

## Análisis bi-dimensional de una viga, por el método de aproximaciones planas, usando ANSYS

HERNÁNDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo\*†, CANO-CORONA, Ariana, MENDEZ-ZAPATA, Elías y PEREZ-SERRANO, Froylan

*Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Tlaxcala*

Recibido Febrero 15, 2017; Aceptado Agosto 29, 2017

### Resumen

El propósito de este trabajo es mostrar la forma en que afectan los supuestos comportamientos planos en los resultados de análisis en la flexión de una viga simple. El esfuerzo plano y su deformación generan límites en el comportamiento tridimensional real, por lo tanto los análisis por el método de aproximaciones planas, representan ventajas importantes ya que al usar solamente una pequeña porción del elemento real se pueden generalizar los resultados, obteniendo beneficios a nivel teórico y computacional. En el desarrollo del trabajo, se muestran una serie de resultados utilizando el software ANSYS que de no ser interpretados de forma adecuada, pueden llevar a los estudiantes a "converger" en resultados incorrectos o inexactos en un alto porcentaje. Por lo tanto, al final del trabajo se muestra que en ocasiones las teorías simplificadas suelen ser limitantes, sin embargo si las geometrías se presentan de forma clara y sin ambigüedades se puede llevar a cabo un análisis en dos dimensiones, que de forma generalizada se pueda aplicar para el objeto (en este caso la viga) de forma real y completa.

### Análisis, ANSYS, aproximaciones planas

### Abstract

The purpose of this paper is to showcase how the manner in which assumptions of planar behavior affect the results of analyses in simple beam bending. The plane stress and plane strain assumptions lead to bounds on the actual three-dimensional behavior yet this deceptively simple analysis to perform is not so readily validated by beginners who are not well-versed in when the planar approximations are reasonable to apply. In the development of the work, a series of results are shown using ANSYS software that, if not interpreted properly, can lead students to "converge" on incorrect or incorrect results in a high percentage. Therefore, at the end of the work it is shown that sometimes simplified theories are usually limiting, however if the geometries are presented in a clear and unambiguous way can be carried out a two-dimensional analysis, which can be generalized Apply to the object (in this case the beam) in a real and complete way.

### Analysis, Ansys, Planar approximations

**Citación:** HERNÁNDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo, CANO-CORONA, Ariana, MENDEZ-ZAPATA, Elías y PEREZ-SERRANO, Froylan. Análisis bi-dimensional de una viga, por el método de aproximaciones planas, usando ANSYS. Revista de Tecnología e Innovación 2017, 4-12: 49-54.

\* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: rodrigo.hernandez@uptlax.edu.mx,)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El propósito de este trabajo es mostrar de que forma afectan los supuestos comportamientos planos en los resultados de análisis en la flexión de una viga simple. El esfuerzo plano y las suposiciones de la deformación plana conducen a los límites en el comportamiento tridimensional real sin embargo este análisis puede ser no tan claro y no es tan fácil de interpretar por quienes no saben aplicar las aproximaciones planas.

Este análisis culmina en una serie de resultados que pueden llevar a un estudiante a "converger" en un resultado sustancialmente incorrecto que es inexacto en más del 100%. El punto de este trabajo es hacer que se convengan de que las teorías simplificadas suelen ser limitantes y que las geometrías que no se prestan de forma clara y sin ambigüedad prestan obviamente un límite.

Además, la sensación intuitiva para hacer y aplicar estas simplificaciones a menudo elude a los principiantes. De esta manera, este tutorial es un ejercicio de precaución en la interpretación de los resultados.

## Análisis de la viga

Se analizara una viga simplemente apoyada de sección transversal rectangular tiene una carga aplicada en un punto elegido arbitrariamente a lo largo de su sección transversal.

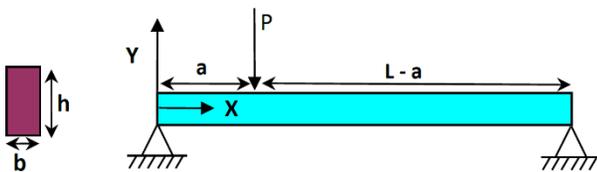


Figura 1 Viga de sección transversal rectangular

El material es un acero estructural con un Modulo de Young  $E = 2.9 \times 10^7$  psi, y una relación de Poisson de 0.3. Utilizando Ansys encontrar la solución por Elementos Finitos para deflexión máxima no dimensionalizada definida como:

$$\frac{v_{max}}{PL^3/(EI)} \quad (1)$$

## Pre-análisis de la viga

Es recomendable realizar algunas estimaciones de la espalda de la envolvente de los resultados esperados antes de lanzar en su solución informática. Aquí esto se puede hacer usando la teoría de Euler-Bernoulli. Calcular la flexión máxima no dimensionalizada esperada a partir de la teoría E-B.

