



# Procesos de fabricación mecánica

Lorenzo Solano García



**Editorial**

Universitat Politècnica  
de València

Lorenzo Solano García

# **Procesos de fabricación mecánica**



*Colección Académica*

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: Solano García, L. (2020). *Procesos de fabricación mecánica*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València

© Lorenzo Solano García

© 2020, Editorial Universitat Politècnica de València  
Venta: [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 0842\_03\_01\_01

Imprime: Byprint Percom, S. L

ISBN: 978-84-9048-775-4  
Impreso bajo demanda

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

Impreso en España

## **Motivación**

En este libro se realiza una aproximación a los procesos de fabricación mecánica. Prestando especial interés en los procesos convencionales, y poniendo el foco en las capacidades de los mismos para cumplir los requisitos de diseño establecidos para piezas y productos. Para ello, es preciso introducir unas nociones básicas sobre metrología dimensional y sobre las técnicas de medición y normalización de las especificaciones dimensionales y geométricas; ya que la mayoría de los requisitos de diseño en fabricación mecánica pertenecen al ámbito de la metrología dimensional. Por otra parte, para el cumplimiento de las especificaciones de diseño también se precisa una adecuada selección y secuenciación de los procesos y recursos de fabricación, que es el objeto de la planificación de procesos de fabricación, y que también ha sido incluido en el libro.

## **Los contenidos**

Los contenidos del libro se estructuran en ocho capítulos. En el primero se realiza una introducción a la fabricación mecánica. Los capítulos 2 y 3 están dedicados a la calidad en fabricación desde el punto de vista de la metrología dimensional. En los capítulos 4, 5, 6 y 7 se presentan los conceptos básicos de las tecnologías de fabricación contempladas. Por último, el capítulo 8 se dedica a la planificación de procesos de fabricación.

- Capítulo 1. Introducción a la fabricación mecánica

Este capítulo presenta una visión general de ciertos aspectos relacionados con la fabricación mecánica. Algunos de los cuales se desarrollarán en otros capítulos del libro; mientras otros, que no tienen un tratamiento específico en el resto del libro, aportan información complementaria que facilita la contextualización de los primeros en el marco general de la fabricación mecánica.

- Capítulo 2. Fundamentos de metrología dimensional. Técnicas de medición

En este capítulo se introducen los conceptos básicos de la metrología dimensional y de las técnicas de medición de magnitudes dimensionales y geométricas. En particular, las que están directamente relacionadas con la verificación de las piezas que se obtienen mediante procesos de fabricación mecánica.

- Capítulo 3. Normalización de las especificaciones dimensionales y geométricas

En este capítulo se justifica la necesidad de especificar las características dimensionales y geométricas de piezas y productos, y se presentan los principios y la normativa de aplicación inmediata a las tolerancias dimensionales y geométricas para los casos más simples.

- Capítulo 4. Procesos de conformado sin eliminación de material

Este capítulo se dedica a un amplio grupo de procesos de fabricación, de los cuales se ha seleccionado una muestra representativa, que a su vez se presenta agrupada en tres categorías: procesos de conformado por moldeo de metales, procesos de conformado por moldeo de materiales poliméricos, y procesos de conformado por deformación plástica.

- Capítulo 5. Procesos de conformado por eliminación de material

En este capítulo se tratan los procesos convencionales de mecanizado, con especial atención al torneado y al fresado. A los cuales se ha dedicado un análisis más pormenorizado que al resto de procesos de fabricación contemplados en el libro.

- Capítulo 6. Procesos de fabricación no convencionales

En este capítulo se aborda la descripción de los procesos de mecanizado no convencionales, mostrando las características generales de los más importantes.

- Capítulo 7. Procesos de montaje y unión

En este capítulo se presentan las generalidades de los procesos de montaje y unión, y se introducen los principales procesos de soldadura utilizados en el ámbito de la fabricación mecánica.

- Capítulo 8. Planificación de procesos de fabricación

En este capítulo se introducen los conceptos básicos de la planificación de procesos y su aplicación a la definición de planes de proceso detallados para la fabricación de piezas y productos simples.

