

Capítulo 1

Introducción

1.1 Contexto del Proyecto

Las prácticas de laboratorio ocupan un lugar de gran relevancia en la docencia básica de un alumno de Ingeniería. La asistencia a las prácticas de laboratorio de una asignatura ayuda al alumno a consolidar los conocimientos teórico-prácticos adquiridos durante el curso. Además de los objetivos didácticos propios de la asignatura, la asistencia al laboratorio desarrolla y amplía los comportamientos profesionales y las habilidades del futuro ingeniero.

El área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica y de los Materiales de la Universidad de Sevilla, imparte docencia en diversas asignaturas de grado y postgrado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla. El conjunto de prácticas de laboratorio, repartidas entre las distintas asignaturas, que desarrolla este área de conocimiento se realiza en el edificio de talleres T2 de la Escuela y cuenta con todos los recursos necesarios (máquinas, herramientas, tecnología, etc.). En dichas prácticas se pretende instruir al alumno en los procesos de moldeo y conformado de metales más importantes que se emplean en la industria actual. Entre las diferentes sesiones se imparten prácticas de fundición (en arena, en cáscara...), prácticas de conformado por deformación plástica (forja, extrusión...) y prácticas de mecanizado (torneado, fresado, rectificado...).

Actualmente, hay un proceso de fabricación del cual el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación no imparte prácticas de laboratorio, a pesar de su importancia en la industria y de existir contenido teórico en algunas asignaturas: el conformado plástico de chapa. En los procesos de conformado de chapa se transforman chapas o láminas metálicas de espesores pequeños en componentes con formas geométricas muy diversas. La importancia de estos procesos radica en la excelente relación resistencia/peso de las chapas metálica y son en la actualidad uno de los procesos más habituales en las industrias aeronáutica, de automoción, construcción, electrodomésticos, envases, etc.

En las instalaciones del mencionado edificio de talleres T2 hay almacenados diversos recursos que se utilizaban en prácticas de laboratorio y que dejaron de utilizarse con el cambio de ubicación de la Escuela a finales del siglo pasado. Entre estos recursos hay algunos dispositivos manuales que se usaban para realizar distintas operaciones de conformado de chapa, tales como doblado en U, doblado en V, o una máquina manual de embutición de tipo Erichsen. Obviamente, estos dispositivos podrían recuperarse y ponerse a punto para impartir de nuevo prácticas de conformado de chapa.

1.2 Objetivos del Proyecto

Este proyecto surge con el propósito general de aumentar el abanico de prácticas de laboratorio a realizar en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, ampliando así la calidad de la docencia del alumnado en este campo. En particular, se pretende recuperar la mencionada máquina Erichsen manual para la realización de prácticas de embutición de chapa. Brevemente, esta máquina consiste en un dispositivo manual que desplaza un punzón hemiesférico contra la superficie de una probeta de chapa metálica anclada por su periferia, de manera que deforma la chapa hasta producirse el fallo del material. Las medidas de deformación de la probeta en el instante en el que se produce el fallo permiten caracterizar la conformabilidad del material. En definitiva, los objetivos generales que se plantean en el proyecto se pueden resumir en los dos siguientes:

- Realizar una puesta a punto de la máquina Erichsen manual de embutición de chapa.
- Preparar una práctica de laboratorio sobre conformado de chapa usando la máquina como elemento central de la misma.

Estos objetivos generales se pretenden llevar a cabo mediante la realización de las siguientes tareas durante el desarrollo del proyecto:

1. Describir las características de la máquina Erichsen manual, detallando la geometría y dimensiones de sus componentes así como su funcionamiento.
2. Poner a punto la máquina Erichsen manual y describir las principales tareas de mantenimiento que conlleva.
3. Calibrar la capacidad de la máquina Erichsen manual realizando una serie de pruebas en chapas metálicas de diversos materiales y espesores.
4. Definir una serie de ensayos a realizar en la máquina Erichsen manual, incluyendo el diseño de las probetas, para representar la zona de estirado del Diagrama Límite de Conformado.
5. Especificar un método rápido y eficaz de marcado de la superficie de las probetas que permita medir la deformación del material.
6. Determinar una metodología básica de gestión de chapas metálicas en el Taller, desde su entrada en el mismo hasta la forma final de probeta.
7. Proponer una práctica de laboratorio que incluya un guía teórica para los alumnos, cuestiones a resolver y una memoria a entregar por parte del alumno.
8. Preparar un manual paso a paso sobre las actividades a realizar antes y durante la práctica por el personal docente encargado de la misma.
9. Especificar la pauta para la realización de futuros proyectos de la misma índole (p.ej: prácticas de doblado de chapa en V).

En todas estas tareas se tiene siempre en cuenta el carácter docente marcado en los objetivos generales. Por ello se buscan soluciones generales que sean pragmáticas y educativas, y no se indaga en aquellas más propias de la investigación científica.

1.3 Estructura del documento

El proyecto se inicia con el establecimiento de las **bases teóricas de la embutición de chapa (capítulo 2)** que sustentan el estudio, definiendo dicho proceso (estirado, estampación, embutición), el concepto de conformabilidad que lo caracteriza (tipología y características de fallo), las características de los ensayos típicos de conformado (en especial el Diagrama Límite de Conformado) y las del propio ensayo Erichsen como herramienta para obtener límites de fallo.

A continuación se describe con detalle todo lo referente a **la máquina Erichsen manual (capítulo 3)** disponible en las instalaciones del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación: su configuración (componentes estructurales y sus respectivas funciones), las dimensiones principales de los elementos sensibles que caracterizan el proceso (punzón, prensachapa y matriz), la metodología de un ensayo típico, las probetas usadas en los ensayos (materiales, geometrías, gestión de las mismas) y el proceso para poner a punto la máquina (limpieza, mantenimiento, comprobación de repetibilidad de ensayos, lubricación óptima) así como algunos ensayos de ejemplo para tomar contacto con la respuesta tanto de la máquina como de los distintos materiales que pueden ser empleados.

La siguiente etapa, una vez preparada la máquina y la base teórica sobre la que opera, consiste en la **definición y realización de los ensayos (capítulo 4)** necesarios para generar Diagramas Límite de Conformado, tal que de ellos se desprendan resultados correctos y adecuados para su implementación en las prácticas. Primero se define el tipo de ensayo principal elegido (probetas rectangulares de ancho variable), las tipologías de fallo propias del mismo (estricción y fractura dúctil), el método de representación de las deformaciones (*Circle Grid Analysis* o CGA) y el método de medición de las mismas (en general mediante herramientas mecánicas). Bajo estas condiciones se realizan los ensayos de dos materiales: una aleación de aluminio (2024-T3), AA7075-T6-S3 y un acero dulce, indicando para cada uno sus características propias ante el ensayo (número de probetas necesarias, consideración o no de la dirección de laminación, variaciones respecto al ensayo principal, etc.) y los resultados de cada uno en forma de Diagrama Límite de Conformado. Estos resultados se cotejan para obtener conclusiones sobre su comportamiento mecánico y para definir cuáles son elegidos para las prácticas y por qué.

Posteriormente se desarrolla la **implementación de prácticas de laboratorio (capítulo 5)**, resumiendo primero las conclusiones más representativas del anterior capítulo que son utilizadas aquí (probetas concretas, métodos, tiempos). Después se definen tanto el desarrollo de la práctica por parte del alumno (metodología, grupos de personas, memoria con teoría de seguimiento, cuestiones planteadas y entregables) como la preparación de la misma por parte del profesor (fabricación de las probetas y número de las mismas,

presentación, funcionamiento de la máquina y respuesta ante imprevistos). Para acabar se realiza un ejemplo de cuestionario o guión con el que el alumno debe resolver las actividades planteadas.

Por último, se presentan las **conclusiones y trabajos futuros (capítulo 6)** donde se especifican tanto el estado de los objetivos iniciales (generales y concretos) como las propuestas de actividades venideras que pueden extraerse en base a las conclusiones.