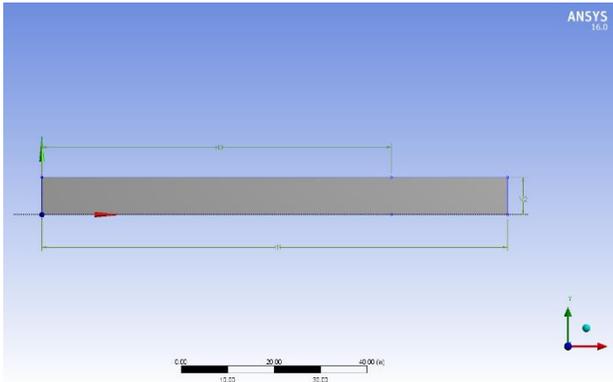
$$\text{Momento Máximo} = \frac{P}{L}(L-a) \quad x = a \quad (2)$$

$$\text{Deflexión máxima transversal} = \frac{-Pa}{3EI} \left( \frac{L^2 - a^2}{3} \right)^{3/2} \quad x = L - \sqrt{\frac{L^2 - a^2}{3}} \quad (3)$$

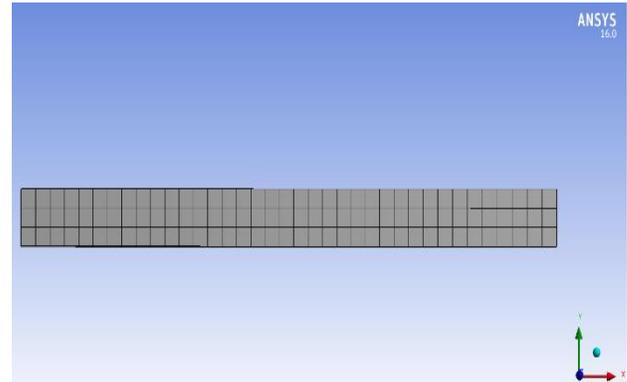
Posteriormente vamos a comparar estos resultados con ANSYS. Además, se enumera los supuestos incluidos en el resultado de la teoría. Estos serán importantes a considerar cuando criticamos la comparación entre la teoría de la viga y los resultados de elementos finitos más adelante.

## Geometría de la viga

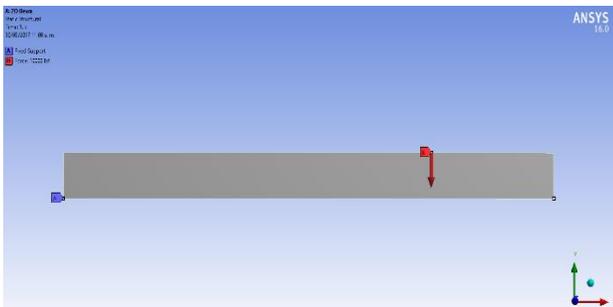
Primero crearemos un croquis y luego un "solido de superficie" del croquis. El "solido de superficie" no es más que un área a la cual podemos enmarcar y aplicar condiciones de frontera.



**Figura 2** Restricciones y dimensiones de la viga



**Figura 4** Mallado en la sección transversal



**Figura 3** Soportes y cargas que actuarán sobre la viga

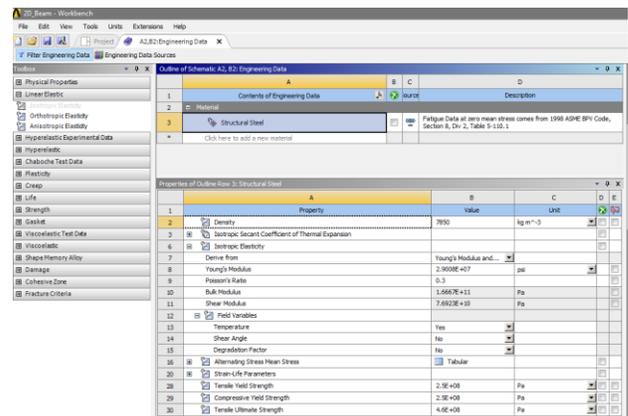
### Mallado de la viga

Para este ejemplo, utilizaremos elementos "Q4", es decir, elementos cuadriláteros con 4 nodos para cada elemento, uno en cada esquina. Resulta que los elementos cuadriláteros en la malla obtenida anteriormente tienen nodos de lado medio además de los nodos de esquina. Así que estos elementos son elementos "Q8" con un total de 8 nodos para cada elemento.

