
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA MECÁNICA

INDICE DEL CAPÍTULO

1. Sistemas productivos y procesos de fabricación

- 1.1. Introducción.
- 1.2. Antecedentes históricos.
- 1.3. Sistemas productivos. Tipos y características.
- 1.4. Procesos de fabricación. Concepto de fase, subfase y operación.
- 1.5. Relación del diseño con la fabricación. Materiales.

2. Aspectos medioambientales.

- 2.1. Introducción.
- 2.2. Legislación
- 2.3. Minimización

3. Clasificación de los procesos de fabricación.

- 3.1. Procesos de fabricación de productos semielaborados y piezas elementales.
- 3.2. Métodos de unión.
- 3.3. Tratamientos térmicos.
- 3.4. Tratamientos superficiales.
- 3.5. Operaciones auxiliares.
- 3.6. Factores que influyen en la elección del proceso.

4. La fabricación en la organización de la empresa.

- 4.1. Organigrama de una empresa
- 4.2. Departamentos de Producción



- 4.3. Oficina de Proyectos
- 4.4. Ingeniería de Producción
- 4.5. Planificación y control de Producción
- 4.6. Fabricación
- 4.7. Mantenimiento

5. Documentación asociada al proceso productivo

- 5.1. Planos y lista de piezas.
- 5.2. Hoja de Proceso.
- 5.3. Hoja de Instrucciones.
- 5.4. Pauta de Control numérico.
- 5.5. Orden de Producción.
- 5.6. Operaciones de inspección.
- 5.7. Vales de almacén

6. Costes de fabricación

- 6.1. Aspectos que influyen en los costes de fabricación
- 6.2. Presupuestos
- 6.3. Precio de costo

1. SISTEMAS PRODUCTIVOS Y PROCESOS DE FABRICACIÓN

1.1 Introducción

"Fabricar" y "producir" son palabras sinónimas. Ambas hacen referencia a la realización de una serie de actividades cuyo objetivo es obtener un producto o bien determinado.

Como se analiza en los siguientes apartados, llamaremos sistema productivo al conjunto de elementos cuya interacción nos proporciona un determinado bien. Dentro del sistema se llevarán a cabo una serie de procesos, más o menos complejos que pueden subdividirse en fases y operaciones.

El objeto de esta asignatura es profundizar en el conocimiento de los diferentes procesos tecnológicos utilizados en la fabricación de elementos, piezas, componentes y sistemas mecánicos. Para cada tipo de proceso se analizarán los elementos que componen el sistema (máquinas, herramientas, instalaciones, ...), los aspectos tecnológicos del proceso (operaciones que se pueden realizar, variables del proceso, ...), tipos de productos que se pueden obtener, etc.

De esta manera, seremos capaces de seguir sin dificultad cualquiera de los dos caminos que se enumeran a continuación:

- Dado un sistema productivo, formado por un conjunto de elementos de características conocidas, determinar los procesos que se pueden llevar a cabo en ellos y, por tanto, el tipo de piezas y conjuntos que se pueden fabricar en dicho sistema.
- Dado un elemento o conjunto que se ha de fabricar, determinar las distintas operaciones y los elementos necesarios para su fabricación, analizando las distintas posibilidades y eligiendo el proceso más adecuado.

1.1.1 Sistemas productivos. Tipos y características

Se define un "sistema productivo" como el conjunto de elementos interactivos cuya finalidad es la obtención de un bien o producto.

En todo sistema productivo encontramos el flujo que se muestra en la figura 1.1: partiendo de una o varias materias primas (entrada o "input") se realizan sobre ellas una serie de procesos utilizando los elementos del sistema con el fin de obtener un producto o productos (salida o "output").



Figura 1.1. Esquema de sistema productivo. Elaboración propia

Dentro de la estructura mostrada en la figura 1.1, caben desde el más simple sistema productivo en el que intervienen una única entrada y un único proceso y se obtiene un solo producto (cuyo ejemplo es difícil de encontrar), hasta el más complejo de los sistemas. En este último caso, se parte de un sinfín de materias primas (obtenidas, la mayoría de ellas, en otros sistemas) y, después de pasar por múltiples y diversos procesos interrelacionados, aunque no siempre según la misma secuencia, se obtiene una amplia gama de productos (por ejemplo, una fábrica de automóviles).

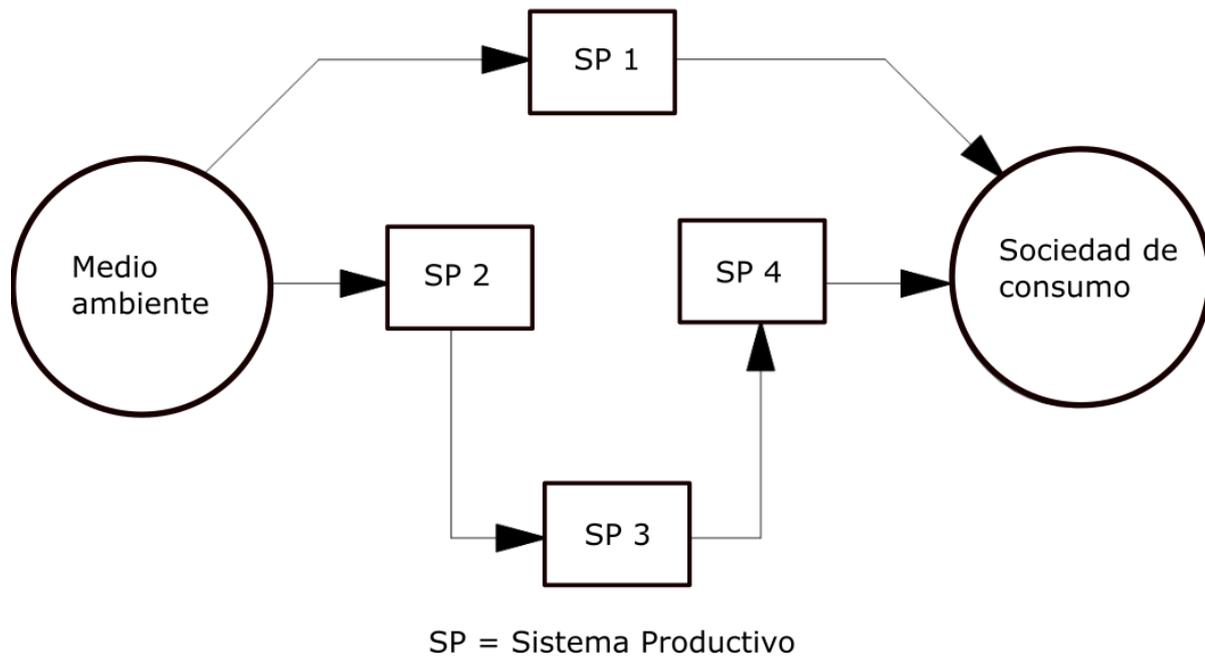
Como en todos los sistemas, el "entorno" desempeña un papel importante en un sistema productivo. De él tomará la entrada o materia prima y, una vez procesada, la devolverá de nuevo al entorno.

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, la materia prima utilizada en un sistema puede ser obtenida del medio ambiente o bien ser el producto elaborado por otro sistema. Del mismo modo, el producto generado por un sistema puede ser directamente consumido por la sociedad o bien pasar a ser materia prima de otro sistema productivo.

Resumiendo, puede decirse que, básicamente, el entorno de un sistema productivo está formado por:

- El medio ambiente, con el cual, principalmente, hay una relación de suministro de materias primas.
- El resto de sistemas productivos, que bien suministran materias primas, o consumen los productos generados por el sistema.
- La sociedad de consumo, que demanda y consume los productos fabricados por el sistema.

Las relaciones descritas se resumen en la figura 1.2. El sistema productivo SP₁ no tiene ninguna relación con el resto de los sistemas productivos: sus materias primas las toma del medio ambiente y sus productos los consume directamente la sociedad. Los sistemas SP₂, SP₃ y SP₄, en cambio, se relacionan con otros sistemas, sólo a nivel de suministro de materias primas (SP₄), consumo de productos (SP₂) o ambos conceptos (SP₃).



*Fig. 1.2. Esquema de relaciones entre los sistemas productivos y el entorno.
Elaboración propia.*

Obviamente, las relaciones aquí representadas son esquemáticas y demasiado sencillas. La realidad industrial es mucho más compleja y aparecen otro tipo de interacciones; sirvan de ejemplo las siguientes:

- En un sistema productivo no sólo se obtienen los productos buscados, se generan también residuos.
- Los residuos pueden reciclarse y ser útiles como materias primas del propio sistema o de otros sistemas, o bien ser residuos contaminantes que, desgraciadamente suelen volver al medio ambiente.
- Un sistema productivo puede intervenir en un determinado proceso, fase u operación de otro sistema productivo (subcontratación).

- Existen sistemas productivos que suministran recursos al resto de sistemas (sector energético).
- La sociedad de consumo proporciona mano de obra a los sistemas productivos.

Estas y otras consideraciones hacen que en la práctica, las relaciones entre los distintos sistemas productivos, el medio ambiente y la sociedad de consumo sean muy complejas. Un ejemplo es el que se muestra en la figura 1.3.

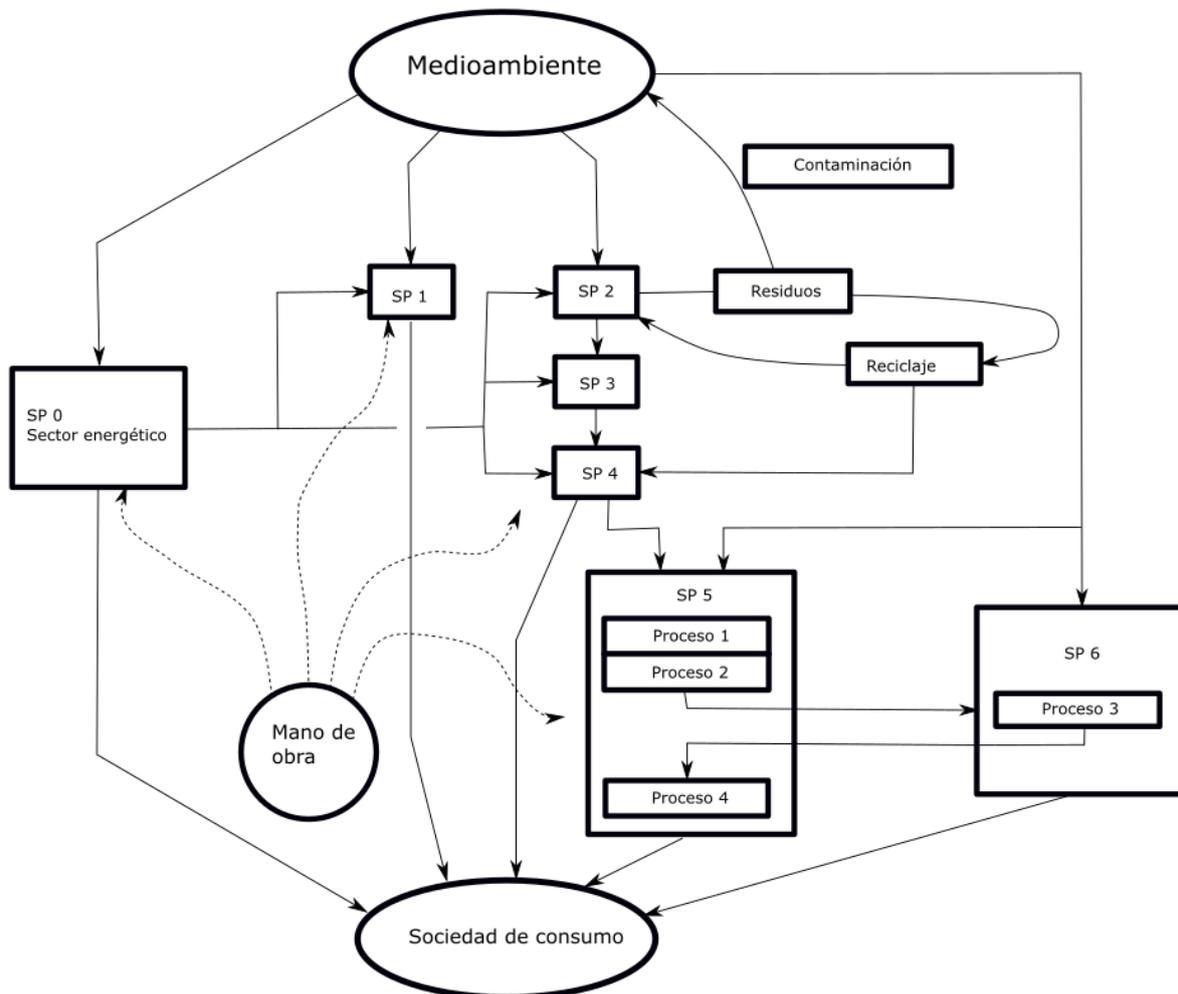


Figura 1.3. Esquema de relaciones complejas entre Sistemas productivos, Medio Ambiente y Sociedad de consumo. Elaboración propia

Además de las relaciones con el entorno, en un sistema productivo se dan una serie de relaciones internas entre los diferentes departamentos que componen el

sistema. Estas relaciones y las funciones que desempeñan cada uno de estos departamentos serán analizadas más adelante.

1.2 Antecedentes históricos

La fabricación de objetos manufacturados se debe a la necesidad de satisfacer ciertas necesidades vitales del Hombre, para lo cual éste aprendió a modificar la forma de los materiales de la naturaleza, adaptándolos adecuadamente. Los primeros antecedentes conocidos de productos manufacturados se remontan a 4.000 o 5.000 años AC, con la producción de artículos de madera, cerámica y piedra y luego metal. Los primeros utensilios domésticos metálicos fueron hechos de cobre, oro, cobre e hierro meteorítico. Así resulta que los primeros métodos constructivos fueron: el desgaste, y luego el moldeo y la deformación en estado sólido por martillado.

El uso del hierro se comienza a fundir hace unos 1.000 años, y el acero se fabrica desde hace unos 600 años. Este metal supuso un impulso notable al desarrollo tecnológico del Hombre, y a las posibilidades constructivas debido a sus elevadas propiedades físicas.

Aunque la producción en masa de algunos productos no era desconocida antes de la Revolución Industrial, año 1.750 D.C. (los romanos tenían grandes fábricas de vidrio), hasta ese entonces los métodos de fabricación de ninguna manera favorecían grandes producciones: los bienes se fabricaban por lotes, con un fuerte acento en la intervención de la mano humana en todos los aspectos de la producción.

En ese entonces comienza la mecanización de la producción, en particular en la industria textil inglesa, y en la maquinaria de corte de metales. El fuerte impulso industrial pasa pronto a EE.UU., en donde se da otro paso trascendente para el desarrollo industrial: el fuerte acento puesto en el diseño y en la mejora de los procesos productivos dan paso a la estandarización y normalización de piezas que hacen posible garantizar la intercambiabilidad.

Así también es en EE.UU. donde se dan los primeros pasos en el desarrollo de procesos de fabricación en serie de productos complejos, siendo su “inventor” Henry Ford con su famoso modelo T. Esto permitió una sustancial rebaja en los precios de los productos manufacturados, con el consiguiente aumento de la capacidad de consumo de grandes capas sociales. Desde los años cuarenta de este siglo, se han producido los mayores hitos en la industrialización; el perfeccionamiento de los métodos de fabricación y de organización de la

producción han llevado en nuestros días a logros como la producción controlada y asistida por ordenador (diseño, fabricación, logística y control), producción ajustada (*just-in-time*), fabricación flexible (adaptada a las necesidades del cliente), así como la utilización de una enorme gama de materiales, diseñados de acuerdo a las necesidades cada particular aplicación.

1.3 Sistemas productivos. Tipos y características

La complejidad de los sistemas productivos impide realizar una clasificación general de los mismos. Para clasificarlos habrá que tener en cuenta sólo alguna característica en particular y no el conjunto de todas ellas.

1.3.1 Naturaleza de los productos obtenidos

Una primera clasificación, bastante sencilla, sería clasificar los sistemas productivos en función del producto o productos finales obtenidos. Así, distinguiremos aquellos que producen:

- Productos industriales: máquinas-herramienta, motores eléctricos, productos semielaborados, componentes electrónicos, tornillería, etc.
- Bienes de consumo: alimentos, textiles y calzados, muebles, electrodomésticos, automóviles, etc.
- Servicios: reparaciones y mantenimiento, proyectos de ingeniería.

Esta clasificación, aún siendo sencilla, plantea algunos casos de ambigüedad, al poder existir sistemas productivos cuyo producto final puede ser considerado tanto bien de consumo como producto industrial. Es el caso de un tornillo o de un componente de automóvil: ambos pueden ser consumidos directamente por la sociedad (y entonces se considera bien de consumo), o por otro sistema productivo (y en ese caso se trata de productos industriales).

1.3.2 Flujo de materiales

Otra clasificación mucho más práctica es aquella que considera el tipo de flujo de los materiales a lo largo del sistema, pues divide a los sistemas en dos grupos distintos con un modo de funcionamiento y una problemática diferenciados.

En función del flujo de materiales, los sistemas pueden ser: continuos o discretos.

1.3.2.1 Sistemas productivos continuos

Los sistemas productivos continuos, también llamados de tipo proceso, son aquellos en los que la ruta que siguen los materiales a lo largo del sistema es siempre la misma.

Ejemplos típicos de este tipo de sistemas productivos son una refinería de petróleo y una industria cementera (ver figura 1.4).

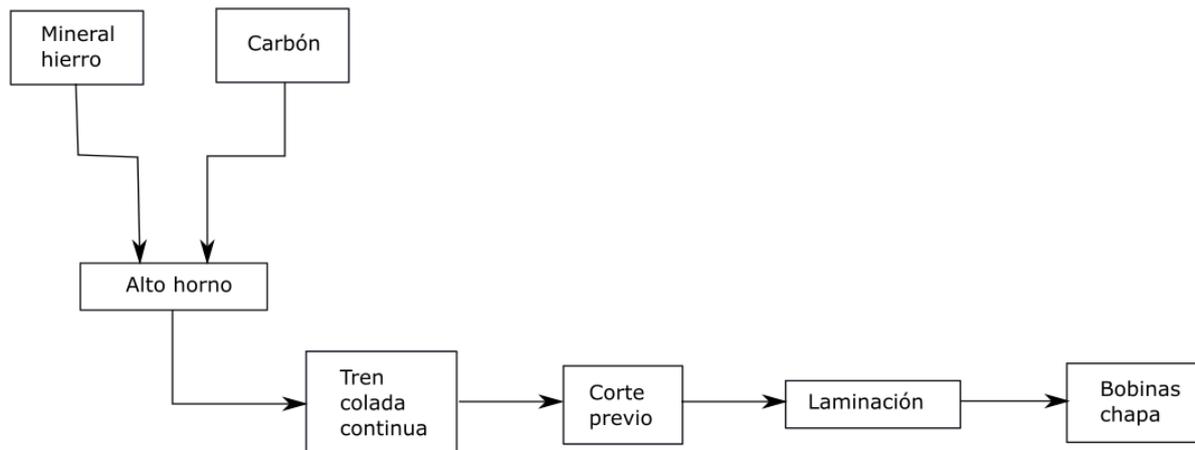


Figura 1.4. Ejemplo de sistema productivo continuo. Empresa siderúrgica. Elaboración propia.

Las características de este tipo de sistemas productivos son:

- El producto obtenido es único o, si son varios, sus diferencias son muy pequeñas, en cambio la producción es muy elevada.
- El producto obtenido se contabiliza, no en unidades, sino en peso (toneladas) o volumen (m^3 de amoniaco).
- Son muy importantes las variables del sistema: temperatura, presión, humedad.
- Son sistemas generalmente muy automatizados.
- Son sistemas rígidos para el cambio del tipo de producto.
- La inversión necesaria para crear una planta para un proceso continuo es muy elevada.
- Son sistemas que suelen operar a plena capacidad (en continuo), sin parar día y noche.

- El número de materias primas empleadas suele ser muy bajo.
- Los equipos e instalaciones están muy especializados para la fabricación de un producto concreto.

1.3.2.2 Sistemas productivos discretos

Los sistemas productivos discretos o de tipo "taller" son aquellos orientados a la fabricación de una gran variedad de distintos productos. Para ello, se utilizan equipos universales, capaces de adaptarse a las necesidades de cada producto y que, distribuidos en el taller, ofrecen una gran variedad de rutas a elegir según el producto.

