



**ENCUENTROS del
MECANIZADO**

IK4  LORTEK
Research Alliance

**Tensiones residuales y su influencia en
la precisión de procesos de mecanizado**

Alberto Echeverria

25 de Marzo de 2014

- Presentacion de IK4 LORTEK



QUIÉNES
SOMOS

IK4-LORTEK es un centro tecnológico privado, miembro de la alianza IK4, que adquiere y genera conocimiento excelente en **materiales, procesos y tecnologías de unión**. Dicho conocimiento se transfiere al tejido industrial, aplicando en los productos y procesos de la empresa, potenciando la capacidad de innovación e industrialización de la empresa con el fin de mantener o mejorar la posición competitiva de la misma.



ADDITIVE MANUFACTURING



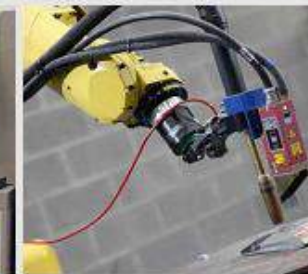
PROCESOS LÁSER



CARACTERIZACIÓN AVANZADA FESEM



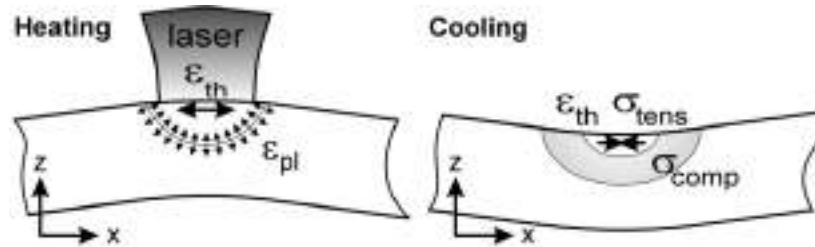
FRICTION STIR WELDING (FSW)



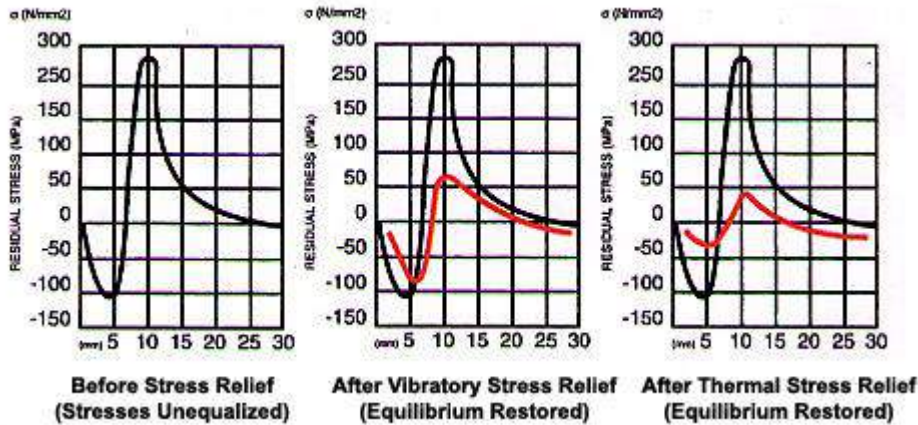
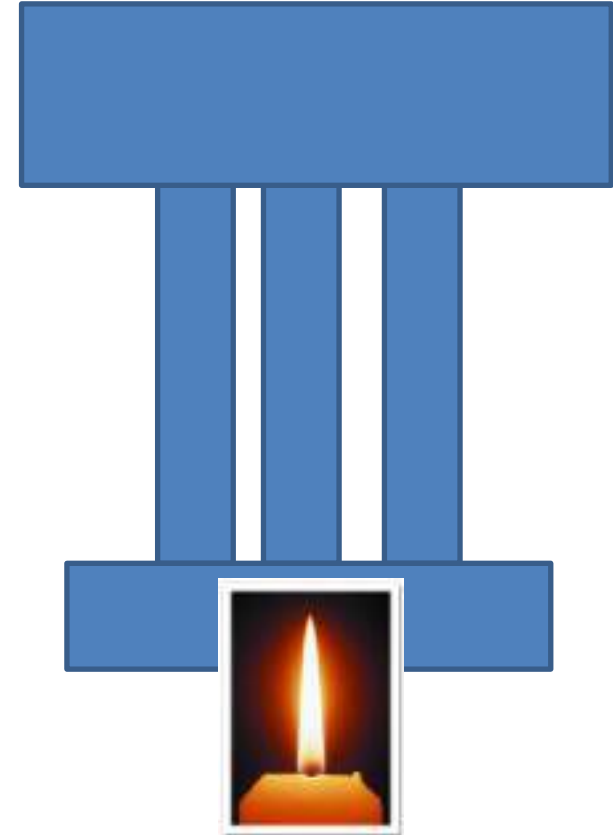
SOLDADURA INTELIGENTE

- ¿Qué son tensiones residuales?
- Se pueden medir!
- Tensiones residuales y el mecanizado.
 - Generacion de tensiones durante el mecanizado
 - Relajacion de tensiones en el mecanizado.
- Ejemplo: Modelizacion del proceso de distorsiones por mecanizado
- Soluciones
- Oportunidad de colaboraciones (ayudas I+D)

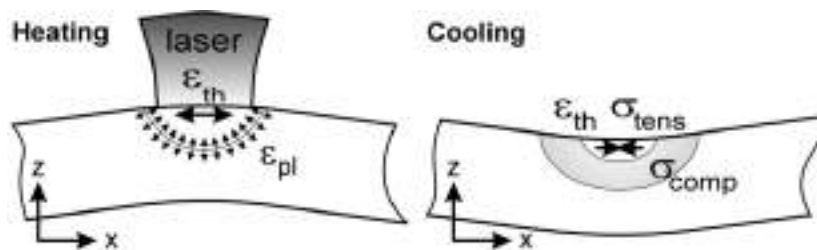
- Que son las tensiones residuales



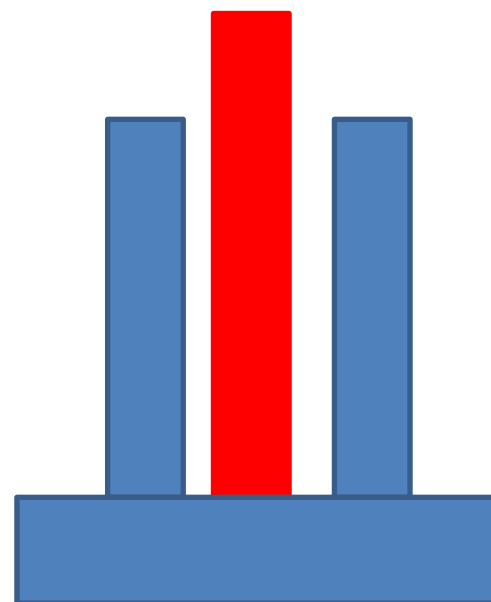
Son tensiones “autoequilibradas”