## **Qué se incluye en cada capítulo**

Todos los capítulos presentan una estructura de contenidos similar. En cada uno de ellos, los conceptos y explicaciones teóricas se complementan con ejercicios resueltos y ejercicios propuestos de alguno de los tipos siguientes: cuestiones de respuesta abierta (C), problemas (P), y preguntas de respuesta objetiva o *test* (T).

# Índice

Motivación .....	III
Los contenidos .....	III
Qué se incluye en cada capítulo .....	IV
<b>Capítulo 1. Introducción a la fabricación mecánica</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objeto y contenidos .....	1
1.2. Concepto de fabricación .....	2
1.2.1. Enfoque tecnológico .....	2
1.2.2. Enfoque económico .....	2
1.3. Ciclo productivo .....	2
1.4. Tecnología y procesos de fabricación .....	4
1.4.1. Procesado .....	5
1.4.2. Otras operaciones de fabricación realizadas sobre el producto .....	5
1.4.3. Preparación .....	5
1.4.4. Elementos que intervienen en el conformado .....	5
1.5. El ordenador en la fabricación .....	6
1.6. Automatización .....	6
1.6.1. Automatización rígida .....	6
1.6.2. Automatización flexible .....	7
1.7. Clasificación de procesos de fabricación .....	7
1.7.1. Conformado por fundición y moldeo .....	8
1.7.2. Conformado por arranque de material .....	8
1.7.3. Conformado por deformación plástica .....	9
1.7.4. Conformado por pulvimetalurgia .....	10
1.7.5. Procesos de unión .....	10
1.7.6. Procesos de montaje .....	11
1.7.7. Procesos de tratamiento .....	11

1.8. Clasificación de materiales para fabricación .....	11
1.8.1. Materiales metálicos .....	11
1.8.2. Materiales cerámicos .....	11
1.8.3. Materiales poliméricos.....	11
1.8.4. Materiales compuestos.....	11
1.9. Tipo de implantación .....	12
1.9.1. Posiciones fijas .....	12
1.9.2. Por procesos.....	12
1.9.3. Por productos .....	12
1.9.4. Fabricación celular.....	12
1.9.5. Fabricación con células virtuales .....	12
1.10. Clasificación de sistemas productivos .....	13
1.10.1. Producción discreta.....	13
1.10.2. Producción por lotes .....	13
1.10.3. Producción continua .....	13
1.11. Aproximación a la selección de procesos de fabricación.....	13
Bibliografía recomendada .....	14
Ejercicios resueltos.....	17
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	21
<b>Capítulo 2. Fundamentos de metrología dimensional. Técnicas de medición .....</b>	<b>23</b>
2.1. Objeto y contenidos.....	23
2.2. Introducción a la metrología dimensional .....	24
2.2.1. Dimensiones .....	24
2.2.2. Geometría .....	24
2.2.3. Acabado superficial .....	24
2.3. El problema metroológico .....	25
2.3.1. Medición .....	25
2.3.2. Inspección .....	25
2.3.3. Calibración.....	26

---

2.3.4. Errores de medida.....	26
2.3.5. Intervalo de incertidumbre.....	26
2.4. Calibración del instrumento de medida.....	28
2.4.1. Selección de los puntos de calibración.....	28
2.4.2. Criterio de rechazo.....	28
2.4.3. Cálculo de la incertidumbre.....	28
2.4.4. Factor de cobertura y nivel de confianza.....	29
2.4.5. Cálculo de la corrección de calibración.....	30
2.4.6. Expresión correcta del resultado de la medida.....	30
2.4.7. Interpretación de los parámetros $n$ y $K$ de la incertidumbre.....	30
2.4.8. Justificación de la fórmula de cálculo de la incertidumbre.....	31
2.5. Relación tolerancia-incertidumbre.....	33
2.6. Magnitudes de la metrología dimensional.....	34
2.7. Otros conceptos relacionados con la metrología dimensional.....	35
2.7.1. Medición.....	35
2.7.2. Ensayo.....	35
2.7.3. Resultado de la medición.....	35
2.7.4. Unidades de medida.....	35
2.7.5. Patrón de medida.....	36
2.7.6. Inspección.....	36
2.7.7. Control de calidad.....	36
2.7.8. Trazabilidad.....	36
2.7.9. Calibración.....	36
2.7.10. Plan de calibración.....	36
2.7.11. Tolerancia.....	36
2.7.12. Incertidumbre.....	37
2.7.13. Error sistemático.....	37
2.7.14. Error aleatorio.....	37
2.7.15. Tipos de errores de medida.....	38
2.8. Características de los instrumentos de medición.....	38