El ejemplo típico es el taller de fabricación mecánica tradicional en el que se pueden fabricar muchos tipos diferentes de piezas. Los sistemas productivos son totalmente discretos cuando trabajan "bajo pedido", es el caso de la industria naval, la industria de maquinaria pesada y los talleres de fabricación mecánica que trabajan como industrias auxiliares o subcontratadas por otras grandes empresas. Se trata, generalmente, de industrias dedicadas a la fabricación de piezas elementales y conjuntos mecánicos.

Las características de estos sistemas productivos son:

- La variedad de productos obtenidos es muy grande y, normalmente, se fabrican en pequeñas cantidades (una sola unidad en el caso más extremo).
- El producto obtenido se contabiliza por unidades.
- La automatización de estos sistemas es compleja.
- Son sistemas que reaccionan rápidamente al cambio de tipo de producto (flexibles).
- Las inversiones necesarias no son tan elevadas como en el caso de los sistemas continuos. Sin embargo, a medida que crece la automatización de la fabricación y el montaje en los sistemas discretos, la inversión necesaria se aproxima a la de los sistemas continuos.
- La coordinación del gran número y de la gran variedad de las materias primas utilizadas es uno de los problemas más comunes.
- Los equipos utilizados son válidos para atender a distintas necesidades (máquinas universales y flexibles).

1.3.3 Sistemas combinados

Los dos modelos analizados son los dos extremos entre los cuales se colocan todos los sistemas productivos existentes, pues pocos son los que responden en un 100% a las características de estos modelos-tipo.

Unos se asemejan más al tipo continuo pero tienen algunas características del tipo discreto (fabricación de automóviles en serie) o viceversa, y otros, son tan complejos que se pueden descomponer en etapas o procesos, cada uno de los cuales se asemeja más o menos a uno de los modelos-tipo.

Dando un paso hacia los sistemas continuos nos encontramos con las industrias que fabrican "sobre catálogo". Estas ofrecen una gama concreta de productos que fabrican "contra stock", es decir, para almacenarlos en espera de los pedidos. Estas industrias suelen reducir su intervención en la fabricación del producto final a la fase de montaje, subcontratando la fabricación de piezas elementales a otras empresas de la familia anterior. Tal es el caso de las industrias de fabricación de electrodomésticos, electrónica de consumo, etc.

Actualmente, se tiende a reducir al máximo el tamaño de los almacenes fabricando en función de la demanda (fabricación *just in time*) en lugar de "contra stock". Es destacable la evolución de la industria del automóvil. Inicialmente la fabricación de automóviles se realizaba en serie y "sobre catálogo" en sistemas con características muy similares a los de tipo continuo. Las fábricas actuales deben ser capaces de montar cada vez una mayor variedad de modelos de automóviles, en lotes de producción menores orientándose a las características de producción *just in time*.

1.4 Procesos de fabricación. Conceptos de fase, subfase y operación

Para obtener un producto determinado a partir de sus materias primas, éstas han de sufrir una serie de transformaciones que se llevan a cabo dentro del sistema productivo.

Estas transformaciones se realizan según una secuencia temporal predefinida, en la que se va pasando de unas máquinas, instalaciones o puestos de trabajo a otros. En cada uno de estos puestos de trabajo se ejecutan a su vez una serie de operaciones más o menos complejas, empleando las más diversas tecnologías, para obtener, al final, el producto buscado.

1.4.1 Proceso de fabricación

El concepto de *proceso de fabricación* puede resultar a veces ambiguo, debido a que en el lenguaje propio de fabricación tiene dos significados:

En primer lugar, se llama "Proceso de Fabricación" al conjunto de transformaciones que se realizan sobre una materia prima hasta obtener el producto final determinado.

Estas transformaciones serán muy distintas unas de otras, y se realizarán en máquinas o puestos de trabajo diferentes. Es decir, el producto, en su recorrido por un sistema productivo, pasa por una serie de procesos tecnológicamente distintos, cuya finalidad es obtener un producto con las dimensiones y características especificadas.

Pues bien, a cada uno de estos procesos tecnológicos se les llama también "Proceso de fabricación". De esta forma, se dice que el torneado, la estampación o la fundición inyectada, son procesos de fabricación. Sin embargo, podemos asimismo decir que el proceso de fabricación de una pieza determinada puede implicar una estampación seguida de un torneado.

1.4.2 Fase, subfase y operación

Definiremos como "fase" al conjunto de transformaciones tecnológicamente afines que se llevan a cabo sobre el producto en la misma máquina, instalación, equipo o puesto de trabajo (a veces conjunto de máquinas, instalaciones, equipos o puestos de trabajo).

En cada una de las máquinas, instalaciones, equipos o puestos de trabajo que constituyen un sistema productivo pueden realizarse una o varias tareas distintas, dependiendo de la tecnología empleada y de la complejidad de la máquina o equipo. A cada una de estas tareas elementales que se pueden llevar a cabo en una máquina o puesto de trabajo que realiza un proceso determinado, la denominaremos "operación". La diferencia entre una operación y otra puede ser tan simple como la utilización de una herramienta distinta o un cambio en el movimiento de la máquina.

Por último, el concepto de "subfase" es un paso intermedio entre la fase y las operaciones: es un conjunto de operaciones relacionadas entre sí por alguna característica común, generalmente que actúan sobre el producto sin que varíe la colocación y sujeción de éste sobre la máquina o puesto de trabajo. Obviamente, puede darse el caso de que en un proceso no haya más que una fase, en esta una única subfase y, más aún, que exista una única operación en dicho proceso.

Sirva el siguiente ejemplo para aclarar los conceptos expuestos en este apartado. La fabricación de la carcasa que se muestra en la figura 1.5 pasa por los siguientes procesos:

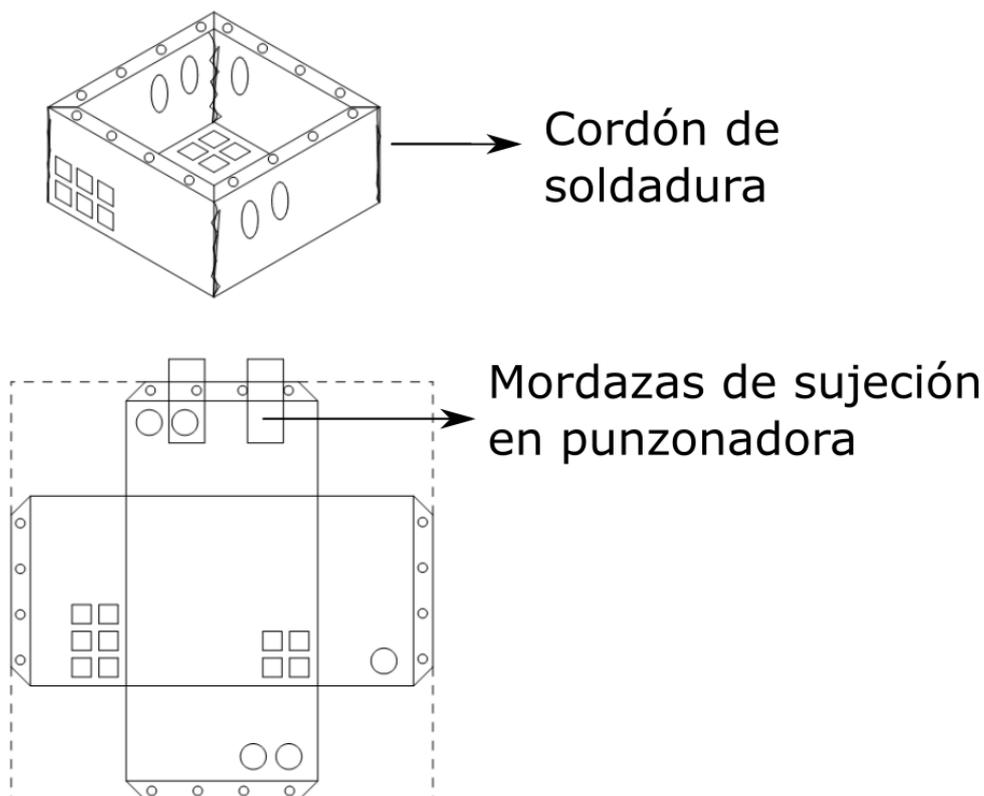


Figura 1.5. Ejemplo de fabricación. Elaboración propia

1. Corte del material necesario, a partir de una chapa de acero inoxidable. En este proceso se realiza una única operación, utilizando para ello una cizalla.
2. Punzonado, para darle la forma al desarrollo de la carcasa y realizar los taladros y vaciados. Tal y como puede observarse, con una sola cogida de la chapa no pueden realizarse todas las operaciones, ya que las mordazas que sujetan la chapa nos impiden realizar los taladros de 6 mm que hay debajo de ellas. Serán, pues, necesarias dos fases con las siguientes operaciones:

FASE 1	operación	Herramienta
	corte del contorno	punzón 45x5
	corte del contorno	punzón 5x45
	achaflanado esquinas	punzón 20x20
	vaciados ϕ 30mm	punzón ϕ 30mm
	vaciados \square 25mm	punzón \square 25mm
	taladrado ϕ 6mm	punzón ϕ 6mm
FASE 2	taladrado ϕ 6mm	punzón ϕ 6mm

3. Plegado: en una plegadora se realizan cuatro fases iguales (una sobre cada lateral) con dos operaciones de plegado cada una.
4. Soldadura. Utilizando un equipo de soldadura eléctrica al arco se sueldan las esquinas de la carcasa siguiendo las siguientes operaciones:
 - 4.1. Preparación y limpieza de las superficies que se van a soldar.
 - 4.2. Sujeción de laterales con útiles apropiados.
 - 4.3. Dar unos puntos sueltos.
 - 4.4. Soldar con cordón cada esquina.
 - 4.5. Esmerilado y acabado de las soldaduras.

1.5 Relación del diseño con la fabricación. Materiales

Debido a que un producto es resultado de un diseño en particular, *diseño* y *fabricación* están íntimamente relacionados y nunca deben ser considerados como disciplinas separadas. Cada parte o componente de un conjunto debe ser diseñado de tal manera que funcione satisfactoriamente con la mayor simplicidad, cumpliendo simultáneamente las especificaciones de *calidad*, *precio*, *seguridad* y *respeto por el medio ambiente*.

También forma parte de este único fin (la obtención de un determinado bien) el *proceso* que se utilice para obtenerlo. Por ello en la actualidad se consideran a estos pilares de la producción bajo una óptica conjunta conocida como *ingeniería simultánea o concurrente*.

Este área se conoce también como *diseño para la producción*, que exige un trabajo coordinado de los distintos especialistas ya que requiere: un profundo conocimiento de las características y limitaciones de los materiales, procesos de fabricación, equipamiento disponible, costes, variabilidad del rendimiento de las máquinas, acabados superficiales, tiempos de fabricación y relación entre los métodos de fabricación y la calidad.

1.5.1 El proceso de diseño

El diseño de un producto nuevo, o la revisión de uno existente, requiere la clara comprensión de las funciones y rendimientos que de él se esperan. Así que el diseño comienza con el desarrollo de una idea, que será luego llevada adelante, con la *deseable*, y en algunos casos *indispensable*, colaboración interdepartamental (analistas de mercado, ventas, etc.) que la haga comercialmente viable.

Allí comienza un proceso “integrado”, en el sentido de la colaboración entre miembros de la organización, que lleve la idea original desde los esbozos iniciales hasta transformarla en un producto concreto.

Con la finalidad de fijar ideas, la primera etapa de diseño se denomina “Conceptual”, y es cuando se proponen las posibles formas, materiales, colores, etc, que podría tener el producto final.

A partir de esta, las siguientes etapas se conocen con de *diseño detallado*, y poseen un fuerte influjo de la asistencia del ordenador. Normalmente se conoce a las herramientas informáticas utilizadas con la sigla CAD (Diseño Asistido por Ordenador): programas de cálculo por elementos finitos (FEM), de simulación dinámica y otros.

En primer lugar se estudian los *requerimientos y capacidades de los materiales*. Debe tenerse un profundo conocimiento de las propiedades de los materiales que se propongan:

- Resistencia mecánica
- Relación resistencia/peso
- Propiedades físicas y químicas
- Comportamiento bajo las condiciones especificadas en cada caso:
 - ⇒ degradación, resistencia al ataque químico
 - ⇒ comportamiento a fatiga y a alta temperatura), etc.
- Reciclabilidad y reutilización.
- Toxicidad.
- Disponibilidad:
 - ⇒ materiales estratégicos
 - ⇒ fiabilidad del suministro
 - ⇒ estabilidad de costes con la demanda

Todas las decisiones que se tomen en estas etapas deben tener muy en cuenta la “fabricabilidad” de las soluciones que se planteen: geometría de las piezas, facilidad para el ensamblaje, procesos y organización de la producción, maquinaria, calidad esperable, etc., que luego habrá que implementar, así como los costes.

Luego se realizan prototipos de los modelos que se hayan estudiado, para verificar su comportamiento, fiabilidad y adecuación a las normas. Para asegurar desde esta etapa el mantenimiento de la calidad del producto que se obtenga, los ensayos se realizan bajo criterios estadísticos. Una vez seleccionada la o las soluciones que parezcan más adecuadas, se realizan los planos de producción, o “de detalle”.

La siguiente etapa también cuenta con un fuerte asistencia de las herramientas informáticas, en particular los sistemas CAM y CAPP (Fabricación y Planificación de la Producción Asistidos). Después de esta etapa, los materiales, procesos, máquinas y planificación de la producción deben estar completamente definidos. En el esquema de la figura 1.6 se puede ver estas etapas reunida en un diagrama de flujo. Las flechas indican las posibles realimentaciones del sistema. La aplicación de la *ingeniería simultánea* permite reducir la duración de estas etapas notablemente.

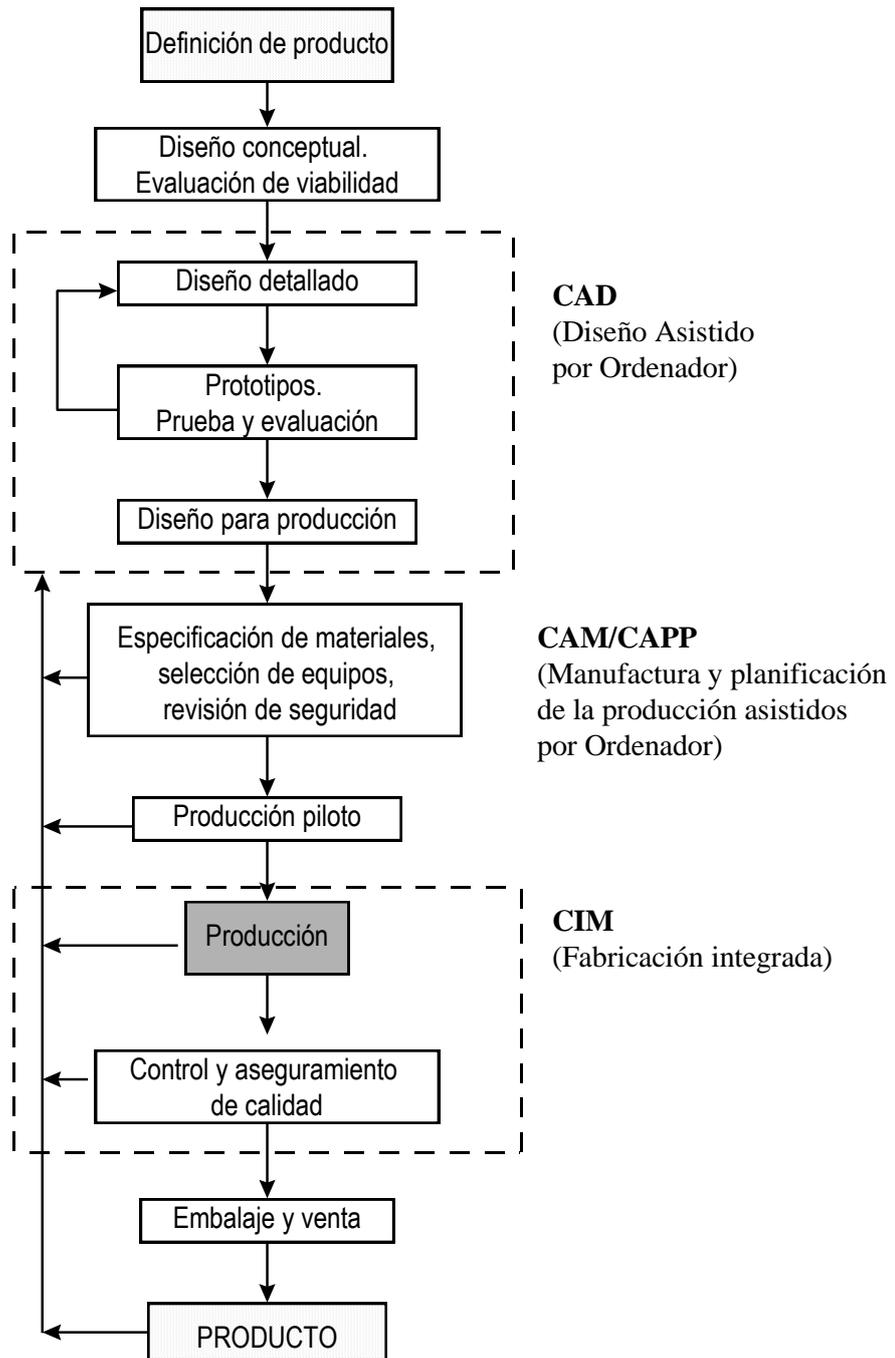


Figura 1.6. Etapas del proceso de diseño y fabricación de un producto. Elaboración propia

2. ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

2.1 Introducción

La humanidad se ha percatado de la problemática medioambiental en fechas recientes. Aunque se tiene constancia de algunas leyes de cierta antigüedad, como la de 1272 de Eduardo I de Inglaterra por la que se prohibía la combustión de ciertos carbones bituminosos para reducir el nivel de humo en Londres, no ha sido hasta bien entrado el siglo XX cuando las distintas naciones han empezado a promulgar leyes para preservar nuestro medioambiente.

En los años 60 se inició el movimiento ecologista a escala planetaria: lo que al principio parecía una cosa de “hippys”, poco a poco fue calando en la conciencia social, para ir entrando paulatinamente en las mentes industriales y legisladoras. Así, hemos visto una escalada legislativa vertiginosa en la última quinta parte del siglo recién terminado, en los últimos años se han sucedido distintas “cumbres mundiales” sobre el medio ambiente (la cumbre de Río en 1992, donde se adoptó la Agenda 21 ratificada por 175 países; la de Johannesburgo; los tratados de Kyoto; los de Ámsterdam a nivel Europeo...).

Lo que se inició como marcos generales (desarrollo sostenible, minimización de impactos a nivel general...) se fue concretando en leyes más específicas que van tocando todos los ámbitos en lo que a conservación medioambiental se refiere, llegando así a distintas leyes y normativas Comunitarias y Estatales que tratan de los Residuos Industriales y afectan de forma directa a todos los elementos implicados en los procesos productivos (maquinaria e instalaciones, definición de procesos de fabricación, gestión, etc.).

El conocimiento de la legislación medioambiental y de los dispositivos y tecnologías orientados a reducir el impacto ambiental de los procesos productivos presenta cada vez una mayor importancia. Evidentemente, cuando se tira un producto, también se están tirando todos los recursos empleados para su fabricación. La consideración de los aspectos medioambientales, además de su justificación social y ética, se ve reforzada por sus implicaciones económicas en dos aspectos:

- La legislación medioambiental está basada en el principio de “quien contamina paga”. Es decir, aquellos que en sus procesos utilicen elementos contaminantes, tendrán que incluir en sus costes la gestión de los residuos.
- Debido a la mayor concienciación de los consumidores, muchas empresas están interesadas en ofrecer productos “verdes”, ecoetiquetados. De esta forma, al igual que sucedió con la calidad y la ISO 9000, el estándar

internacional para la gestión medioambiental, ISO 14000, está llamado a tener una implantación cada vez mayor.

Ante cualquier implantación de una mejora medioambiental, ya sea preventiva (minimización) o correctiva, hay que tener en cuenta 3 parámetros:

- **LEGISLACIÓN:** La empresa debe cumplir la legislación medioambiental.
- **ECONOMÍA:** Debe realizarse un análisis de viabilidad de las distintas opciones valorando la cuantía de la inversión, su periodo de amortización, etc
- **TECNOLOGÍA:** Debe realizarse un análisis técnico detallado que permita definir las mejores soluciones a los problemas medioambientales.

2.2 Legislación

La legislación ambiental es de carácter sectorial. Es decir, suele haber una norma por cada uno de los sectores que componen o deterioran el medioambiente. Por ejemplo: una ley de atmósfera, una ley de aguas, una ley de residuos, etc. Por ello es muy abundante y compleja.