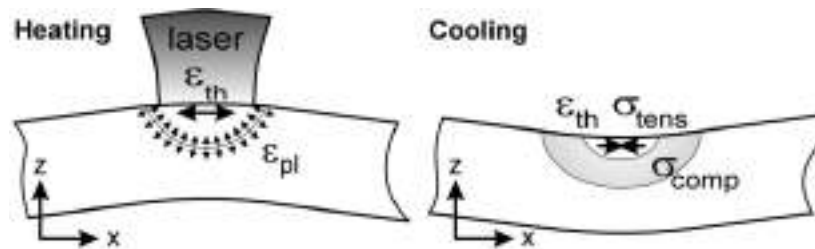
- Que son las tensiones residuales



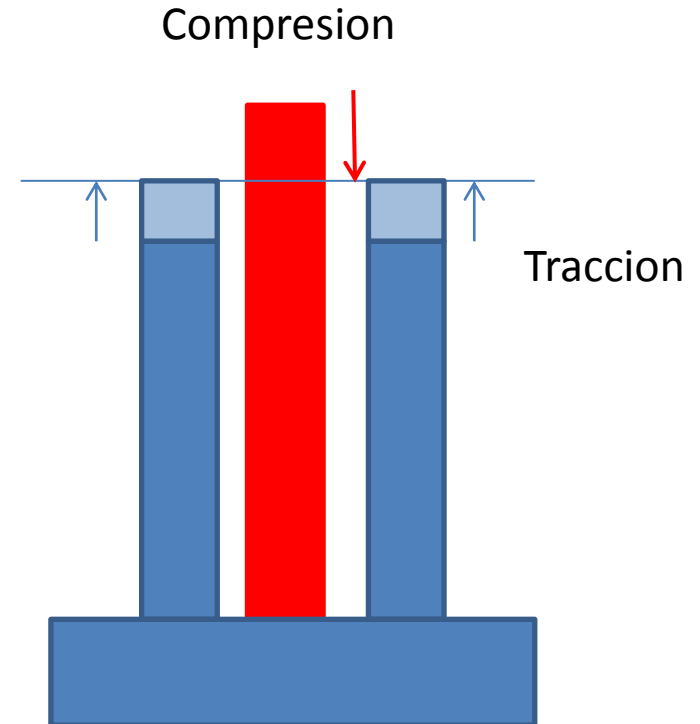
Son tensiones “autoequilibrantes”



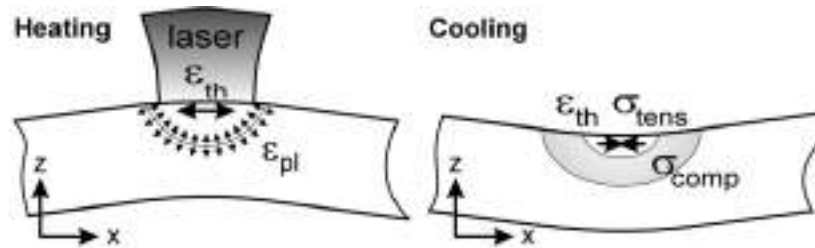
- Que son las tensiones residuales



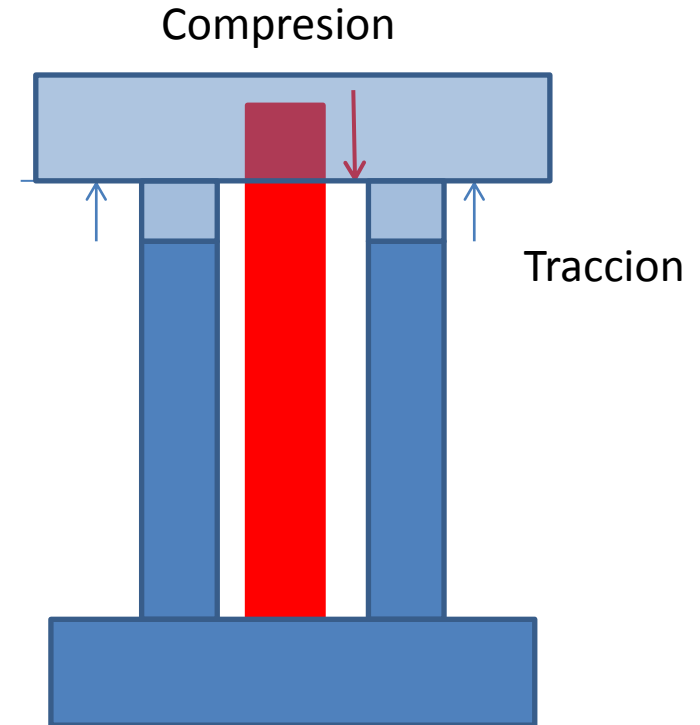
Son tensiones “autoequilibrantes”



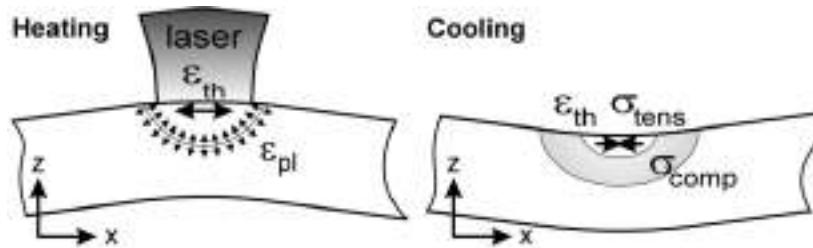
- Que son las tensiones residuales



Son tensiones “autoequilibrantes”

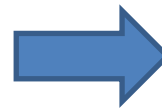


- Que son las tensiones residuales

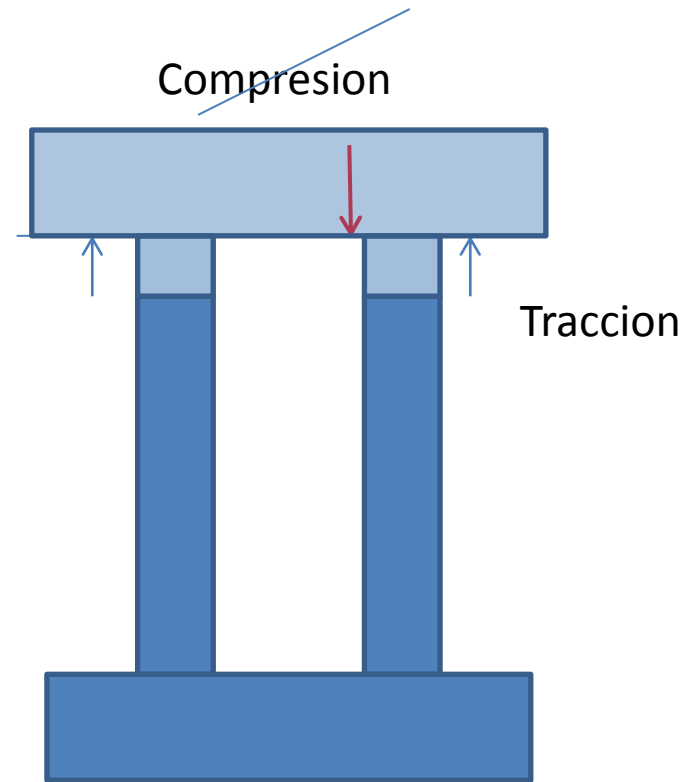


Son tensiones “autoequilibrantes”

