

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE MANUFACTURA

1.1 GENERALIDADES

Desde épocas muy remotas, el hombre ha modificado el aspecto y características de diversos materiales que se encuentran en su hábitat. A través del tiempo aprendió a dominar las técnicas o métodos mediante los que ha podido transformar esos materiales en elementos útiles para su subsistencia. Este fenómeno ha dado origen a los *procesos de fabricación*.

En realidad, este concepto es muy amplio ya que incluye, por ejemplo, la producción de textiles, fármacos, metalmecánica, etc. De este modo, como *proceso de manufactura* se denomina a todo método de transformación y acabado que se emplea para los materiales metálicos, cerámicos y polímeros. Lo anterior incluye cambios en la geometría del material, alteración de sus propiedades, operaciones de ensamble y también de acabado superficial.

El objetivo primario de todo proceso será producir un componente de la forma y dimensiones deseadas, con los acabados y propiedades requeridos, todo esto al menor costo y de forma sustentable.

Es indudable que la supervivencia, prosperidad y dominio de la raza humana sobre la tierra se debe en gran parte a que su inteligencia le hizo posible la manufactura de herramientas y objetos diversos. Ciertamente que el camino recorrido ha sido largo y el proceso lento (tabla 1.1). Se calcula que deben haber transcurrido miles de años de prueba y error para que el hombre pudiera tallar herramientas, tales como el hacha de mano en la que se pueden ya notar algunas de las características geométricas de nuestras modernas herramientas de corte.

TABLA 1.1 Desarrollo histórico de los procesos de manufactura

Año	Técnicas de fundición	Deformación	Unión	Maquinado	Procesamiento de cerámicos	Procesamiento de polímeros
4000 AC	Moldes de piedra y cerámica	Forja de Au, Ag, Cu		Uso de materiales abrasivos y piedra	Cerámica arcillosa	Madera y fibras naturales
2500 AC	Proceso a la cera perdida	Formado de hojas metálicas	Soldadura falsa (con latón)	Perforado	Torno de alfarero	
1000 AC		Forja de hierro	Soldadura por forja	Sierras de hierro	Fabricación del vidrio	
1 DC		Acuñado (bronces)		Torneado de madera	Soplado de vidrio	
1000 DC		Formado de alambre (estirado)			Fabricación de porcelana china	
1400	Moldeo en arena de piezas de fundición gris	Forja por martillo accionado por agua		Hoja de lija	Cristal de roca	
1600	Molde permanente	Laminación; producción de hojas metálicas de espesor uniforme		Torno para el barrenado de cañones		
1800		Embutido Extrusión (Pb), Laminado de acero		Corte de cuerdas (desde el siglo XVI se desarrollaron las primeras máquinas) torno vertical, fabricación intercambiable	Porcelana (Alemania)	
1850	Centrifugado	Martillo de vapor		Torno copiador	Vidrio para ventanas	Vulcanizado
1875		Laminado continuo de rieles y perfiles		Fresadora universal	Extrusión, moldeo, celuloide y hule	
1900		Tubo sin costura	Soldadura de arco, soldadura por resistencia, oxiacetileno	Aceros rápidos, máquinas automáticas	Máquina automática para formado de botellas	
1920	Fundición a presión	Alambre de tungsteno	Electrodos revestidos			Baquelita
1940	Empleo de resinas para la aglomeración de la arena	Extrusión del acero	Arco sumergido			Nylon acrílico, hule, moldeo por transferencia
1950	Cáscara cerámica		Soldadura TIG, MIG y electroescoria	Electroerosión, control numérico		ABS, silicones, fluorocarbonatos poliuretano
1960			Arco plasma	Diamante industrial	Vidrio flotado	Acetatos, policarbonatos, poliuretano
1980	Colada evaporativa	Forja orbital	Láser	Recubrimientos cerámicos equipos CNC		Plásticos reforzados con fibras de carbono
1990	Sistemas de manufactura asistida por computadora					
2013	Nanotecnología, digitalización de modelos, manufactura personalizada, manufactura sustentable, celdas de producción					

En la era paleolítica, seres humanos que vivían de la caza y la recolección de alimentos, poseían una gran diversidad de herramientas como hachas, cuchillos, sierras, desbastadores y rascadores de piedra, pequeños mazos, utensilios para perforar, agujas de marfil, arpones, entre otros. Ya en esta época se llegó a contar con herramientas para fabricar herramientas.