2.8.1. Campo de medida .....	38
2.8.2. Alcance .....	38
2.8.3. Escala .....	38
2.8.4. División de escala .....	38
2.8.5. Precisión .....	38
2.8.6. Incertidumbre .....	38
2.9. Medida de longitudes .....	38
2.9.1. Clasificación de instrumentos de medida de longitudes .....	39
2.9.2. Instrumentos basados en el sistema nonius .....	39
2.9.3. Instrumentos basados en el sistema palmer .....	41
2.9.4. Instrumentos de medida por comparación .....	44
2.9.5. Máquinas de medición .....	45
2.9.6. Instrumentos de medida por visión .....	46
2.10. Medida de ángulos .....	46
2.11. Medida de magnitudes geométricas .....	48
2.12. Medida de la rugosidad superficial .....	51
Bibliografía recomendada .....	55
Ejercicios resueltos .....	57
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	62
<b>Capítulo 3. Normalización de las especificaciones dimensionales y geométricas</b> .....	67
3.1. Objeto y contenidos .....	67
3.2. Introducción a la normalización .....	68
3.3. Representación de tolerancias dimensionales para ejes y agujeros .....	68
3.4. Sistema ISO de tolerancias .....	71
3.5. Concepto y tipos de ajustes .....	71
3.5.1. Ajuste móvil .....	72
3.5.2. Ajuste fijo .....	73
3.5.3. Ajuste indeterminado .....	74

---

3.6. Tablas para la especificación normalizada de las tolerancias.....	75
3.6.1. Especificación de la amplitud de la tolerancia.....	75
3.6.2. Especificación de la posición de la tolerancia.....	76
3.7. Calibres de límites.....	79
3.8. Limitaciones de la acotación dimensional.....	81
3.9. Representación de tolerancias geométricas.....	81
3.10. Tolerancias de forma.....	82
3.10.1. Tolerancia de rectitud.....	82
3.10.2. Tolerancia de planitud.....	82
3.10.3. Tolerancia de redondez.....	83
3.10.4. Tolerancia de cilindricidad.....	83
3.11. Tolerancias de orientación.....	84
3.11.1. Tolerancia de inclinación.....	84
3.11.2. Tolerancia de perpendicularidad.....	85
3.11.3. Tolerancia de paralelismo.....	85
3.12. Tolerancias de localización.....	85
3.12.1. Tolerancia de posición.....	86
3.12.2. Tolerancia de coaxialidad.....	86
3.12.3. Tolerancia de simetría.....	87
Bibliografía recomendada.....	88
Ejercicios resueltos.....	89
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	93
<b>Capítulo 4. Procesos de conformado sin eliminación de material.....</b>	<b>101</b>
4.1. Objeto y contenidos.....	101
4.2. Generalidades.....	102
4.3. Conformado por moldeo de metales.....	102
4.3.1. Moldeo en arena.....	105
4.3.2. Moldeo por gravedad.....	107
4.3.3. Moldeo a la cera perdida.....	108

4.3.4. Moldeo a presión .....	110
4.4. Conformado por moldeo de materiales poliméricos.....	112
4.4.1. Moldeo por inyección.....	113
4.4.2. Extrusión de plásticos.....	116
4.4.3. Termo-conformado .....	117
4.4.4. Moldeo por soplado .....	118
4.5. Conformado por deformación plástica .....	120
4.5.1. Forja.....	121
4.5.2. Laminación.....	122
4.5.3. Extrusión de metales.....	123
4.5.4. Trefilado .....	124
4.5.5. Conformación de chapa sin separación de material.....	125
4.5.6. Conformación de chapa con separación de material.....	128
4.5.7. Repujado.....	129
Bibliografía recomendada .....	131
Ejercicios resueltos.....	133
<i>Ejercicios propuestos .....</i>	<i>136</i>
<b>Capítulo 5. Procesos de conformado por eliminación de material .....</b>	<b>141</b>
5.1. Objeto y contenidos.....	141
5.2. Introducción.....	141
5.2.1. Concepto de mecanizado convencional .....	141
5.2.2. Justificación .....	142
5.2.3. Generalidades .....	142
5.3. Clasificación de los procesos de mecanizado .....	142
5.4. Máquinas herramientas para mecanizado .....	143
5.4.1. Máquinas herramienta convencionales .....	143
5.4.2. Máquinas herramienta automáticas.....	144
5.4.3. Máquinas herramienta de control numérico.....	145
5.4.4. Arquitectura de una máquina herramienta para mecanizado .....	146