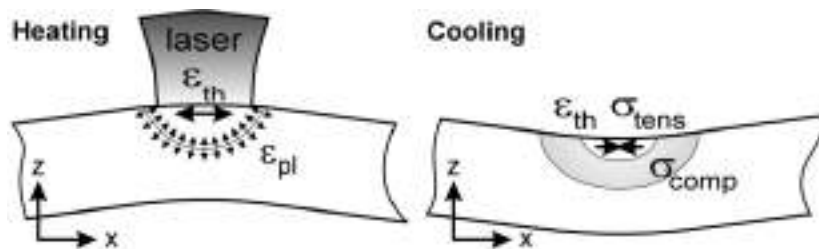
Corto o mecanizo la barra roja



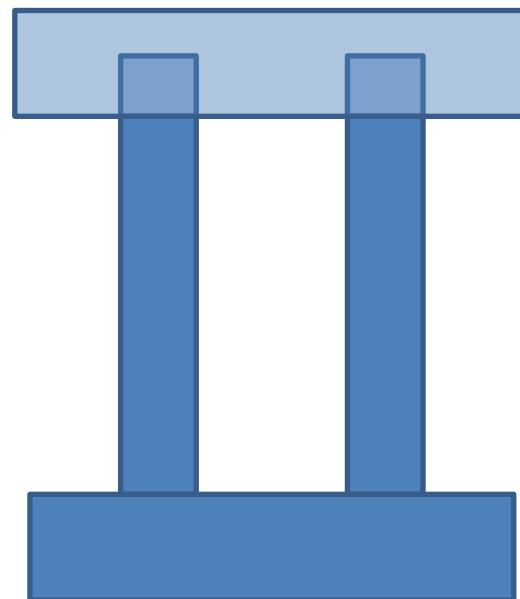
¿Que ocurre?



- Qué son las tensiones residuales

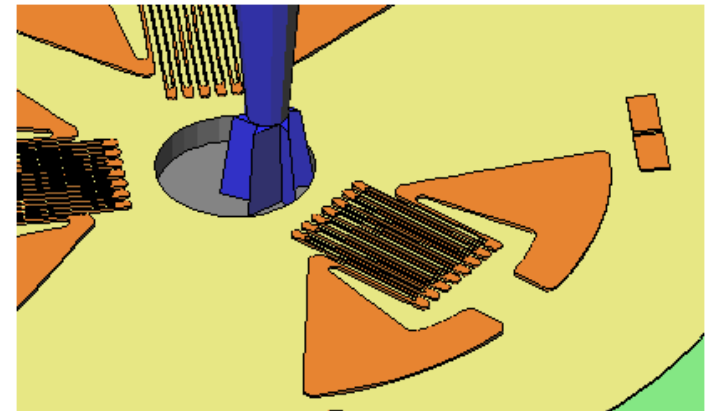


Son tensiones “autoequilibrantes”



• Medida de tensiones residuales: (Curiosidad)

- No destructivas , (difraccion de rayos X) , limitado a menos de 1mm.
- Semidestructivas (Hole Drilling)
- Por técnicas de relajación (cortar y medir la distorsión) –hacer cálculo inverso.

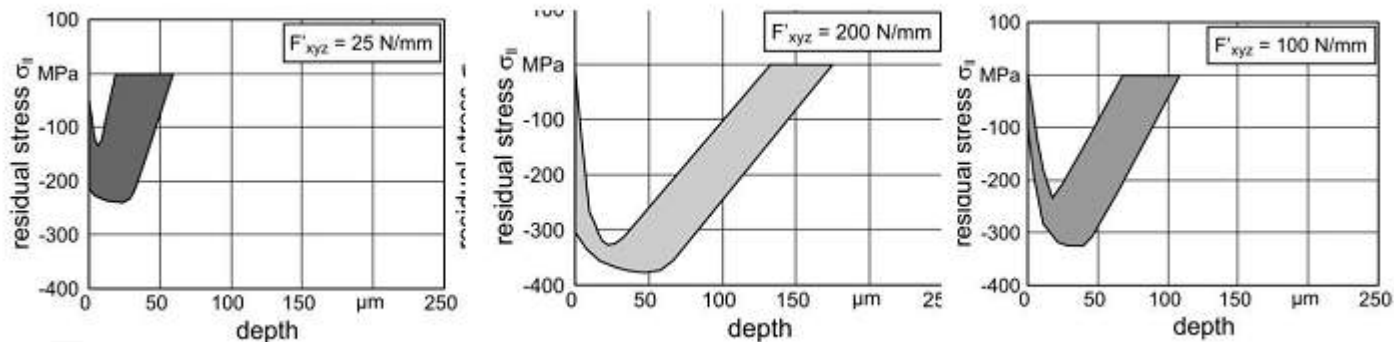


- **Tensiones residuales y el mecanizado** (DISTORSIONES-DEFORMACIONES)

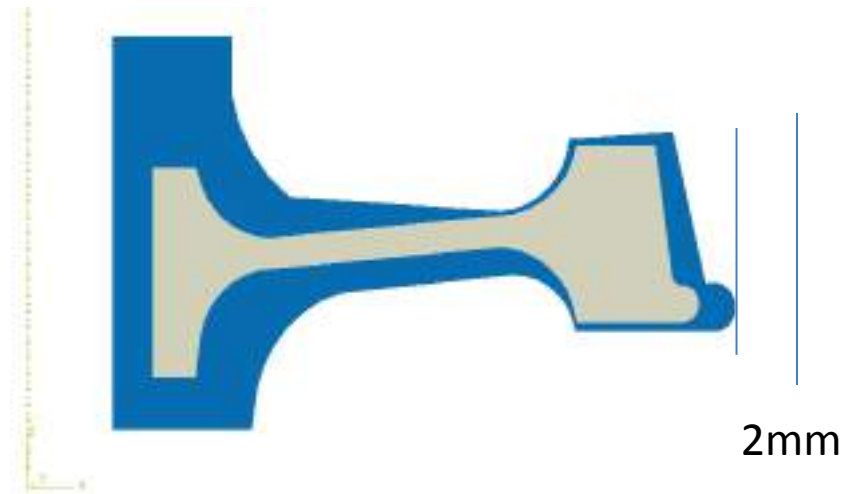
- A) **Generación** de tensiones durante el mecanizado
- B) **Relajación** de tensiones en el mecanizado.

