



Predicción de la Distorsión en Estructuras Soldadas utilizando el Método Elástico de Elementos Finitos

Dr. Adán Vega Sáenz



CONTENIDO

1. Introducción
2. Distorsión inducida por la soldadura
3. Métodos para Predecirla
 - Método Experimental
 - Modelos de Redes Neuronales
 - Método termo - elástico Plástico de elementos finitos
 - **Método Elástico de elementos finitos**
4. Aplicación del método al estudio de estructuras soldadas en automóviles
5. Comentarios finales



INTRODUCCIÓN



Importancia de la soldadura



Naval



Automotriz



Aeroespacial



Retos de la construcción soldada

1. Utilizar espesores de plancha mas delgados para reducir peso y aumentar velocidad.



2. La reducción de los espesores nos lleva a mayores distorsiones de las estructuras.



3. Se necesita entonces invertir mucho mas dinero en corregir estas distorsiones



4. Se requiere el desarrollo de herramientas que nos permitan minimizar estas distorsiones durante el proceso de diseño (predecirlas)



Los costos adicionales producidos por las distorsiones inducidas por la soldadura alcanza hasta: \$3Millones/barco

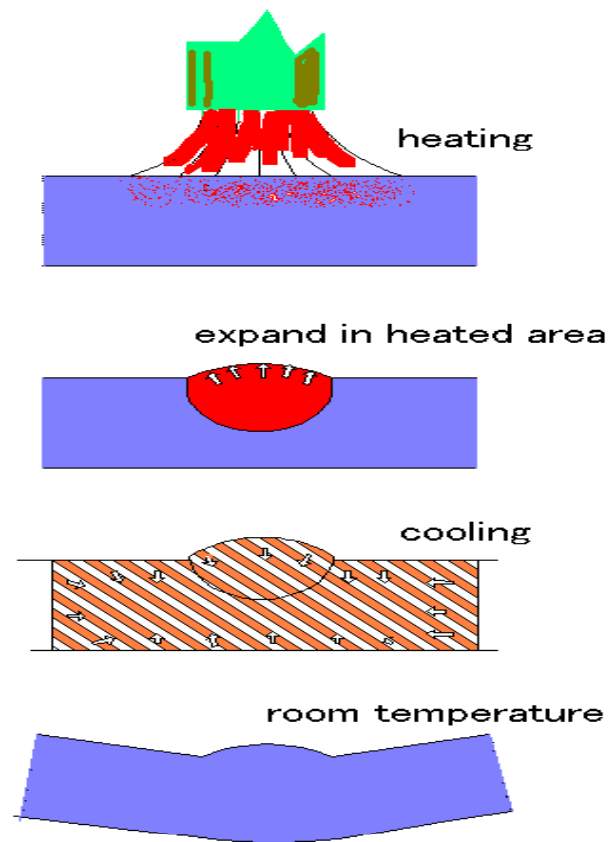


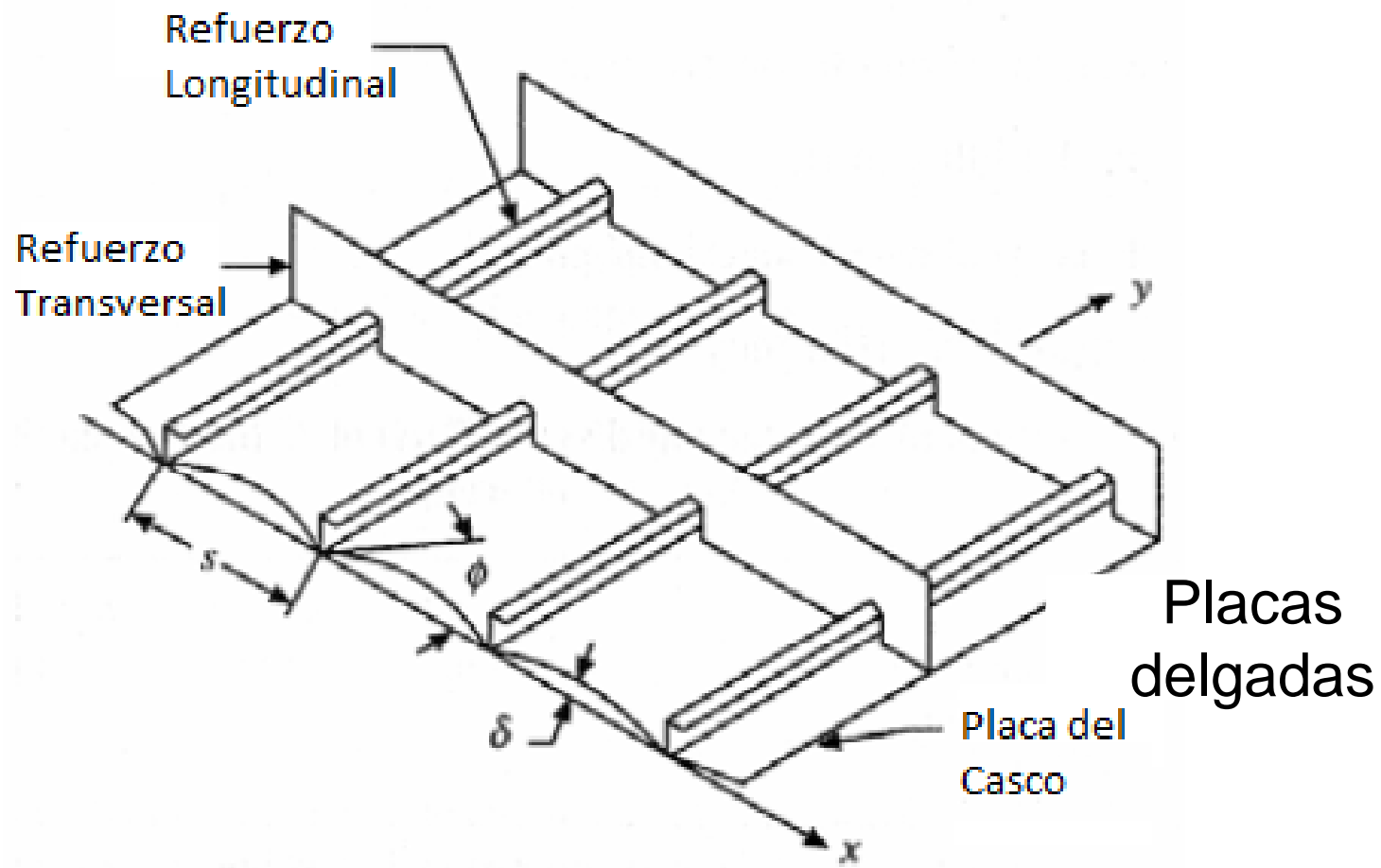
Distorsión Inducida por los Procesos de Soldadura

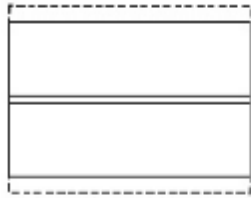




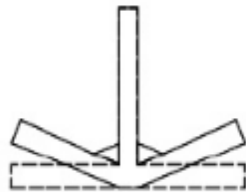
Mecanismo de distorsión inducida por soldadura







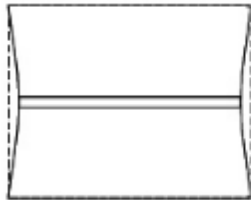
Contracción Transversal



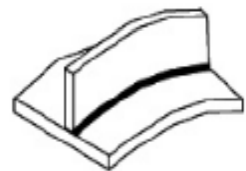
Distorsión Angular



Distorsión Rotacional



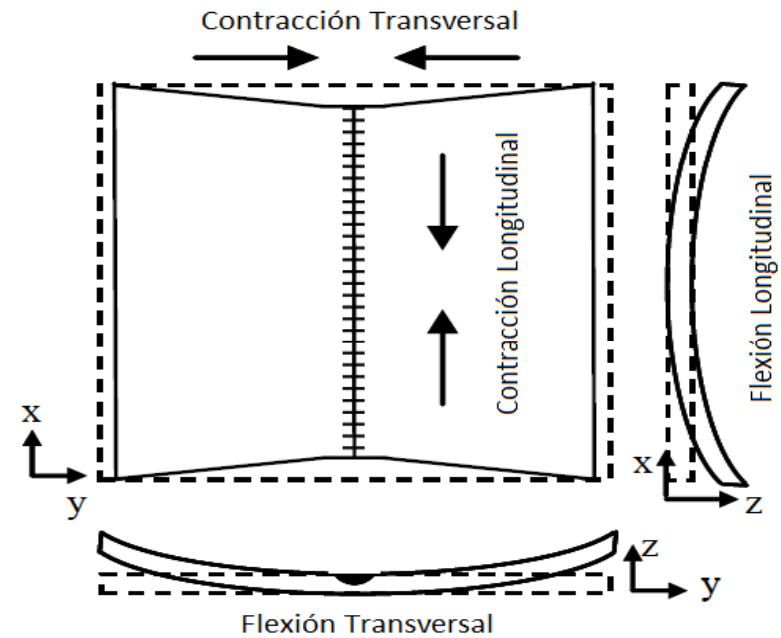
Contracción Longitudinal



Doblado Longitudinal



Pandeo





Factores o Variables que Influyen en las Deformaciones

- ✓ Pre – proceso (Relacionados al Diseño).
 - Detalles de las juntas.
 - Espesores de placas.
 - Espesores de transición (diferentes espesores)
 - Condiciones de Restricción Mecánica.
 - Secuencia de Ensamble y Planificación total.
- ✓ Proceso – Soldadura.
 - Calor de Entrada.
 - Velocidad de desplazamiento.
 - Secuencia de la soldadura.



Técnicas de Prevención de Deformaciones

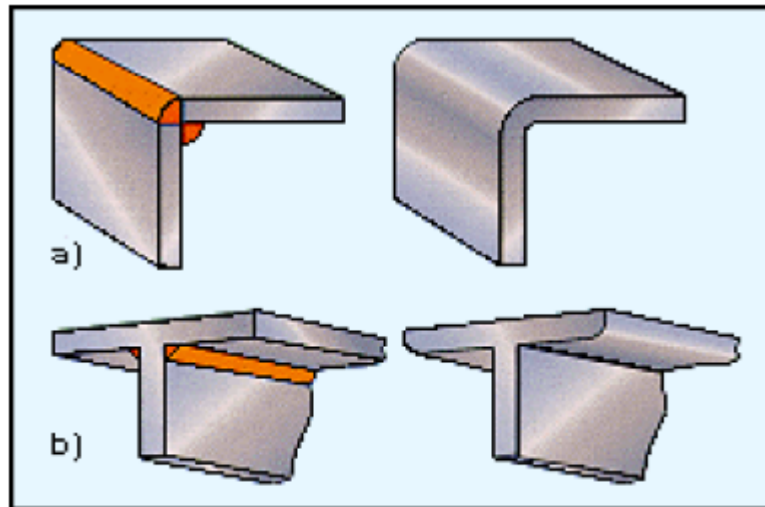


Fig. 1 Elimination of welds by: a) forming the plate; b) use of rolled or extruded section