---

5.5. Fuerza y sección de corte .....	148
5.6. Torneado .....	149
5.6.1. Definición de la operación de torneado .....	149
5.6.2. Operaciones de exterior y de interior .....	150
5.6.3. Cilindrado y mandrinado .....	150
5.6.4. Refrentado .....	151
5.6.5. Copiado .....	151
5.6.6. Contorneado de exteriores e interiores .....	152
5.6.7. Mecanizado con herramientas de forma .....	152
5.6.8. Roscado en torno .....	153
5.6.9. Ranurado .....	154
5.6.10. Tronzado .....	154
5.6.11. Operaciones singulares con herramienta de forma .....	154
5.6.12. Taladrado en torno .....	155
5.6.13. Moleteado .....	156
5.6.14. Torneado. Consideraciones económicas .....	156
5.6.15. Torneado. Aplicaciones típicas .....	156
5.6.16. Torneado. Aspectos de diseño y calidad .....	157
5.7. Fresado .....	157
5.7.1. Diferencias entre fresado y torneado .....	157
5.7.2. Tipos de fresado .....	157
5.7.3. Modos de fresado .....	158
5.7.4. Definición de la operación de fresado .....	159
5.7.5. Número de filos de la herramienta cortando simultáneamente .....	160
5.7.6. Fuerzas de corte en fresado .....	161
5.7.7. Operaciones de fresado .....	162
5.7.8. Herramientas de fresado .....	166
5.7.9. Fresado. Consideraciones económicas .....	168
5.7.10. Fresado. Aplicaciones típicas .....	168
5.7.11. Fresado. Aspectos de diseño y calidad .....	168

5.8. Mecanizado de agujeros .....	168
5.8.1. Taladrado .....	168
5.8.2. Escariado.....	169
5.8.3. Resumen de operaciones de mecanizado de agujeros.....	170
5.9. Rectificado.....	171
5.9.1. Rectificado. Consideraciones económicas.....	172
5.9.2. Rectificado. Aplicaciones típicas.....	173
5.9.3. Rectificado. Aspectos de diseño y calidad.....	173
5.10. Procesos de corte longitudinal .....	173
5.10.1. Limado.....	173
5.10.2. Cepillado.....	174
5.10.3. Mortajado.....	175
5.10.4. Brochado.....	176
5.11. Utillajes.....	177
Bibliografía recomendada .....	179
Ejercicios resueltos.....	182
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	187
<b>Capítulo 6. Procesos de fabricación no convencionales.....</b>	<b>191</b>
6.1. Objeto y contenidos.....	191
6.2. Generalidades .....	192
6.3. Electroerosión.....	192
6.3.1. Electroerosión. Consideraciones económicas.....	194
6.3.2. Electroerosión. Aplicaciones típicas.....	194
6.3.3. Electroerosión. Aspectos de diseño y calidad.....	194
6.4. Mecanizado electroquímico.....	194
6.4.1. Mecanizado electroquímico. Consideraciones económicas.....	195
6.4.2. Mecanizado electroquímico. Aplicaciones típicas.....	195
6.4.3. Mecanizado electroquímico. Aspectos de diseño y calidad.....	195
6.5. Mecanizado químico .....	195