A) La inclusión de las tensiones superficiales y fuerzas de corte es importante para componentes con secciones delgadas /thin section

B) La inclusión de las tensiones volumetricas previas es importante en el caso de distorsiones de piezas masivas con una relación de buy to fly grande, 4:1, 10:1.



- **Caso de estudio -Modelización del proceso de distorsiones por mecanizado**

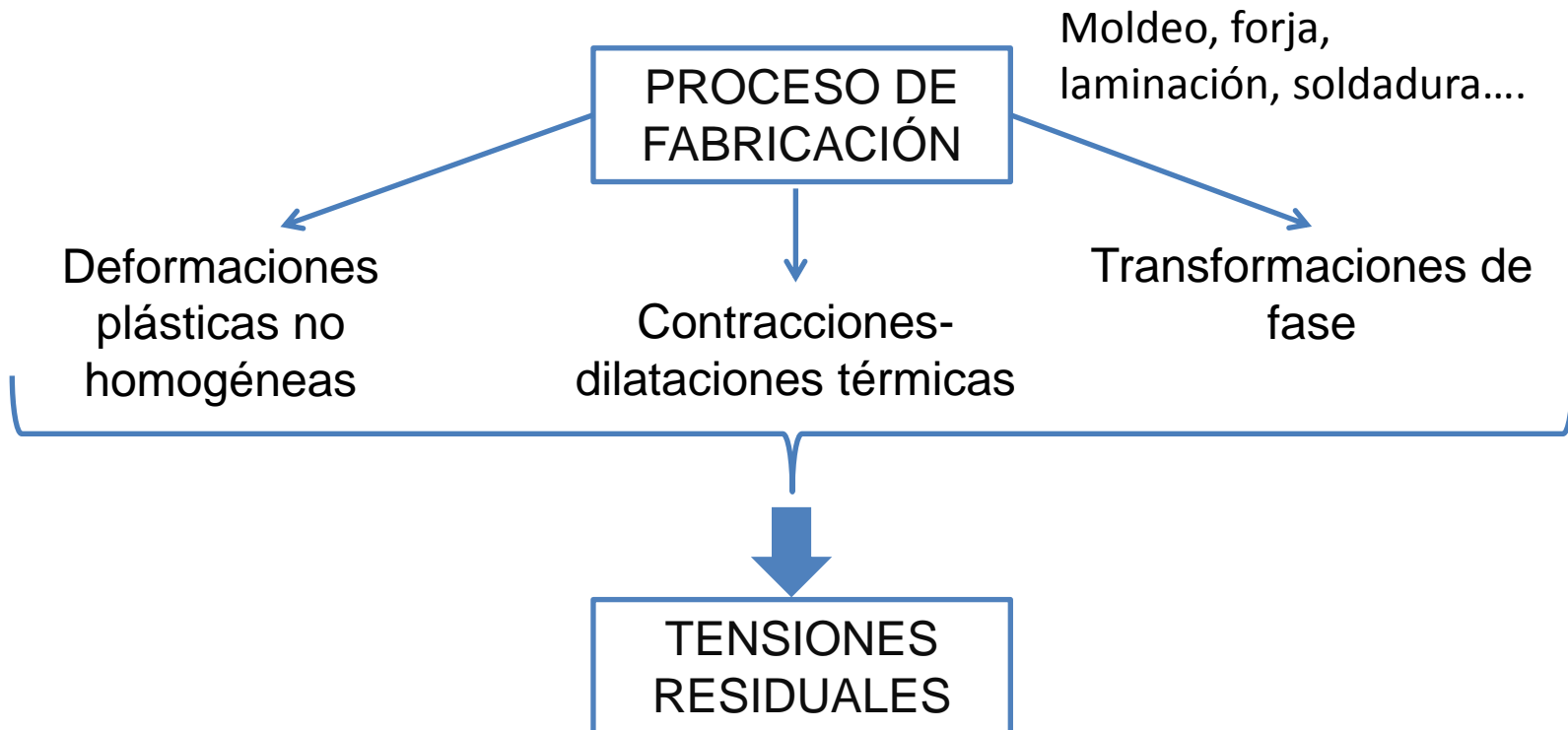


Modelización

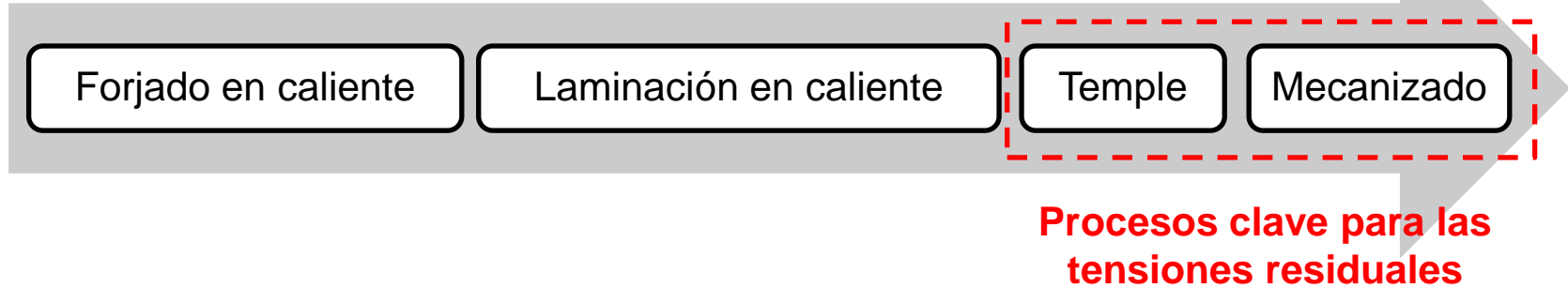
OBJETIVO



Predecir las distorsiones finales debidas principalmente a la relajación de tensiones que se da en el proceso de mecanizado.



Modelización- SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN



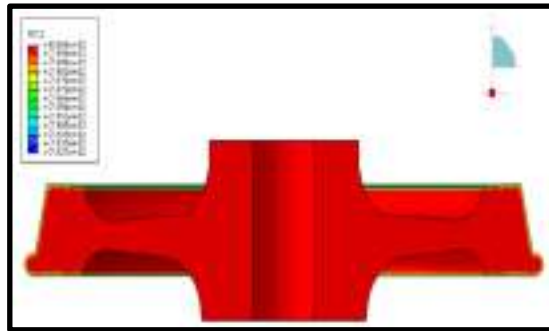
La simulación de las distorsiones finales implica simular todos los procesos importantes influyentes en su estado de tensiones residuales.