Existen distintos rangos en la normativa medioambiental, por lo que se establece una jerarquía legal, de forma que las normas de rango superior priman en caso de contradicción sobre las inferiores. En sentido inverso, las normas que ocupan escalones inferiores no pueden contradecir a las normas que están en un puesto superior.

2.2.1 La legislación europea

La disparidad de disposiciones para la gestión de los residuos peligrosos constituye una de las primeras consideraciones que justifican la elaboración de una norma de ámbito comunitario que elimine la competencia desigual que incide en el funcionamiento del mercado común.

La legislación medioambiental europea busca la aproximación de las legislaciones existentes a una norma más amplia de regulación para la consecución de los objetivos marcados por la Unión Europea en el ámbito de la protección de la salud humana, el medio ambiente y los recursos naturales. Con la integración española en la Comunidad Económica Europea en Enero de 1986, la legislación española en materia de medio ambiente toma referencia del Derecho Comunitario, pues tal derecho obliga al Estado Español. De esta forma, toda la legislación europea que se describe a continuación tiene su correspondencia en la legislación española sobre residuos con una transcripción casi literal, tanto a nivel nacional como en las legislaciones de algunas Comunidades Autónomas.

Como punto de partida en cualquier legislación medioambiental debe definirse claramente lo que se considera residuo y adicionalmente lo que se considera residuo peligroso. Así, se considera residuo a cualquier objeto o sustancia del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención de desprenderse. Se considera residuo tóxico y peligroso, según la normativa europea, a todo residuo contenido o contaminado por las sustancias o materias que figuran en la Lista Europea de Residuos (LER), de naturaleza, en cantidades y concentraciones tales que presenten un riesgo para la salud o para el medio ambiente".

La primera ley que aparece a nivel europeo en cuanto a los residuos se refiere es la Directiva 75/442, que se convierte en un referente para las posteriores leyes europeas así como de los Estados miembros. Esta ley, así como las leyes posteriores que la modifican, establece los siguientes elementos clave:

- Los Estados miembros deben fomentar la prevención o la reducción de la producción de los residuos y de su nocividad, haciendo esto mediante el desarrollo de tecnologías limpias o el desarrollo técnico y la comercialización de productos diseñados de tal manera que no contribuyan o contribuyan lo menos posible a la contaminación.
- "Quien contamina paga", queriendo decir que aquellos que en sus procesos productivos utilicen elementos contaminantes, tendrán que incluir en sus costes toda la gestión de los residuos.

De esta forma, la prioridad en la gestión de residuos será su minimización (evitar o reducir su producción), puesto que todos los costes provenientes de dicha gestión serán imputados a la empresa productora de los mismos. El residuo que menos contamina es el que no se produce.

Adicionalmente, la normativa medioambiental europea establece que los residuos cuya producción no pudiera evitarse deberán reciclarse, o si ello fuera imposible técnica o económicamente, eliminarse evitando o reduciendo su repercusión en el medio ambiente.

En resumen, la ley apuesta en primer caso por la minimización, si no fuera posible, por el reciclaje y por último por la eliminación, tratamiento o vertido de los residuos (ver figura 2.1).

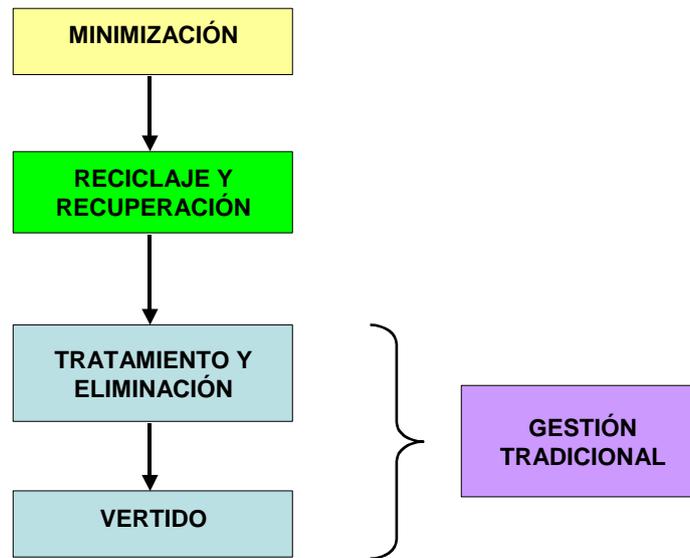


Figura 2.1. Jerarquía de la gestión de los residuos. Elaboración propia

Dentro del concepto “Gestión tradicional” que aparece en la figura 2.1, existen toda una serie de tratamientos específicos de residuos “al final de la línea” que intentan evitar los posibles daños medioambientales de los residuos. Estos tratamientos comprenden las instalaciones de depuración y gestión de emisiones atmosféricas y aguas residuales. A pesar de que la gestión controlada de las emisiones y residuos industriales tiene un impacto varios órdenes de magnitud inferior que la emisión o el vertido indiscriminado, es indudable que provoca daños potenciales sobre el medioambiente.

2.2.2 Normas ISO 14000

La ISO 14000 nace como una necesidad de unificación de las normativas ambientales aplicables a las auditorías, buscando la internacionalización para igualar los “obstáculos” en el comercio.

De forma resumida, la ISO 14000 exige que las empresas implanten un Sistema de Gestión Medioambiental con el que ordenar y gestionar la legislación e información correspondiente a aspectos medioambientales. Este sistema establece actividades como reunir y actualizar periódicamente la legislación medioambiental, proponer medidas correctivas y acciones preventivas, establecer políticas de mejora continua de la actividad de la empresa en aspectos medioambientales, etc. Por tanto, la certificación ISO 14000 de una empresa no necesariamente supone que cumple la normativa medioambiental, sino que indica que la empresa ha implantado un Sistema de Gestión Medioambiental que le ayudará a respetar el medioambiente y a pasar las pertinentes auditorías. Adicionalmente la ISO 14000 aporta a la empresa una visión favorable en el entorno, participando del marketing social.

La norma ISO 14000 no es una norma en si misma, sino una familia de normas, que incluye entre otras a las siguientes:

- ISO 14001: Sistemas de Gestión Medioambiental (SGMA).
- ISO 14004: Guías y principios generales.
- ISO 14010: Guías para la auditoria medioambiental.
- ISO 14020: Etiquetaje medioambiental.
- ISO 14040: Principios de Análisis de ciclo de vida.

2.3 Minimización

Existen divergencias entre los autores a la hora de incluir o no los procesos de reciclaje y recuperación dentro de la minimización. Parece más adecuado considerar el reciclaje y la recuperación como procesos de valorización y gestión final, y no como minimización. Por tanto, se considerará en adelante a la minimización únicamente como prevención de la producción de residuos.

Se entiende por minimización de los residuos de un proceso productivo en una industria a la adopción de medidas organizativas y operativas que permitan disminuir hasta niveles económica y técnicamente factibles la cantidad y peligrosidad de los residuos y contaminantes generados que precisan un tratamiento o eliminación final. Esto se consigue mediante su reducción en origen, adoptando buenas prácticas operativas y optimización los procesos: cambio de tecnologías, sustitución de materias primas y modificación de productos.

Existe unanimidad en que la minimización constituye la opción ambientalmente prioritaria para resolver el problema de los residuos. Además supone una oportunidad para reducir los costes productivos y lograr otras mejoras inducidas y por tanto, aumentar la competitividad. La relevancia de la minimización se ve reforzada por los siguientes elementos:

- La legislación medioambiental es cada vez más exigente, y en ocasiones sólo se puede satisfacer adoptando medidas de minimización.
- El control de su cumplimiento es cada día más estricto y son frecuentes las sanciones y litigios por el recurso a prácticas ilegales.
- En algunos casos es imposible técnicamente o muy costoso eliminar los residuos de forma adecuada.

- Los sistemas de tratamiento y eliminación de residuos se ven afectados por nuevos impuestos con el consiguiente aumento de su coste.
- Las ayudas económicas y de asistencia técnica a la minimización son cada día mayores.
- La creciente preocupación de la sociedad por estas cuestiones hace que la apuesta de una empresa por la minimización pueda reportarle una mejora de imagen considerable.
- Gran parte de las medidas de minimización suelen reportar mejoras de la calidad de los productos y del ambiente de trabajo, con sensibles repercusiones en la productividad.
- Las industrias han asumido que el problema de sus residuos les compete a ellas, y se dan cuenta de que prefieren solucionarlo mediante la optimización de sus procesos de fabricación, donde tienen auténtica experiencia.

2.3.1 Métodos de minimización

Las técnicas de minimización tienen cabida en cualquier proceso productivo y pueden ser muy diversas, sin embargo no tienen porque estar basadas en tecnología punta o requerir grandes inversiones de capital. Muchas técnicas son simples cambios en el manejo de materiales o buenas prácticas de mantenimiento. A continuación se describen algunos de estos métodos:

Gestión de inventarios:

- Reducir la cantidad de materias primas y productos intermedios y acabados almacenados para evitar que puedan generarse residuos por su obsolescencia o caducidad; o que resulten inservibles a causa de cambios en los procesos de producción. En esta línea, el sistema de gestión de la fabricación denominado “Just In Time” ha proporcionado excelentes resultados.
- Implantar los sistemas y procedimientos adecuados que garanticen la correcta manipulación de las materias primas y de los productos en planta, para que no se conviertan en residuos. En concreto, evitar que se produzcan pérdidas debidas a vertidos, lixiviación o contaminación de los materiales.

Modificación de los procesos productivos:

- Reemplazar materiales peligrosos por otros que no lo sean o lo sean en menor medida.

-
- Implantar nueva maquinaria y mejorar la existente. Estas acciones suponen en general un aumento de la productividad, una reducción del consumo energético y un mejor aprovechamiento de la materia prima, lo que se traduce en una reducción de los residuos generados.
 - Mejorar los procedimientos de operación y mantenimiento para prevenir la generación de residuos producidos por la intervención de las personas o debidos a defectos y fallos de los equipos utilizados.

Reducción del volumen de residuos:

- Segregación en el origen: Hay que considerar que la mezcla de dos flujos de residuos, uno de ellos tóxico y peligroso, obliga a gestionar el volumen total como residuo especial, con el sobrecosto que representa. También ocurre que la mezcla de diferentes flujos dificulta y encarece cualquier intento de reciclaje o recuperación de los subproductos y limita las opciones de tratamiento.
- Concentración: Dichas técnicas reducen el volumen de los residuos. Normalmente retiran una parte no peligrosa, generalmente agua. La concentración por si misma puede representar un ahorro, pues reduce el coste del transporte y de la gestión clásica de los residuos.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

Clasificar los distintos procesos de fabricación que existen en el panorama industrial actual en un único esquema es una tarea algo compleja. En primer lugar, la variedad de procesos es muy grande y, además, se pueden elaborar muchos esquemas de clasificación diferentes, uno por cada criterio de clasificación.

En este capítulo abordaremos la clasificación de los procesos de fabricación desde dos puntos de vista distintos, pero muy prácticos ambos:

- El primero tendrá en cuenta la *finalidad* que persigue el proceso, distinguiendo, por ejemplo, entre aquellos cuyo objetivo es la fabricación de piezas sueltas y aquellos que se utilizan para unirlos entre sí y formar conjuntos mecánicos.
- El segundo tendrá en cuenta la *tecnología* empleada en cada proceso.

La unión de estas dos clasificaciones puede darnos una visión muy completa de la mayoría de los procesos empleados y se acerca a esa idea del esquema único antes comentado.

Según el criterio de clasificar los procesos según la finalidad que buscan, determinamos las siguientes categorías:

- Procesos de fabricación de productos semielaborados
- Procesos de fabricación de piezas
- Métodos de unión
- Tratamientos térmicos
- Tratamientos superficiales
- Operaciones auxiliares

En los siguientes apartados se hace una clasificación según la tecnología empleada para cada una de estas categorías. Las dos primeras (fabricación de productos semielaborados y de piezas) se analizan conjuntamente, ya que utilizan básicamente los mismos procesos tecnológicos.

3.1 Procesos de fabricación de productos semielaborados y piezas elementales

3.1.1 Productos semielaborados

El concepto de producto semielaborado engloba a todas las formas básicas de los distintos materiales a partir de las cuales se obtendrán las piezas en sus diversas formas finales.

Entre dichas formas básicas se encuentran las planchas, láminas, barras, tubos, perfiles especiales (algunos de los cuales tienen formas no tan "básicas", como es el caso de los perfiles extruidos de aluminio utilizados en carpintería metálica). La variedad de formas depende de los materiales empleados: aceros, aleaciones de aluminio, cobre, bronce, latones, materiales plásticos, maderas, etc. La normativa específica sobre cada producto semielaborado se encuentra en el capítulo correspondiente a su proceso de obtención.

La obtención de estos productos semielaborados se lleva a cabo en industrias de transformación primaria, que utilizan directamente como materias primas los recursos de la naturaleza. Tal es el caso de las industrias siderúrgicas y metalúrgicas, para materiales metálicos; industrias químicas, para materiales plásticos; y serrerías para la obtención de maderas.

Las tecnologías empleadas en estos procesos son generalmente de deformación plástica, también llamada "conformación", aunque también se utilizan la fundición y, en el caso de las maderas, el corte de material. Las diferentes técnicas empleadas se resumen en el esquema de la figura 3.1. Estas técnicas serán tratadas extensamente en módulos posteriores.

PRODUCTOS SEMIELABORADOS	Fundición		
	Conformación	Laminación Extrusión Estirado y trefilado Forja Troquelado o punzonado	
		Arranque de viruta	Corte
		Procesos especiales	Sinterización

Figura 3.1. Procesos de fabricación de productos semielaborados. Elaboración propia

3.1.2 Procesos de fabricación de piezas

Los conjuntos mecánicos están formados por una serie de piezas que se dividen en dos grupos:

- Piezas elementales, que son aquellas diseñadas específicamente para dicho mecanismo y que han de fabricarse según un plano que las define.
- Piezas normalizadas, que son aquellas cuya forma, dimensiones y material están definidos según norma (DIN, UNE, ISO, ...). No es preciso, pues, diseñarlas ni dibujar su plano correspondiente. Basta con especificar su designación completa, extraída de la norma o del catálogo del fabricante.

Los procesos que se engloban en este apartado son aquellos mediante los cuales se fabrican las piezas elementales que constituyen los conjuntos mecánicos. Como puede observarse en la figura 10, existe una gran variedad de tecnologías empleadas y, dentro de éstas, un gran número de procesos diferentes.

La fabricación de las piezas normalizadas se lleva a cabo también según los procesos que se enumeran en la figura 2.2, aunque dada la gran cantidad de piezas que se han de producir y la dedicación, por norma general, en exclusiva a la fabricación de dichas piezas, las máquinas y los procesos empleados tienen unas características especiales que también serán analizadas.

FUNDICIÓN	Por gravedad	Fundición en arena Fundición en cáscara Fundición en moldes metálicos Microfusión
	Inyectada	
CONFORMADO POR DEFORMACIÓN	Chapas	Corte o cizallado Punzonado o troquelado Plegado Curvado Embutición Entallado
	Piezas	Extrusión Forja y estampación Laminación de roscas
	Tubos	
ARRANQUE DE VIRUTAS (MECANIZADO)	Aserrado Torneado Fresado	
	Taladrado	Avellanado Escariado Roscado
	Rectificado	
	Acabado	Lapeado Bruñido Rasqueteado
	Otros	Cepillado Mortajado Brochado
PROCESOS ESPECIALES	Sinterización Electroerosión Mecanizado por ultrasonidos	
	Técnicas especiales de corte	Oxicorte Láser Plasma Chorro de agua
	Estereolitografía	
	Materiales plásticos	Espumación polimetano Soplado
Composites		Método húmedo Autoclave

Fig. 2.2. Procesos de fabricación de piezas. Elaboración propia

3.1.3 Clasificación según la tecnología empleada

En este apartado se van a definir brevemente algunas de las tecnologías de fabricación de productos semielaborados y piezas elementales, que se han clasificado en los esquemas del apartado anterior.

Distinguiremos cuatro familias de procesos tecnológicos empleados en la fabricación de productos semielaborados y piezas elementales.

3.1.3.1 Fundición

La fundición es un proceso basado en la fusión del material y su posterior vertido en un molde que reproduce la forma de la pieza a fundir y, finalmente, el enfriamiento hasta su solidificación.

Por moldeo se obtienen, bien lingotes que posteriormente serán conformados, o bien piezas de una forma definida.

La fundición a presión o inyección es una variante en la que el material, previamente fundido, se inyecta a presión en el molde.

3.1.3.2 Deformación plástica o conformado

El conformado por deformación plástica aprovecha la capacidad de deformación de los metales para provocar alteraciones de la estructura interna del metal, de su forma exterior y de las propiedades mecánicas.

Entre los procesos de conformado podemos citar: laminado, estirado, extrusión, forja, estampación, embutición de chapas, etc. Todos ellos serán analizados en profundidad en sus respectivos capítulos.

- Laminación. Proceso de conformación consistente en modificar una masa metálica haciéndola pasar entre rodillos superpuestos que giran en sentido inverso.
- Extrusión. Operación en la cual una masa de material dúctil fluye a través de un orificio por medio de un impacto o una fuerte compresión, ocasionada por un émbolo o punzón. Así se obtienen piezas de sección constante cuya longitud depende de la aportación de material efectuada.
- Estirado. Se hace pasar el material por una matriz de forma que se reduce su sección. Se utiliza en la fabricación de barras y alambres.

-
- Estampación. Proceso que modifica la forma del material mediante el impacto de un molde o estampa.
 - Embutición. Variante de la estampación realizada sobre chapas. Mediante troqueles se da forma ahuecada no desarrollable a la chapa.

3.1.3.3 Arranque de viruta o mecanizado

En la fabricación mediante arranque de viruta se obtienen las dimensiones y el acabado superficial deseado en las piezas, utilizando herramientas con filo que separarán partes de material (viruta) por procedimientos mecánicos.

Las diferentes clases de superficies de las piezas exigen distintos procedimientos de fabricación que se llevan a cabo en máquinas-herramienta:

- Torneado. Para obtención de piezas de revolución. La pieza gira y, desplazando la herramienta de corte se obtiene la forma deseada.
- Fresado. Se utiliza una herramienta con múltiples filos de corte que, girando, arranca material de la pieza. Se obtienen así superficies planas, curvas, entalladuras, ranuras, etc.
- Taladrado. Para realizar agujeros en las piezas con una herramienta denominada broca.
- Rectificado. Proceso que utiliza muelas abrasivas para obtener en las piezas precisiones y calidades superficiales no alcanzables con los procesos anteriores.
- Brochado. Para dar formas interiores complejas a una pieza taladrada previamente.
- Existen más procesos de mecanizado que serán debidamente estudiados en el módulo correspondiente.

3.1.3.4 Procesos especiales

Algunos procesos de fabricación escapan a una clasificación convencional, debido a la naturaleza del sistema, a su carácter novedoso o a su empleo muy especializado. Entre ellos destacan:

- Sinterización, que permite elaborar piezas prensando polvo metálico muy fino en moldes adecuados.

- Electroerosión, que elimina partículas de material electroconductor por la acción de descargas eléctricas.
- Mecanizado por ultrasonidos. Se basa en la acción desgastadora producida por partículas abrasivas proyectadas por vibración contra la pieza.
- Estereolitografía. Proceso utilizado para la obtención de prototipos, directamente a partir de un sistema de diseño Asistido (CAD).
- Fresado químico, utilizado en la fabricación de placas ligeras con nervios, obtenidas de chapas gruesas.
- Procesos especiales de corte: oxicorte, láser, plasma, chorro de agua.
- Procesos especiales de materiales plásticos: espumación, materiales compuestos por método húmedo y por curado en autoclave, etc.

3.2 Métodos de unión

Son empleados para la construcción de los conjuntos mecánicos a partir de las piezas elementales y normalizadas. Se distinguen las Uniones fijas y las Uniones desmontables.

Como puede observarse, existen dos grandes grupos: uniones fijas y uniones desmontables. La diferencia es obvia, pero es importante recalcar un pequeño matiz: para que una unión sea desmontable, se han de recuperar sin destrucción las piezas elementales que componen el conjunto y el elemento de unión, si lo hubiere. Por eso, las uniones remachadas se consideran fijas, ya que su separación implica la rotura del remache.

Por otro lado, puede haber duda a la hora de clasificar las uniones forzadas de ejes con sus alojamientos, pues hay casos en los que si el apriete es muy fuerte, la separación conlleva desperfectos en alguno de los elementos que la componen.