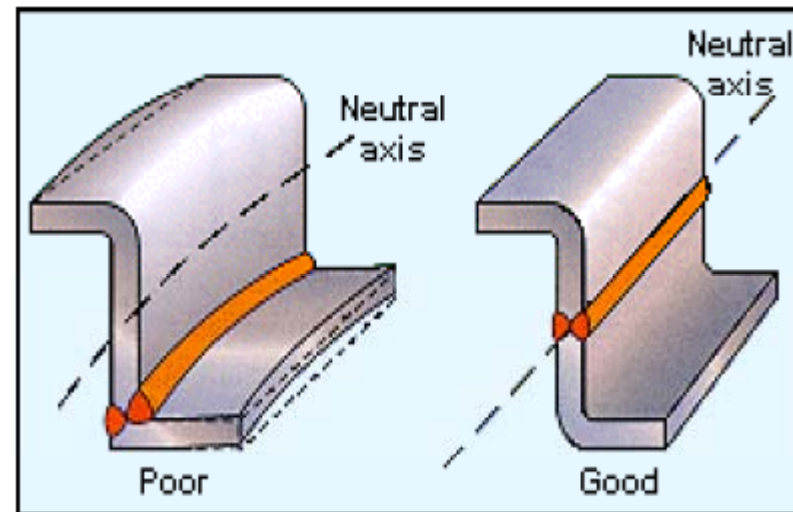


Fig. 2 Distortion may be reduced by placing the welds around the neutral axis

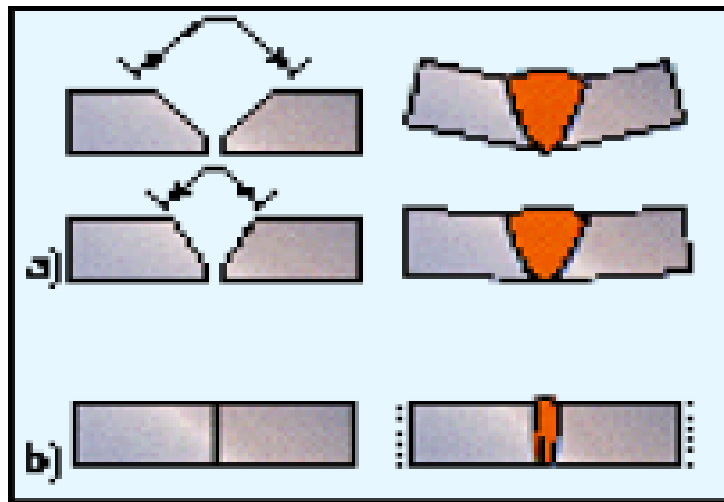


Fig. 3 Reducing the amount of angular distortion and lateral shrinkage by: a) reducing the volume of weld metal; b) using single pass weld

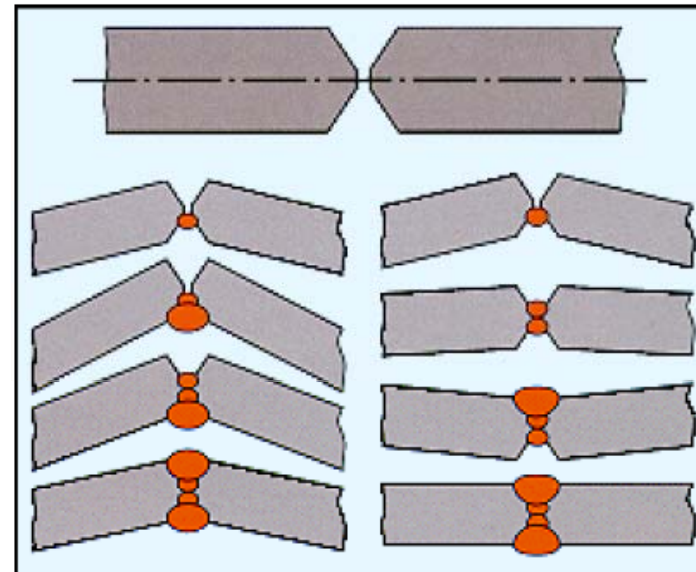


Fig. 4 Balanced welding to reduce the amount of angular distortion

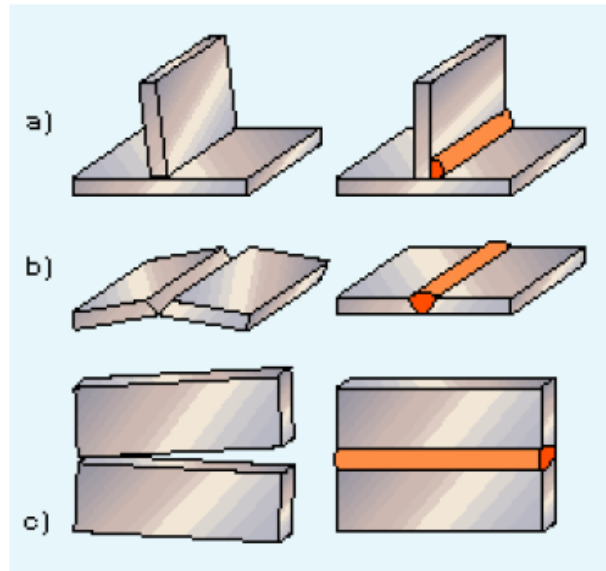


Fig. 1 Pre-setting of parts to produce correct alignment after welding

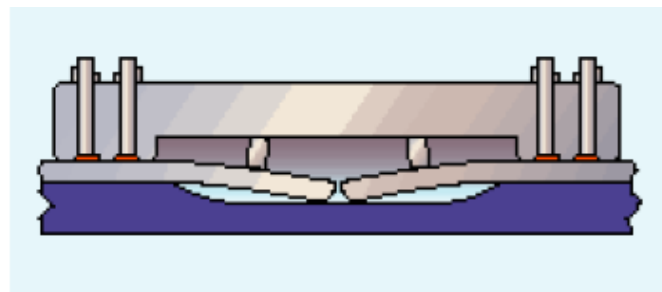
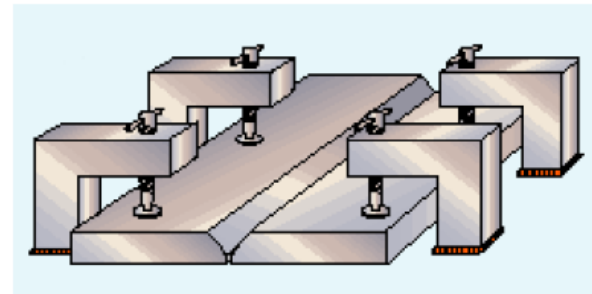
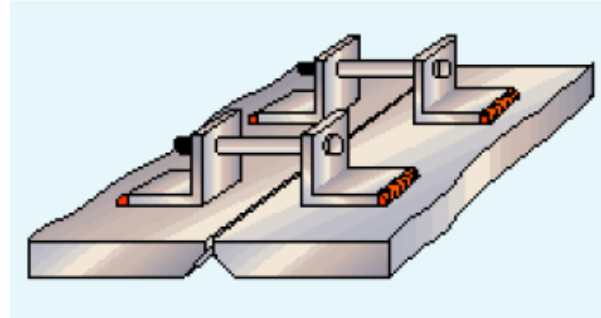


Fig. 2 Pre-bending, using strongbacks and wedges, to accommodate angular distortion in thin plates

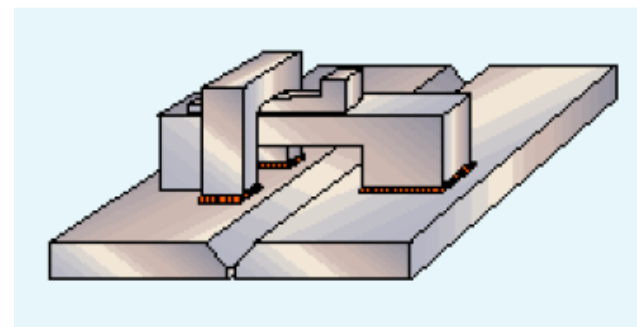
Fig. 3 Restraint techniques to prevent distortion



a) Welding jig



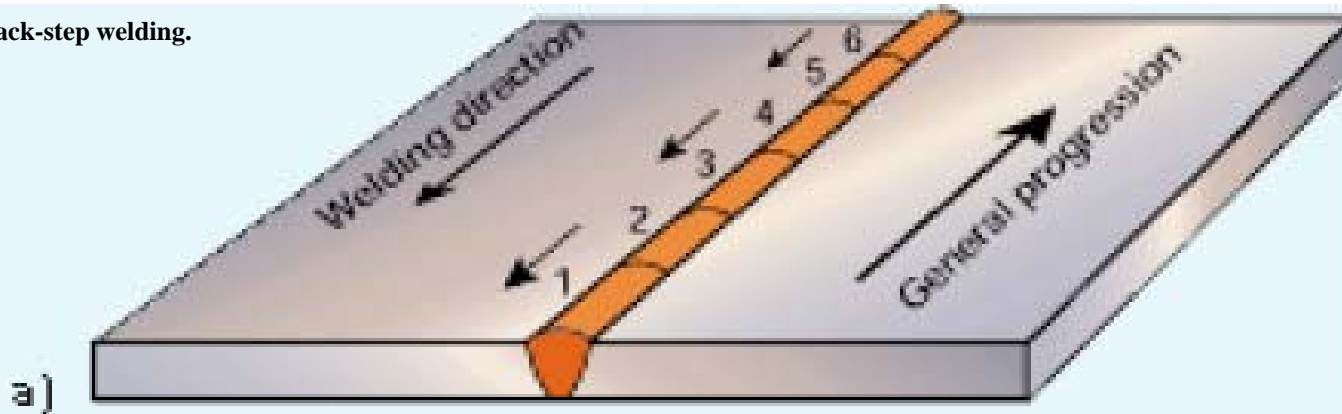
b) Flexible clamps



c) Strongbacks with wedges



Back-step welding.



Skip welding

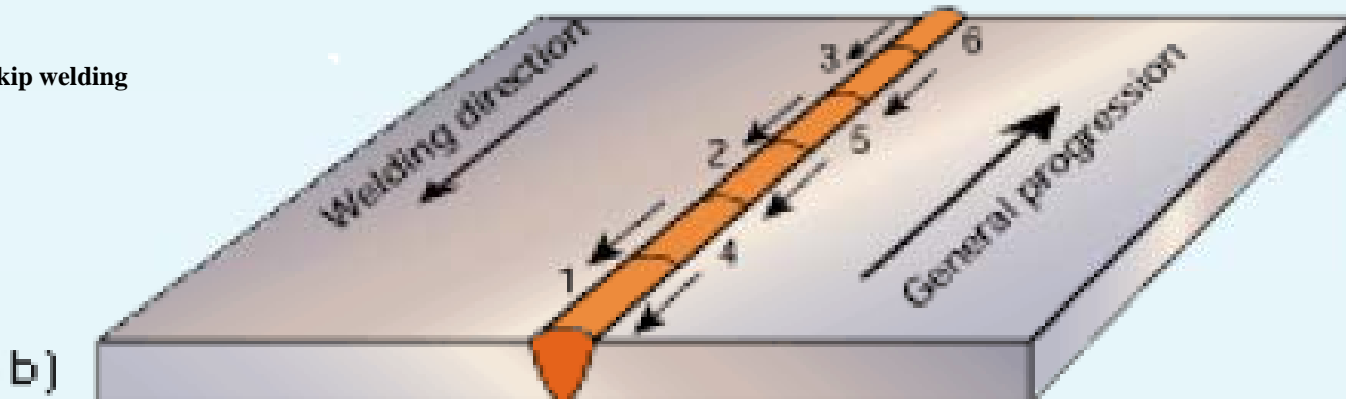
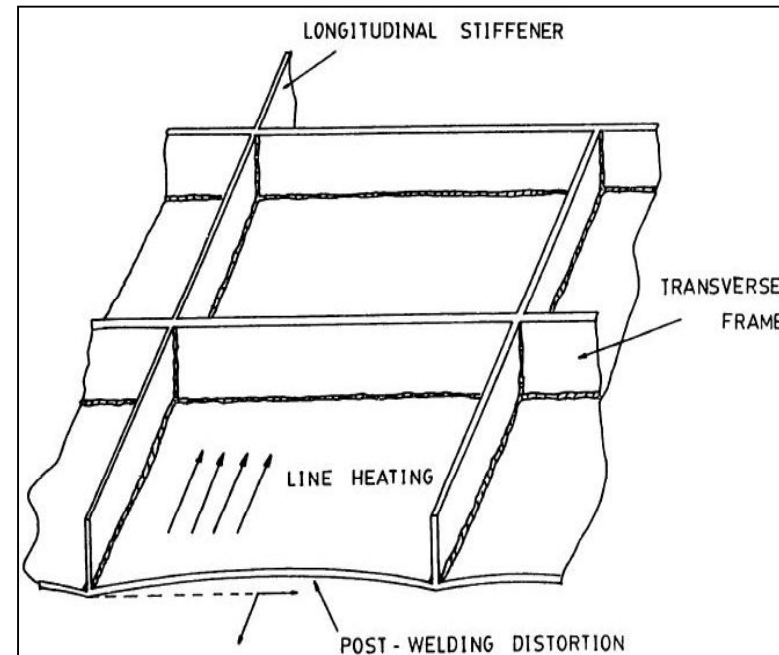


Fig. 5 Use of welding direction to control distortion.