Después de muchos siglos inició la edad de los metales, que comprendió los años 6000 a 3000 a. C.

El oro, la plata y el cobre fueron los primeros metales trabajados por el hombre, ya que en dicho período histórico estos metales se podían encontrar en estado nativo en diversas regiones. En un inicio se les dio forma por simple martillado seguido de sucesivos calentamientos para eliminar la acritud. Mediante dichos métodos se pudieron fabricar adornos y objetos muy diversos. Posteriormente, se observó que esos metales al ser calentados a altas temperaturas se fundían y podían ser colados en estado líquido en moldes de arcilla cocida produciendo, según se deseara, objetos de adorno, armas y herramientas.

La obtención de los metales a partir de sus respectivos minerales fue descubierta posteriormente, donde el cobre tiene la primicia debido a la relativa facilidad con que puede ser reducido. Lo más probable es que por accidente se encontrara que al fundir conjuntamente minerales de cobre y estaño o de cobre y arsénico se diera lugar a un metal que, por sus propiedades y posibles aplicaciones, resultaba de mayor interés, que los metales que se habían trabajado con antelación.

La Edad de Bronce comenzó hacia los años 3300 a 2800 a. C., extendiéndose hasta más allá del año 1000 a. C., alrededor del cual comienza la Edad de Hierro en Europa.

Las más antiguas piezas de hierro que se han descubierto y que ha sido posible estudiar datan de épocas anteriores al segundo milenio a. C. Los análisis han mostrado que dicho material es de origen meteorítico. Es difícil señalar con toda precisión la época y el lugar donde se fabricó por primera vez el hierro a partir de sus minerales, lo más probable es que también este procedimiento haya sido accidental, sin embargo, se relaciona este descubrimiento con los hititas, quienes habitaron, entre los siglos XVII al XII a. C., una amplia región en la península de Anatolia (Este de Turquía) que comprende regiones de la actual Siria, Israel y Jordania; a estos países se atribuye la primera utilización del hierro, junto con la civilización Védica (asentado en la actual India)[1, 2, 3, 4].

Este conocimiento se trasladó a la Grecia antigua y a Egipto para posteriormente extenderse, a través de varios siglos, en el resto de Europa. Resulta por demás evidente que las herramientas producidas con este nuevo material presentaban mejores características que los ya conocidos, es

entonces que se deben de haber tratado de reproducir las circunstancias a través de las cuales el hierro se había obtenido dando lugar a la Edad de Hierro. Las civilizaciones americanas nunca pasaron a través de dicha Edad, en virtud de que este conocimiento fue introducido por los europeos.

En Europa, los primeros objetos se obtuvieron por martilleo a partir de una masa semifundida en la que se mezclaba el hierro con la escoria; dicha deformación plástica permitía eliminar los componentes extraños, además de mejorar las propiedades mecánicas. Las diferentes piezas rescatadas por los arqueólogos indican que los productos de hierro tuvieron dos vías de difusión: marítima y continental. La continental tuvo su centro de difusión en Anatolia, Siria y Chipre, y se extendió a través de los Balcanes y el Cáucaso, llegando hasta las Islas Británicas en el siglo VII a. C. Por su parte, la región Mediterránea estuvo marcada por la colonización fenicia y griega. En Italia llega a Calabria en torno al siglo X a. C. y un poco más tarde a la península ibérica. La influencia etrusca pudo abrir una ruta por los Alpes con el norte, pero es dudosa por el escaso interés etrusco por el metal. En una primera etapa, y dada su escasez, los productos de hierro se orientan en la producción de adornos. Hasta que se desarrollan las técnicas de endurecimiento es que se encuentran las grandes ventajas de este material, siendo orientado entonces a la producción de armas.

Alrededor del 1200 a. C., el hierro era profusamente utilizado en Oriente Medio, pero aún no reemplazaba al uso dominante del bronce. Hacia el 1180 a. C., por razones aún desconocidas para los arqueólogos, el estaño escaseó, lo que llevó a una crisis en la producción del bronce. El cobre también parecía escasear. Varias civilizaciones del Mediterráneo empezaron a atacar las ciudades fortificadas con la intención de saquear el bronce para refundirlo y convertirlo en armas. Anatolia había sido durante mucho tiempo un gran productor de bronce, y su uso del hierro (desde el 2000 a. C. en adelante) permitió la existencia hacia el 1500 a. C. de una tecnología de armas superiores a las de bronce.