UNIONES FIJAS	Soldadura	<i>Homogénea</i>	Fusión	<ul style="list-style-type: none"> • Autógena • Arco eléctrico • Haz de electrones • Plasma • Láser 	<ul style="list-style-type: none"> – Oxiacetileno – MIG/TIG/MAG (atm. inerte) – UP (polvo) 	
			Presión	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia • Ultrasonidos • Explosión • Presión en caliente • Fricción • Alta frecuencia 		
		<i>Heterogénea</i>	Según temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Soldadura fuerte • Soldadura blanda 		
			Según método	<ul style="list-style-type: none"> • Soldadura • A la llama • Inmersión • Al horno • Inducción 		
	Pegado					
	Remachado					
UNIONES DESMONTABLES	Unión por conformado	<i>Conformado de piezas a unir</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Plegado • Rebordeado 		
		<i>Con elementos de unión</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Grapado • Tuercas de estampación 		
	Tomillos					
	Otras uniones mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Chavetas y lengüetas • Pasadores • Estriados y nervados 				
	Guías de deslizamiento					
	Uniones forzadas	<ul style="list-style-type: none"> • Prensadas • Por dilatación 				
	Uniones por enchufe, aprieto o resorte					

Figura 2.3. Métodos de unión. Elaboración propia

3.2.1 Soldadura.

Procedimiento de unión permanente entre piezas, realizado con aportación de calor que puede realizarse con o sin presión y con aportación de material o sin ella. La soldadura *homogénea* es aquella en la que el material de las piezas a unir y el de aporte, si lo hay, es el mismo. La *heterogénea* se realiza con un elemento de unión cuyo punto de fusión es más bajo que el de las piezas a unir.

3.2.1.1 Soldadura autógena

Es la que utiliza como fuente de calor una llama de oxígeno y un gas combustible, normalmente acetileno.

3.2.1.2 Soldadura eléctrica al arco

Se caracteriza por la creación y mantenimiento de un arco eléctrico entre el hilo metálico de aporte, llamado electrodo, y las piezas a unir.

3.2.1.3 Soldadura por resistencia

Se trata de aprovechar la elevación de temperatura producida por el calor que se genera al circular una corriente eléctrica entre la unión de dos piezas, que mantienen unidas entre sí mediante presión debido al efecto Joule. Posee una serie de ventajas respecto de la soldadura eléctrica por puntos:

- Sólo se calienta la zona a soldar.
- Es más rápida.
- Permite soldar piezas de diferente espesor, e incluso, material.

A. Soldadura “a tope” y “a tope por compresión”

En estos casos se mantienen las piezas unidas entre sí mientras circula la corriente eléctrica, interrumpiéndose al alcanzarse las temperaturas adecuadas para la unión. En el primer tipo la presión es sólo la necesaria para que las piezas permanezcan firmemente unidas, mientras que en el segundo tipo de máquinas, la presión es bastante elevada para que se produzca un *recalcado* de los extremos.

B. Soldadura por puntos

Variante de la soldadura a presión por resistencia en la que las piezas a unir son chapas que se calientan mediante intensidades de corriente elevadas que circulan a través de electrodos puntuales.

Las máquinas utilizadas pueden ser fijas o portátiles, de acuerdo a la aplicación de que se trate.

3.2.2 Pegado

La unión se realiza utilizando pegamentos, generalmente plásticos líquidos que se adhieren mediante la acción del calor, o a la temperatura ambiente con endurecedores que actúan por vía química.

3.2.3 Remachado

Se realiza la unión fija de varias piezas por medio de roblones o remaches, piezas compuestas de un cuerpo cilíndrico o vástago y de una cabeza dúctil que se deforma en el proceso.

3.3 Tratamientos térmicos

El objeto de los tratamientos térmicos en los materiales y piezas metálicos es modificar la estructura interna del material, con el fin de conseguir alguno de los siguientes objetivos:

- Lograr una estructura de menor dureza y mayor maquinabilidad.
- Obtener la máxima dureza y resistencia.
- Eliminar tensiones internas para evitar deformaciones posteriores al mecanizado.
- Eliminar la acritud ocasionada por una deformación en frío.
- Conseguir una estructura más homogénea.
- Variar alguna propiedad física.

No se trata de procesos de fabricación y su estudio es objeto de otras disciplinas, pero se hará un pequeño recordatorio de los distintos tratamientos existentes, dado que, en ocasiones, son un paso intermedio entre operación y operación a lo largo del proceso de fabricación de determinadas piezas metálicas.

Los tratamientos térmicos son específicos para cada tipo de material. En el cuadro de la figura 2.4 se resumen los principales tratamientos térmicos aplicados a los aceros y a las aleaciones de aluminio.

ACEROS	Tratamientos térmicos	• <i>Recocido</i>	Regenerativo Globular Contra acritud Ablandamiento Estabilización Isotérmico Doble recocido	
		• <i>Normalizado</i>		
		• <i>Temple</i>	• Continuo • Escalonado	– Completo – Incompleto – Austempering – Martempering
		• <i>Revenido</i>		
	Tratamientos termoquímicos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cementación</i> • <i>Nitruración</i> • <i>Cianuración</i> • <i>Sulfurización</i> 		
ALEACIONES DE ALUMINO	Recocido	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ablandamiento</i> • <i>Homogéinización total</i> • <i>De disolución</i> • <i>De normalización</i> 		
	Revenido			
	Endurecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Parcial</i> • <i>En frío</i> • <i>Endurecimiento</i> 		

Figura 2.4. Tratamientos térmicos. Elaboración propia

3.4 Tratamientos superficiales

A las superficies de las piezas y conjuntos mecánicos se les exige una serie de características entre las que podemos destacar el aspecto decorativo, la resistencia a la corrosión y la resistencia al desgaste.

Este tipo de tratamientos se aplican no solo a aquellos materiales que se oxidan o deterioran, como es el caso de los aceros de construcción o las maderas, sino también a aquellos que se autoprotegen (aceros inoxidable y aleaciones de aluminio, por ejemplo) o que simplemente no se ven alterados por la exposición a la intemperie durante largo tiempo, como sucede con algunos plásticos. Dependiendo de la naturaleza del agente utilizado en el tratamiento, éstos se clasifican según el cuadro de la figura 2.5.

MECANICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Desbarbado • Esmerilado • Pulido • Chorreado 	
QUÍMICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Desengrasado • Decapado • Mordentado • Oxidación química • Abrillantado 	<ul style="list-style-type: none"> – Cromatado – Fosfatado
RECUBRIMIENTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación anódica 	<ul style="list-style-type: none"> – Normal – Duro
	<ul style="list-style-type: none"> • Metálicos (inmersión y cocción) 	<ul style="list-style-type: none"> – Niquelado – Galvanizado – Cobreado – Cromado – Zincado – Estañado – Latonado – Plateado – Dorado
	<ul style="list-style-type: none"> • Metalización térmica 	<ul style="list-style-type: none"> – Arco voltaico – Llama – Plasma
	Lacado	<ul style="list-style-type: none"> – A pistola – Baño o inmersión
	Esmaltados	

Figura 2.5. Tratamientos superficiales. Elaboración propia

3.5 Operaciones auxiliares

En su recorrido por el taller, fábrica o sistema productivo en general, las piezas van pasando por diferentes máquinas o puestos de trabajo en los que van sufriendo una serie de transformaciones de las enumeradas en los apartados anteriores.

Además de estos procesos en los que las piezas son "transformadas", existen otras operaciones auxiliares, en las que, bien el producto no sufre alteración alguna, o bien el producto es destruido para comprobar determinadas Características de la serie que se está fabricando. No debemos olvidar estas operaciones, pues también se dan a lo largo del proceso de fabricación.

Se pueden clasificar en los grupos que se muestran en el cuadro de la figura 2.6.

Transporte
Verificaciones: dimensionales, geométricas y superficiales
Ensayos <i>no destructivos</i>
Ensayos <i>destructivos</i>

Figura 2.6. Operaciones Auxiliares. Elaboración propia

3.6 Factores que influyen en la elección del proceso

Las formas constructivas de una pieza están íntimamente ligadas a su función mecánica y a la naturaleza de los esfuerzos que de ella se derivan.

El proceso de fabricación elegido está condicionado por dichos factores y, a su vez, condiciona las formas concretas que debe tener la pieza, pues deben adaptarse a las exigencias tecnológicas del procedimiento empleado.

Por otro lado, el proceso de fabricación ha de ser lo más barato posible, de tal manera que, entre dos procesos tecnológica y funcionalmente válidos elegiremos siempre el de menor coste.

¿Cuál será, entonces, el proceso de fabricación más adecuado? Aquel que, obteniéndose una pieza que cumpla las especificaciones funcionales y estructurales solicitadas y respetando los plazos de entrega, resulte más económico.

4. LA FABRICACIÓN EN LA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

4.1 Organigrama de una empresa

Una empresa industrial está formada por un conjunto de personas, instalaciones y medios cuyo objetivo es la fabricación de un producto o productos finales a partir de unas materias primas determinadas.

Para que dicha empresa consiga su objetivo con un rendimiento adecuado, es decir, produciendo beneficios, es necesario que exista una organización adecuada, que aproveche al máximo las posibilidades de las personas, instalaciones y medios.

La manera de llevar a cabo dicha organización será muy distinta, dependiendo del tipo y tamaño de la empresa. En pequeños talleres, una sola persona podrá desempeñar más de una función y ser, por ejemplo, programador de Control numérico y, a la vez, manejar la máquina que programa. En grandes empresas, en cambio, una misma función debe ser desempeñada por varias personas, debido al gran volumen de trabajo. Nos encontramos entonces, por ejemplo, con departamentos de Programación de Control Numérico en los que trabajan decenas de personas.

La representación gráfica de la organización de una empresa se realiza mediante organigramas, en los que cada cargo o función se representa por un rectángulo. La dependencia o relación entre las personas o funciones se observa según las líneas que unen los rectángulos de los respectivos cargos. Obviamente, los rectángulos más altos suponen mayor categoría o poder de mando.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de organigramas que han de ser interpretados como orientación, válida para la mayoría de los casos, aunque siempre hay particularidades en cada caso concreto. Analizaremos tres tipos y tamaños de empresa distintos:

- a) Gran empresa (más de 1000 trabajadores): que diseña y fabrica sus propios productos y/o productos encargados por cliente.
- b) Mediana empresa (en torno a los 50 trabajadores): que fabrica según pedido.
- c) Pequeña empresa (unos 15 trabajadores): que fabrica también según pedido.

4.1.1 Organigrama de una Gran Empresa

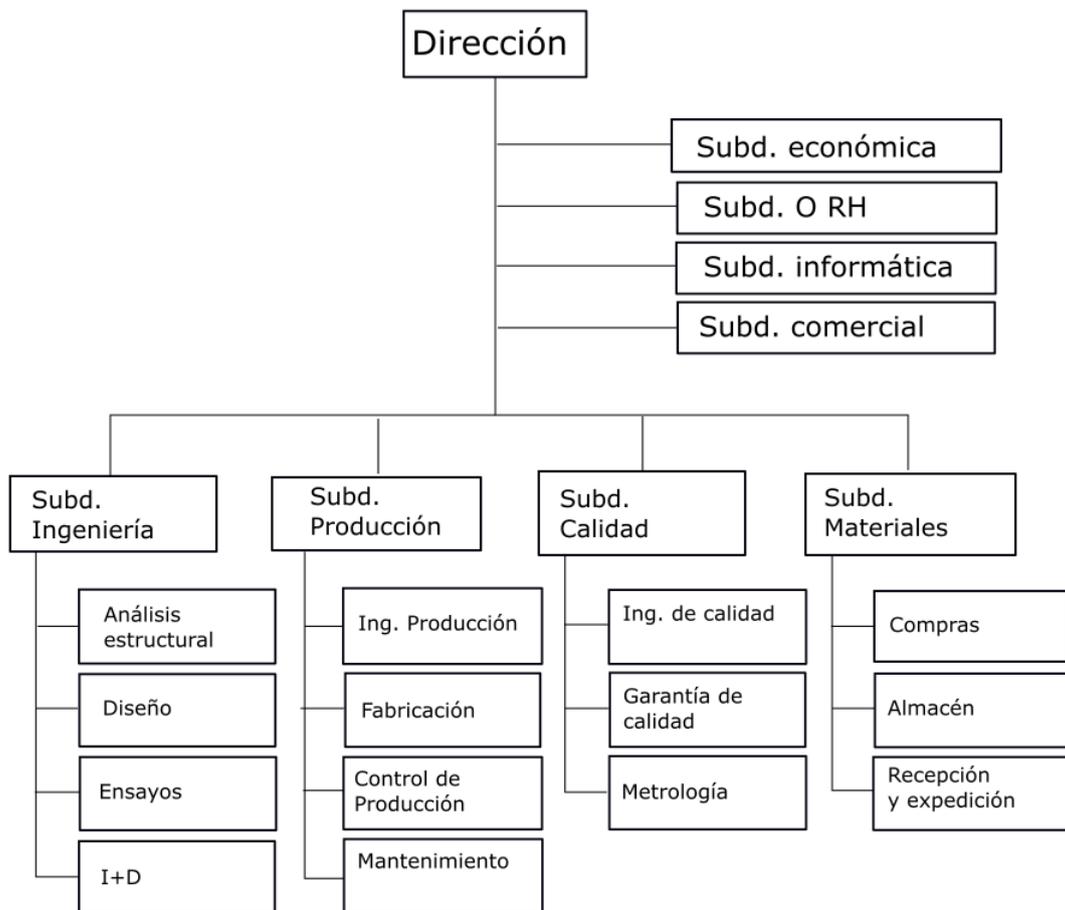


Figura 4.1. Organigrama de Gran Empresa. Elaboración propia.

En una gran empresa de fabricación son cuatro las Subdirecciones más importantes: Ingeniería, Producción, Calidad y Materiales. El resto de las indicadas en la figura 4.1 (Económica, Comercial, Organización y Recursos Humanos, etc.) son de índole administrativo y, aunque también son necesarias para el correcto funcionamiento de la empresa, no intervienen en las fases de diseño y fabricación del producto.

La Subdirección de ingeniería es la que define el producto a partir de las especificaciones del cliente o de la propia empresa. Sus departamentos más comunes son:

- *Diseño*: que define el producto, materializándolo en unos planos y listas de piezas.
- *Análisis*: que realiza los cálculos estructurales necesarios para determinar si el producto diseñado cumple las especificaciones técnicas pedidas.
- *Ensayos*: que define y realiza las pruebas a las que se somete el producto para confirmar si el mismo está de acuerdo con las especificaciones y, por tanto, con las evaluaciones del departamento de análisis.
- *Investigación y Desarrollo (I+D)*: encargado de estudiar nuevos materiales y conceptos de Diseño, que luego pueden incorporarse a futuros proyectos.

La *Subdirección de Producción* es la encargada de fabricar el producto, de acuerdo con las exigencias Técnicas de la Subdirección de Ingeniería y con los plazos de entrega que se han acordado con el cliente. Sus Departamentos son:

- *Ingeniería de Producción*
- *Fabricación*
- *Control de Producción*
- *Mantenimiento*

Estos departamentos serán objeto de un estudio más detallado en sus apartados correspondientes.

El objetivo de la Subdirección de Calidad es asegurar que el producto se fabrica según las normas establecidas, controlando la calidad del mismo y también los procesos utilizados. Los departamentos de Calidad suelen ser los siguientes:

- *Ingeniería de Calidad*. Define los procedimientos a seguir para el control de calidad.
- *Control de Calidad*. Realiza los controles y verificaciones oportunos sobre las materias primas, productos en curso y productos terminados.
- *Metrología*. Este departamento sólo existe en grandes empresas y su misión es realizar las calibraciones de los equipos utilizados

Por último, la Subdirección de Materiales es la encargada de acopiar y almacenar las materias primas que se van a utilizar en la fabricación, así como de embalar y realizar el envío de los productos finales obtenidos en la empresa. Sus departamentos son:

- *Compras.* Encargado del aprovisionamiento de todas las materias primas necesarias en el proceso.
- *Almacenes.* Gestiona los almacenes de materias primas y productos terminados. Otros almacenes son competencia de otros departamentos, tal y como se describirá en los distintos apartados de este capítulo.
- *Recepción y Expediciones.* Es el departamento encargado de recibir todo lo que llega a la factoría y sale de ella.

En algunas empresas, Materiales pasa a ser un departamento que depende de la Subdirección de Producción.

4.1.2 Organigrama de una Empresa Mediana

La figura 4.2 muestra un ejemplo de organigrama de una empresa de fabricación de tamaño medio.

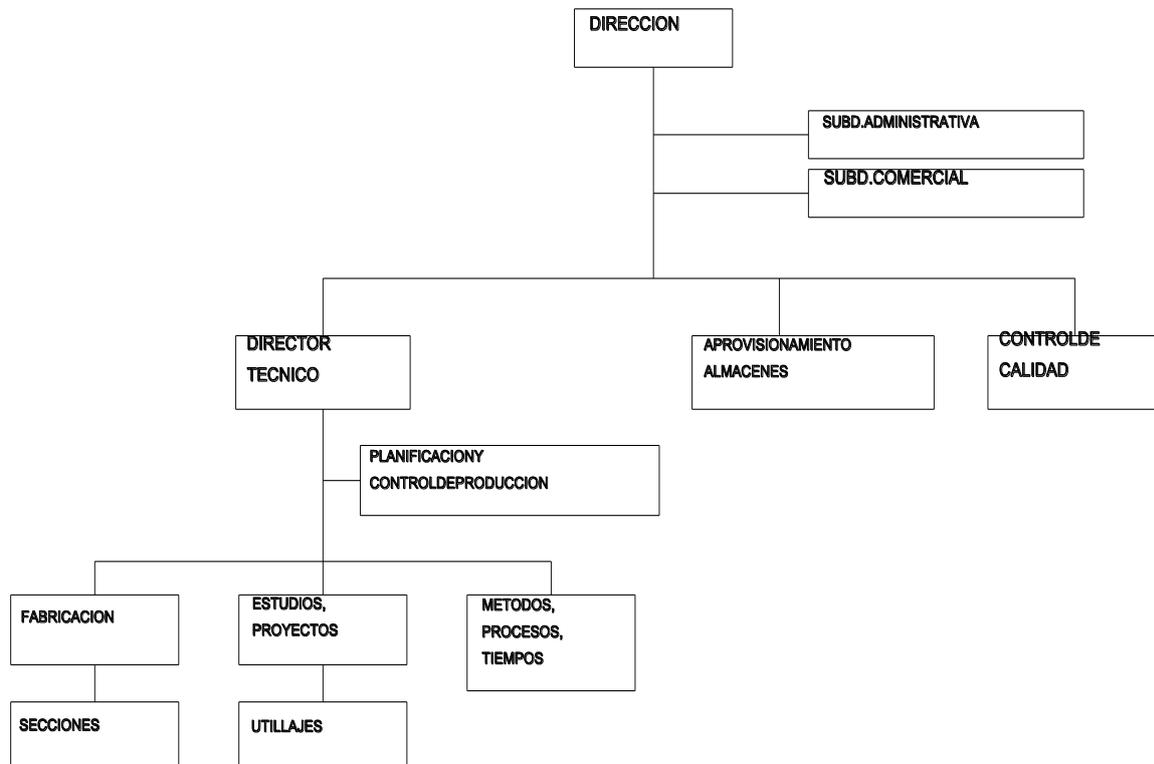


Figura 4.2. Organigrama de una Empresa Mediana. Elaboración propia

Como puede observarse, se trata de un esquema más simplificado, en el que las diferencias más notables con respecto al caso anterior son:

- Los departamentos administrativos se reducen, realizándose en uno solo funciones que abarcan dos o más departamentos de una Gran Empresa.
- No suele haber Diseño de producto, pues, en general, se trata de empresas que trabajan sobre pedido.
- Aparte del Director hay, en la práctica, una única figura que destaca: la del Director Técnico, frente a las cuatro Subdirecciones antes analizadas. De él dependen la mayoría de los trabajadores de la empresa.
- Calidad y Materiales se ven reducidos a pequeños departamentos con 3 ó 4 personas.

4.1.3 Organigrama de una Empresa Pequeña

El organigrama se simplifica más aún; prácticamente toda la empresa es el taller de fabricación y montaje. Fuera de él quedan el Director de la empresa, algún administrativo y, si lo hay, un delineante que asume las funciones de la Oficina Técnica. Todo ello, se representa en el organigrama de la figura 4.3.