---

6.5.1. Mecanizado químico. Consideraciones económicas .....	197
6.5.2. Mecanizado químico. Aplicaciones típicas .....	197
6.5.3. Mecanizado químico. Aspectos de diseño y calidad .....	197
6.6. Mecanizado por ultrasonidos.....	197
6.6.1. Mecanizado por ultrasonidos. Consideraciones económicas.....	197
6.6.2. Mecanizado por ultrasonidos. Aplicaciones típicas.....	198
6.6.3. Mecanizado por ultrasonidos. Aspectos de diseño y calidad.....	198
6.7. Corte por chorro de agua.....	198
6.7.1. Corte por chorro de agua. Consideraciones económicas.....	199
6.7.2. Corte por chorro de agua. Aplicaciones típicas .....	199
6.7.3. Corte por chorro de agua. Aspectos de diseño y calidad.....	199
Bibliografía recomendada .....	200
Ejercicios resueltos .....	201
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	202
<b>Capítulo 7. Procesos de montaje y unión</b> .....	205
7.1. Objeto y contenidos.....	205
7.2. Generalidades.....	206
7.3. Clasificación de las soldaduras.....	207
7.3.1. Clasificación en función de la naturaleza de los materiales a unir .....	207
7.3.2. Clasificación en función del mecanismo de soldeo .....	208
7.3.3. Clasificación en función de la fuente de energía .....	208
7.4. Soldadura eléctrica por resistencia .....	208
7.5. Soldadura eléctrica por arco .....	209
7.6. Soldadura oxigás .....	209
7.7. Soldadura por láser.....	210
7.8. Soldadura por ultrasonidos.....	211
Bibliografía recomendada .....	212
Ejercicios resueltos .....	213
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	215

<b>Capítulo 8. Planificación de procesos de fabricación</b> .....	219
8.1. Objeto y contenidos.....	219
8.2. Introducción.....	219
8.3. Definiciones y elementos de la planificación de procesos.....	220
8.3.1. Fase.....	221
8.3.2. Subfase.....	221
8.3.3. Operación.....	221
8.4. Niveles de la planificación de procesos.....	222
8.4.1. Planificación estratégica.....	222
8.4.2. Planificación genérica.....	223
8.4.3. Macroplán.....	223
8.4.4. Plan detallado.....	223
8.4.5. Microplán.....	224
8.5. Planificación de procesos detallada.....	224
8.6. Operaciones de preparación.....	225
8.7. Metodología para la planificación de procesos.....	229
8.7.1. Identificación de los elementos geométricos a obtener.....	229
8.7.2. Asociación entre elementos geométricos y operaciones de procesado.....	229
8.7.3. Establecimiento de las relaciones de precedencia entre operaciones.....	229
8.7.4. Secuenciación de las operaciones.....	230
8.7.5. Agrupación de operaciones en subfases.....	230
8.7.6. Agrupación de subfases en fases.....	230
8.8. Planificación, programación y control de la producción.....	230
8.8.1. Planificación de la producción.....	231
8.8.2. Establecimiento del tamaño de los lotes de producción.....	231
8.8.3. Programación de la producción.....	231
8.8.4. Lanzamiento de órdenes de producción.....	232
8.8.5. Control de la producción.....	232
Bibliografía recomendada.....	233
Ejercicios resueltos.....	234
<i>Ejercicios propuestos</i> .....	240

Soluciones de los ejercicios propuestos .....	243
Soluciones de los ejercicios del capítulo 1 .....	243
Soluciones de los ejercicios del capítulo 2 .....	244
Soluciones de los ejercicios del capítulo 3 .....	245
Soluciones de los ejercicios del capítulo 4 .....	248
Soluciones de los ejercicios del capítulo 5 .....	250
Soluciones de los ejercicios del capítulo 6 .....	253
Soluciones de los ejercicios del capítulo 7 .....	253
Soluciones de los ejercicios del capítulo 8 .....	254





# Capítulo 1

# Introducción a la fabricación mecánica

## 1.1. Objeto y contenidos

El objetivo de este capítulo es presentar un marco general para poner en contexto todo lo relativo al estudio de los procesos de fabricación mecánica. Para ello, en el mismo se contemplan los siguientes contenidos:

- Concepto de fabricación
- Ciclo productivo
- Tecnología y procesos de fabricación
- El ordenador en la fabricación
- Automatización
- Clasificación de procesos de fabricación
- Clasificación de materiales para fabricación
- Tipo de implantación
- Clasificación de sistemas productivos
- Aproximación a la selección de procesos de fabricación

## **1.2. Concepto de fabricación**

La fabricación puede entenderse como un proceso de transformación, al que han sido sometidos prácticamente todos los objetos que nos rodean. Es decir, prácticamente todo lo que hay a nuestro alrededor ha sido fabricado. Por tanto, el ámbito de la fabricación es muy amplio, del mismo modo que son muchos y complejos los factores que convergen en el mismo.