Técnicas de Corrección de Deformación

- ✓ Líneas de calentamiento (line heating).
- ✓ Punto de Calentamiento (spot heating).
- ✓ Triángulo de Calentamiento (triangle heating).

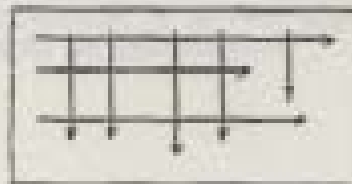




LINEAR - USED FOR MOST FAIRING WORK.



PINE LEAF - FOR PANELS.



CROSS -



VARIATIONS OF ABOVE.



¿Se pueden predecir las deformaciones en estructuras soldadas y de este modo evitar que estas ocurran





Modelos matemáticos simplificados

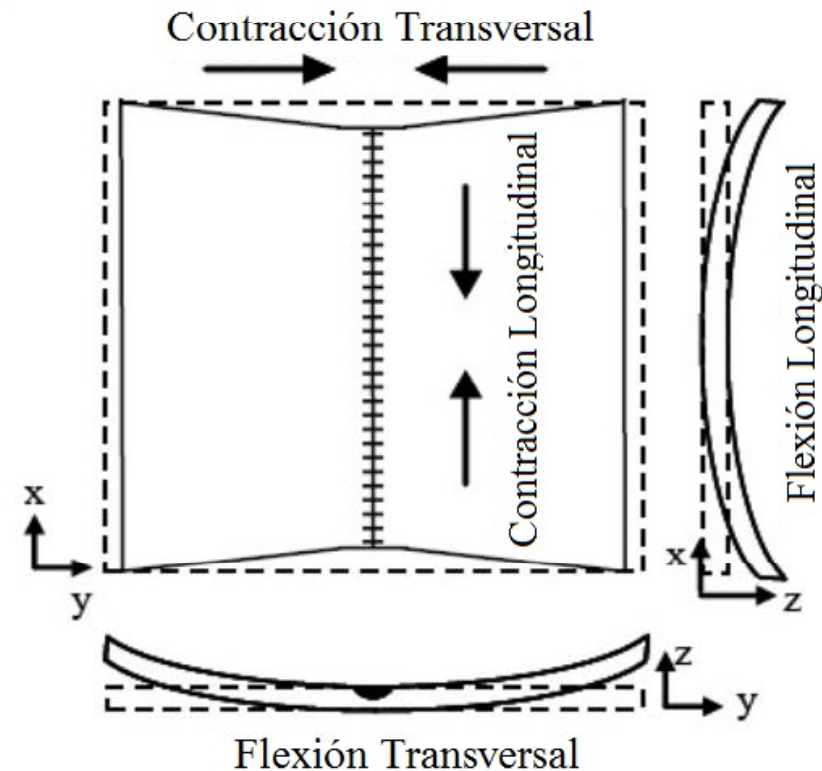
Deformación
Inherente

$$\delta_x^* = \frac{1}{h} \int \epsilon_x^* dy dz$$

$$\delta_y^* = \frac{1}{h} \int \epsilon_y^* dy dz$$

$$\theta_x^* = \frac{12}{h^3} \int \left(\frac{z-h}{2}\right) \epsilon_x^* dy dz$$

$$\theta_y^* = \frac{12}{h^3} \int \left(\frac{z-h}{2}\right) \epsilon_y^* dy dz$$

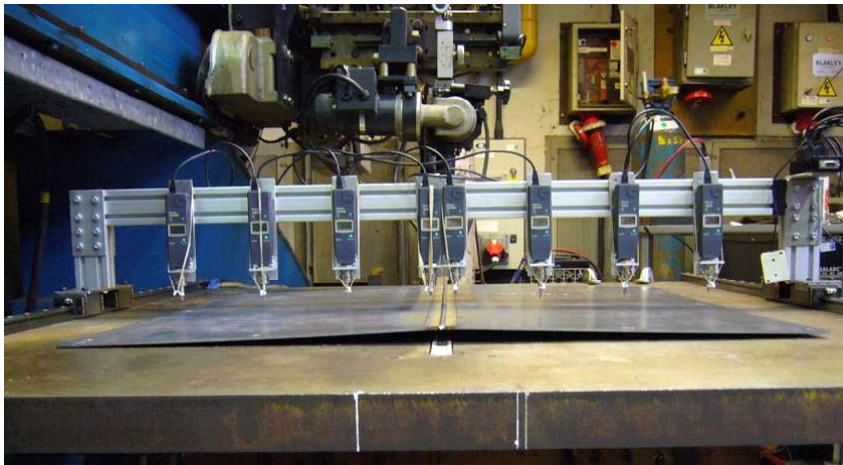




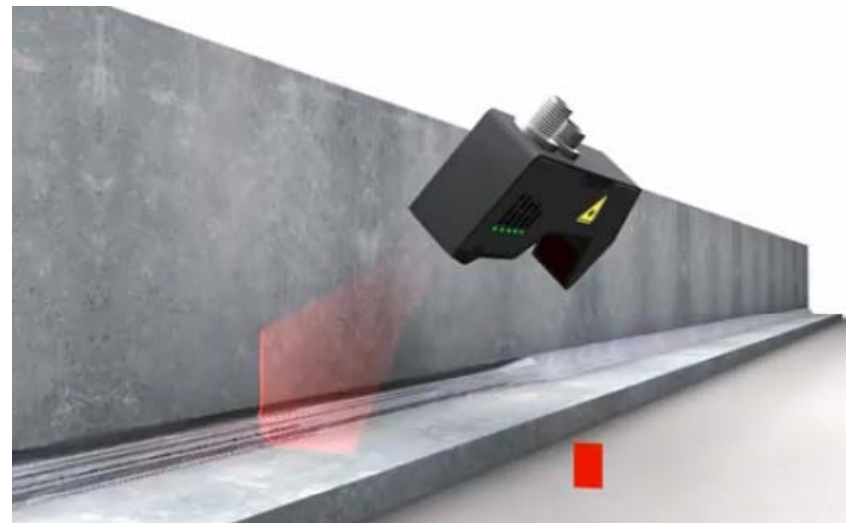
Métodos de Predicción de la Distorsión



1. Método Experimental



Medidor de deformación
por contacto

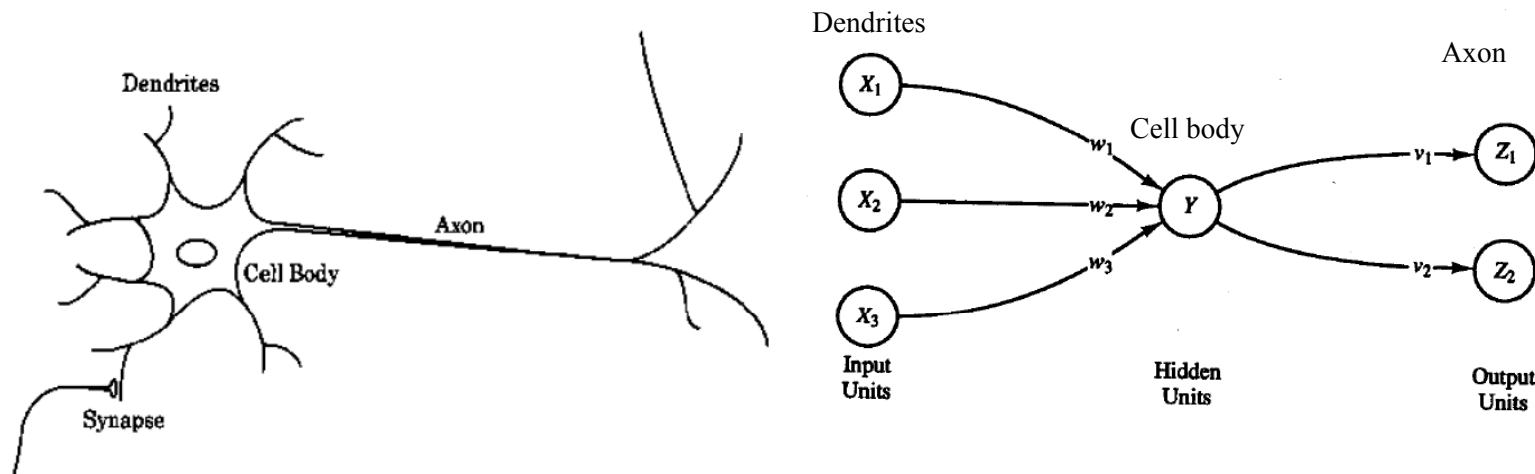


Medidor de
deformación láser



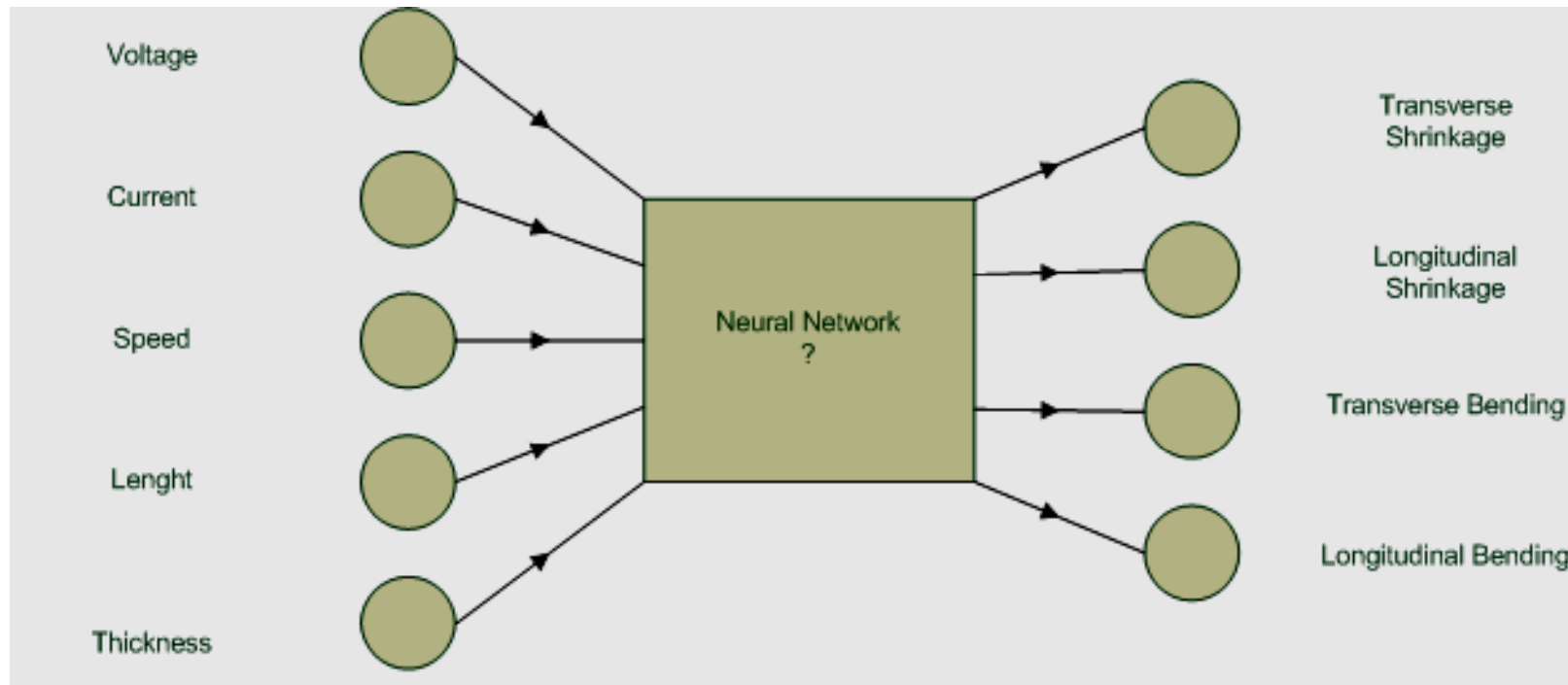
2. Método de redes neuronales para la predicción de distorsiones

- Sistema de procesamiento de información.
- Se asemejan a las neuronas biológicas
- Una característica importante es su capacidad adaptativa.