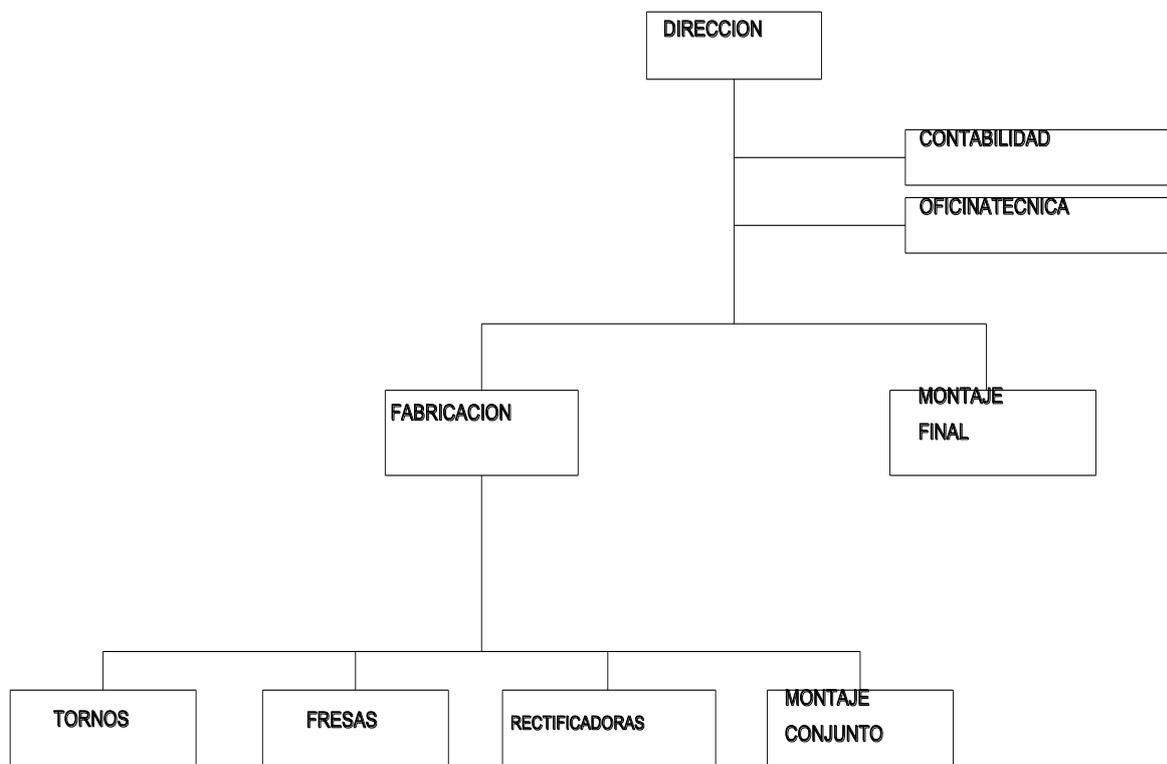


Figura 4.3. Organigrama de una Empresa Pequeña. Elaboración propia

4.2 Departamentos de Producción

La Subdirección de Producción o Dirección Técnica de una empresa consta de los departamentos antes enumerados: Ingeniería de Producción, Fabricación, Control de Producción y Mantenimiento. Estos, a su vez, se dividen en Secciones, más o menos numerosas según el tamaño y la actividad de la empresa.

En el caso de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), según se trabaje sobre pedido, contra "stock" al tener unos productos propios, o de forma mixta compaginando pedidos con productos propios, nos encontramos con dos estructuras organizativas que se representan en las figuras 4.4 y 4.5.

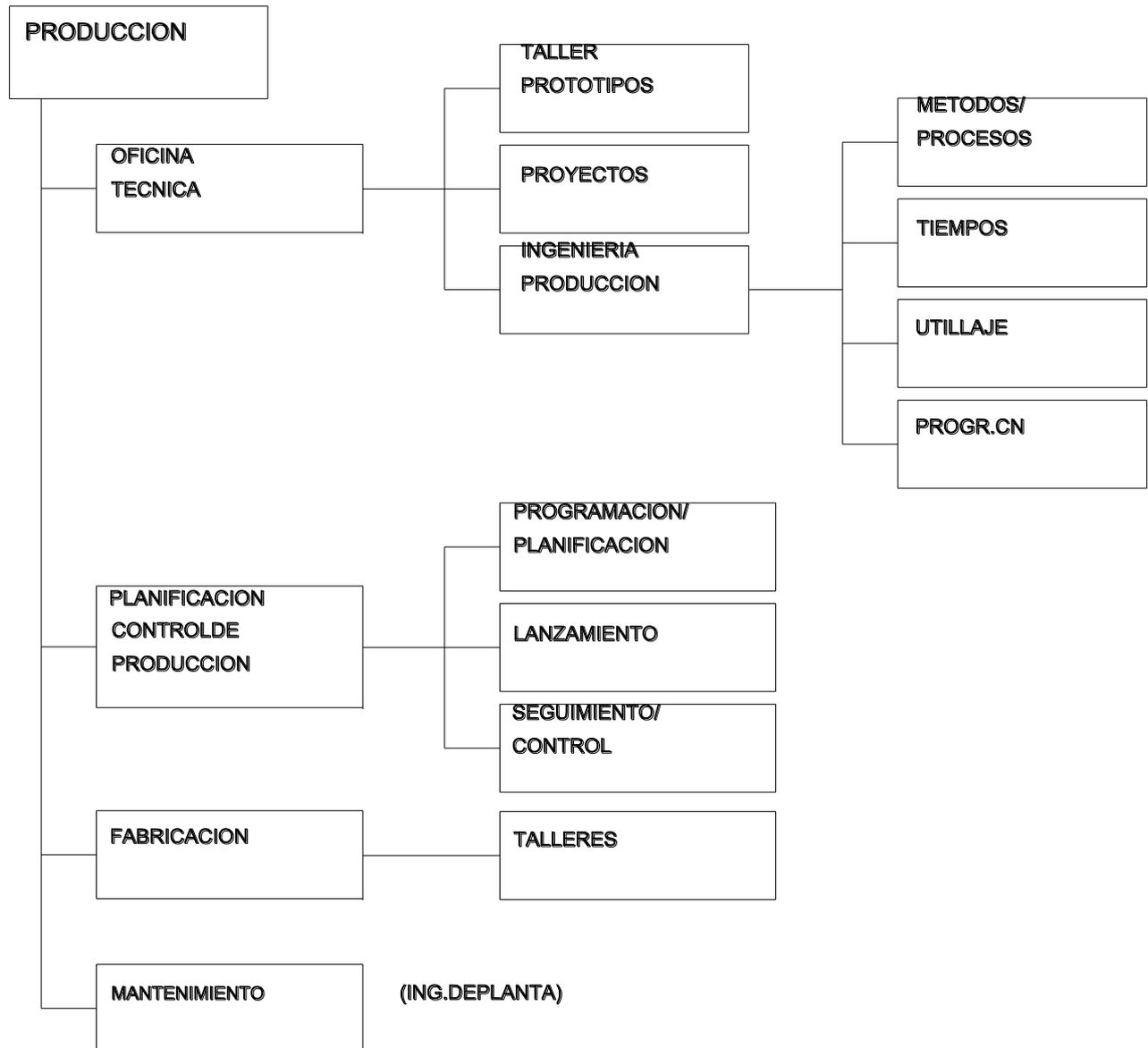


Figura 4.4. Departamentos de producción. PYME con productos propios

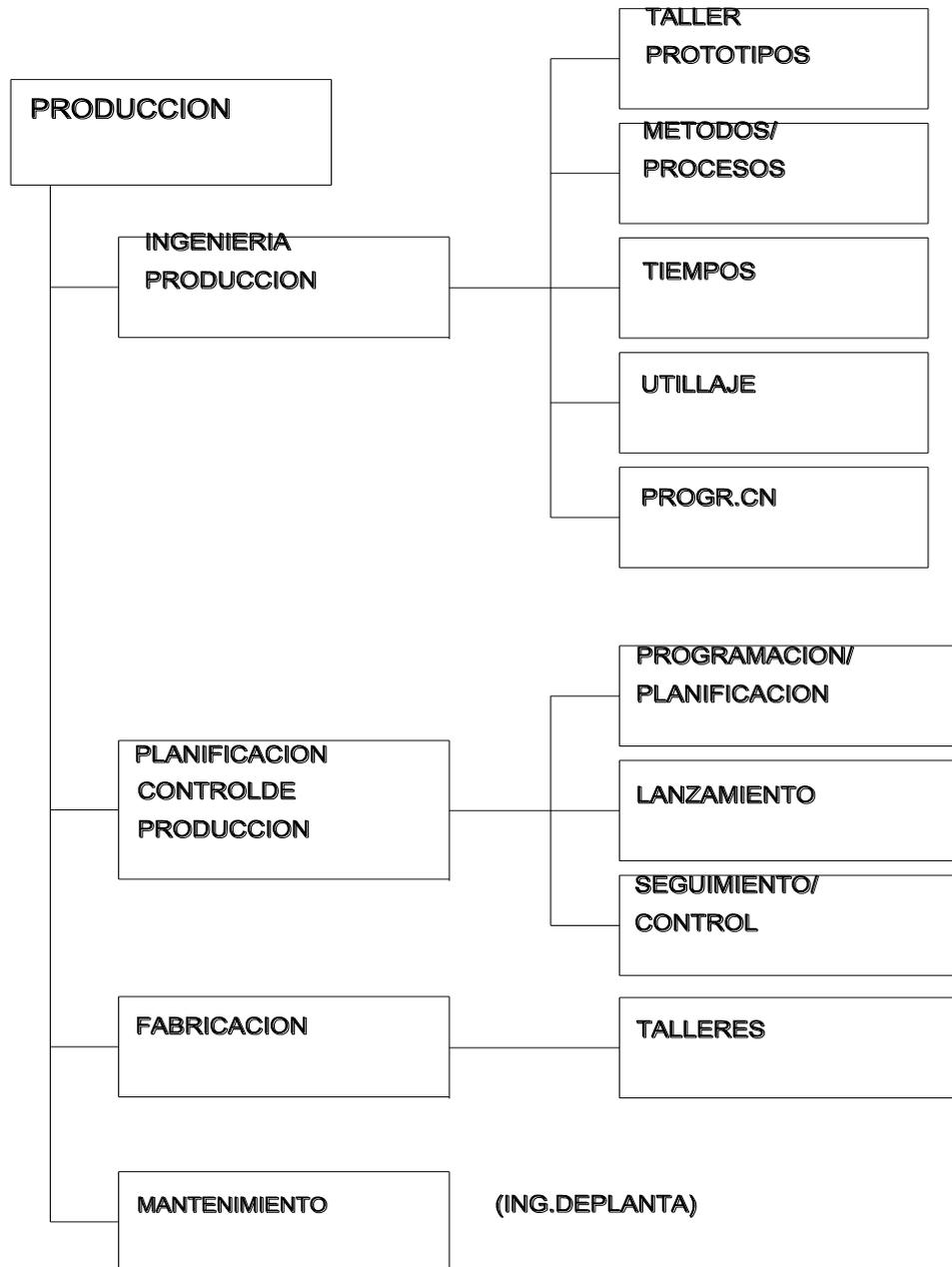


Figura 4.5. Departamentos de Producción.
PYME que trabaja sobre pedido o gran empresa en general.

La única diferencia está en la existencia de una Oficina de Proyectos, encargada de definir el producto y elaborar los planos y listas de piezas.

En las Grandes Empresas, que disponen de una Subdirección de Ingeniería, la definición del producto que se fabrica es competencia suya. No existe, por tanto, la Oficina de Proyectos y el esquema organizativo se corresponde con el de la figura 3.5. En los siguientes apartados, se enumeran las funciones de los distintos departamentos, así como las secciones que, en su caso, los componen.

4.3 Oficina de Proyectos

Su objetivo es preparar los planos de taller y las listas de piezas necesarias para la fabricación. Dicha preparación será más o menos complicada según sea el caso:

- proyecto nuevo
- preparación de planos de clientes
- modificación de productos existentes para introducir mejoras o reducir costes.

En el caso de la realización de un nuevo proyecto, las fases suelen ser:

1. Estudio de las especificaciones del cliente y búsqueda de información.
2. Análisis de distintas soluciones y elección de la más adecuada.
3. Definición del producto elaborando los planos de definición y realizando los cálculos necesarios para asegurar que se cumplen las especificaciones.
4. Diseño detallado de cada pieza y conjunto, y elaboración de las listas de piezas de estos últimos.

La correcta realización de estas tareas implica disponer de los medios adecuados. Entre ellos, caben destacar:

- Una colección completa de normas, catálogos y manuales de cálculo de los elementos y materiales empleados en el sector industrial al cual la empresa pertenece.
- Equipos de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) e Ingeniería Asistida por Ordenador (CAE), con los que se obtiene un mayor rendimiento en el trabajo y unos diseños más optimizados.

4.4 Ingeniería de Producción

Es el departamento que recibe los planos y listas de piezas de la Oficina de Proyectos o de Diseño y define cómo se fabrica el producto. Las funciones que realiza son:

- Análisis de los procesos de fabricación para una pieza o conjunto determinado.
- Elección del proceso más adecuado, en función de las especificaciones del plano de las cantidades a fabricar y de los plazos de entrega.

- Sugerir a Diseño o Proyectos modificaciones para la mejora de la fabricación.
- Definición del proceso de fabricación, paso a paso, de cada pieza y conjunto.
- Definición de los utillajes y herramientas especiales necesarios.
- Cálculo de tiempos de fabricación.

Para la realización de todas estas funciones, dispone de las siguientes secciones:

- Ingeniería del producto
- Diseño de utillaje.
- Programación Control Numérico.
- Taller de Prototipos.

4.4.1 Ingeniería de Producto

Esta sección también se denomina "Procesos", "Métodos y Tiempos" u "Organización Científica del Trabajo (OCT)".

El trabajo de Ingeniería del Producto se materializa en la "Hoja de Proceso", documento de fabricación que será estudiado ampliamente en el próximo capítulo. A grandes rasgos, la información que contiene es la siguiente:

- Trabajos a realizar, divididos en fases, subfases y operaciones.
- Máquinas, herramientas y útiles necesarios.
- Tiempos que se han de emplear, divididos en tiempo de preparación, maniobra y operación.

El cálculo de tiempos se puede realizar de tres formas:

1. utilizando tablas con tiempos normalizados,
2. realizando cálculos en función de las variables de cada proceso,
3. por cronometraje.

Aparte de ser un dato que figura en la hoja de proceso, los tiempos repercuten en dos departamentos de la empresa:

- A. Programación y Planificación de la Producción, pues en base a ellos se determinan los lanzamientos (fechas de comienzo de la fabricación de una pieza determinada).
- B. Administración o Contabilidad, para realizar los presupuestos a clientes y pagar las primas a los operarios.

4.4.2 Diseño de utillaje

Los útiles o utillajes son elementos auxiliares utilizados en los procesos de fabricación, cuyas funciones principales suelen ser sujetar la pieza a la máquina y/o posicionarla siempre en el mismo lugar, bien para asegurar la montabilidad de un conjunto, bien para realizar operaciones sobre una serie, ahorrando tiempo en la colocación de la pieza.

La misión de Diseño de utillaje es definir los útiles y herramientas especiales necesarios para fabricar las piezas o montar los conjuntos.

Esta sección ha de estar en contacto directo con Diseño o Proyectos y debe disponer de las mismas herramientas de trabajo (equipos de CAD, a ser posible), con el fin de obtener un mayor rendimiento en su trabajo: diseñar útiles válidos en el menor tiempo posible.

4.4.3 Programación Control numérico

En el caso de que sea necesario realizar un proceso en una Máquina de Control numérico (máquina automatizada cuyos movimientos y operaciones se realizan según las instrucciones de un programa informatizado) existe una sección especializada, encargada de realizar dicho programa.

El personal de esta sección, partiendo de los datos que figuran en el Plano y en la Hoja de Proceso, elabora el programa de Control Numérico (CN), materializado en un listado y un fichero grabado en un disco. Acompañando al programa siempre debe ir una "Pauta de Trabajo" asociada, en la que se le indican al operario de la máquina, entre otros:

- como colocar la pieza en la máquina,
- que herramientas se utilizan,

- identificación de los programas que se necesitan para fabricar la pieza,
- modo de tomar referencias, etc.

En la figura 4.6 relativa al funcionamiento de la sección de Ingeniería del Producto, también aparece representado el departamento de Programación CN.

4.4.4 Taller de Prototipos

El taller de prototipos no es un taller de producción, dedicado a fabricar piezas para suministrar al cliente. Es un taller de desarrollo, dependiente de Ingeniería de Producción y/o de Proyectos, I+D o Diseño, según los casos, cuyos objetivos son:

- Fabricar prototipos de nuevos proyectos antes de finalizar el diseño completo para que pueda optimizarse en la fase de desarrollo
- Analizar nuevos procesos de fabricación.
- Fabricar una misma pieza según distintos procesos para elegir el más adecuado.
- Probar nuevas herramientas y útiles especiales.

Para realizar completamente estas tareas, el taller de prototipos debe disponer del mayor número de máquinas distintas posible, aunque se de la paradoja de que algunas estén sin producir continuamente.

El personal de este departamento ha de ser muy cualificado, polivalente y con una rápida capacidad de respuesta, dadas las exigencias del departamento.

4.5 Planificación y Control de la Producción

Una vez definido el proceso de fabricación y elaborada su correspondiente Hoja de Proceso y programas de CN con su Pauta asociada si fuera necesario, entra en juego el departamento de Planificación y Control de la Producción. Sus funciones son:

1. Determinar el momento de empezar un trabajo, las máquinas que se utilizarán y la fecha de finalización prevista.
2. Asegurarse de que están preparados, para el comienzo del trabajo las máquinas, los materiales, las herramientas y útiles especiales, la documentación, etc.
3. Dar la orden de lanzamiento para que los talleres empiecen los diversos trabajos.

4. Controlar que el trabajo se está realizando según las instrucciones indicadas, incluyendo los controles y verificaciones, y dentro de los plazos previstos.
5. Anotar, o comprobar que se anotan, sobre la documentación los datos que se piden en la misma (operario, número de piezas realizadas, fecha de realización de cada fase, resultado de las verificaciones, ...).
6. Anotar las interrupciones y sus causas, los retrasos, adelantos o fallos en los trabajos y tenerlos en cuenta para futuros lanzamientos.
7. Sugerir la adopción de medidas para contrarrestar los retrasos (horas extraordinarias, subcontratación, suspensión temporal de los trabajos menos urgentes, ...), medidas que serán siempre momentáneas.

Estas funciones se distribuyen entre las distintas secciones que componen el departamento:

- Planificación o Programación
- Lanzamiento
- Control de Producción.

4.5.1 Planificación o Programación de la Producción

La sección de Planificación o Programación realiza las dos primeras funciones antes descritas.

La programación será distinta según se trate de trabajo de productos propios, sobre pedido, o ambas cosas a la vez. También será muy distinta si se trata de productos muy variados o pocos y repetitivos.

La información que necesita es la siguiente:

1. *Materiales*: Clase, calidad, cantidad empleada en cada pieza y número de piezas a fabricar. Se obtienen estos datos del plano, listas de piezas y hojas de procesos. Se comprueba en la ficha de almacén si hay o no existencias. En caso afirmativo, se da la orden al departamento de Materiales para que genere el vale de material y lo suministre a Control de Producción. En caso negativo, el departamento de Compras cursará el pedido e informará de la fecha prevista de llegada.
2. *Tiempo asignado a cada fase* (máquina o puesto de trabajo) del proceso que figura en las hojas de proceso.

3. *Disponibilidad de las máquinas* del taller, analizando su carga de trabajo (cantidad de trabajo que puede hacerse por unidad de tiempo), así como la situación actual en que se encuentran (trabajando con lanzamientos anteriores).
4. *Utiles y herramientas especiales*. Si son necesarios hay que comprobar si están disponibles en sus respectivos almacenes. Si no es así, habrá que consultar con Diseño de utillaje y el Taller de fabricación de utillaje, su estado y la fecha prevista para poder disponer de ellos.
5. *Fechas de entrega* al cliente, acordadas por el Departamento Comercial.

La planificación no es una tarea fácil: implica un gran número de operaciones y afecta a muchos recursos de la empresa. Además, de una buena planificación depende el cumplimiento de las fechas de entrega y, en consecuencia, el mantener y conseguir nuevos clientes. En pequeñas empresas suele hacerse de forma "manual", plasmándose su resultado en un tablero o "planning".

En medianas y grandes empresas, dada la gran cantidad de variables que se dan en el proceso de planificación o programación de la producción, es necesario recurrir a soluciones informáticas que facilitan el trabajo y gestionan la producción de forma global, abarcando:

1. planificación de procesos,
2. gestión de compras,
3. tratamiento de almacenes,
4. generación de documentaciones,
5. análisis estadísticos,
6. realización de ofertas y pedidos, facturación, etc.