En nuestro caso, se pone el foco en la fabricación mecánica. Es decir, la transformación de piezas en bruto para obtener otras piezas o subconjuntos con los que se construyen productos acabados de muy diversa naturaleza.

### ***1.2.1. Enfoque tecnológico***

Desde un punto de vista tecnológico, la fabricación se realiza mediante procesos físicos y/o químicos que modifican la geometría, propiedades y apariencia de un material de partida para generar piezas o productos, así como el ensamblaje al que dan lugar los productos finales. Desde esta perspectiva, los procesos de fabricación transforman las materias primas en piezas o productos terminados mediante una serie de recursos como: personas, máquinas, herramientas y energía, generando además determinados subproductos y residuos.

### ***1.2.2. Enfoque económico***

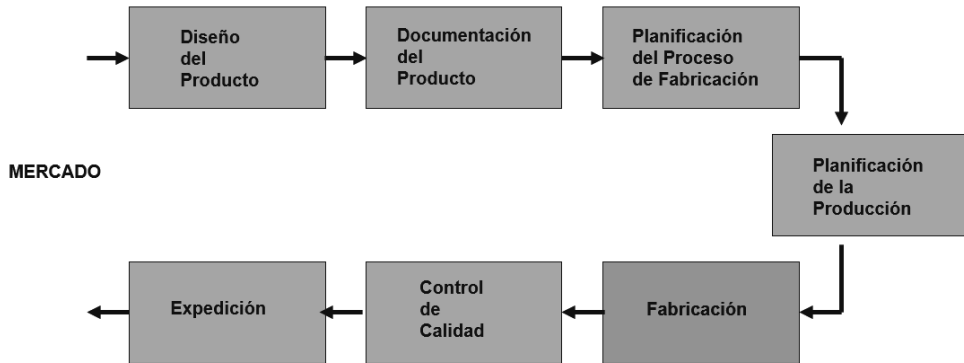
Desde un punto de vista económico, la fabricación se define como la transformación de materias primas en productos mediante una serie de operaciones de procesado o montaje, donde cada una de estas operaciones proporciona un valor añadido al producto.

## **1.3. Ciclo productivo**

El ciclo de vida de un producto abarca todas las etapas que van desde el diseño conceptual de dicho producto hasta la retirada y reciclaje del mismo. En la parte de este ciclo directamente relacionada con la fabricación se encuentran etapas como la planificación del proceso de fabricación, o simplemente planificación de procesos, y la planificación de la producción, que son especialmente relevantes en nuestro caso. Ambas etapas serán objeto de un análisis más detallado en el Capítulo 8. No obstante, en este punto se dará una idea general de las mismas, considerándolas como funciones dentro del marco del ciclo productivo para facilitar su comprensión.

En efecto, las diferentes etapas del ciclo de vida o ciclo productivo pueden entenderse como funciones, con entradas y salidas. De modo que, el resultado de la función de diseño es la entrada de la función de planificación de procesos, y la salida de ésta es la entrada de la función de planificación de la producción (Figura 1.1). Cada una de las funciones consideradas anteriormente tiene un objetivo concreto. Es decir, cada función resuelve una parte del problema global que podemos considerar asociado al ciclo

productivo en su conjunto. Así, la función de diseño proporciona las especificaciones para la fabricación del producto; la función de planificación de procesos sirve para establecer el procedimiento de fabricación del producto; y la función de planificación de la producción especifica todas las variables del proceso de fabricación propiamente dicho.



**Figura 1.1. El ciclo productivo**

Fuente: Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación. UPV

A partir de la explicación del párrafo anterior, no es fácil diferenciar entre planificación de procesos y planificación de la producción. Para ello, habría que clarificar la diferencia entre un procedimiento de fabricación y la fabricación propiamente dicha. La diferencia estriba básicamente en el ámbito atemporal de un procedimiento de fabricación frente al ámbito temporal (dependiente del tiempo) del proceso de fabricación. Es decir, el resultado de la planificación de procesos es un procedimiento (un documento) en el que se explica cómo fabricar una pieza, y que podrá emplearse un número indeterminado de veces (tantas veces como se fabrique la pieza o producto), mientras que el proceso de fabricación es la realización de dicho procedimiento, que se desarrolla en el tiempo y que será único en cada caso. Si la pieza o producto se fabrica  $n$  veces es preciso realizar  $n$  procesos de fabricación, pero el procedimiento empleado será siempre el mismo.