Características simulación:

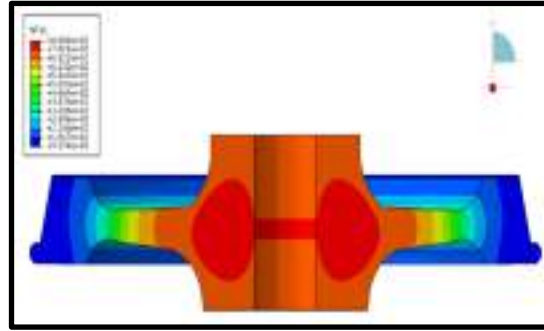
- Software de elementos finitos ABAQUS
- Modelos axisimétricos (geometría de revolución)



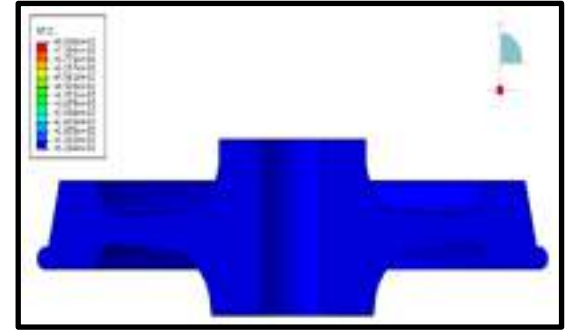
Modelización- SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN



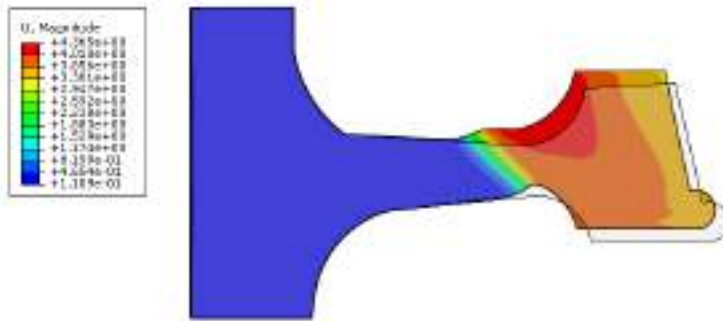
Calentamiento para el temple



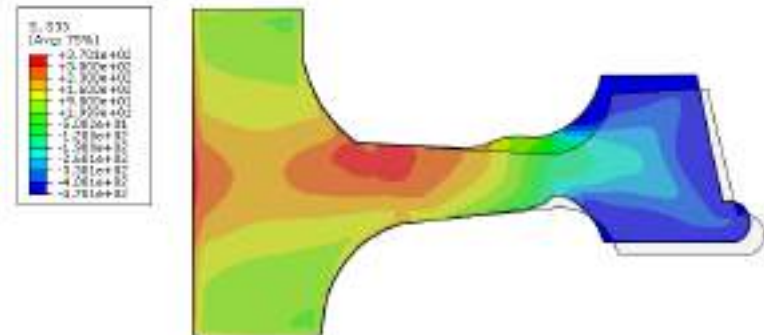
Templándose



Fin de temple



Distorsiones



Tensiones residuales

Modelización- SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Simulación simplificada del proceso de mecanizado

Simulación a gran escala
(Eliminación de material)



Se modela la eliminación del material con el objeto de predecir las distorsiones finales debido a la redistribución de tensiones que se da

Simulaciones a pequeña escala
(Formación de la viruta)



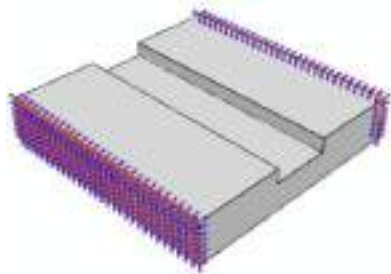
Se centran en simular la formación de viruta pudiendo analizar las fuerzas de corte, tensiones, temperaturas, desgastes, etc. pero siempre a un nivel muy local.

- *Las tensiones residuales inducidas por el proceso de mecanizado están limitadas a una región con una profundidad máxima de 150-200 μ m.*
- *El proceso de mecanizado se puede analizar como un proceso de relajación de tensiones por eliminación del material y cambio de rigidez de la sección.*

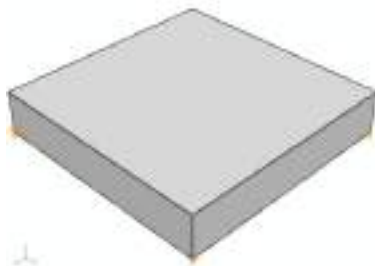
Modelización - SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Simulación simplificada del proceso de mecanizado: metodología

