

## 1.6 SELECCIÓN DE PROCESOS

Los procesos para manufactura se determinan tomando en cuenta dos puntos de vista, uno técnico funcional y el otro económico, en la mayoría de las veces habrá una discordancia entre estos dos puntos de vista, pero se debe en lo posible llegar a un punto de equilibrio para obtener un producto que satisfaga los requerimientos funcionales y no sea demasiado caro.

### 1.6.1 DESDE UN PUNTO DE VISTA TÉCNICO FUNCIONAL

El ingeniero de diseño selecciona el material con base en los requerimientos funcionales. Una vez seleccionado el material, la elección de los procesos posibles se delimita considerablemente. El proceso seleccionado debe satisfacer las dimensiones, tolerancias, acabado superficial ya establecidas. El proceso debe ser capaz de cumplir con el volumen y la velocidad requerida de producción. Es conveniente que el proceso use en forma eficiente los materiales y reduzca el desperdicio. Deben elegirse proceso de manera que el producto se realice el una mínima cantidad de pasos. Cuando sea posible el proceso debe ser lo suficientemente flexible para absorber cambios en el diseño de ingeniería. Deben considerarse la seguridad de los trabajadores en la selección de un proceso. Esto tiene sentido en el aspecto económico y es una ley (acta de seguridad y salud ocupacional).

### 1.6.2 DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO

Los ingenieros de diseño, al analizar los métodos alternos para fabricar una pieza o un producto se enfrentan a costos variables en relación con materiales, mano de obra directa e indirecta, herramientas especiales, herramientas y suministros de corta duración, servicios generales y capital invertido. La interrelación de estas variables puede ser considerable y, por tanto, hay que hacer una comparación detallada de las opciones para evaluar a fondo su efecto en los costos unitarios totales.

**Materiales**, el costo unitario de los materiales es un factor importante cuando los métodos que se comparan incluyen el empleo de diferentes cantidades o diferentes formas de diversos materiales. Por ejemplo, es probable que el costo de una pieza de aluminio fundida en molde de presión sea mayor que una de hierro fundida en molde de arena para la misma aplicación. En los procesos con polvo de metal se utiliza una cantidad más pequeña de materiales de alto costo, que en los procesos de colada o fundición y maquinado. Además, el rendimiento y las pérdidas por desperdicio pueden tener fuerte influencia en el costo de los materiales.

**Mano de obra directa**, los costos de la mano de obra directa se determinan por tres factores: el proceso de manufactura en si, el diseño de la pieza o el producto y la productividad de los empleados que operan el proceso o ejecutan el trabajo. En general, cuanto más complejo sea el diseño, más estrictas

las tolerancias dimensionales, mayores los requisitos de acabado y cuanto menor sea el empleo de herramientas, mayor será el contenido de mano de obra directa.

El número de operaciones de manufactura requeridas para terminar una pieza es, quizá, la determinante individual más grande en el costo de la mano de obra directa. Cada operación incluye "tomar y colocar" y "retirar y poner a un lado" un material o una pieza y, por lo general, se necesita inspección adicional por el operario. Asimismo, conforme aumenta el número de operaciones, crecen los costos indirectos. Hay mas probabilidades de errores dimensionales acumulativos debido a los cambios en los puntos y superficies de colocación. Se requiere mas preparación de herramientas o aparatos, aumentan el desperdicio y el "retrabajado", se necesita tomar tiempos, conteos y papeleo y la programación del taller se vuelve más compleja.

Entre los procesos con bajo contenido de mano de obra se cuentan el troquelado y estiramiento de metales, fundiciones en moldes de presión, moldeo por inyección, maquinado con maquinas automáticas de un solo husillo o de husillos múltiples, taladrado con control numérico y por computadora y maquillado especial, procesamiento y empaque, en los cuales el trabajo secundario puede estar limitado a una o dos operaciones. Las maquinas semiautomáticas y automáticas de estos tipos también dan la oportunidad de asignar un solo operario a varias maquinas, además de que puede efectuar operaciones secundarias durante el tiempo de funcionamiento de la maquina. Todo esto puede reducir en forma importante el costo unitario de la mano de obra directa

Por el contrario los procesos como maquinados convencionales, colados en moldes de precisión y ensamblaje mecánico que incluyan ajuste y calibración, tienen mayor contenido de mano de obra directa.

**Mano de obra indirecta**, es la mano de obra para preparación, inspección, manejo de materiales, afilado y reparación de herramientas así como también el mantenimiento de maquinas y equipo suele ser importante al evaluar el costo de métodos y diseños alternos para producción. Las ventajas de la forja a alta presión se pueden contrarrestar en forma parcial con la mano de obra indirecta adicional requerida para el mantenimiento en buenas condiciones de los troqueles y prensas

La preparación es un aspecto importante con bajos volúmenes de producción. Por ejemplo, puede ser más económico utilizar un método con menos tiempo de preparación aunque, aumente el costo de mano de obra directa por unidad. Considérese una pieza hecha con maquina para hacer tornillos con producción anual de 200 unidades. Con ese volumen, esa pieza se podría producir en forma más económica con un torno de torreta (torno revolver) que en una maquina automática para hacer tornillos. Lo que importa es el costo total de la unidad.