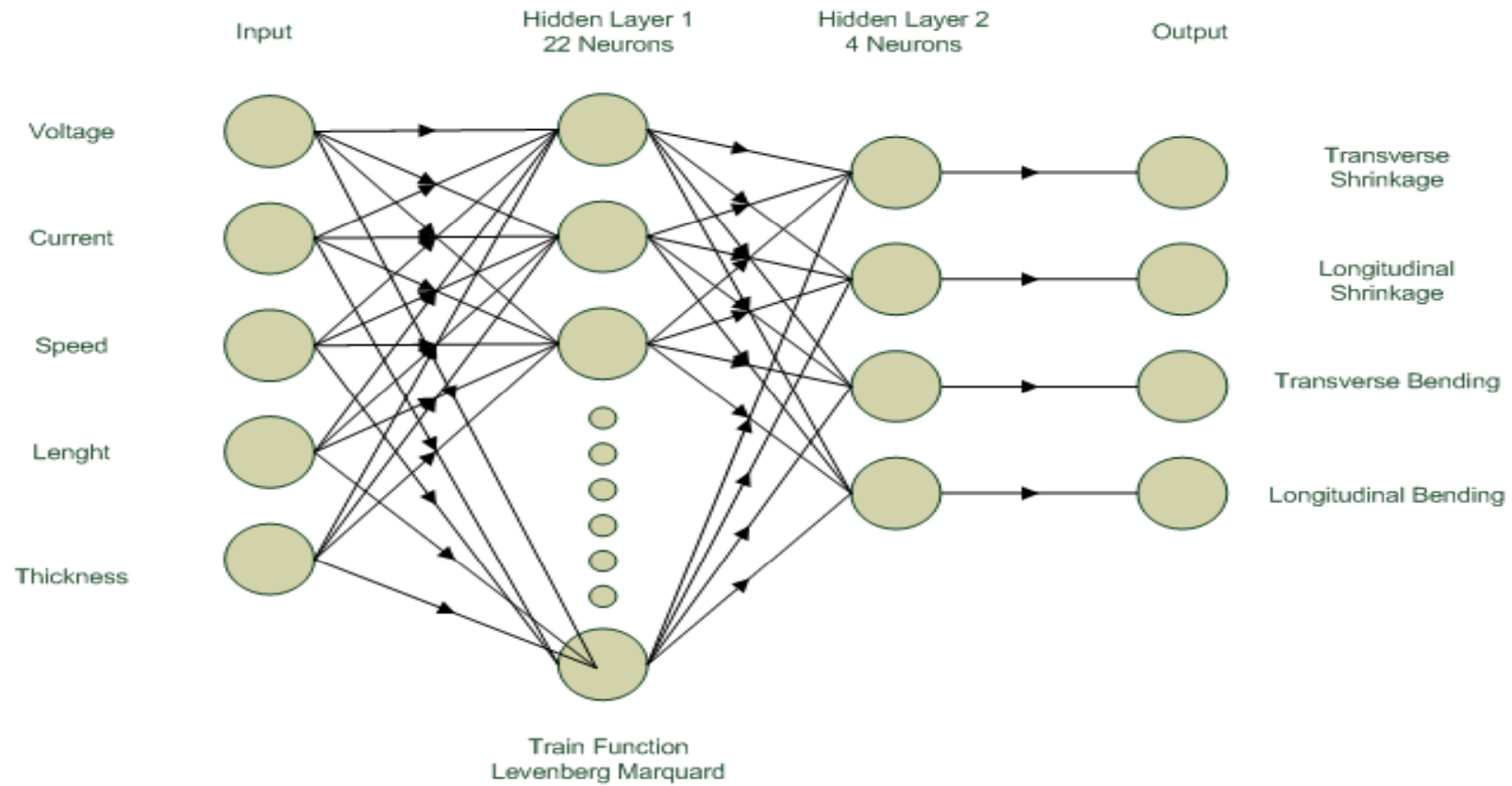


Red Neuronal para predecir Distorsión



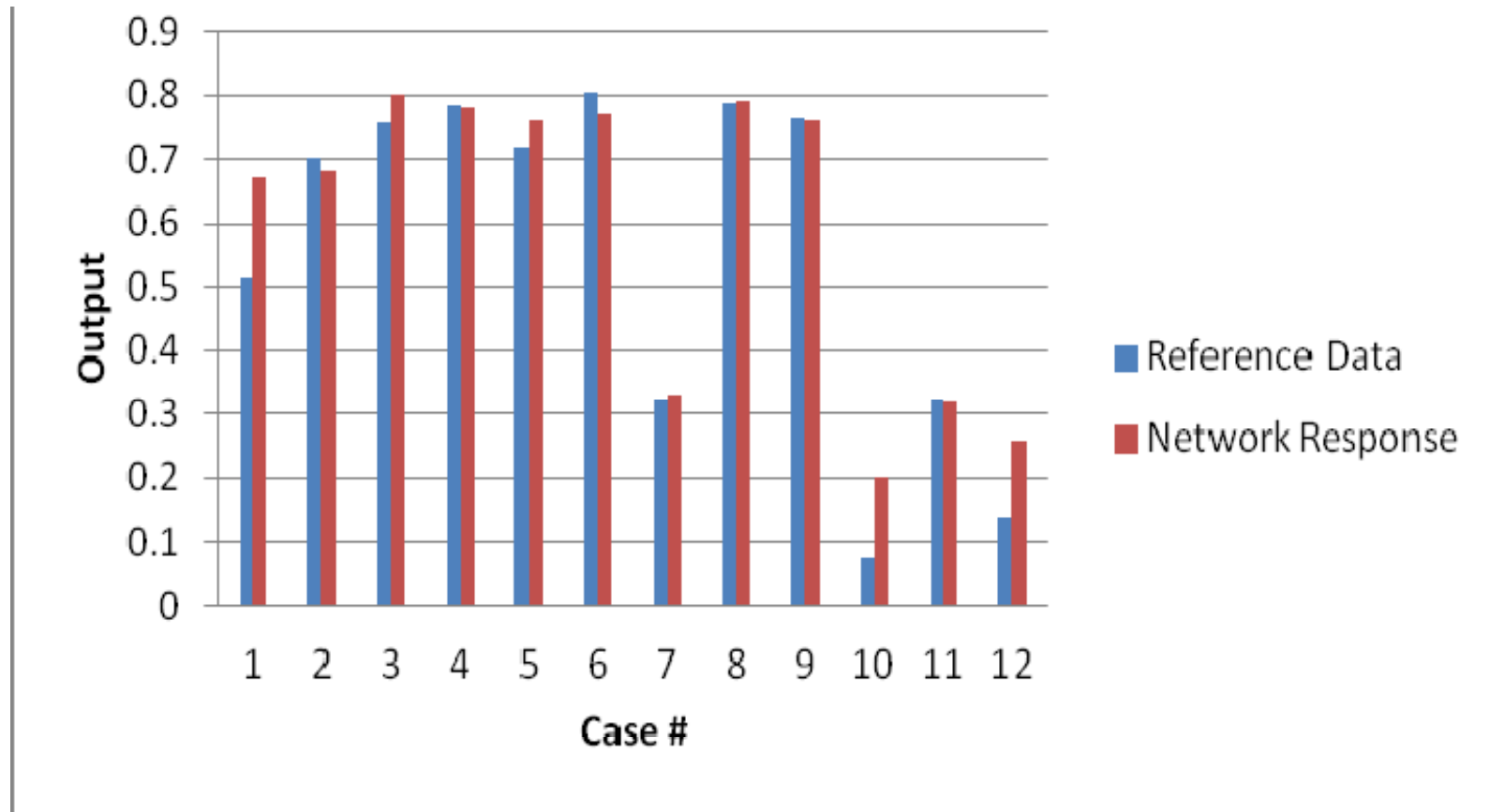


Modelo desarrollado



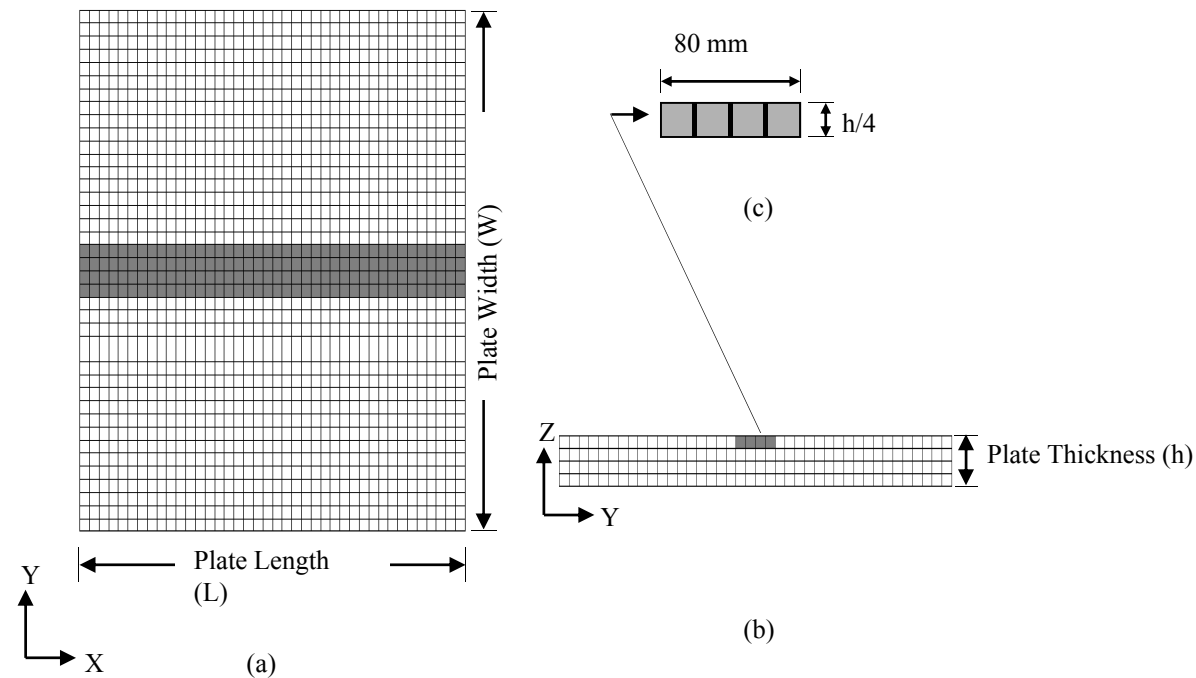


Resultados de la red neuronal





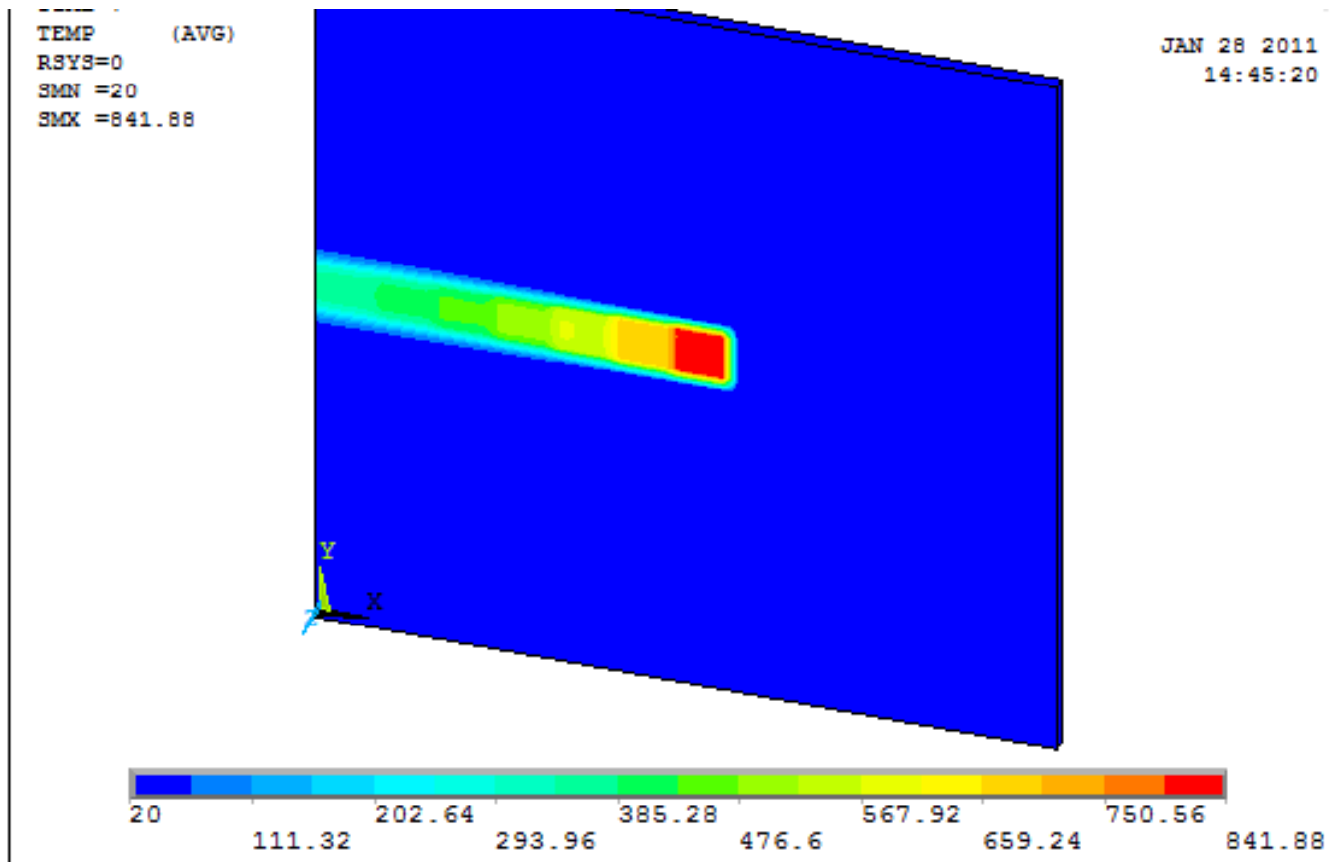