En África occidental, la producción de hierro comenzó casi en la misma época, y parece claro que fue una invención independiente y simultánea. Los lugares en los que existían minerales de hierro desarrollaron una preeminencia en el último milenio a. C., que mantendrían en el futuro. La tecnología militar diseñada para aprovechar el uso del hierro se originó en Asiria, quien de hecho parece que consideraba a la ciudad de Troya como un puesto comercial (una cabeza de maza encontrada en 1902 en las ruinas de Troya, fechada en el 1200 a. C., es probablemente de producción asiria). En cualquier caso, el comercio de hierro entre Asiria y la ciudad

independiente de Troya estaba ya bien establecido en esas fechas, y el secreto de su producción era celosamente guardado por los asirios.

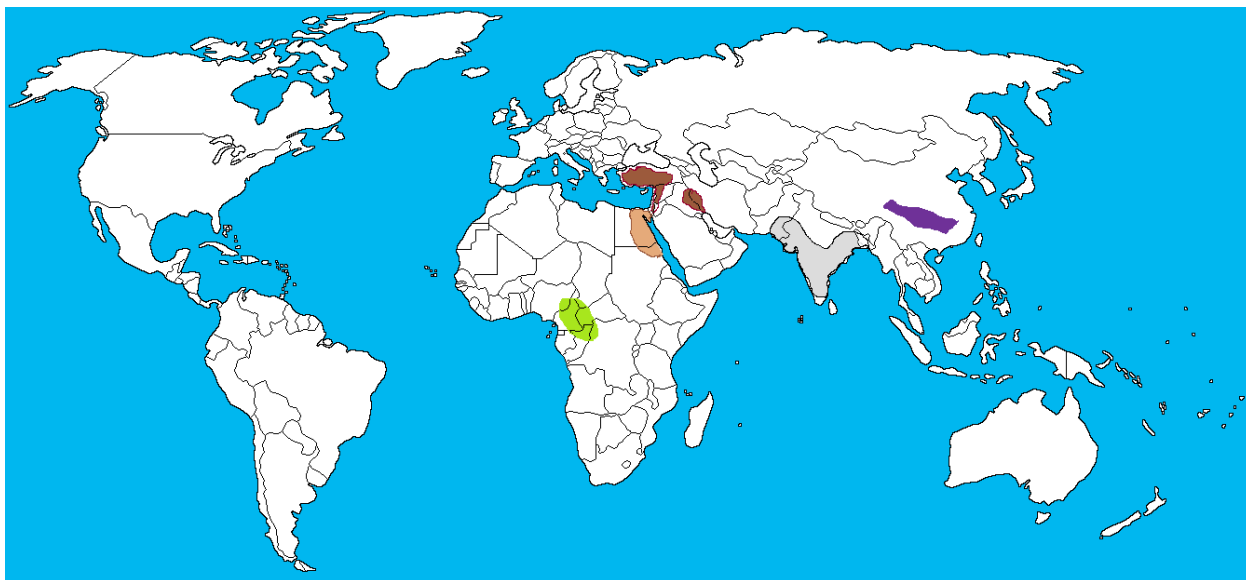


FIGURA 1.1 Distribución del conocimiento de la metalurgia del hierro en el siglo IX a. C.

La metalurgia del hierro se desarrolló de manera independiente en la zona de Anatolia, Mesopotamia, Egipto y posteriormente el norte de África; el subcontinente indio y el valle del YangTze en China. En el África subsaharina, la cultura de Nok hacia el siglo IV a. C. presenta ya un desarrollo independiente en las técnicas de fundición y fabricación del hierro. En el caso de Europa existe unanimidad en cuanto a que la tecnología pasó del Asia Menor a ésta.