a) Condiciones UTILLAJE

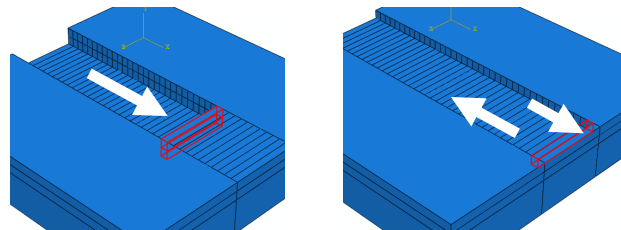


Efecto de utillajes



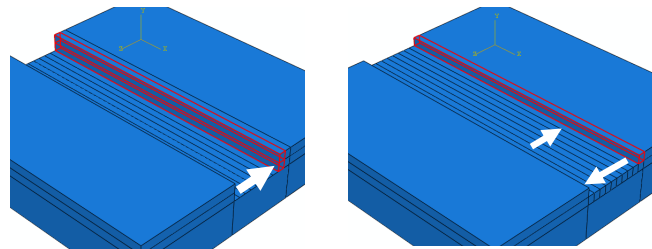
Clamping release

b) Influencia de la secuencia



H1

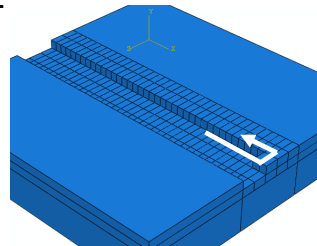
H2



V1

V2

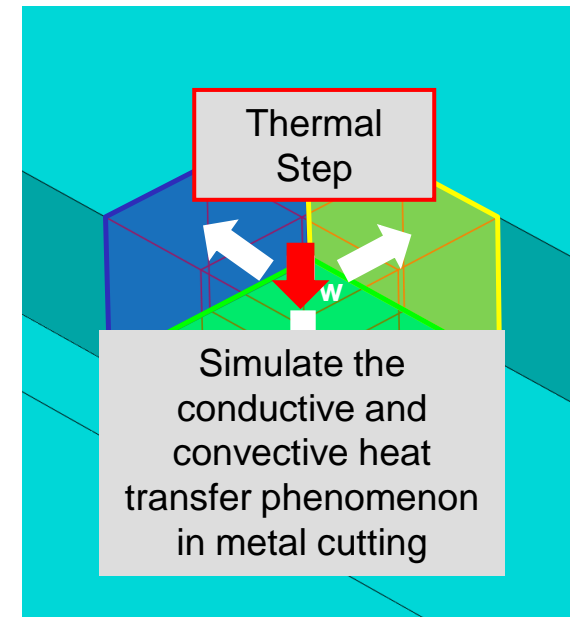
SEC



c) Influencia del calor generado /parametros de mecanizado

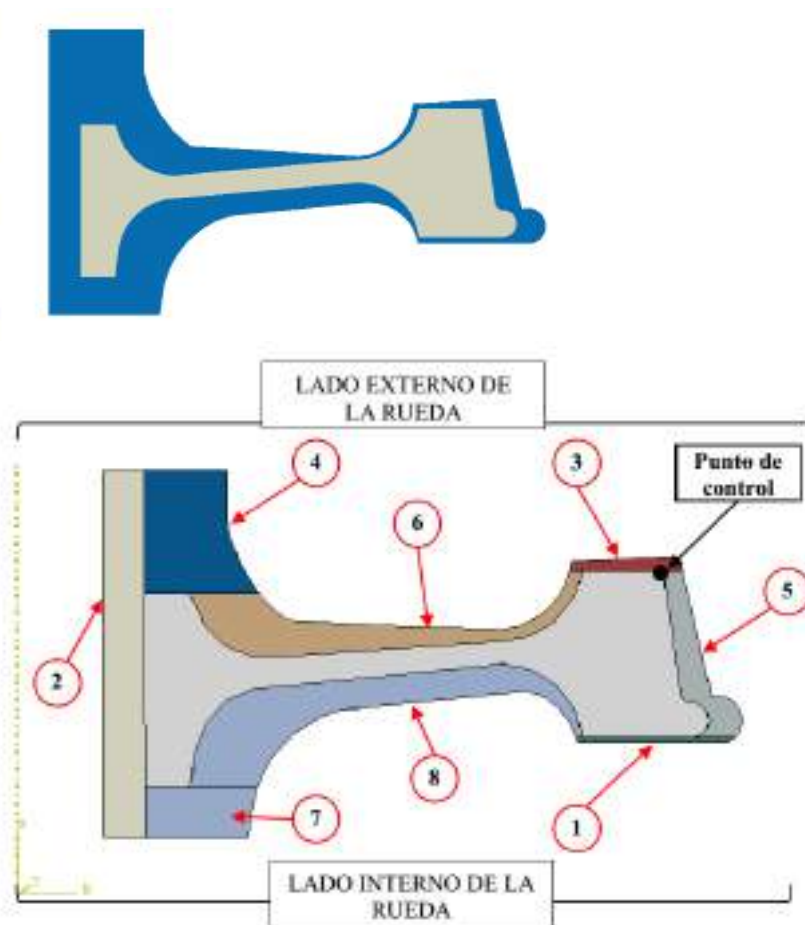
Heat dissipated per unit time into the workpiece:

$$U_W = (K_c \cdot h_m \cdot a_p) \cdot V \cdot H_W$$



Modelización - SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Simulación simplificada del proceso de mecanizado



- Todo el material correspondiente a la sección coloreada en azul debe ser eliminado para obtener la forma final.
- La eliminación de ese material se puede hacer **en diferentes secuencias**

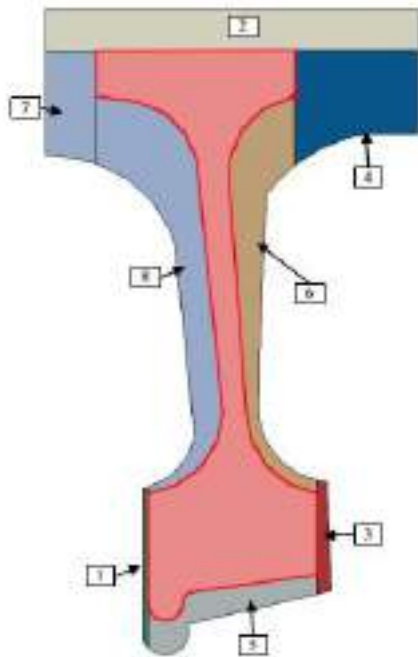
→ **ESTRATEGIA I DE MECANIZADO**

Modelización- SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Simulación simplificada del proceso de mecanizado (puesta a punto el modelo)

ESTRATEGIA I DE MECANIZADO

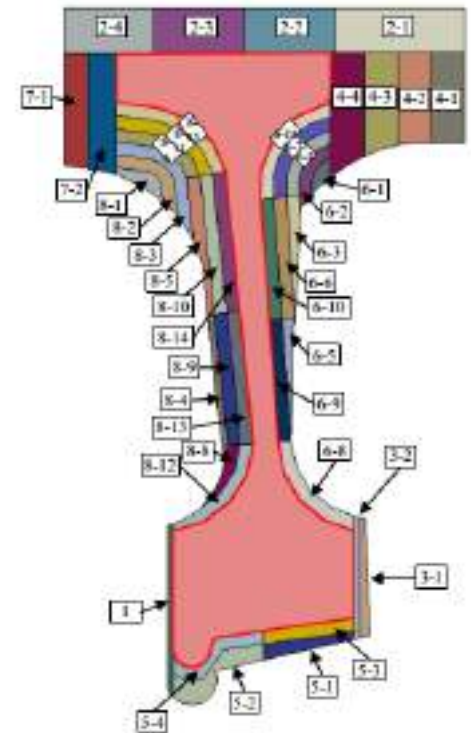
Discretización 1



ACEPTABLE

- Se ha analizado el efecto que tiene el grado de discretización en las distorsiones finales.
- No hay demasiada diferencia entre las dos opciones excepto para el último paso del desamarre.
- Se ve que debido a la discretización, la redistribución de las tensiones no es exactamente la misma.