3. Método termo elástico plástico de elementos finitos



Modelo de elementos finitos

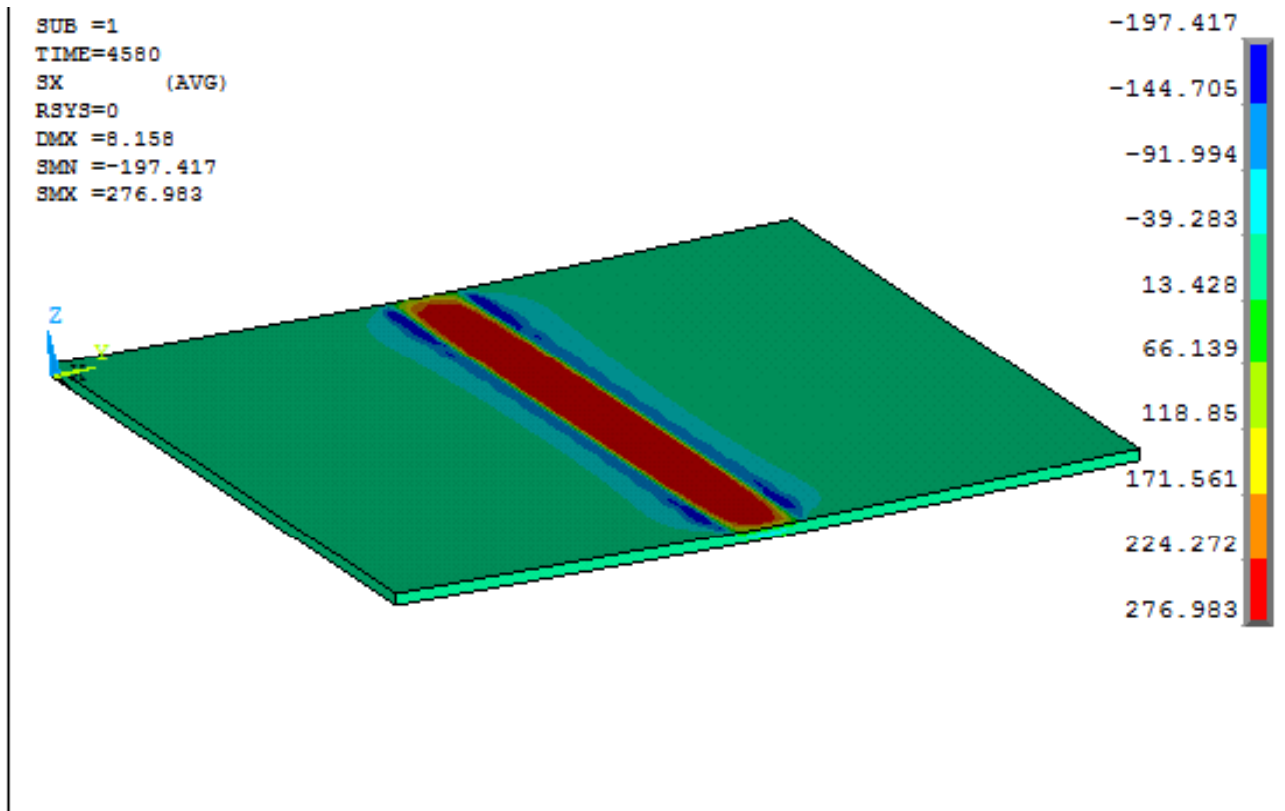


Análisis Térmico



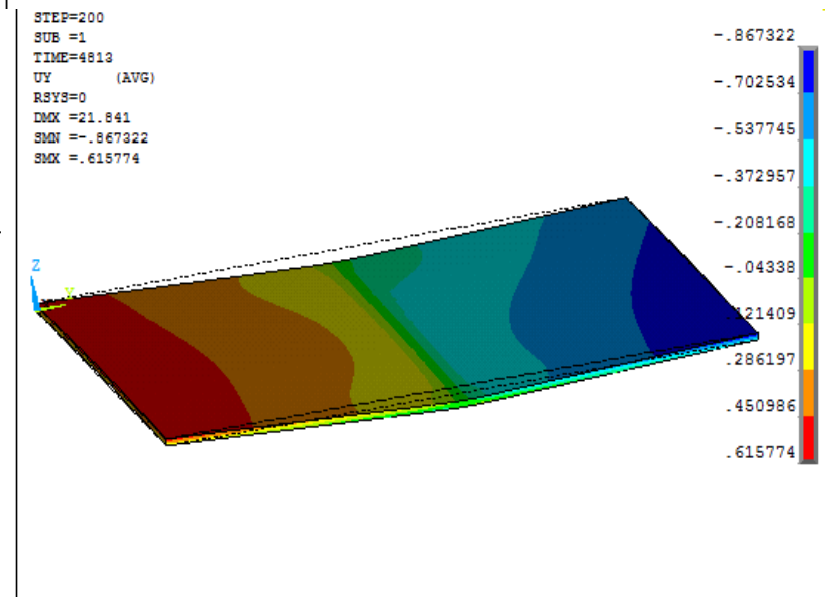
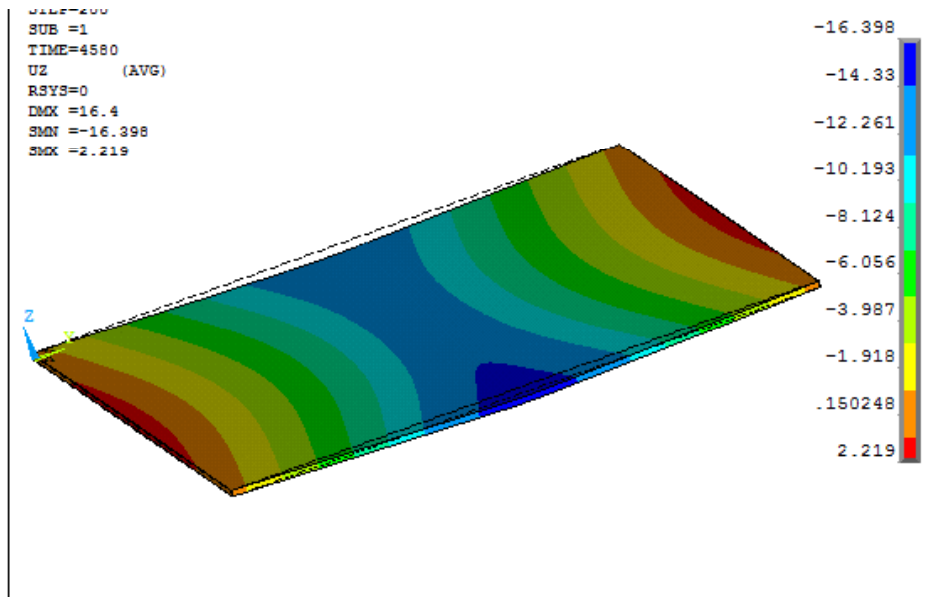