En la figura 1.1 se observa la distribución en el conocimiento de la metalurgia del hierro hacia el siglo IX a. C., extendiendo su empleo a través del comercio y de forma mucho más lenta su tecnología, de tal forma que la Grecia de Homero en el siglo VIII a. C. se encontraba en la transición de la Edad de Bronce a la de Hierro. Es conveniente también notar que el desarrollo de esta tecnología se dio en épocas prehistóricas, ya que en muchos de los pueblos no se disponía de un sistema de escritura desarrollado, lo cual limita en mucho las investigaciones en esta área. En lugares como las islas Británicas este conocimiento llegó con los romanos, mientras que en la zona no romana su conocimiento hubo de esperar hasta el siglo V de nuestra era. En la Germania, las técnicas se difundieron igualmente por las conquistas y el contacto con el imperio romano, mientras que en Escandinavia y otras zonas alejadas de la influencia romana, su desarrollo se dio aproximadamente al inicio de nuestra era.

Se considera actualmente que la Edad de Hierro en el Antiguo Oriente Medio comenzó con el descubrimiento de las técnicas de fundición y forja del hierro en la región de Anatolia a finales del siglo XIII a. C. De ahí se extendió con rapidez a lo largo de Oriente Medio a medida que las armas de hierro sustituían a las de bronce a principios del primer milenio a. C. El uso de armas de hierro por parte de los Hititas fue uno de los factores más importantes en el auge de su imperio.

La tecnología del hierro se propagó al mismo tiempo por Asia y por Europa, ya que se desarrolló por primera vez cerca del Egeo. Se suele asociar a los Pueblos del Mar y a los Filisteos con la introducción de la tecnología del hierro en Asia, así como a los Dorios por hacer lo mismo en la Grecia Antigua.

En el periodo que va del siglo XI a. C. al siglo VIII a. C., la región más rica en restos arqueológicos de hierro es la de Siria y Palestina. El bronce era mucho más abundante entre los siglos XII y X a. C., y autores como Snodgrass [1971] sugieren que, debido a una escasez de estaño como resultado de cortes en el comercio en el Mediterráneo, las civilizaciones de la época tuvieron que buscar una alternativa al bronce. Esto parece confirmado por el hecho de que, durante un tiempo, los objetos de bronce fueron reciclados de forma extensiva, refundiendo todo tipo de objetos para producir nuevas armas, justo antes de la introducción del hierro.

También vale la pena resaltar que las primeras instancias del Imperio Asirio tenían contactos comerciales con el área en la que se estaba desarrollando la nueva tecnología del hierro.

Excavaciones arqueológicas en la India, en el actual Uttar Pradesh, aportan objetos de hierro datados entre los siglos XVII y el XII a. C. Con base en esto, se considera que ya en el siglo XVIII a. C. se desarrolló extensivamente la metalurgia del hierro en la península Indú, lo que sugiere que la tecnología era conocida desde mucho antes [V. Tripathi, 2008]. A principios del primer milenio a. C., la India vivió grandes avances en la metalurgia del hierro. En la India Oriental se han descubierto los restos de un gran centro de trabajo del hierro de esa época.

En la India se producía hierro de gran calidad (equivalente a nuestros modernos aceros de alto carbono) en fecha tan temprana como el siglo III, aunque se sospecha que el conocimiento de esa tecnología ya existía hacia el siglo IV a. C., para esto se empleaba el sistema conocido posteriormente en Europa como acero al crisol. Mediante este sistema, se mezclaba dentro de

un crisol hierro de gran pureza, carbón y sílice, y se ponía a calentar hasta que el hierro se fundía y absorbía el carbono.

En China se han encontrado reliquias hechas de hierro fechadas en épocas correspondientes a la Dinastía Zhou [S.M. Young, The earliest use of iron in China], en el siglo VI a. C. En 1972 en una excavación cerca de la ciudad de Gaocheng en Shijiazhuang, se localizó un tomahawk de bronce con filo de hierro fechado en el siglo XIV a. C., material que se determinó tenía un origen meteorítico.



FIGURA 1.2 Casco de hierro de la Confederación Gaya, siglo V [Fuente wikipedia, autor pressapochista, publicado bajo CC BY SA 2.0]

Como ya ha sido comentado, la metalurgia del hierro fue introducida en Europa probablemente desde Asia Menor hacia el siglo XI a. C., y se expandió hacia el norte y el oeste durante los siguientes 500 años. Se considera comúnmente que la Edad de Hierro en Europa finaliza con la conquista romana. Por otra parte, en Europa oriental la Edad de Hierro da inicio a principios del primer milenio a. C. Junto con las culturas de Chernogorovka y Novocherkassk, en el territorio de las actuales Rusia y Ucrania, se asocia casi mayoritariamente la Edad de Hierro con los escitios, que la desarrollaron desde el siglo VII a. C. La mayoría de restos de su producción de hierro e industrias metalúrgicas entre los siglos V y III a. C. se encontró cerca de Nikopol en Kamenskoe Gorodishche, en lo que se considera la región metalúrgica por excelencia de la antigua Escitia.