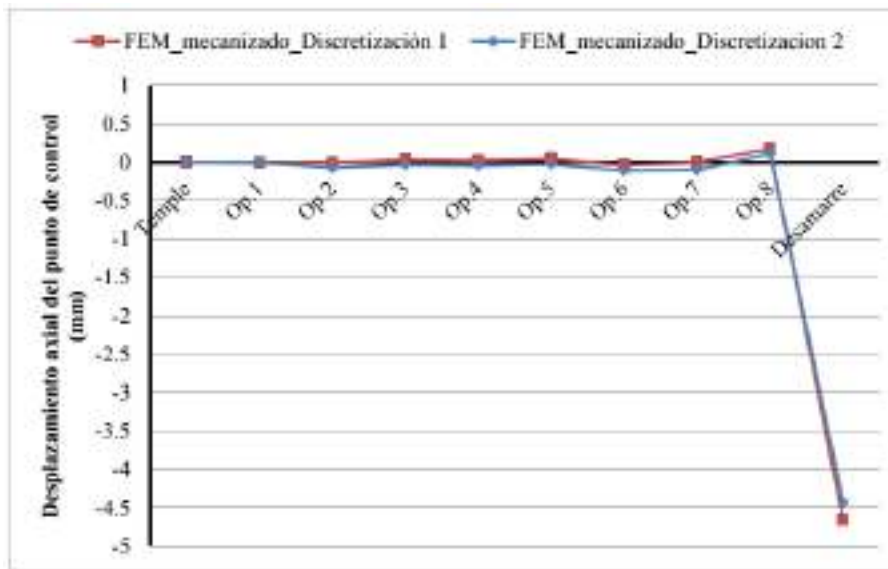
Discretización 2



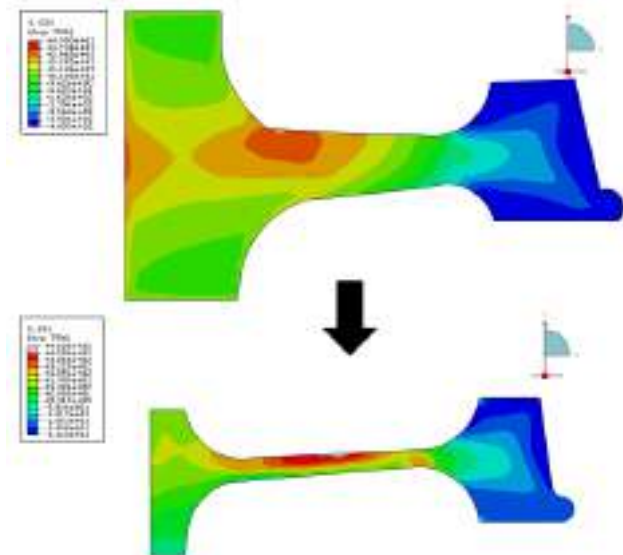
Modelización - SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Simulación simplificada del proceso de mecanizado

ESTRATEGIA I DE MECANIZADO



Deformada final

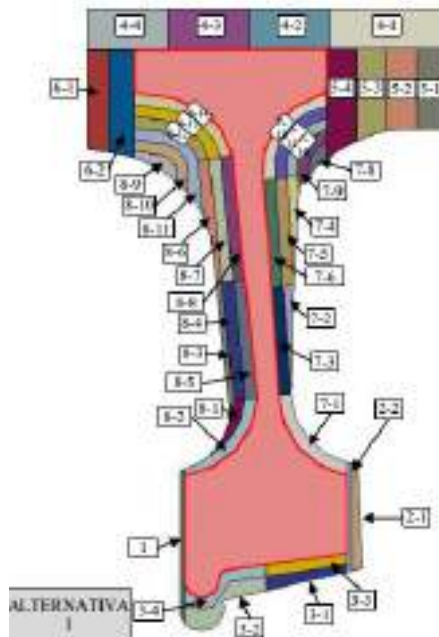


Redistribución de las tensiones tangenciales

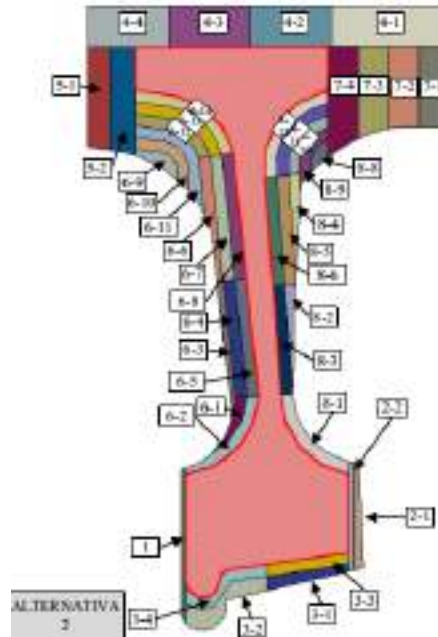
Modelización - SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

Simulación simplificada del proceso de mecanizado

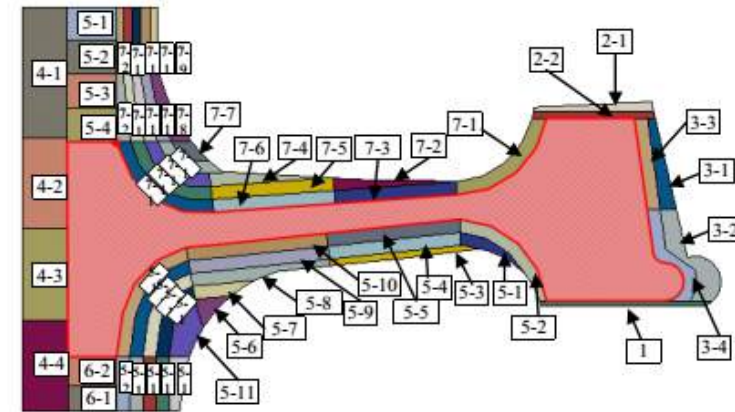
INFLUENCIA DE LA SECUENCIA DE MECANIZADO



(1)



(2)

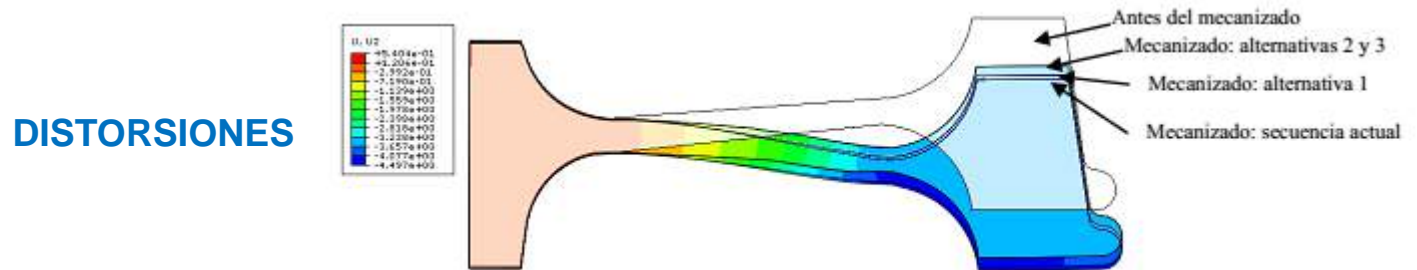


(3)