Análisis Mecánico



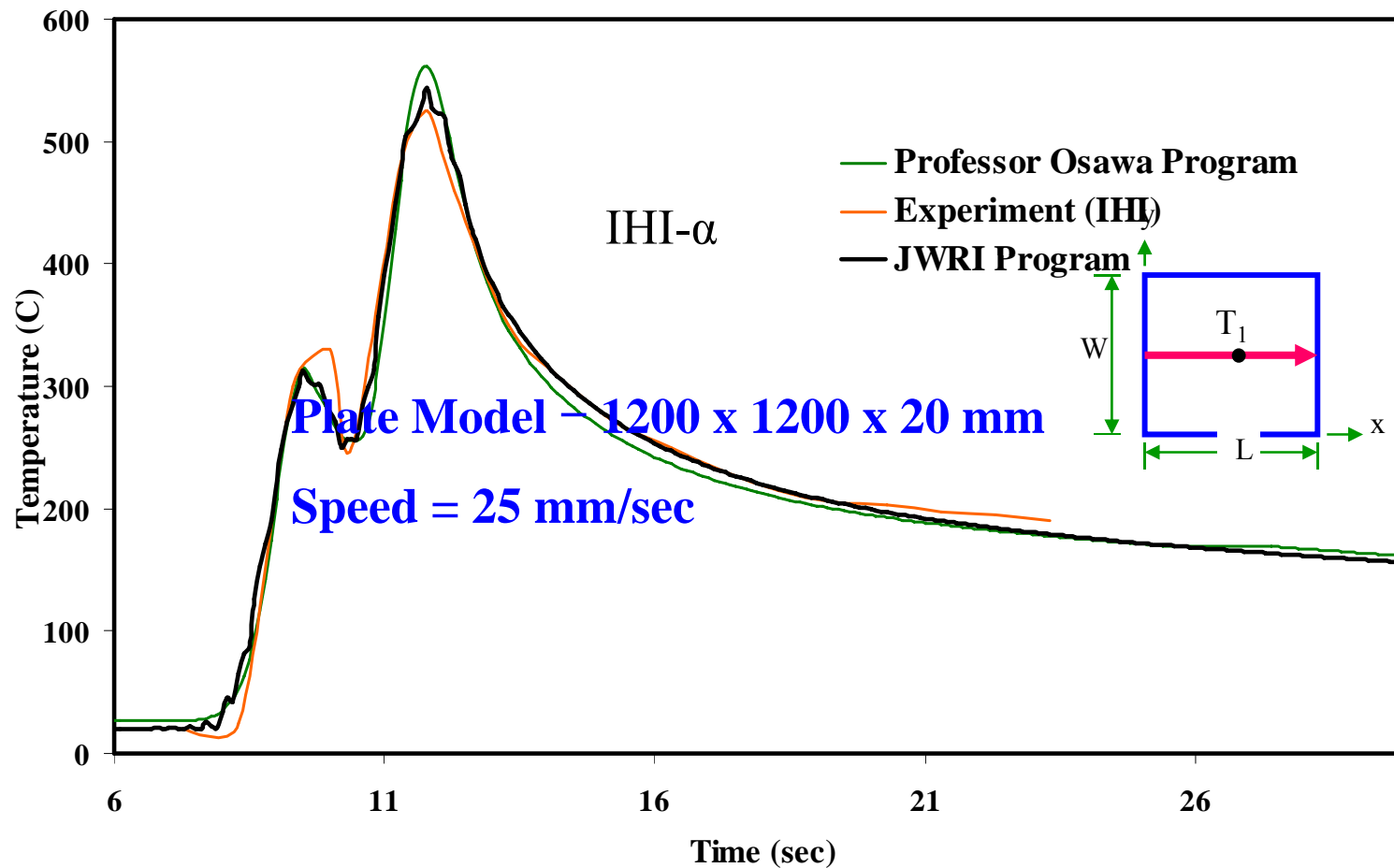


Análisis Mecánico



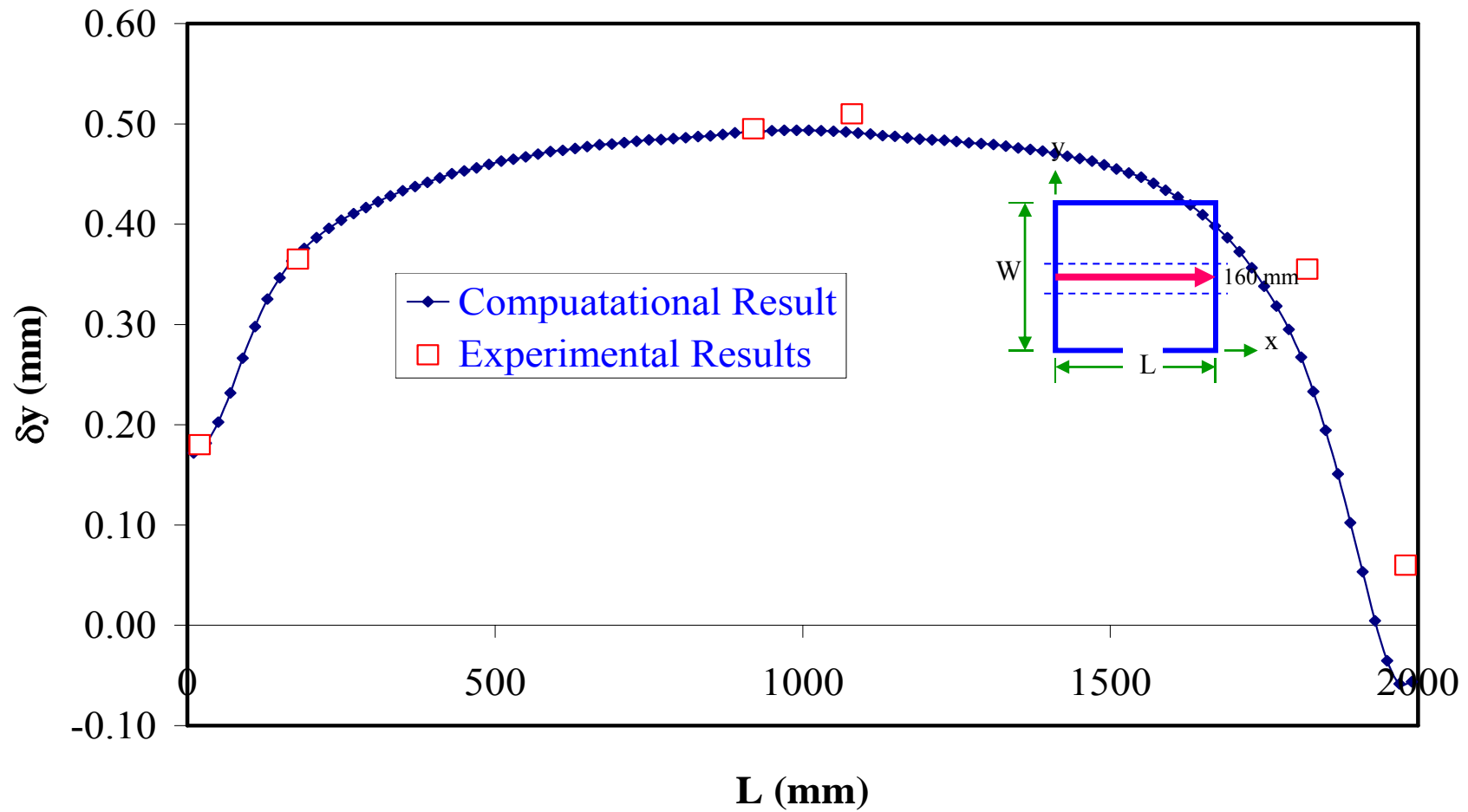


Validación Térmica





Validación Mecánica





Desventajas

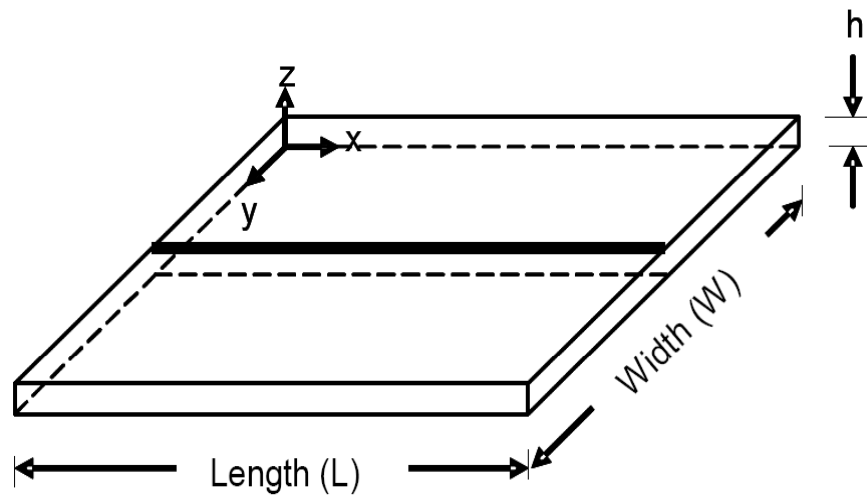
1. consume mucho tiempo computacional
2. está restringido a estructuras sencillas



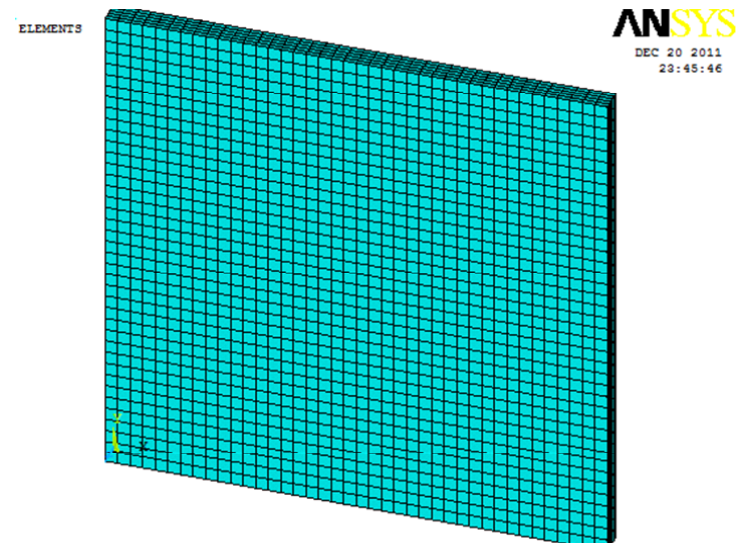
4. Método elástico de elementos finitos



Modelo



Mallado





Análisis

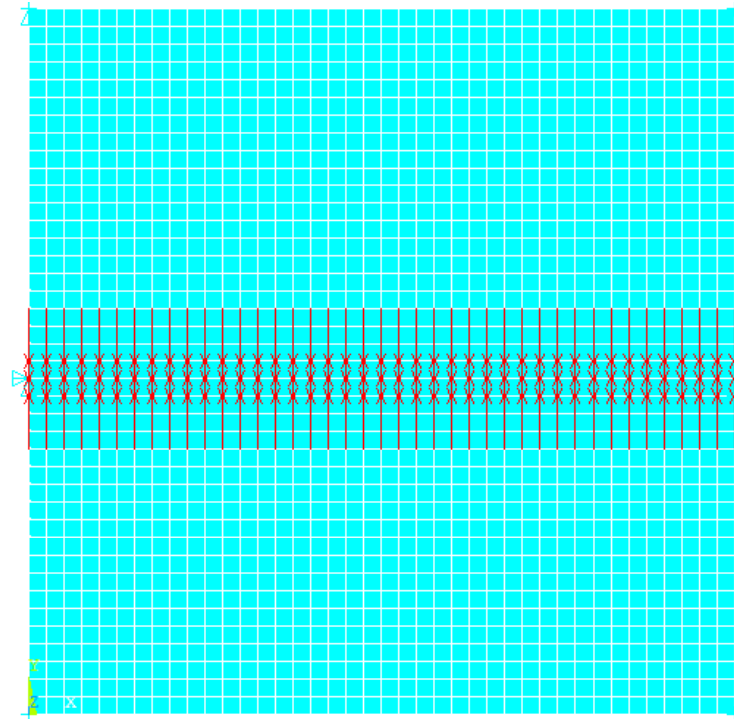
Se aplican fuerzas inherentes debidas a las deformaciones plásticas

