE en la formación de los futuros ingenieros mecatrónicos.

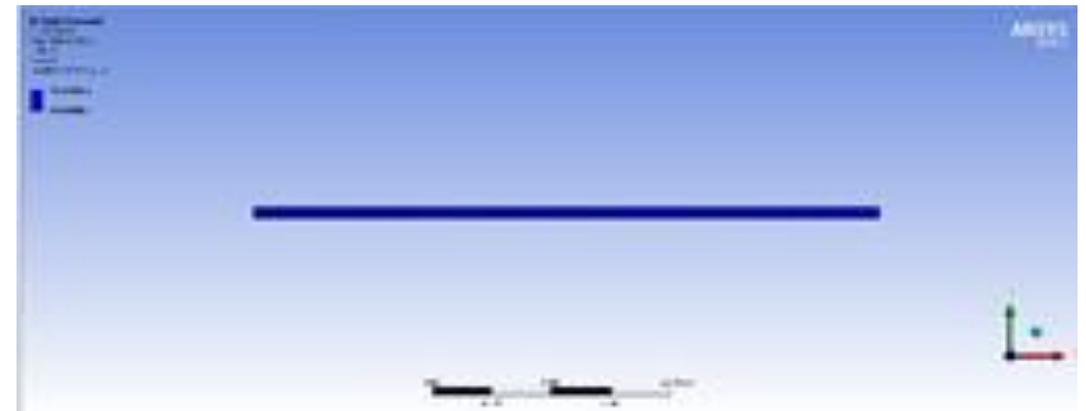
La temperatura obtenida fue de 122 grados centígrados, que es lo que se esperaba con los cálculos tradicionales y lo podemos observar en las figuras.



**Figura 5** Temperatura obtenida de la viga. *Análisis propio con Ansys*



**Figura 6** Deformación total de la viga. *Análisis propio con Ansys*



**Figura 7** Resultado del esfuerzo Normal. *Análisis propio con Ansys*

# Conclusiones

Con este trabajo se observa y muestra que las tecnologías de los sistemas de ingeniería asistida por computadora CAE como herramienta educativa en los estudiantes de ingeniería mecatrónica presenta varias ventajas. El uso de esta herramienta en diversos sistemas permite que de manera gráfica los alumnos tengan una referencia de las condiciones de operación y en su caso de falla de los elementos o sistemas para así poder optimizar los sistemas o procesos antes de fabricarlo.

Estas herramientas tecnológicas se encuentran ya en una fase de madurez en varias asignaturas de la carrera de ingeniería mecatrónica, ya que su utilidad es indiscutible y han abierto muchas posibilidades para el rediseño y fabricación que serían impensables sin estas herramientas.

La aplicación comercial de los diferentes softwares CAE, como Ansys ha sido de ayuda invaluable, porque permite a ingenieros y estudiantes la misma oportunidad de desarrollar proyectos de gran complejidad. Es importante destacar que este tipo de herramientas también facilita el proceso de simulación de los ensamblajes de los proyectos interdisciplinarios que se realizan por parte de los alumnos al término de cada cuatrimestre, promoviendo el logro de las competencias propuestas para cada ciclo de formación.

Finalmente consideramos que de acuerdo con la demanda del sector laboral de la región, es recomendable que los alumnos dominen el uso de estas herramientas de diseño para solventar las necesidades profesionales de los diferentes sectores industriales.

# Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Politécnica de Tlaxcala, por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo.

# Referencias

Cano Corona A., Hernández Zempoaltecatl R. (2016) Análisis de esfuerzos en ensamblajes mecánicos, utilizando ANSYS. *Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com*, Tlaxcala, México.

David W. Nicholson. Finite Element Analysis  
Thermomechanics of Solids. 2003 by CRC CRC Press LLC

Gary B. Bertoline. Technical graphics communication. Fourth edition. Copyright © 2009 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Hamri, Okba & Léon, Jean-Claude & Giannini, Franca & Falcidieno, Bianca. (2010). Method, models and tools for CAD-CAE integration. *Recent Patents on Mechanical Engineering*. 3. 106-130.

Hernández Zempoaltecatl R., Cano Corona A., Mendez Zapata E. y Pérez Serrano F. Análisis bi-dimensional de una viga, por el método de aproximaciones planas, usando ANSYS. *Revista de Tecnología e Innovación*. 2017, México.

James D. Bethune. Engineering Design and Graphics with SolidWorks® 2019. Pearson Education.

Larry J. Segerlind. Applied Finite Element Analysis. Second Edition 1984 by Jhon Wiley & Sons, Inc.

Shigley J.E., Mitchell Larry D. Mechanical Engineering Design. Mc Graw Hill. Cuarta edición. México, (1986).

Steven R. Schmid, Bernard J. Hamrock., Bo O. Jacobson. Fundamentals of Machine Elements. Third Edition



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)