Estas aplicaciones informáticas son conocidas con las siglas MRP (Management Resources Planning) o CAPP (Computer Asisted Production Planification).

4.5.2 Lanzamientos

La sección de Lanzamientos realiza la tercera de las funciones enumeradas al principio del apartado 3.5: dar las órdenes a los talleres para que empiecen los trabajos de fabricación de un determinado componente. Su misión consiste, por tanto, en emitir los documentos necesarios para la fabricación, según las fechas establecidas por Planificación.

El documento generado por Lanzamientos es la "Orden de Producción" u "Hoja de Ruta", que resume la Hoja de Proceso e indica todo el recorrido que debe seguir una pieza o lote de piezas hasta completar su proceso de fabricación.

En este documento, que será ampliamente estudiado en el próximo capítulo, se indican también las fechas de comienzo y finalización previstas para cada fase. También dispone de casillas para anotar las fechas reales en que se realizan, el operario que las efectúa y los resultados de las verificaciones.

4.5.3 Control de Producción

Control de Producción realiza el resto de tareas enunciadas al principio del apartado, que se resumen en: controlar que el trabajo se está realizando según lo establecido en la Planificación y anotar sobre la documentación los datos requeridos.

La primera tarea es entregar en la sección correspondiente todo lo necesario para empeñar la fabricación, esto es:

- materiales,
- utillajes y herramientas especiales,
- documentación (planos, listas de piezas, hoja de proceso, orden de producción)

A partir de este momento, ha de procurar que se cumpla el plan previsto. Es una misión importante y la sección debe estar en contacto con Planificación, conocer el trabajo de taller y mantener buenas relaciones con encargados y operarios. Su puesto está en el taller, para atender rápidamente cualquier consulta o dificultad, pero no tiene poder de mando; es solamente una función asesora.

La sección de Control de Producción está muy relacionada con casi todos los almacenes de la empresa: materias primas, elementos normalizados, utillajes, trabajos en curso, etc., algunos de los cuales son de su responsabilidad. Se trata de los siguientes almacenes:

- *Almacén de utillajes*: Cada útil va asociado a una pieza o conjunto. Control de producción gestiona el almacén y se encarga de suministrar el útil cuando se necesita.
- *Almacén de herramientas especiales*: Las herramientas especiales se emplean sólo con una pieza, serie de piezas similares o conjunto determinados. Su tratamiento es idéntico al de utillajes.

- *Almacén de trabajo en curso:* Si por necesidades de la planificación hay que retirar del taller piezas aún no terminadas, éstas han de estar controladas y debidamente almacenadas. Lo mismo ocurre con aquellas piezas terminadas que han de formar parte de un montaje posterior.

El resto de almacenes dependen de otros departamentos: materias primas, elementos normalizados y productos terminados son competencia de la Subdirección de Materiales y el Almacén de Herramientas normales es gestionado por el departamento de Fabricación.

4.6 Fabricación

El departamento de Fabricación es el que realiza la transformación del producto dentro de la empresa. De él dependen los distintos talleres de producción que haya en la empresa (todos, a excepción del taller de prototipos y el taller de mantenimiento) y el almacén de herramientas.

4.6.1 Talleres

Los talleres se clasifican según el trabajo o tipo de proceso que realizan, distinguiéndose:

- Taller de forja y estampación,
- Taller de mecanizado,
- Taller de soldadura,
- Taller de montaje,
- Taller de fundición,
- Taller de utillajes y herramientas,
- Taller de calderería, etc.

Al frente de cada taller está el Jefe de taller. Dando un paso más, cada taller se divide en secciones o líneas, según sea su disposición, con su correspondiente Jefe de sección o Jefe de línea, también llamados, en algunos casos, Encargados.

En el caso de un taller de mecanizado, por ejemplo, Éste puede dividirse:

- A. Por proceso, reuniendo todas las máquinas del mismo tipo. así encontramos las secciones de tornos, fresadoras, rectificadoras, ...

B. Por líneas, en el que las máquinas se disponen según la secuencia de operaciones.

C. Por células de fabricación flexible, en las que la pieza sale completamente terminada después de pasar por varios puestos automatizados.

A su vez cada sección o línea consta de varios puestos de trabajo, en los que cada operario realiza una tarea concreta. Analizando como ejemplo un puesto de mecanizado, éste consta de:

- Máquina-herramienta, con un armario para los accesorios normales.
- Juego de herramientas de trabajo y verificación normales y lugar para tenerlas a mano durante el trabajo y para guardarlas cuando no se empleen.
- Estantes para las piezas en bruto.
- Estantes para las piezas acabadas.

talleres grandes, una sección puede dividirse en equipos de trabajo de varios operarios, al cargo de los cuales figura un Jefe de equipo. La categoría de los operarios van, clasificadas de mayor a menor experiencia: Oficial de 10, Oficial de 20, Oficial de 30 y Aprendiz o Peón.

4.6.2 Almacén de Herramientas

El almacén de herramientas es indispensable en toda empresa de producción. En él se almacenan y gestionan las herramientas normalizadas, es decir, aquellas que se compran, que se pueden encontrar en un catálogo y que suministra un determinado proveedor.

Las herramientas especiales, diseñadas por Diseño de utillaje, son gestionadas por Control de Producción (ver apartado 3.5) al tratarse de útiles sólo aplicables a determinadas piezas o montajes.

Las herramientas normalizadas que gestiona el almacén de herramientas se dividen en dos grandes grupos:

- *Herramientas consumibles*: aquellas que dejan de ser válidas en poco tiempo con su uso continuado. Es el caso de brocas, fresas, plaquitas de torno, etc.
- *Herramientas no consumibles*: aquellas que salvo rotura o defecto son válidas durante un gran período de tiempo. A este grupo pertenecen las herramientas manuales (destornilladores, alicates, martillos) y los portaherramientas utilizados en las distintas máquinas.

Cada operario o puesto de trabajo dispondrá de un conjunto de herramientas de ambos grupos (consumibles y no consumibles), que incluye las utilizadas con más frecuencia. Este conjunto de herramientas se detalla en su ficha correspondiente. La reposición de consumibles o de herramientas no consumibles deterioradas de dicha ficha no necesita vale alguno para retirarse.

Sin embargo, aquellas herramientas de uso poco común, ubicadas en el almacén de herramientas han de retirarse con su correspondiente vale. En este caso, la herramienta sale en condición de préstamo, responsabilizándose a devolverlas el que las pide.

Cuando el almacén debe atender a varios talleres o se trata de talleres muy amplios, las herramientas pueden distribuirse a través de almacenes auxiliares, llamados también "cuartos de herramientas".

En grandes empresas de mecanizado se dispone a veces de un "taller de afilado de herramientas". En otros casos, se subcontrata a empresas dedicadas exclusivamente a esta tarea. De todas formas, la tendencia actual va encaminada al uso de herramientas con plaquitas desechables, evitándose el proceso de afilado.

4.7 Mantenimiento

La función del departamento de Mantenimiento es vigilar para que todas las instalaciones, máquinas y equipos de la empresa estén en condiciones para desarrollar su cometido.

Su servicio es siempre imprescindible en toda actividad industrial para prevenir las interrupciones del proceso productivo y, si éstas llegan a producirse, hacer que duren el menor tiempo posible.

Las actividades de mantenimiento se engloban en dos familias bien diferenciadas:

- *Mantenimiento preventivo*, constituido por el conjunto de actividades que deben realizarse para evitar los fallos de las máquinas e instalaciones.
- *Mantenimiento correctivo*, formado por el conjunto de actividades de mantenimiento destinadas a corregir, en el menor tiempo posible, los fallos y averías imprevistas.

5. DOCUMENTACIÓN ASOCIADA AL PROCESO PRODUCTIVO

La fabricación de piezas y conjuntos mecánicos exige una documentación en la cual se especifique, de forma clara, toda la información necesaria para dicha fabricación:

- Identificación del elemento,
- materiales que se emplean,
- operaciones de transformación,
- operaciones de inspección,
- máquinas e instalaciones que se utilizan,
- fecha en que se realiza la fabricación,
- fecha en que se necesita el elemento,
- lugar donde se almacena, etc.

Toda esta información se encuentra en una serie de documentos de fabricación que deben acompañar a la pieza o lote de piezas durante el proceso de fabricación, para poder ser consultados en el puesto de trabajo.

En este capítulo se analizan los distintos tipos de documentos de fabricación existentes, tales como:

- Planos y listas de piezas
- Hojas de Proceso
- Hojas de Instrucciones
- Pautas de Control numérico
- Ordenes de Producción
- Instrucciones de Verificación
- Vales de material
- Fichas de trabajo

No siempre se necesitan todos ellos; dependerá del tipo de pieza o conjunto y del proceso de fabricación que deba realizarse.

5.1 Planos y listas de piezas

El nombre "plano" engloba en realidad una gran diversidad de representaciones, cada una de las cuales es utilizada por un determinado número de personas buscando una utilidad concreta. De este modo, se pueden citar desde los bocetos que intentan definir los grandes rasgos de un elemento o proyecto nuevo, hasta los más complejos planos de montaje que darán las pautas de ensamblado de un conjunto al operario que deba llevar a cabo esta operación.

La gran diversidad de representaciones y cometidos perseguidos con los dibujos técnicos, así como la manera de operar propia de cada empresa o departamento, impide establecer una clasificación rigurosa y universal de los mismos; a continuación se presentan brevemente los tipos de planos más frecuentes en la industria.

5.1.1 Tipos de planos

Los planos que tradicionalmente se generan en primer lugar en la Oficina Técnica se denominan esquemáticos y se caracterizan por representar sin gran exactitud los rasgos más característicos del objeto dibujado. Se realizan, en general, a mano alzada y contienen un número reducido de datos generales (cotas, materiales, acabados, etc.)

Los croquis de diseño son planos más refinados de los anteriores y pueden incluir ya los componentes del elemento representado, así como sus acoplamientos respectivos. Pueden ser ejecutados a mano alzada o delineados y constituyen un elemento de análisis y evaluación por parte de la Oficina Técnica.

Los planos de conjunto (Fig. 5.1) contienen toda la información necesaria para interpretar de manera exacta el objeto en estudio. Para ello, incluyen los dibujos de todos los componentes y conexiones, cajetines y listas de materiales, completándose con los detalles y dibujos parciales que se estimen necesarios.

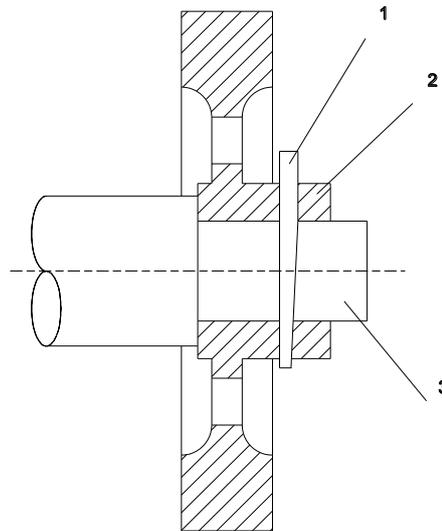


Figura 5.1. Plano de conjunto. Elaboración propia

Los planos de despiece constituyen la representación aislada de todos los componentes del conjunto, que figuran con todo detalle y, en general, en sus posiciones reales dentro del conjunto.

La información de la que normalmente se dispone en el taller de fabricación donde se producirá el conjunto, consiste en el plano de taller (ver figura 5.2). Cada pieza o componente individual se representa en una hoja, en las cuales deben reflejarse todos los datos que permitan su fabricación: mecanizados, medidas nominales y tolerancias admitidas, tratamientos térmicos y superficiales, etc.

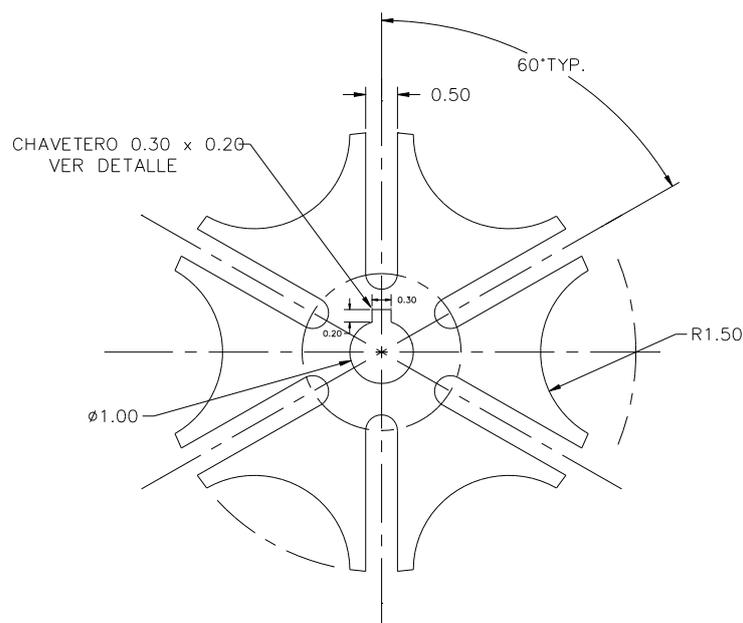


Figura 5.2. Plano de taller. Elaboración propia

Por último, se realizan los dibujos de montaje (Fig. 5.3), cuyo objetivo consiste en establecer la secuencia de operaciones que debe seguir el operario para, partiendo de las piezas individuales, obtener el conjunto correctamente ensamblado.

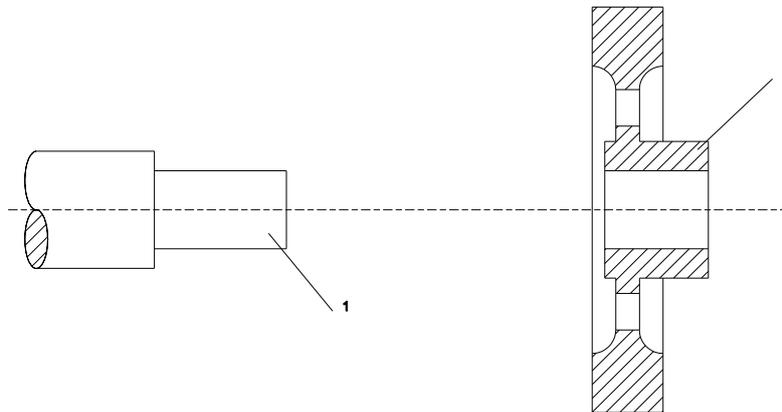


Figura 5.3 Plano de montaje. Elaboración propia

5.1.2 Identificación de planos, cajetines y revisiones

El cajetín es un rectángulo situado en la parte inferior derecha del plano dentro del cual se presentan datos de interés relativos al elemento o conjunto representado y al propio plano. El cajetín está dividido en rectángulos más pequeños (celdillas o campos) cada uno de los cuales incluye un tipo de dato. Las dimensiones del cajetín y de estas celdillas y la forma de situarlo dentro del plano (distancia a los bordes del papel) se encuentran normalizados, si bien en algunos casos las normas permiten cierta flexibilidad (Fig. 5.4).

Esta flexibilidad autoriza a que cada empresa defina sus campos a la medida de sus necesidades, pudiéndose encontrar una gran diversidad en cuanto a los datos reflejados y a la forma de presentarlos.

En cualquier caso los datos mínimos que deberá contener el cajetín son:

- nombre de la pieza o conjunto representado,
- número o revisión del plano,
- nombre de la empresa y del departamento al que afecta,
- fechas, nombres y firmas de los autores del dibujo y de los revisores,
- escala del plano.

Como informaciones adicionales se pueden encontrar el material con que se construye la pieza, el almacén o ubicación de la misma y los números de los planos relacionados de alguna forma con el plano en cuestión.

Se debe insistir en la importancia de consignar claramente la modificación o revisión asociada a cada plano. Dado que la finalidad principal de un plano es la de permitir la interpretación de lo representado por diversas personas, es frecuente que un plano circule por diversos departamentos, constituyendo un elemento de trabajo vital para ellos. Se pueden entonces calibrar las consecuencias que implicaría una serie de planos relativos al mismo objeto pero con características diferentes, asumidos por todos los involucrados como documento común y definitivo.

5.1.3 Lista de piezas

Una lista de piezas o lista de materiales es una lista detallada de todos los componentes que aparecen en un dibujo de taller o de montaje. Se sitúan sobre el propio plano o en ciertos casos en una hoja separada. Su interés se centra en los departamentos de compras y almacenes y facilitan, además, el trabajo del operario encargado de la fabricación y montaje del conjunto.

La lista de materiales (Fig. 4.5) está formada por un conjunto de columnas que contienen datos de cada uno de los elementos individuales que forman el conjunto. La normativa deja bastante libertad a la hora de definir los campos de la lista, si bien pueden consignarse aquí los más frecuentes (referidos a cada elemento):

- nombre,
- cantidad de piezas del mismo tipo que integran el conjunto,
- material en que está construido,
- número de plano en que se representa con mayor detalle,
- marca o referencia, tanto si se trata de un elemento comercial como si debe fabricarse en taller.

Las listas de materiales que figuran en el propio plano se inician por el renglón inferior y se completan hacia arriba, de forma que se pueda ampliar la lista con posteriores componentes.

5.1.4 Diseño Asistido por Ordenador (CAD)

Cuando en la fase de Diseño se utiliza un programa CAD, la documentación generada (planos y listas de piezas) se debe Acompañar del fichero informático correspondiente.

La Oficina Técnica diseña por ordenador las piezas y conjuntos, y la geometría de éstos es utilizada en los puestos de trabajo, también informatizados, de los departamentos de Producción y Calidad. De esta forma, se facilitan tareas tales como la programación en Control Numérico (CAM: Computer Asisted Manufacturing, es decir, Fabricación Asistida por Ordenador) o la programación de Máquinas Medidoras de Coordenadas, utilizadas en Control de Calidad (CAQ: Computer Asisted Quality o Calidad Asistida por Ordenador).

Es importante recalcar la necesidad de mantener una actualización conjunta de modificaciones entre planos y ficheros de geometría. Modificar un plano y no el fichero podría conllevar la fabricación de una pieza inútil según el plano y, sin embargo, válida según el fichero. El asunto se agrava si la verificación se realiza tomando como buena la información del fichero: la pieza es aceptada pero no cumple las modificaciones implementadas en plano.

5.2 Hoja de Proceso

La Hoja de Proceso es el documento en el que se indican, de forma ordenada, las operaciones que hay que realizar para obtener una pieza o conjunto determinado.

Es realizada por la sección de "Procesos, Métodos y Tiempos" del departamento de "Ingeniería de Producto" (ver Capítulo 3) con los criterios de obtener el producto con el mínimo coste posible, las especificaciones exigidas y dentro de los plazos marcados.

La Hoja de Proceso no sólo incluye operaciones de transformación, también se han de especificar operaciones de verificación (validadas por Ingeniería de Calidad), transporte y almacenaje, etc.; en fin, todas y cada una de las operaciones que se realizan sobre el producto, desde que entra en la fábrica hasta que sale, en el caso más extendido posible, o bien desde que se termina un proceso anterior y hasta que empieza el siguiente.

La finalidad de la Hoja de Proceso es optimizar la producción, implantando métodos racionales de trabajo que evitan las improvisaciones y eliminan responsabilidades al operario. Además, se gana tiempo, pues se prevén las herramientas, útiles y maquinaria necesarios.

En la Hoja de Proceso debe figurar la siguiente información:

- Identificación de la pieza o conjunto.
- Relación de materiales necesarios.
- Relación de documentaciones complementarias.

-
- Recorrido de la pieza o conjunto por los diferentes puestos de trabajo (fases).
 - Posiciones en cada puesto de trabajo (subfases), indicando los útiles de sujeción necesarios.
 - Máquinas que se utilizan.
 - Herramientas, normalizadas y especiales.
 - Instrumentos de verificación.
 - Tiempos que se han de emplear.

El formato de la Hoja de Proceso puede presentar distintas configuraciones. A continuación, se muestran dos alternativas posibles: la primera (ver figura 4.6) se presenta en un formato A4 y con un único tipo de hoja. Se utilizan para cada proceso tantas hojas como sean necesarias. Las distintas casillas rellenables son las siguientes (los números se corresponden con los de la figura 4.6):

- Razón social de la empresa.
- Número de proceso.
- Número de página del proceso (Página 1 de 4, por ejemplo).
- Número de plano de la pieza o conjunto.
- Denominación de la pieza o conjunto.
- Cantidad de piezas o conjuntos a fabricar.
- Material.
- Dimensiones del material de partida o identificación de la pieza fundida, etc.
- Dibujo de la pieza o conjunto.
- Número de la fase.
- Descripción de la fase, dividiéndose en subfases si las hay.
- Croquis de la pieza o conjunto en su posición de trabajo y con la forma que tendrá al final de la fase.
- Identificación de la máquina o puesto de trabajo necesario.
- Categoría mínima exigible al operario.

