

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Profesor Patrocinante:  
Dr. Ing. Paulo Flores Vega

Validación y Análisis de Simulaciones por Elementos Finitos  
para el Conformado Incremental de Placas Metálicas



**Carlos Felipe Guzmán Inostroza**

Tesis para optar al grado de:  
Magíster en Ciencias de la Ingeniería  
con mención en Ingeniería Mecánica

Concepción, Abril de 2012

## Sumario

En el presente trabajo, se describe el *Conformado Incremental de Punto Único* (*Single Point Incremental Forming*, SPIF), se valida un modelo numérico para su simulación utilizando mediciones experimentales, se proponen parámetros de una simulación con remallado adaptativo y se analizan los resultados obtenidos.

El SPIF es un proceso de conformado de placas metálicas en la que una herramienta muy pequeña hace contacto con una lámina empotrada en sus extremos. Dependiendo de la trayectoria de la herramienta, la lámina puede alcanzar formas simétricas o asimétricas. Su principal ventaja es la ausencia de un molde, lo que otorga gran flexibilidad y reduce el costo de producción a baja escala. Debido a ello, es adecuado para la fabricación de prototipos rápidos y piezas altamente diferenciadas, en pequeños lotes de producción.

Del estudio del estado del arte, existen dos métodos para la simulación por elementos finitos: los implícitos y explícitos. Los primeros son más exactos pero requieren más tiempo de cálculo que los segundos. Por ello se han propuesto técnicas para reducirlo, como utilizar elementos de cáscara en vez de elementos sólidos, condiciones de borde aprovechando la simetría, leyes constitutivas sencillas y técnicas numéricas como el remallado adaptativo. En este trabajo, estas técnicas son usadas en simulaciones de distintas geometrías, usando el código de elementos finitos LAGAMINE, desarrollado por la Universidad de Lieja (ULg).

Para su validación, la predicción de la forma y las fuerzas de las simulaciones son comparadas con mediciones experimentales. Las fuentes de errores también son analizadas. Para el remallado, se comparan la predicción de forma, espesores y fuerzas con mallas más refinadas, obteniéndose una notable reducción en el tiempo de cálculo, sin una pérdida considerable en la exactitud. Finalmente, se analizan los esfuerzos y deformaciones, donde se observa plasticidad en zonas de la lámina no procesadas por la herramienta, y altos esfuerzos en zonas procesadas sin entrar en plasticidad; ambos fuertemente influenciados por la geometría de la pieza.

Se concluye, que el proceso es factible de ser simulado por medio del MEF. De la comparación numérica-experimental, los resultados son aceptables considerando las limitaciones del modelo, siendo el corte a través del espesor (TTS) la causa más importante de las diferencias. Por otro lado, la utilización del remallado adaptativo logra su cometido de obtener buenos resultados de manera más rápida.