En el procedimiento, eliminamos los nodos del lado medio para obtener elementos "Q4" (en la biblioteca de elementos ANSYS, estos se denominan PLANO 182). Tenga en cuenta que los nodos del lado medio proporcionan mayor precisión, por lo que en el mundo real, no se soltarían los nodos del lado medio a menos que tuviera una razón convincente para hacerlo. Aquí lo hacemos con fines de aprendizaje.

### Configuración del elemento

Aquí se especifica las condiciones físicas del problema: aproximación del esfuerzo plano, propiedades del material (módulo de Young y relación de Poisson) y condiciones de contorno. Estos ajustes se introducen en la formulación del elemento al obtener la solución numérica posteriormente.



**Figura 5** Configuración de las propiedades del elemento (propiedades mecánicas)

### Solución numérica

A continuación se muestra la solución numérica donde el solver de ANSYS formará la matriz de rigidez para cada elemento, montará la matriz de rigidez global y la invertirá para obtener los desplazamientos nodales.

Figure 182.1: PLANE182 Geometry

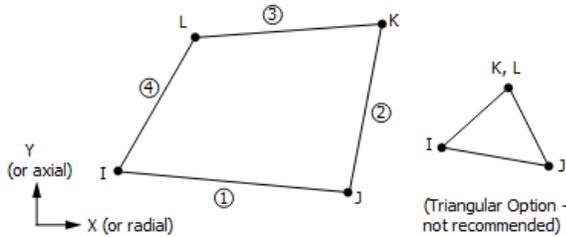


Figura 6 Caracterización de los nodos

Resultados

Ahora se muestra cómo trazar el croquis deformado y usarlo para comprobar si las condiciones de contorno (restricciones de desplazamiento y carga puntual) se han aplicado correctamente.

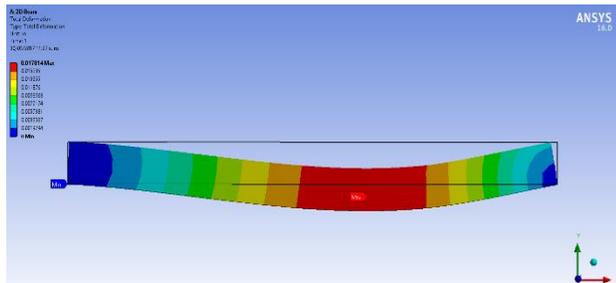
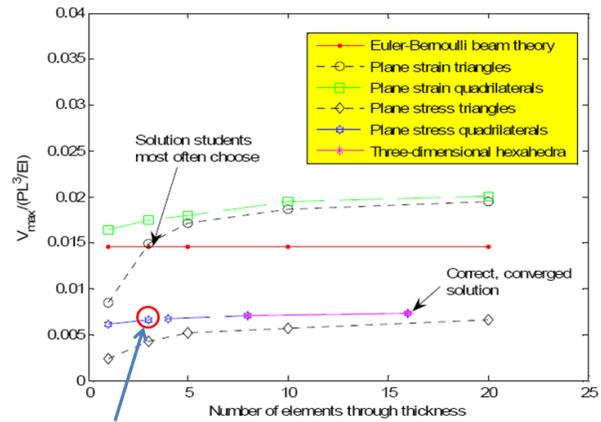


Figura 7 Deformación total del elemento

Como hemos visto, la deformación máxima es de 0.0178 ", a partir de lo cual podemos calcular la deformación máxima normalizada que, si se recuerda, se define como sigue:

$$\frac{v_{max}}{PL^3/(EI)} \quad (4)$$

La deformación máxima normalizada resulta ser 0,0066. Este resultado se compara con diversos métodos de análisis alternativos en 2D, 1D y 3D como se muestra en la siguiente figura.



2D Plane stress solution

Figura 8 Comparación del comportamiento del elemento

A continuación se muestra cómo recalcular los resultados en una malla refinada.

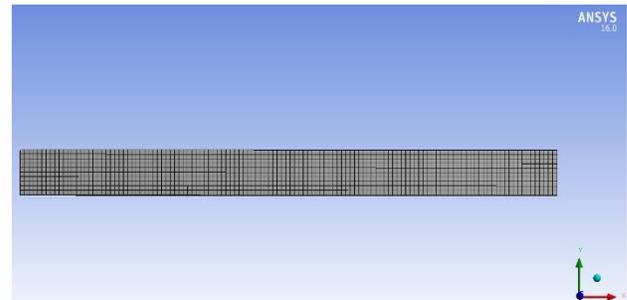


Figura 9 Re-configuración a un mallado mas fino

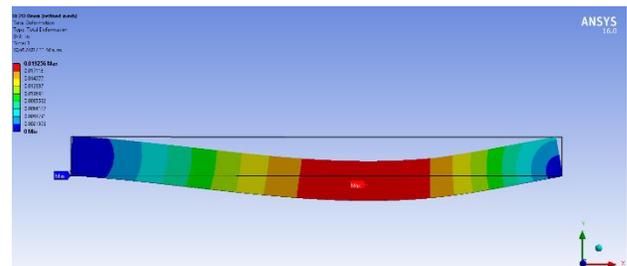


Figura 10 Deformación total del elemento después de la re-configuración del mallado