- Identificación de las herramientas de trabajo, útiles e instrumentos de verificación.
- Tiempos, divididos en:

T_p = Tiempo de preparación

$T_m + T_t$ = Tiempo de maniobra + tiempo de transformación

En la segunda alternativa que aquí se analiza se dispone de cuatro formatos (todos ellos también en tamaño A4).

- Página 1: Se identifica el proceso, el producto, los materiales y las documentaciones complementarias.
- Página 2: Se relacionan las herramientas y útiles que se emplearán en el proceso, indicando la fase en que se utilizan, el código y su descripción.

Cuando la cantidad de herramientas, útiles, documentaciones y/o materiales empleados es muy grande, cada uno de estos apartados puede utilizar un formato único del cual puedan usarse tantas páginas como se necesiten. En algunos casos, reciben entonces el nombre de Lista de útiles, Lista de componentes (para procesos de montaje), Lista de herramientas y Lista de documentos de referencia.

- Página 3: Croquis de la pieza o conjunto a fabricar.
- Página 4 y sucesivas (el formato empleado en todas ellas es el mismo): Descripción de las fases que se dan a lo largo del proceso, indicando:

- * n1 fase
- * denominación
- * croquis
- * máquina o puesto de trabajo
- * categoría del operario
- * útiles y herramientas
- * tiempos

Las figuras 4.7 a 4.10 muestran los formatos tipo empleados en esta segunda alternativa de formato de Hoja de Proceso.

Con estos cuatro formatos se facilita la labor de Control de Producción y del operario al recopilar en las primeras páginas las documentaciones, herramientas y

útiles que se van a utilizar en todo el proceso. De esta forma se agiliza su preparación y se evitan pérdidas de tiempo.

5.3 Hoja de Instrucciones

La Hoja de Instrucciones es un documento que contiene la relación detallada de las operaciones que componen una fase del proceso de fabricación de una pieza o conjunto. Además, se indican de forma precisa, las herramientas, instrumentos de verificación y utillaje que se deben emplear.

La preparación de Hojas de Instrucciones para todas las fases de un proceso es un trabajo laborioso y que lleva mucho tiempo. Por ello, su realización sólo se justifica en casos especiales, tales como:

- fases complejas cuyas operaciones hay que detallar de forma precisa,
- piezas que se fabrican en grandes series para optimizar el proceso y reducir costes,
- fases idénticas o parecidas que se repiten en varios procesos diferentes, etc.

Las Hojas de Instrucciones las realiza también la sección de "Procesos, métodos y Tiempos", y son un complemento de las Hojas de Procesos.

Antes de rellenar una Hoja de Instrucciones debe realizarse un estudio previo de la fase. En el caso concreto de los procesos de mecanizado, este estudio pasa por considerar:

- Las operaciones necesarias y su sucesión temporal.
- La fijación de la pieza, eligiendo entre distintas alternativas posibles.
- El orden de pasadas en el mecanizado, determinando:
 - * operaciones de desbaste necesarias
 - * superficies de referencia
 - * orden y sucesión de las paradas
 - * herramientas necesarias
- Los parámetros tecnológicos de cada operación: profundidad de pasada (P), velocidad de corte (V), revoluciones por minuto (n), avance por minuto (A) y longitud de pasada (L).

- Los instrumentos y medios de control.
- Los tiempos, distinguiendo entre:
 - Tiempo de preparación (T_p): el que se emplea en preparar cada fase, es decir, en desmontar los útiles y herramientas de la fase anterior, montar y reglar los necesarios en esta fase y limpieza.
 - Tiempo de corte (T_c): el que se invierte en cortar el material de la pieza por medio de la herramienta. En un proceso genérico se denomina Tiempo de transformación (T_t).
 - Tiempo de maniobra (T_m): el empleado en los movimientos de máquina en vacío, sin cortar (transformar) material.

Realizado el estudio, se procede a rellenar la Hoja de Instrucciones, cuyo formato típico para el caso de procesos de mecanizado, se muestra en la figura 4.11.

5.4 Pauta de Control Numérico

Si dentro del proceso de fabricación de una pieza, ésta ha de pasar por una máquina de Control Numérico, a la documentación técnica de fabricación formada por Plano, Hoja de Proceso y Hojas de Instrucciones, si las hay, habrá que añadir dos elementos más:

- El programa de Control Numérico y
- La Pauta de trabajo, para máquinas de Control Numérico.

El programa de Control Numérico (CN) puede presentarse en forma de:

- A. "Disquete" informático, en el cual se encuentra grabado el fichero o ficheros con los programas CN.
- B. Listado de dicho programa.
- C. Conexión del control de una máquina a una red informática, de forma que el programa se carga directamente.

La Pauta de Control Numérico es un documento indispensable en toda fabricación con máquinas CN. En él se indican:

- A. Las herramientas que hay que colocar en la máquina y las posiciones que deben ocupar en sus almacenes.
- B. Los programas CN y la secuencia en que se van a utilizar.

C. La forma de situar la pieza en la máquina, el modo de amarrarla, los útiles necesarios y cómo tomar referencia del origen del programa.

Los formatos que se utilizan constan de varias páginas:

- La primera de identificación de pieza, listado de herramientas, listado de programas y utillajes que se necesitan (ver figura 4.12).
- La segunda, que muestra un croquis de situación de la pieza en bruto, la posición de los útiles de amarre y la forma de tomar el origen del programa (ver figura 4.13).
- La tercera y sucesivas, en las que se indica la secuencia de operaciones, con su descripción, número de programas, herramientas, etc. (ver figura 4.14).

5.5 Orden de Producción

La Orden de Producción es el documento básico e implícito en toda fabricación de una pieza o conjunto, y ninguna fabricación debe realizarse si no hay una Orden de Producción que la determine. También se la conoce como Hoja de Ruta, y resume la información de la Hoja de Proceso, indicando, tal como este segundo nombre sugiere, todo el recorrido (fases de trabajo) que debe seguir una pieza, conjunto o lote de ellas hasta completar su fabricación.

La Sección de Lanzamientos es la encargada de realizar y emitir la Orden de Producción, confeccionada a partir de los datos que recibe de Ingeniería de Producto (Hoja de Proceso) y de Planificación de la Producción (fechas de lanzamiento y necesidad, puestos de trabajo asignados, ...). La información que inicialmente contiene la Orden de Producción (ver figura 4.15) es la siguiente:

- Datos de identificación: número de plano y designación del componente (pieza o conjunto) al que se aplica.
- Datos de lanzamiento: identificación del documento, fechas de lanzamiento y necesidad, fechas previstas de comienzo y terminación de cada fase, cliente y número de pedido, producto destino (conjunto al que pasará a formar parte) y cantidad de componentes a fabricar.
- Datos del proceso: son los mismos que contienen las Hojas de Proceso, resumidos: número de fase, descripción del trabajo a realizar, sección y máquina o puesto de trabajo. La asignación de este último dato se hace de forma explícita; en la Hoja de Proceso se indica que tipo de máquina debe usarse; en la Orden

de Producción se asigna una máquina o puesto de trabajo especificado por Planificación de la Producción.

La Orden de Producción u Hoja de Ruta debe Acompañar a la pieza o lote de piezas en su fabricación a lo largo del taller, desde el aprovisionamiento del material hasta la operación de almacenaje. Todas las fases deben ser cumplimentadas, o lo que es lo mismo, realizadas sobre el componente y reflejada su realización en la Orden de Producción.

Los apartados que deben cumplimentarse son (ver figuras 4.15 y 4.16):

- A. Operario que realiza la fase.
- B. Fecha de comienzo y terminación de cada fase.
- C. Observaciones varias.

Control de Calidad comprueba que la fabricación se realiza según indica la Orden de Producción y cumplimenta en todas las operaciones de inspección, y en las de fabricación que lo precisen, las columnas reservadas para este fin. En dicha cumplimentación se reflejan la cantidad de piezas útiles y se estampa el sello de la persona que realiza la verificación.

Los defectos detectados y los componentes afectados, Así como las incidencias u observaciones que Control de Calidad considere reflejar, se indican en el dorso de la Orden de Producción. así mismo, cualquier nueva operación o modificación que deba crearse por necesidades de proceso, bien para completarlo o bien para reparar algún defecto surgido, debe ser incluida en la Orden de Producción por el Departamento Técnico de la Sección responsable de realizar dicha operación. Estas operaciones añadidas o modificadas, también se anotan en el dorso de la Orden de Producción.

Las figuras 4.15 y 4.16 muestran un formato típico de Orden de Producción, en su página anterior y posterior, respectivamente. Es importante evitar la confusión de Ordenes de Producción y componentes. Para ello, se identifican los componentes con una etiqueta en la que consten el número de pieza, la designación y la referencia de la Orden con la cual deben ser fabricados. Un formato típico es el que se muestra en la figura 4.17.

Cuando se emplea un sistema de incentivos mediante "primas" (pagar más al operario que realiza correctamente el trabajo encomendado en menos tiempo del previsto) es necesario Acompañar la Orden de Producción con tantas "Fichas de Trabajo" como fases haya.

La Ficha de Trabajo sirve para controlar el tiempo de ejecución de una fase de trabajo. Contiene la cantidad de piezas a realizar y el tiempo normal concedido. En ella se anota el principio y el fin del trabajo, Así como las interrupciones que puedan producirse y sus causas. Ello permite calcular el tiempo empleado y la prima de producción. Su formato es el que se muestra en la figura 4.18.

5.6 Operaciones de inspección

Los operarios que intervienen en las distintas fases de un proceso de fabricación efectúan las mediciones necesarias según van realizando las operaciones (autocontrol). El control final de la pieza o conjunto terminados lo realiza el personal de Control de Calidad.

Para la realización de estas verificaciones se emplean, generalmente, aparatos normales de medida y control, aunque, en ciertos casos, es necesario utilizar calibres y plantillas especiales.

En lo que a la documentación de control se refiere, el formato utilizado es la Hoja de Control o Proceso de Control (ver figura 4.19), en el cual se especifican:

- Identificación de pieza o conjunto.
- Operaciones o dimensiones que hay que controlar.
- Los medios de control a emplear.

El personal de verificación, una vez realizados los controles o inspecciones, anotará en la hoja:

1. Si las dimensiones son correctas.
2. Los valores reales de las dimensiones verificadas, si Así se especifica.
3. Los defectos detectados.
4. Cualquier observación relativa al estado de la pieza o componentes.
5. La persona que realiza la verificación, nombre y sello, y la fecha en que se realiza.

5.7 Vales de almacén

El Vale de Almacén es el documento necesario para poder sacar del almacén los materiales en bruto necesarios para fabricar una pieza o lote de piezas. En el caso

de montaje de conjuntos, también se necesita vale para los elementos normalizados (tornillos, tuercas, rodamientos, etc.) y para las piezas ya fabricadas en espera de montaje.

Se preparan en la Sección de Lanzamientos, acompañando a la Orden de Producción. Con Él, Control de Producción retira el material del almacén y lo entrega al taller para que este proceda a fabricar.

En él deben aparecer (ver formato en figura 4.20):

- Las fechas de pedido de material y de necesidad.
- El tipo de material (código y designación) formato y cantidad.
- Las firmas de autorización y despacho.

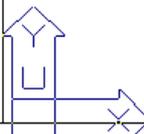
Ref.	Cantidad	Título/Nombre, designación, material, dimensión, etc			Nº artículo/Referencia	
Elaborado por	Revisado por	Aprobado por - fecha	Nombre de archivo	Fecha	Escala	
Propietario 			Título/Nombre			
			Numero de dibujo	Edición	Límite	

Figura 5.4. Cuadro de rotulación

S.A.	LISTA DE PIEZAS	Nº L.P.:
		Pág ____ de ____

Nº Plano	Denominación

Ref.	Nº Plano	Designación	Cant.	Material

PREPARADO	REVISADO	FECHA
-----------	----------	-------

Fig. 5.5. Lista de piezas

S.A.	HOJA DE PROCESO	Nº Pro.:
		Pág. ____ de ____

Nº Plano	Denominación	Cant.	Material	Dimensiones

CROQUIS

FASE	DENOMINACION	CROQUIS	MAQUINA	OPERARIO	UTILES	TIEMPOS	
						T _p	T _m +T _t
SUMA Y SIGUE							
TOTAL T _p /PIEZA							
TOTAL T _m + T _t /PIEZA							
TOTAL FABRICACION/PIEZA							

PREPARADO	REVISADO	FECHA
-----------	----------	-------

Fig. 5.6 Hoja de Proceso de formato A4 Único

RAZON SOCIAL	HOJA DE PROCESO	Nº Pro.:
		Pág. ____ de ____

IDENTIFICACION DEL PROCESO:

<u>Nº DE PROCESO:</u>
<u>DESCRIPCION:</u>

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO:

<u>DESCRIPCION:</u>
<u>N1 DE PLANO:</u>
<u>CANTIDAD:</u>
<u>CONJUNTO AL QUE PERTENECE:</u>
<u>N1 CONJUNTO:</u>
<u>CLIENTE:</u>
<u>N1 CLIENTE:</u>

MATERIALES:

DESCRIPCION	FORMATO/DIMENSIONES	CANTIDAD

DOCUMENTACIONES COMPLEMENTARIAS:

CODIGO	DESCRIPCIÓN

PREPARADO	REVISADO	FECHA
-----------	----------	-------

RAZON SOCIAL	HOJA DE PROCESO	N1 Pro.:
		Pág. ____ de ____

HERRAMIENTAS:

FASE	CODIGO	DESCRIPCION

UTILES:

FASE	CODIGO	DESCRIPCION

PREPARADO	REVISADO	FECHA

RAZON SOCIAL	HOJA DE PROCESO	N1 Pro.:
		Pág. ____ de ____

<u>CROQUIS</u>

PREPARADO	REVISADO	FECHA
-----------	----------	-------

RAZON SOCIAL	HOJA DE PROCESO	N1 Pro.:
		Pág. ____ de ____

FASE	DENOMINACION	CROQUIS	MAQUINA	OPERARIO	UTILES	TIEMPOS	
						T _p	T _m +T _t
SUMA Y SIGUE							
TOTAL T _p /PIEZA							
TOTAL T _m + T _t /PIEZA							
TOTAL FABRICACION/PIEZA							

PREPARADO	REVISADO	FECHA
-----------	----------	-------

Fig. 5.4 a 5.10. Hoja de Proceso. Alternativa

RAZON SOCIAL	HOJA DE INSTRUCCIONES	Nº Proceso:
		Nº Instrucción:
		Pág. ____ de ____

Nº PLANO	DESCRIPCION	MATERIAL

<u>CROQUIS</u>

FASE	DENOMINACION

N1	OPERACION	UTILES HERRAMIENTAS	P	V _c	n	a	V _a	L	T _c	T _m

TOTAL T _c	
TOTAL T _m	

Tiempo preparación	
Tiempo corte	
Tiempo maniobra	
TOTAL	

PREPARADO	REVISADO	FECHA
-----------	----------	-------

Fig. 5.11 Hoja de Instrucciones

RAZON SOCIAL	ORDEN DE PRODUCCION	Referencia:
		Pág. ____ de ____

Nº PLANO	DESIGNACION	CANTIDAD

FECHAS	Previstas	Reales
Comienzo		
Fin		
Días laborables		

HOJA DE PROCESO	
PRODUCTO DESTINO	
CLIENTE	
Nº PEDIDO	

Fase	Descripción	Máquina Puesto	Operario	Fechas Previstas		Fechas Reales		Verificación	
				Inicio	Fin	Inicio	Fin	Validas	Sello

Fig. 5.12 Orden de Producción. Pagina anterior

RAZON SOCIAL	ORDEN DE PRODUCCION	Referencia:
		Pág. -B

DEFECTOS DETECTADOS:

CUMPLIMENTADO	REVISADO	FECHA

OBSERVACIONES:

CUMPLIMENTADO	REVISADO	FECHA

MODIFICACIONES DEL PROCESO:

CUMPLIMENTADO	REVISADO	FECHA

Fig. 5.13 Orden de Producción. Página posterior

RAZON SOCIAL	ETIQUETA IDENTIFICATIVA
<p><u>N1 COMPONENTE:</u></p> <p><u>DESIGNACION:</u></p> <p><u>REFERENCIA ORDEN PRODUCCION:</u></p>	

Fig. 5.14 Etiqueta de identificación de componente

RAZON SOCIAL	FICHA DE TRABAJO	Referencia:
		Orden Producción:

Nº COMPONENTE	DESIGNACION	CANTIDAD PREVISTA

OPERARIO		FASE	
SECCION		MAQUINA	

TIEMPO PREVISTO	
PREPARACION	
FABRICACION ... PIEZAS	
TOTAL	

TIEMPO EMPLEADO	
EMPIEZA	
TERMINA	
DEMORAS IMPREVISTAS	
TIEMPO EMPLEADO	

% LIQUIDACION	INCENTIVO	
	Importe Jornal Base	
	TOTAL a percibir	

FIRMAS	JEFE EQUIPO	CONTROL	PERSONAL

Fig. 5.15 Ficha de trabajo

RAZON SOCIAL	HOJA DE CONTROL	Referencia:
		Pág. ___ de ___

Nº PLANO	DENOMINACION	ORDEN DE PRODUCCION

Elemento a controlar	Instrumento	Validación/Medida real

DEFECTOS:

--

OBSERVACIONES:

--

VERIFICADOR	SELLO	FECHA

Fig. 5.16 Hoja de Control

RAZON SOCIAL	VALE DE ALMACEN	Nº VALE				
Orden de Referencia						
CODIGO MATERIAL	DESIGNACION					
CANTIDAD PREVISTA	CANTIDAD DESPACHADA	UNIDAD MEDIDA	ESPEJOR	ANCHO	LARGO	UNIDAD MEDIDA
Fecha Pedido	Fecha Despacho		DESPACHADO		AUTORIZADO	

Fig. 5.17 Vale de Almacén

6. COSTES DE FABRICACIÓN

Una empresa industrial es una organización que, a partir de unas materias primas, obtiene un producto para venderlo, conseguir un beneficio y prestar un servicio a la Sociedad.

El precio de venta de ese producto se calculará añadiendo al gasto que le origina a la empresa fabricarlo (precio de costo) el propio beneficio. El resultado será el presupuesto que se le da al cliente.

El precio de costo, a su vez, está formado por un sumando de gastos muy diversos, unos más fáciles de calcular que otros.

6.1 Aspectos que influyen en los costes de fabricación

Existen múltiples factores que afectan directamente al coste de producción. En la figura 6.1 se gráfica como se interrelacionan.

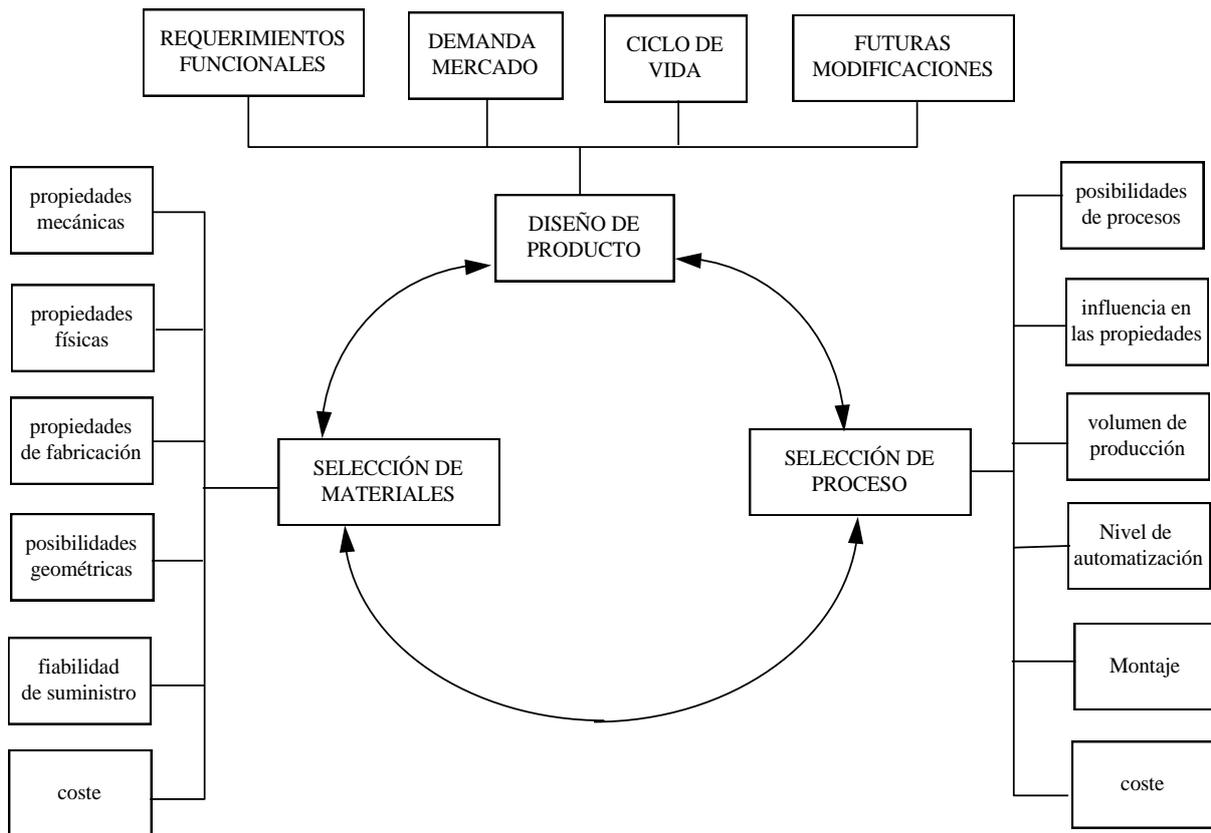


Fig. 6.1. Interrelación entre los factores que afectan al coste de producción. Elaboración propia

6.2 Presupuestos

En el modo normal de funcionamiento de una empresa de fabricación que trabaje sobre pedido, el cliente solicita saber lo que le va a costar dicho pedido. En el ámbito de fabricación, presupuesto es el precio que se da a un cliente cuando encarga la ejecución de un trabajo. En función de esa oferta, el potencial comprador tomará una decisión y aceptará o rechazará el presupuesto y las condiciones que en él se establezcan.