Fuerza Longitudinal Inherente

$$F_L^* = E \int \varepsilon_x^* dx dz = Eh\delta_L^*$$

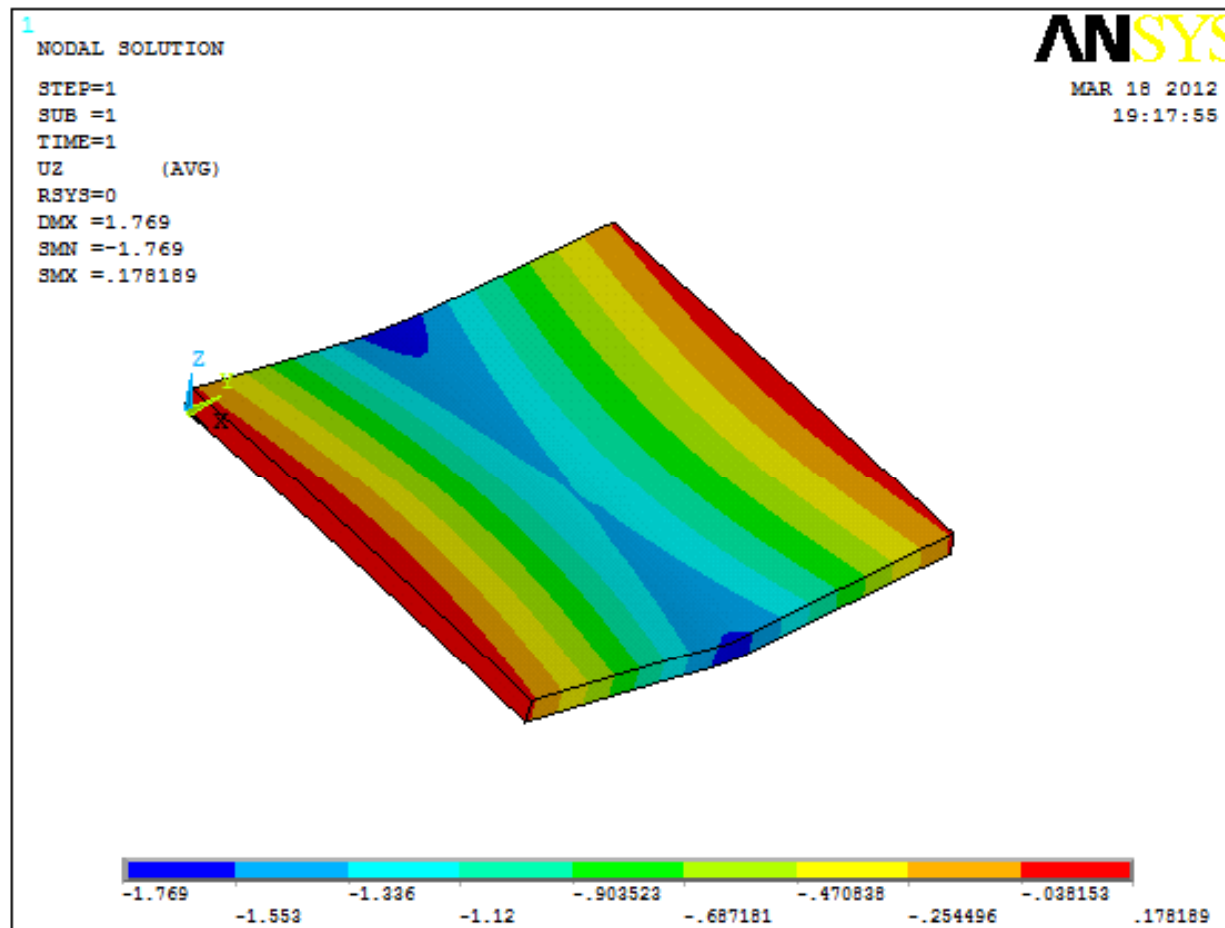
Fuerza Transversal Inherente

$$F_T^* = E \int \varepsilon_y^* dx dz = Eh\delta_T^*$$





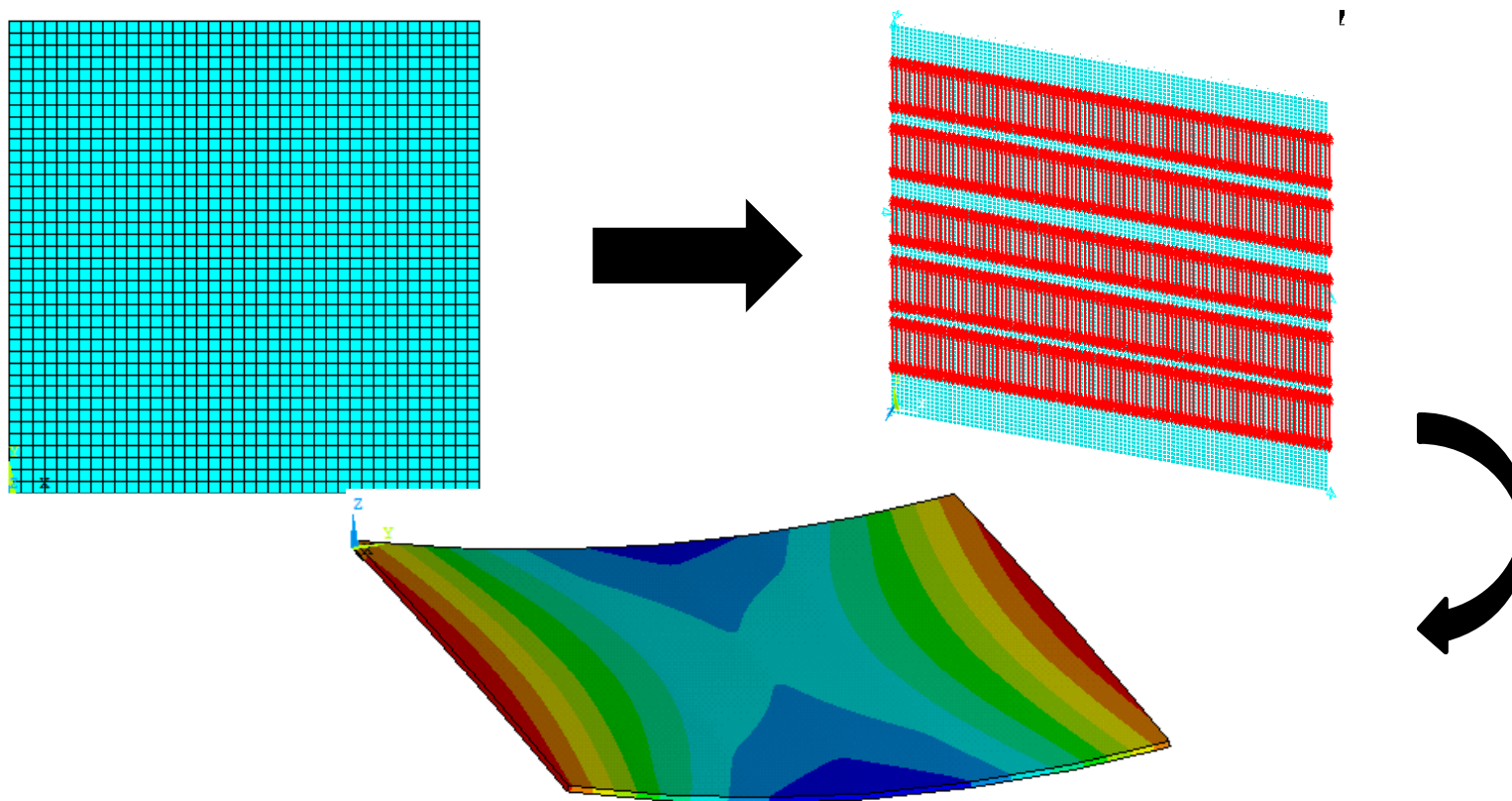
Resultados de Desplazamiento





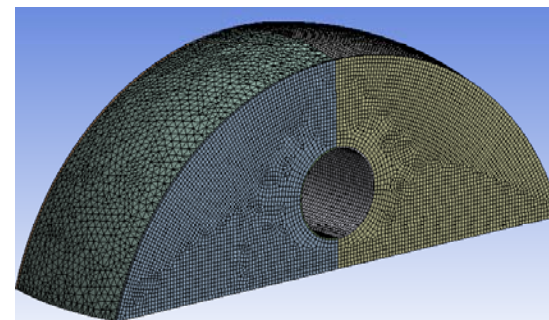
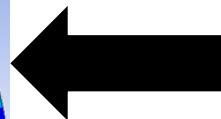
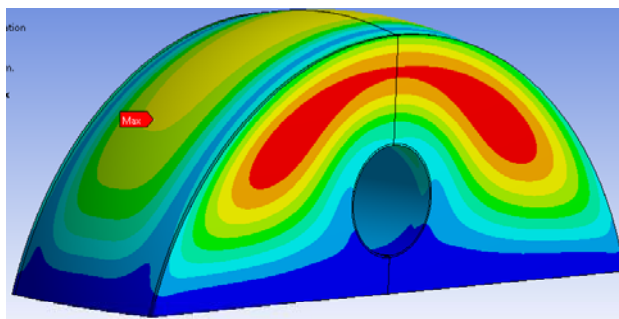
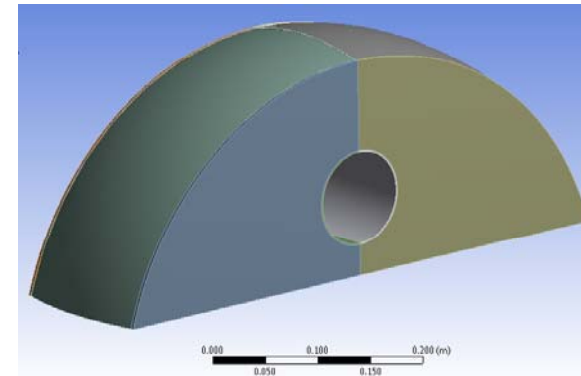
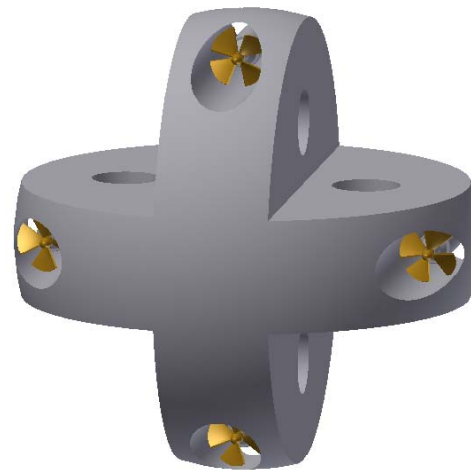
Ventajas