Agradecimiento

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

HERNÁNDEZ-ZEMPOALTECATL, Rodrigo, CANO-CORONA, Ariana, MENDEZ-ZAPATA, Elías y PEREZ-SERRANO, Froylan. Análisis bi-dimensional de una viga, por el método de aproximaciones planas, usando ANSYS. Revista de Tecnología e Innovación 2017.

A los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, que con sus vivencias y experiencias profesionales, nos motivan a ser mejores docentes cada día.

### Conclusiones

La simulación de una viga se puede realizar utilizando una variedad de elementos: elementos de viga unidimensionales, triángulos de deformación planos, cuadriláteros de deformación plana, triángulos de esfuerzo plano, cuadriláteros de esfuerzo plano y elementos tridimensionales. Los resultados para la deformación máxima transversal se presentan en las imágenes. Todos los resultados se presentan en forma adimensional, normalizados por la deformación característica, definida en la sección donde se dan las especificaciones del problema.

De acuerdo con estos resultados, y aun creyendo que la teoría de Euler-Bernoulli para vigas es correcta, el analista vería que la máxima deflexión transversal convergente proyectada por las condiciones de tensión planas subestima la deformación proyectada por la teoría para vigas de Euler-Bernoulli en casi 50%. En comparación, la máxima deformación transversal convergente proyectada por las condiciones de deformación planas sobreestiman la predicción de la teoría de Euler-Bernoulli en un 40%.

El analista también se da cuenta de que los resultados convergentes de los elementos de cubicos tridimensionales parecen estar de acuerdo con los resultados del esfuerzo plano convergente, pero que un ejemplo de malla gruesa del modelo de cepa plana parece estar de acuerdo con el esperado Euler-Bernoulli Teoría de vigas.

Las consecuencias de tener este análisis equivocado, en este caso, puede ser de gran alcance. El analista que insiste en atenerse a la teoría vigas de Euler-Bernoulli no sólo persistirá con ese error, sino que como consecuencia podría asumir malos juicios, como creer, como es evidente en este caso, que una malla relativamente gruesa bajo deformación plana.

### Referencias

Cano Corona A., Hernández Zempoaltecatl R. "Análisis de esfuerzos en ensamblajes mecánicos, utilizando ANSYS" *Congreso Internacional de Investigación de AcademiaJournals.com*, Tlaxcala, México 16 de Marzo de 2016.

Friedel Hartmann Casimir Katz. *Structural Analysis with Finite Elements*. Springer.

Gilbert Strang, George J. Fix. *An Analysis of the Finite Element Method*. Prentice-Hall, Inc.

G. R. Liu S. S. Quek. *The Finite Element Method: A Practical Course*. Butterworth-Heinemann An imprint of Elsevier Science Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP.

Jacob Fish, Ted Belytschko. *A First Course in Finite Elements*. JohnWiley & Sons, Ltd.

Kenneth H. Huebner, Earl A. Thornton. *The Finite Element Method for Engineers*. John Wiley & Sons.

Klaus-Jürgen Bathe. *Finite Element Procedures in engineering Analysis*. Prentice-Hall., Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Larry J. Segerlind. *Applied Finite Element Analysis*. John Wiley and Sons.

O.C. Zienkiewics & R.L. Taylor. The Finite Element Method For Solid and Estructural Mechanics. Elsevier Science & Technology Books.

Puebla Romero, T., C. Dominguni y T. T. Micrognelli. "Situaciones inesperadas por el uso de las ecuaciones libres en la industria cocotera," *Congreso Anual de Ingeniería Mecánica*, Instituto Tecnológico y Científico Gatuno, 17 de Abril de 2005.

Robert D. Cook, David S. Malkus. Concepts and Applications of Finite Element Analysis. Wiley, John Wiley & Sons.

Roger T. Fenner. Finite Element Methods for Engineers. First published 1975 by The Macmillan Press LTD.

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

Singiresu S. Rao. The Finite Element Method in Engineering. Elsevier Science & Technology Books.

Y. Nakasone and S. Yoshimoto, T. A. Stolarski. Engineering Analysis with Ansys Software. Elsevier.