**Herramientas especiales.** Las matrices, dispositivos, troqueles, moldes, modelos y calibradores especiales, así como el equipo para prueba, pueden ser factores de considerable costo cuando se empieza la manufactura de piezas o productos nuevos o se implantan cambios mayores en los existentes. Cuando hay un gran volumen, se puede justificar una fuerte inversión en herramientas con la reducción en los costos de mano de obra directa, porque el costo de las herramientas amortizadas en muchas unidades de producto arroja un bajo costo de herramientas por unidad. Para producción en bajo

volumen, aunque las herramientas tengan un costo moderado, pueden ocasionar un elevado costo unitario total por unidad.

**Servicios generales.** El costo de la energía eléctrica, gas, vapor, refrigeración, calefacción, agua y aire comprimido se deben calcular en forma específica al haber diferencias considerables en cuanto al costo de cada elemento. Por ejemplo, el consumo de energía eléctrica es un componente principal del costo de los hornos de arco eléctrico para producir piezas fundidas de acero, se debería ver la opción de la utilización talvez de un horno a gas o con otro tipo de combustibles.

**Capital invertido,** Cuando se esta haciendo la selección de un proceso, se debe considerar también, el costo del capital invertido en la maquina que va ha producir la pieza. En los cálculos de costo unitario se debe asignar a cada unidad de producto un porcentaje de la inversión de capital basado en la duración y producción, esperados con el equipo.

Por ejemplo, una maquina para fundición en molde de presión con un costo de 100000 dólares, una duración útil calculada en 10 años sobre la base de 3 turnos de 2000 h anuales y que puede trabajar a razón de 100 descargas por hora, menos una tolerancia de 20% de tiempo muerto de maquina y para mantenimiento y preparación de los troqueles, tendría un costo de capital por pieza como sigue:

$$\text{Costo de capital} = \frac{\$100\,000}{10 \times 3 \times 2000 \times 100 \times 2 \times (100\% - 20\%)} = \$0.010 \text{ por pieza}$$

En este calculo se supone que habrá utilización total de la maquina para el producto propuesto u otros. Este tipo de calculo se aplica solo para constituir una base para elegir entre, procesos alternos y es más sencillo que el análisis requerido para justificar la inversión una vez seleccionado el proceso.

Al final de todo este análisis para la selección de un proceso de manufactura, lo importante es reconocer todas las diferencias esenciales entre las opciones y tenerlas en cuenta en la comparación y elección del proceso que satisfaga las exigencias funcionales y abarate los costos de manufactura por pieza

### Ejemplo 1

A continuación se hace una comparación entre un proceso de fundición en molde de arena con la fundición en molde de presión para una pieza determinada.

Pieza: caja de bomba de nuevo modelo.

Cantidad: 10000 piezas.

Duración esperada del producto: 5 años.

Tamaño normal del lote: 2500 piezas.

Proceso	Fundición de hierro gris			Fundición de aluminio en molde presión		
	Concepto del costo	Costo del concepto	Frecuencia por pieza	Costo unitario	Costo del Concepto	Frecuencia por pieza
1. Herramental (guías, matrices, etc.)	\$3,000	1/50000	\$0.06	420000 (molde)	1/50000	\$0.40
2. Material	\$0.12/lb.	6 lb.	0.72	0.40/lb.	2 lb.	0.8
3. Preparación para Fundir	0.30h a \$5/h	1/2500	0	4.0h a \$5/h	1/.2500	0.01
4. Mano de obra directa para fundir	0.08h a \$5/h	1	0.4	0.04h a \$5/h	1	0.2
5. Preparación para maquinado	\$30 (5 operaciones)	1/.2500	0.01	\$15 (3 operaciones)	1/.2500	0.01
6. Mano de obra directa para maquinado	0.05h a \$5/h	1	<u>0.25</u>	0.03h a \$5/h	1	<u>0.15</u>
<b>Costo unitario total</b>			<b>\$1.44</b>			<b>\$1.57</b>

### Ejemplo 2

Se plantea la opción de si se puede hacer una pieza en un tomo revolver o con maquinas automáticas para hacer tornillos de un husillo y de husillos múltiples (excluidas las operaciones secundarias). En ninguno de estos casos se pretende justificar la compra de las maquinas o de los equipos, sino que se supone que los procesos están instalados y tienen capacidad disponible para producción adicional. Se debe recordar que la cantidad de producción es un factor importante en la determinación del proceso más económico.

Pieza: Conexión para manguera de alta presión Cantidad: 500 piezas

Duración esperada del producto: 2 años Tamaño normal del lote: 500 piezas

Concepto costo maquina	Torno de torreta		Automática, un husillo		Automática, Husillos múltiples	
		Por unidad		Por unidad		Por unidad
1. Herramental (mordazas de plato, levas, herramientas de forma, otras cortadoras)	\$200	\$0.20	\$400	\$0.40	\$600	\$0.60
2. Preparación a \$ 8/h	1h/500 piezas	0.02	2h/500 piezas	0.03	3h/500 piezas	0.05
3. mano de obra y gastos indirectos	2 min. (1 Máq. por operario)	<u>0.4</u>	0.60 min. (4 Máq. Por operario)	<u>0.03</u>	0.20 min. (2 Máq. por operario)	<u>0.02</u>
<b>Costo unitario total</b>		<b>\$0.62</b>		<b>\$0.46</b>		<b>\$0.67</b>