Modelización - SIMULACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN

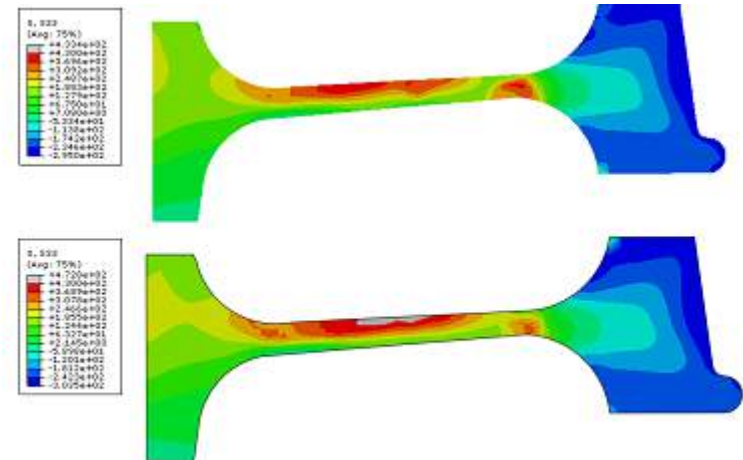
Simulación simplificada del proceso de mecanizado

INFLUENCIA DE LA SECUENCIA DE MECANIZADO



TENSIONES RESIDUALES

ALTERNATIVAS 2 Y 3
ALTERNATIVAS 1 Y ACTUAL



• Modelización – otros casos

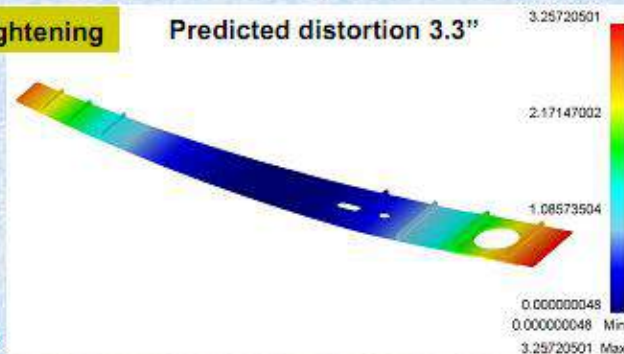
Full-Scale Demonstration

Determined machining process on each surface to obtain straight Ti-64 part

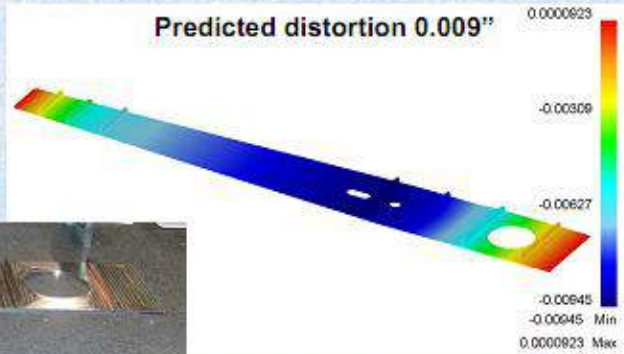
BEFORE: All Parts Require Disposition and Straightening



- Web thickness: 0.090, 0.125, 0.190, 0.250, 0.277"
- Part size ~ 12" x 86"
- 0.04" element size (numerical error 3%)
- ~250K Elements
- 43 min simulation time hpvc - cluster

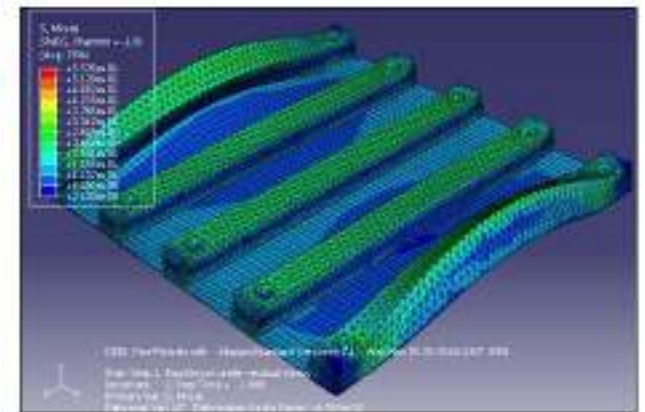
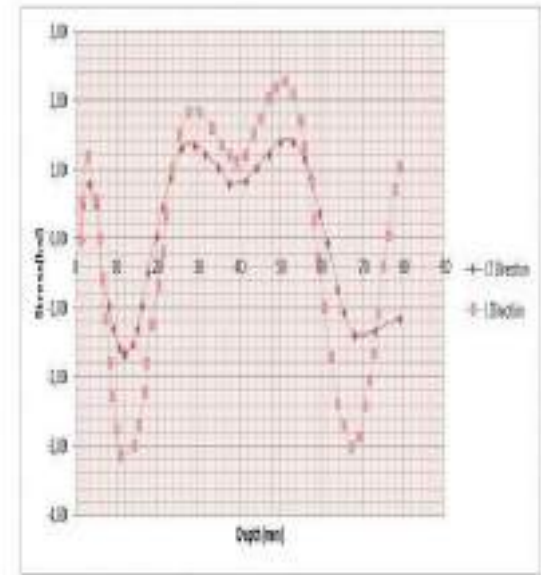


AFTER Model Optimization



Obtained straight part using modeling

Modelización – otros casos



- **Soluciones potenciales:**
- Prueba y error.
- Si se puede hacer un **tratamiento de relajación** previo al mecanizado.
- **Modelizar**, y variar parámetros (secuencia, forma inicial de partida, estado inicial de tensiones residuales...)
- Hacer un **sistema inteligente** que vaya haciendo medidas y correcciones sobre la pieza concreta.
 - *Integrar sistemas para detectar en proceso las distorsiones y compensar las desviaciones utilizando un actuador integrado en el utillaje de amarre. Utilizar una estrategia de mecanizado incremental*
 - *Adaptar en línea, de forma dinámica la trayectoria de la herramienta a la configuración real deformada.*
 - *Amarre de piezas curvada y esbeltas /thin wall). Incorporar sensores para medir y controlar las fuerzas de amarre.*

Oportunidad de I+D

- Convocatoria de proyectos de apoyo a PYMES (UE) **Fin MARZO**
 - Procesos de mecanizado – PROBLEMAS DE DEFORMACIONES
 - Mejora del proceso y soluciones que conlleven una mejora del sistema de “amarre” y sistemas de visión incorporados.
 - Proyectos de 18 meses (500,000 €)
 - 3 o mas partners de la cadena de valor (usuario final y proveedores de tecnología y conocimiento)

Más información: aetxeberria@lortek.es

o Aspromec, info@encuentrosdelmecanizado.com



GRACIAS