- Múltiples cordones de soldadura



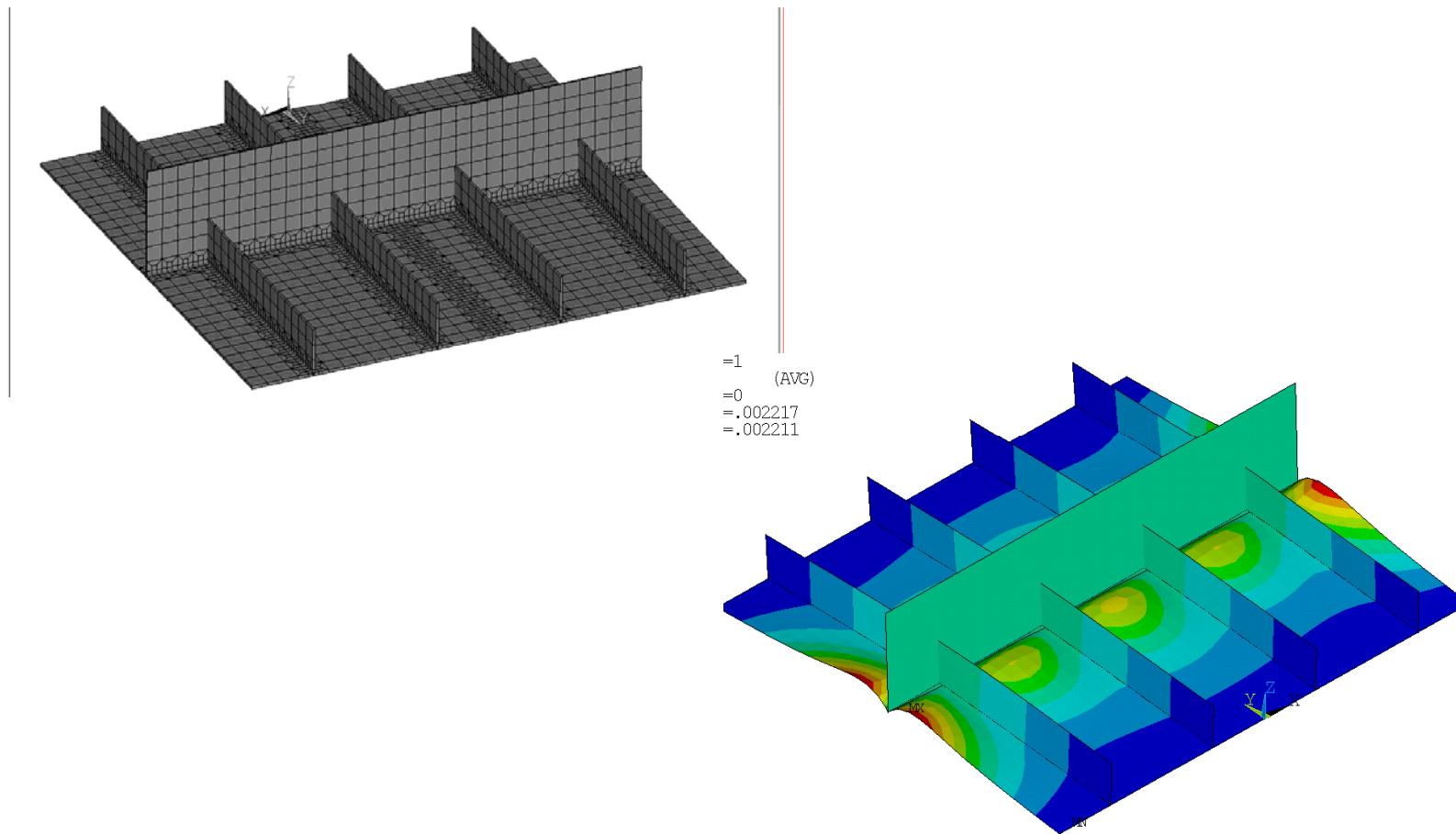


Vehículo Submarino para inspección de tuberías



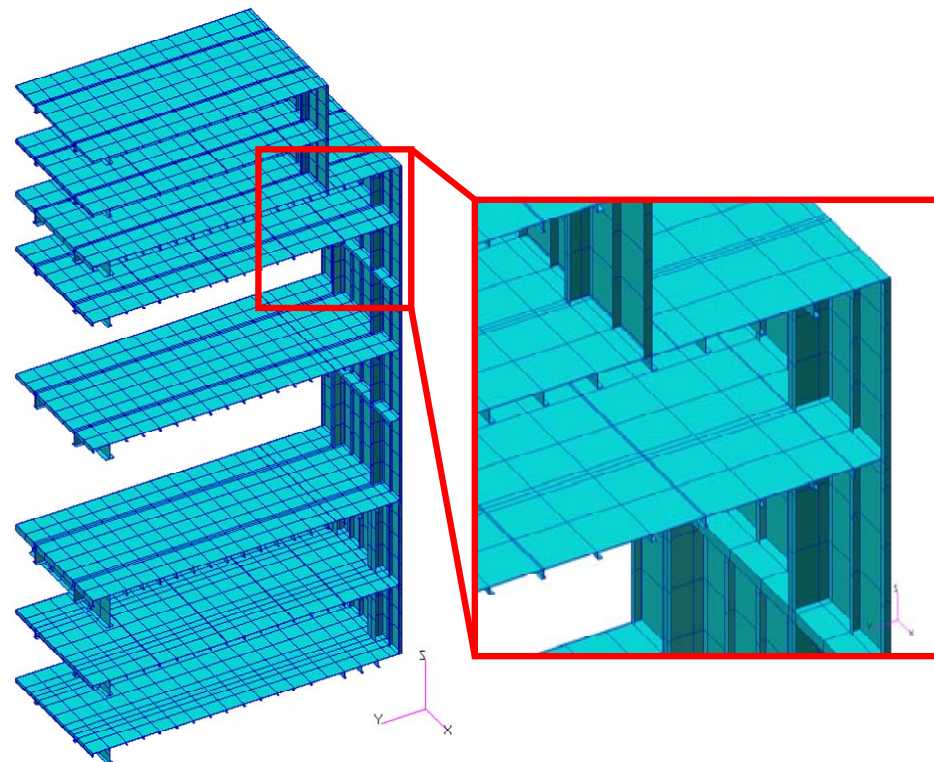
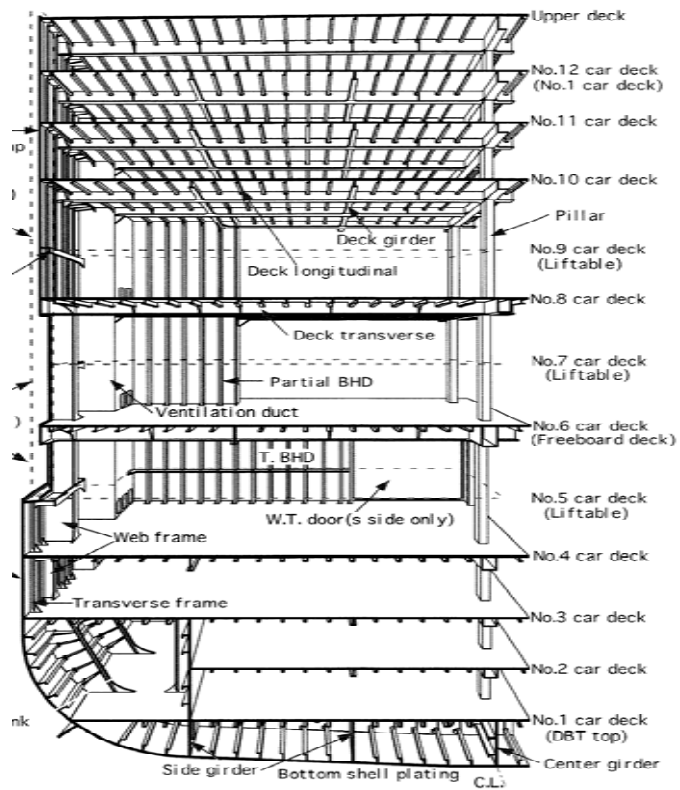


Estructuras de buques



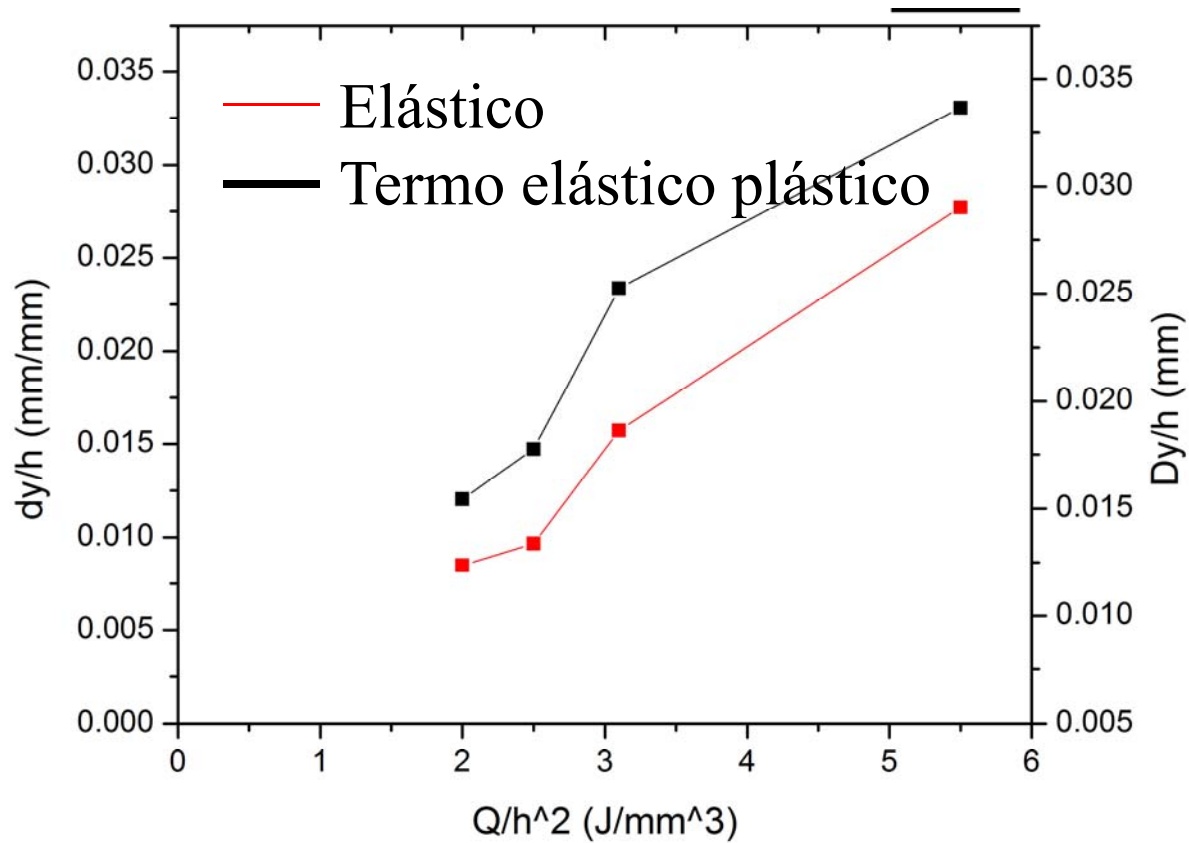


Ensamblaje de bloques





Desventajas





Comentarios finales



- La distorsión Inducida por la soldadura juega un importante rol en el costo y la calidad final de una estructura soldada
- Existen métodos para corregir y minimizar los efectos del calor en el metal, sin embargo estos no son del todo precisos
- Es necesario poder predecir durante la etapa de diseño, la distorsión que se producirá durante el proceso de fabricación



- Los métodos computacionales son una excelente herramienta para resolver el problema de predicción de distorsiones en estructuras soldadas
- Si se conoce con anticipación la distorsión que se producirá durante el proceso de soldadura, la calidad de las construcciones soldadas aumentara y sobre todo ahorraremos costos.



**La mecánica computacional es una de las principales herramientas del ingeniero moderno
pero.....
sin los conocimientos adecuados de ingeniería, no se les puede aprovechar
debidamente**





Muchas gracias por su amable atención

ClassIBS
ISTHMUS BUREAU OF SHIPPING

Doctor Adan Vega Saenz
Email: adan.vega@classibs.org
Phone: (507) 60198076