

Índice general

1. Introducción	1
1.1 Contexto del proyecto	1
1.2 Objetivos del proyecto	2
1.3 Estructura del documento	4
2. Bases teóricas de la embutición de chapa	7
2.1 Procesos de conformado de chapa	7
2.1.1 Introducción	7
2.1.2 Propiedades del conformado de chapa	8
2.1.3 Tipos de conformado de chapa	10
2.2 Conformabilidad del material	12
2.2.1 Definición de fallo	12
2.2.2 Características del fallo	13
2.3 Ensayos de conformado de chapa	14
2.3.1 Tipos de ensayos	14
2.3.2 Diagrama Límite de Conformado (DLC)	16
2.3.3 Obtención experimental del DLC	18
2.3.4 Factores influyentes en el DLC	21
2.3.5 Uso del DLC	24
2.4 El ensayo Erichsen	26
2.4.1 Historia	26

2.4.2 Componentes básicos y dimensiones	27
2.4.3 Procedimiento del ensayo	29
2.4.4 Variaciones del ensayo	30
3. La máquina Erichsen manual	31
3.1 Características	31
3.1.1 Clasificación	31
3.1.2 Componentes principales	33
3.1.3 Dimensiones	38
3.2 Funcionamiento	40
3.2.1 Procedimiento de ensayo	40
3.2.2 Consejos de uso	44
3.2.3 Medición del Índice Erichsen	46
3.3 Preparación de probetas	50
3.3.1 Características generales	50
3.3.2 Geometría	51
3.3.3 Material	51
3.3.4 Gestión material y dimensional	54
3.4 Puesta a punto	58
3.4.1 Limpieza	58
3.4.2 Instalación	59
3.4.3 Mantenimiento	60
3.4.4 Pruebas de puesta a punto (varios materiales)	62
3.4.5 Prueba con AA2024-T3: repetibilidad y lubricación	67
3.4.6 Prueba con AA2024-T3: isotropía	70
3.4.7 Prueba con otro material: AA7075-T6 SH	73
3.4.8 Prueba con otro material: Acero dulce	76
3.4.9 Conclusiones de la puesta a punto	78
4. Ensayos para la obtención del Diagrama Límite de Conformado	81
4.1 Descripción de los ensayos de DLC	81
4.1.1 Condiciones a tener en cuenta durante el diseño	81
4.1.2 Probetas de ancho variable	83
4.1.3 Resumen de los ensayos	86
4.2 CGA: Métodos de representación y medición de deformaciones	87
4.2.1 Requisitos de la rejilla de círculos	87
4.2.2 Tipos de rejilla y geometría recomendada	88
4.2.3 Elementos necesarios	89
4.2.4 Métodos de representación de la rejilla de círculos	90
4.2.5 Aplicación de los métodos de representación	93
4.2.6 Criterio de medición de deformaciones	98

4.2.7 Métodos de medición de deformaciones	100
4.3 Ensayos en chapas de AA2024	104
4.3.1 Prueba 1	104
4.3.2 Prueba 2	106
4.3.3 Prueba 3	108
4.3.4 Prueba 4	111
4.3.5 Conclusiones del AA2024	113
4.4 Ensayos en chapas de Acero Dulce	115
4.4.1 Prueba 5	115
4.4.2 Prueba 6	117
4.4.3 Prueba 7	120
4.4.4 Prueba 8	122
4.4.5 Conclusiones del Acero Dulce	124
4.5 Resumen de resultados y conclusiones	127
4.5.1 Conclusiones generales	127
4.5.2 Conclusiones específicas de los ensayos de AA2024 y Acero Dulce	127
5. Implementación de prácticas de laboratorio	129
5.1 Introducción	129
5.1.1 Gestión de las actividades	130
5.2 Desarrollo de la práctica por parte del alumno	133
5.3 Desarrollo de la práctica por parte del profesor	135
5.4 Ejemplo de práctica	138
6. Conclusiones y trabajos futuros	139
6.1 Conclusiones	139
6.2 Trabajos futuros	140
Anexo I: Dimensiones principales de la máquina Erichsen	143
Anexo II: Resultados numéricos de los ensayos del Capítulo 4	149
Anexo III: Probetas 80 x 80 de ancho variable	155
Anexo IV: Guión de prácticas propuesto	159
Bibliografía	169