Otro modo más intuitivo de diferenciar la planificación de procesos y la planificación de la producción consiste en establecer a qué preguntas da respuesta cada una de estas funciones. La planificación de procesos responde a la pregunta de cómo fabricar la pieza o producto y qué tipo de recurso es necesario utilizar para ello. Se trata en este caso de una respuesta atemporal, independiente del número de piezas o productos a fabricar y donde solo es preciso especificar el tipo y las características de los recursos que se van a utilizar. Por su parte, la planificación de la producción debe dar respuesta a cuestiones mucho más concretas y/o dependientes del tiempo, como el volumen de producción y el lugar y los recursos que intervienen en la fabricación.

En resumen, y de forma sintética, puede afirmarse que la planificación de procesos responde a las preguntas ¿cómo? y ¿con qué tipo de recursos?, mientras que la planificación de la producción responde a las preguntas ¿cuánto? ¿cuándo? ¿dónde? ¿quién? y ¿con qué recursos?

### 1.4. Tecnología y procesos de fabricación

La tecnología de fabricación puede definirse como el estudio de los procesos de conformado aplicables a un material en bruto para transformarlo en un producto acabado de acuerdo a sus especificaciones, mediante la utilización óptima de los recursos disponibles (máquinas, herramientas, utillajes, energía, etc.), y teniendo en cuenta las restricciones del sistema productivo. Los conceptos de: proceso, conformado, material en bruto, producto acabado, especificación, óptimo, recurso, restricción y sistema productivo son claves para la comprensión de esta definición.

Por ejemplo, el concepto de conformado (dar forma o modificar la forma) es la esencia del proceso de fabricación. No obstante, la fabricación requiere de otros procesos que son necesarios y sin los cuales no puede entenderse el proceso productivo como tal. Vamos a considerar cinco tipos de operaciones de fabricación: procesado, control de calidad o inspección, transporte/manipulación, almacenamiento y preparación (Figura 1.2).

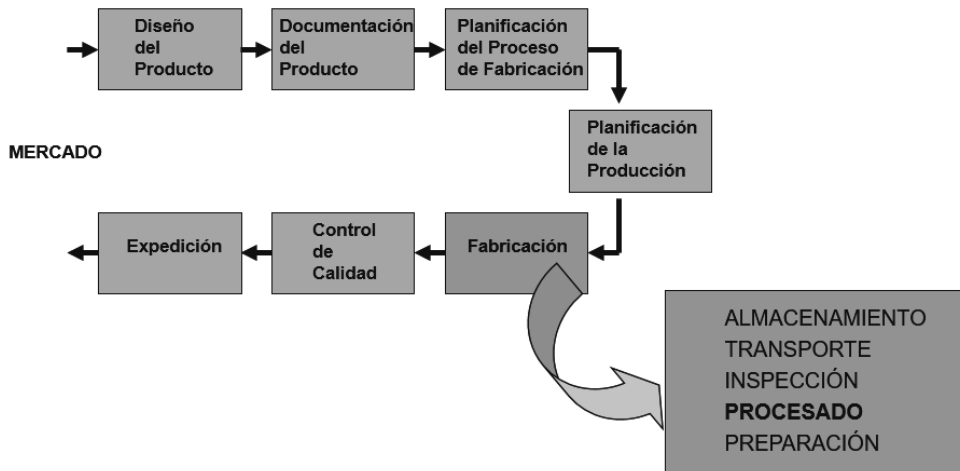


Figura 1.2. Tipos de operaciones de fabricación

Fuente: Elaboración propia

#### **1.4.1. Procesado**

Las operaciones de procesado son aquéllas que modifican las características físicas de los objetos o materiales de entrada, dando lugar a piezas y productos semielaborados o acabados. Entre ellas deben distinguirse varios tipos de procesado: el conformado propiamente dicho, en el que se modifica la forma del material de entrada; los procesos de unión, que son no reversibles; los procesos de montaje, que tienen carácter reversible; y los identificados como procesos de tratamiento, que se caracterizan por la modificación de propiedades como la dureza, la tenacidad o el color, que no implican modificaciones en la geometría de la pieza o producto.