Se entiende, por tanto, la importancia de determinar con la mayor exactitud posible el presupuesto, para no caer en cualquiera de las siguientes situaciones extremas:

- Que el presupuesto sea excesivamente caro y se pierda el trabajo.
- Que el presupuesto sea muy bajo y entonces su realización conlleve una pérdida para la empresa.

6.2.1 Métodos de determinación del presupuesto

El cálculo de un presupuesto puede realizarse, fundamentalmente, de dos maneras:

- Por cálculo directo, evaluando el precio de costo y, por tanto, los costes de fabricación de la manera más exacta posible. Es un procedimiento lento y complicado.
- Por cálculo comparativo, basándonos en la comparación del trabajo a realizar con otros parecidos efectuados anteriormente y cuyo costo es conocido, y realizando las oportunas correcciones de forma estimativa.

Al final tenemos, según sea el caso, una aproximación fundamentada en laboriosos cálculos o una estimación del precio de costo. El precio de venta o presupuesto final será el resultado de añadirle al precio de costo el beneficio. Así:

$$P = \left(1 + \frac{B}{100} \right) C_T$$

en donde:

P = precio final o presupuesto

B = beneficio en %

C_T = coste total o precio de costo.

6.3 Precio de Costo.

Como ya se ha enunciado anteriormente, el precio de costo (C_T) de un producto es el conjunto de gastos necesarios para tenerlo dispuesto para la venta. Los gastos de ese conjunto serán de distinta naturaleza; distinguiremos entre:

- Costes directos o de fabricación (C_f): relativamente fáciles de calcular a partir del estudio del proceso de fabricación del producto.
- Costes indirectos o generales (C_g): que se aplican a todos los productos que se fabrican por igual. Estos son de difícil evaluación.

El coste total o precio de costo (C_T) será, por tanto:

$$C_T = C_f + C_g$$

En algunos casos, los costes generales se aplican como un coeficiente que multiplica al coste horario de cada puesto de trabajo y pasan a formar parte del coste de fabricación que queda como coste único. En otras ocasiones, el coeficiente se aplica directamente al coste de fabricación.

6.3.1 Costes de fabricación.

Se consideran costes de fabricación los de aquellos conceptos implicados directamente en la fabricación del producto. Se subdivide, por tanto, en los siguientes costes parciales:

- Coste de materia prima
- Coste de mano de obra directa
- Coste de amortización de máquinas y equipos empleados
- Coste de útiles especiales
- Coste de herramientas

En algunos casos, la amortización de las máquinas y equipos empleados se incluye en el apartado de Costes Generales. Desde un punto de vista más realista, se debe imputar la carga que supone una amortización al puesto de trabajo donde se realiza, y no calcular un valor medio que se aplique a todos los puestos. De esta forma, la empresa se estaría engañando, aplicando costes horarios desorbitados a puestos de trabajo manuales, y ridículos a los trabajos desarrollados en máquinas y equipos que suponen una gran inversión.

6.3.1.1 Coste de materia prima

Este coste incluye el de todos los materiales que se utilizan para obtener el producto, así como el de los elementos normalizados empleados.

Su valor C_m , por tanto, es:

$$C_m = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot p_i$$

en donde:

m = número de materias primas

Q_i = cantidad de cada materia prima

p_i = precio unitario de cada materia prima

El coste de materia prima no es sólo el precio de compra; hay que incluir en él otros conceptos tales como: transporte, aranceles, tanto por ciento de mermas, etc. Y, al revés, si los desperdicios propios del proceso: viruta, retales de material sobrante, etc., son aprovechables y se pueden vender, se debe descontar su importe del precio de compra.

6.3.1.2 Coste de mano de obra directa

El coste de mano de obra directa es el gasto que la empresa hace en concepto de salario en los operarios que se han dedicado a ese producto. El tiempo que dedica cada operario en un proceso determinado se conoce, bien porque figura en la Hoja de Proceso el tiempo concedido a cada fase, bien porque lo controla el encargado de cada sección.

Conociendo el número de horas que ha empleado cada operario en un trabajo y el precio horario de cada uno de ellos se calcula el coste total de mano de obra C_o :

$$C_o = \sum_{i=1}^n T_{op_i} \cdot S_i$$

en donde:

n = número de operarios que han participado en el trabajo

T_{op_i} = horas empleadas por cada operario

S_i = precio de la hora de trabajo de cada operario

El valor de S_i no es tan solo el del salario que percibe el operario; habrá que tener en cuenta también las cargas sociales que la empresa paga por el trabajador, las vacaciones, etc.

Otros conceptos, tales como el plus de antigüedad, no se tienen en cuenta en este concepto, sino que pasan a formar parte de los gastos generales. De esta forma, el valor del producto no se ve ligado a las circunstancias del operario.

6.3.1.3 Amortización de máquinas y equipos empleados

La amortización de una máquina o equipo industrial en general, es el coste anual, mensual u horario que hay que considerar para afrontar el coste de la inversión en un determinado tiempo.

Este tiempo es el número de años de vida de la máquina; y es un dato que hay que pensar muy bien. No se trata sólo de evaluar los años de vida física del equipo, sino también el que pueda quedarse antes obsoleto.

El coste horario A_i que supone la amortización de un equipo se calcula según la siguiente expresión:

$$A_i = \frac{E(1+i)^n}{n \cdot HA \cdot NT \cdot Io}$$

en donde:

E = coste del equipo

i = interés bancario (aproximadamente +2% sobre el tipo de interés oficial)

n = número de años de amortización o de vida del equipo

HA = número de horas trabajadas al año, por trabajador

NT = número de turnos en los que se emplea el equipo

Io = índice de ocupación de la máquina

El coste del equipo E incluye, además de su precio de compra, otros conceptos tales como: transporte, instalación, contratos de mantenimiento, etc.

El concepto índice de ocupación de la máquina (Io) hace referencia al porcentaje de tiempo en el que la máquina está siendo empleada para la fabricación de productos y por tanto, está siendo amortizada. De esta forma se descuenta, para el cálculo del coste horario, el tiempo dedicado a tareas no relacionadas con la fabricación como

mantenimiento, periodos en los que la máquina no trabaja debido a que no hay encargos que lo requieran, etc. El valor del índice de ocupación requiere de una previsión de cuál será la ocupación de la máquina a lo largo de su periodo de amortización. Presenta distintos valores según el tipo de máquina, características de la fábrica, etc. En general pueden considerarse valores de ocupación comprendidos entre el 70 y 80% ($I_o \approx 0,7 \sim 0,8$).

Calculado el valor de la amortización de un equipo, el coste total de amortización C_a que repercute en el precio final de un producto es:

$$C_a = \sum_{i=1}^p T_{ei} \cdot A_i$$

siendo:

p = número de equipos empleados

T_{ei} = horas de utilización de cada equipo

A_i = coste horario de amortización

En el caso de un puesto de trabajo con un solo operario y un solo equipo:

$$T_{op_i} = T_{ei} = T_i$$

es decir, el tiempo empleado en el proceso es el mismo para el operario que para la máquina, y coincide con el tiempo total T que figura en la Hoja de Proceso para la fase en cuestión. Este tiempo total incluye el tiempo de preparación T_p .

6.3.1.4 Coste de útiles especiales

Si para la fabricación de un determinado tipo de componente (pieza o conjunto) es necesario disponer de un útil especial, los costes de ese útil han de repartirse entre el número total de piezas que componen la serie.

Estos costes incluyen tanto los de diseño del útil como los de fabricación del mismo, y estos últimos se calculan como si de un producto se tratara. Es decir, habrá que considerar los mismos costes parciales (materia prima, mano de obra directa, amortizaciones, ...) que se están tratando en este apartado.

Conocido el número de piezas que componen la serie Np y el costo de cada uno de los útiles empleados U_i el coste debido al empleo de útiles especiales C_u es:

$$C_u = \frac{\sum_{i=1}^q U_i}{Np}$$

siendo q el número de útiles empleados.

Es obvio, que cuanto mayor sea el número de piezas de la serie, menor será el coste debido al útil. De ahí que el empleo de útiles especiales sólo se justifica para series largas.

6.3.1.5 Coste de herramientas

En este apartado se incluyen los costes de las herramientas fungibles utilizadas en el proceso. Se consideran fungibles aquellas herramientas que se deterioran con el uso y que hay que reponer. Las herramientas de vida "ilimitada" y que no sean específicas para la fabricación de una pieza (p.e. un plato de garras) se tratarían como accesorios de la máquina y afectarían al coste de amortización.

El coste de herramientas C_h en un proceso determinado es:

$$C_h = \sum_{i=1}^r h_i \frac{Th_i}{V_i}$$

siendo:

r = número de herramientas utilizadas

h_i = precio de la herramienta

Th_i = tiempo de uso de la herramienta en el proceso

V_i = tiempo de vida de la herramienta

6.3.1.6 Coste total de fabricación

Sumando todos los costes parciales antes citados, el coste total de fabricación C_f resulta:

$$C_f = C_m + C_o + C_a + C_u + C_h$$

Considerando el caso simplificado de que el proceso de fabricación consta de un único proceso o fase utilizándose un solo equipo, operario, útil, herramienta y materia prima, la fórmula queda, después de sustituir cada sumando por su expresión:

$$C_f = Q \cdot p + T_{op} \cdot S + T_e \cdot A + \frac{U}{Np} + h \cdot \frac{Th}{V}$$

El tiempo de utilización del equipo y el tiempo empleado por el operario son iguales al tiempo total del proceso y el tiempo de utilización de la herramienta es igual al tiempo de transformación T_t :

$$T_{op} = T_e = T$$
$$T_h = T_t$$

sustituyendo resulta:

$$C_f = \left(Q \cdot p + \frac{U}{Np} \right) + T \cdot (S + A) + T_t \cdot \frac{h}{V}$$

Como puede observarse, al final, el coste de fabricación se divide en tres sumandos:

1. El primero de ellos son los costes fijos del proceso, formados por la materia prima y los útiles especiales, siempre y cuando el número de piezas de la serie esté determinado.

$$C_{fijos} = Q \cdot p + \frac{U}{Np}$$

2. En segundo lugar están los costes operativos, proporcionales al tiempo de uso del puesto de trabajo.

$$C_{op} = T \cdot (S + A)$$

3. Por último, figuran los costes de herramientas, proporcionales al tiempo de transformación

$$C_h = T_t \cdot \frac{h}{V}$$

El tiempo total del proceso se descompone en:

$$T = T_p + T_m + T_t$$

en donde:

- ✓ $T =$ tiempo total del proceso.
- ✓ *Tiempo de preparación* (T_p): tiempo empleado en preparar el proceso productivo (operaciones previas a la fabricación). Ej.: colocación de las herramientas y utillajes, programación de las máquinas de control numérico, puesta a punto del proceso, etc.
- ✓ *Tiempo de maniobra* (T_m): tiempo de operaciones no productivas (no se transforma el material) realizadas durante la fabricación. Ej.: movimientos en vacío de las herramientas, cambio de pieza, etc.
- ✓ *Tiempo de transformación* (T_t): tiempo correspondiente a las operaciones de transformación del material (en los procesos de mecanizado es el tiempo en el que se corta material mediante la herramienta y se denomina tiempo de corte, T_c).

Si los tiempos de preparación y de maniobra son de un orden de magnitud inferior a tiempo de transformación, resulta:

$$T \approx T_t$$

con lo que:

$$C_f = C_{fijos} + T \left(S + A + \frac{h}{V} \right)$$

fórmula simplificada de los costes de fabricación.

6.3.2 Determinación de costes mínimos

Si intentamos reducir el tiempo de transformación y con él el tiempo total, variando los parámetros tecnológicos del proceso, ello repercute siempre en un deterioro o desgaste más rápido de las herramientas. En otras palabras, disminuye la vida útil V de las herramientas.

De esta forma, estaremos rebajando los costes de operación (al aumentar la velocidad del proceso) pero, a la vez, se incrementan los costes de herramienta.

La determinación analítica de la velocidad óptima de cada proceso puede hacerse sustituyendo en la expresión simplificada de los costes de fabricación:

$$C_f = C_{fijos} + T \left(S + a + \frac{h}{V} \right)$$

el valor del tiempo T por la función que lo relaciona con la velocidad de proceso v_p o parámetro equivalente:

$$T = f(v_p)$$

con lo que:

$$C_f = C_{fijos} + \left(S + A + \frac{h}{V} \right) f(v_p)$$

Para determinar el mínimo de C_f en función de V_p , derivamos la expresión anterior, resultando:

$$\frac{\delta C_f}{\delta v_p} = 0 \Rightarrow \left(S + A + \frac{h}{V} \right) \frac{\delta f(v_p)}{\delta v_p} = 0$$

Por último, comentar que no siempre se buscará una optimización de los costes. Estos pueden estar supeditados a los plazos de entrega, y entonces, lo que interesa es minimizar el tiempo del proceso (situación de máxima producción), aunque los costes de fabricación sean mayores.

En las figuras siguientes se ilustra como influyen algunos de los aspectos antes citados en los costes de fabricación.

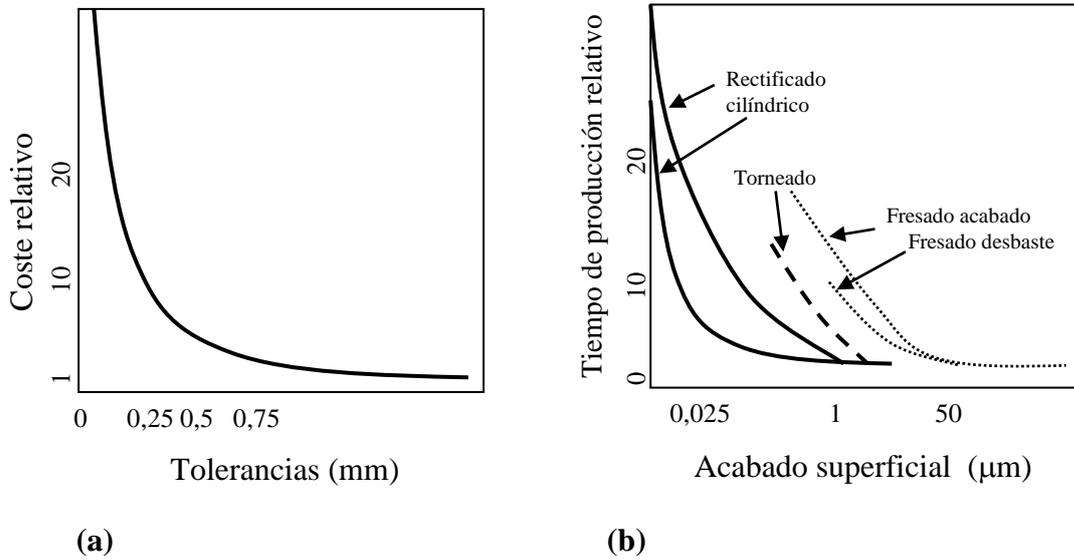


Fig. 6.2. a) Relación entre costes y tolerancias. b) Tiempo de producción y su relación con los métodos de mecanizado. Elaboración propia

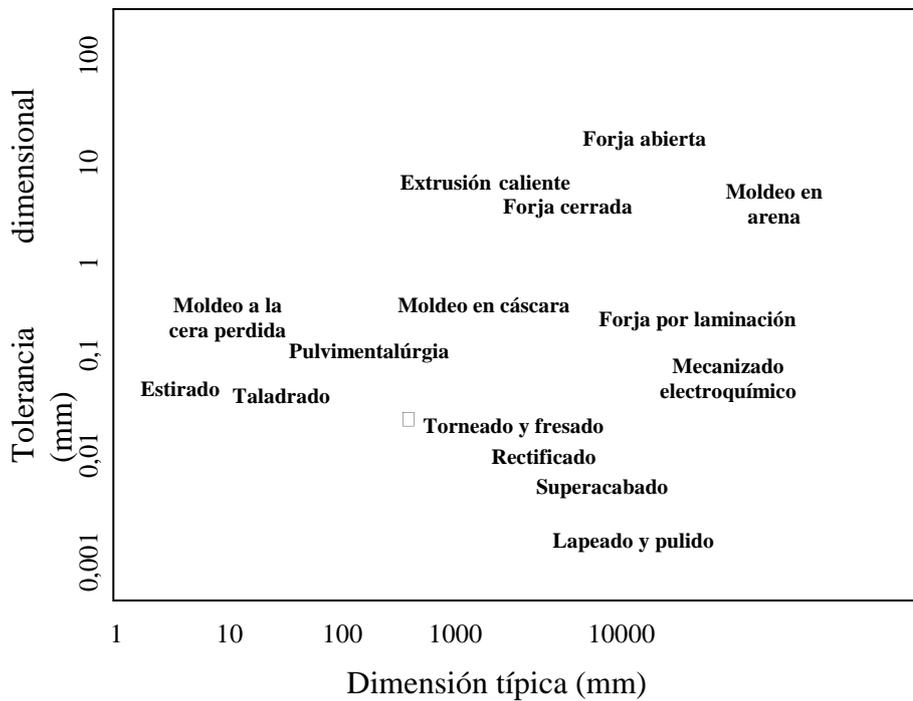


Fig. 6.3. Tolerancias en función del tamaño de la pieza. Elaboración propia

6.3.3 Costes generales

Los costes generales son aquellos que no se pueden asignar de forma directa a un producto determinado, sino que repercuten en todos los productos fabricados en la empresa.

Engloban todos aquellos gastos necesarios para el funcionamiento global de la empresa que, por tanto, inciden de forma indirecta en el precio final de todos los productos. Entre estos gastos figuran:

- Mano de obra indirecta: sueldos del personal no implicado directamente en el proceso productivo (administrativos, dirección, oficina técnica, encargados, personal de almacén, ...). En este apartado se incluyen también los "pluses" especiales antes comentados al hablar de la mano de obra directa.
- Alquileres de locales o amortizaciones, si son propios.
- Energía: alumbrado, calefacción, agua, energía eléctrica motriz, etc.
- Contribuciones e impuestos.
- Seguros: de incendios, robo y demás siniestros.
- Materiales indirectos: tales como material de oficina, lubricantes de máquinas, productos químicos utilizados en los procesos, etc.
- Gastos de mantenimiento, si se trata de un servicio contratado. Si es efectuado por personal de la empresa, los sueldos se engloban en el apartado de mano de obra indirecta.
- Gastos de Dirección.
- Gastos comerciales: que incluyen publicidad, asistencia a ferias y exposiciones, promociones y ofertas, etc.
- Gastos varios: Aquí se incluyen aquellos gastos esporádicos y de distinta naturaleza que no se incluyen en ninguno de los apartados anteriores.

Analizadas las distintas partidas de los costes generales, no resulta difícil conocer su valor total en un período determinado, un año, por ejemplo. Basta con sumar todos ellos, perfectamente conocidos por el departamento Económico-Financiero.