#### **1.4.2. Otras operaciones de fabricación realizadas sobre el producto**

Las operaciones de control de calidad, transporte/manipulación y almacenamiento se realizan sobre las piezas o productos que son objeto del proceso de fabricación, pero sin modificar sus características físicas. Estas operaciones únicamente modifican el estado de dichas piezas o productos. Por ejemplo, el estado de inspección, la ubicación o el posicionamiento.

#### **1.4.3. Preparación**

Por último, las operaciones de preparación son aquéllas que se realizan fundamentalmente sobre los recursos de fabricación y cuyo objetivo es preparar los mismos para la realización de alguna de las restantes operaciones de fabricación. Por ejemplo, la colocación de las herramientas en la máquina o el ajuste de los elementos del sistema de transporte de piezas entre la máquina y el almacén de producto acabado son operaciones de preparación.

#### **1.4.4. Elementos que intervienen en el conformado**

Entre todos los procesos considerados anteriormente, los de conformado son los que merecen mayor interés y en ellos se centra buena parte de esta unidad didáctica. Como paso previo al estudio de los diferentes procesos de conformado, a continuación, se analiza la función de los cuatro elementos básicos que intervienen en todos los procesos de este tipo: máquina herramienta, herramienta, utillaje y pieza.

La máquina herramienta es la encargada de generar los movimientos y/o las acciones necesarias para el conformado. La herramienta realiza la acción de conformación sobre la pieza. Los utillajes aseguran la sujeción de la herramienta y de la pieza a la máquina: posicionan y orientan la herramienta respecto a la pieza o viceversa y, cuando procede, transmiten el movimiento de la máquina herramienta a la pieza (utillajes para piezas) o a la herramienta (utillajes para herramientas). Por último, la pieza es el elemento sobre el que se realiza el conformado.

## **1.5. El ordenador en la fabricación**

En el mercado existen dos exigencias básicas que afectan en mayor o menor medida a todos los productos y que están relacionadas con la libre competencia, la competencia y la globalización: por una parte, los clientes demandan un incremento de la calidad en los productos, al tiempo que intentan adquirir dichos productos a menor precio. Esta situación obliga a los fabricantes a buscar soluciones que incrementen la productividad, al tiempo que se mantiene o aumenta la calidad de sus productos, como medio para poder ofrecer precios más competitivos. Por otra parte, el mercado (los clientes) también exige un producto cada vez más personalizado, lo cual implica la necesidad de disponer de un sistema de fabricación flexible. Es decir, con la capacidad de fabricar productos diferentes o diferenciados.

La concurrencia de las exigencias de productividad y de flexibilidad configura un escenario particularmente complejo, ya que estas dos características son contrapuestas en un sistema productivo. Aumentar la flexibilidad en un sistema productivo convencional implica la aparición de tiempos de preparación improductivos, lo que se traduce en una reducción de la productividad. En efecto, flexibilizar la producción significa fabricar productos diferentes y para ello es preciso introducir ciertas modificaciones en el sistema. Unas modificaciones que, generalmente, solo pueden realizarse cuando el sistema está inactivo. Es decir, con la máquina fuera de producción.

La introducción del ordenador en el ámbito de la fabricación ha hecho posible conjugar estas dos exigencias de flexibilidad y productividad. De hecho, en los sistemas productivos modernos, la presencia del ordenador permite que existan equipos automáticos y programables, como máquinas herramienta de control numérico y robots, que pueden mantener una tasa de productividad elevada fabricando productos diferentes.

## **1.6. Automatización**

El concepto de automatización, que se ha introducido en el punto anterior, debe entenderse como la capacidad de un sistema de fabricación para trabajar de forma desatendida. Es decir, sin la intervención directa del operador.

### ***1.6.1. Automatización rígida***

Los sistemas de automatización rígida están concebidos para realizar una secuencia de tareas de forma repetitiva. En ellos, los cambios de producción, por ejemplo, para fabricar un producto diferente, requieren una preparación que incluye la reconfiguración física del sistema. Este sería el caso de los sistemas productivos convencionales nombrados en el apartado anterior.

**Para seguir leyendo, inicie el proceso de compra, click aquí**