En Europa central, la Edad de Hierro se divide generalmente en *Edad de Hierro Temprana* (como la de la Cultura de Hallstatt), entre el 800 a. C. y el 450 a. C., y la *Edad de Hierro Tardía* (como la de la Cultura de La Tène), que empezó hacia el 450 a. C.

Si bien algunos autores han considerado que en la península italiana la tecnología del hierro comenzó con la civilización de los etruscos, en la actualidad se acepta que ésta comenzó con la cultura Villanova, la cual se desarrolló en la zona norte de la península, en la actual Bolonia, para de ahí pasar a la civilización Etrusca (la cual se desarrolló en la Toscana y el norte de la actual Italia) la cual acabó abruptamente con la conquista de su última ciudad, Volsinii, por parte de la naciente República Romana en el año 265 a. C.

En Europa del Norte se fecha una Edad de Hierro Pre-Romana y una Edad de Hierro Romana. Las primeras producciones de hierro escandinavas se hacían mediante la recolección manual de mineral de hierro. La península escandinava, Finlandia y Estonia conservan restos arqueológicos correspondientes a una temprana producción de hierro a pequeña escala, aunque resulta imposible datarla con seguridad.

Por su parte, en África la Cultura Nok fue la primera sociedad que refinaba hierro mediante fundición en África occidental antes del año 1000 a. C. Luego, el uso del hierro y el bronce se extendieron hacia el sur por el continente, alcanzando el extremo sur hacia el 200. El uso del hierro revolucionó las comunidades granjeras Bantúes que lo adoptaron, expulsando a las sociedades de cazadores-recolectores, propias de la Edad de Piedra, que fueron encontrando en su expansión para cultivar extensiones mayores de sabana. Los Bantúes, tecnológicamente superiores, se expandieron por todo el sur de África y se convirtieron en el pueblo autóctono más rico y poderoso, produciendo hierro en cantidades industriales para su uso en armas y herramientas.

1.2 HISTORIA DE LA MANUFACTURA

La manufactura (del latín *manus* –mano-; *factus* –hacer-) tuvo su primer gran auge, y surge como una técnica en sí, con el florecimiento de la civilización romana, fundamentalmente por la producción en masa y la división del trabajo, tanto en la producción de textiles, cerámica y vidrio, como en minería y metalurgia.

Con la caída del Imperio Romano, esta organización se pierde al igual que muchas de las técnicas de producción. El trabajo se organiza alrededor de la familia y los métodos son transmitidos del artesano a sus aprendices.

Durante la Edad Media el desarrollo de nuevas técnicas de producción fue casi nulo y no fue sino hasta el Renacimiento cuando volvieron a reactivarse, fortaleciéndose de manera decidida con la primera Revolución Industrial a fines del siglo XVIII.

Se considera que el concepto moderno de la manufactura surge alrededor de 1780 con la Revolución Industrial británica, expandiéndose a partir de entonces a toda la Europa Continental, luego a América del Norte y finalmente al resto del mundo.

La manufactura se ha convertido en una porción inmensa de la economía del mundo moderno. Según algunos economistas, la fabricación es un sector que produce riqueza en una economía, mientras que el sector servicios representa el consumo de la riqueza

Durante los siglos XIX y XX, el diseño de nuevos métodos y procesos fue incesante, lo que se ha traducido en un notable aumento de la productividad y por tanto del nivel de vida de la población. Dentro de este período destaca el concepto de manufactura intercambiable, desarrollado por Eli Whitney [1765-1825] a principios del siglo XIX; el ensamble en línea puesto en práctica por H. Ford [1863-1947] al inicio del siglo XX y la introducción de la informática en la manufactura a través de los sistemas CAD/CAM, los cuales a la fecha han madurado generando una nueva revolución en las manufacturas. En la actualidad, los esfuerzos se orientan, más que a la producción en serie de un bien, a la producción personalizada; esto es más que adecuarse a lo que existe en el mercado, la idea es que se pueda obtener un producto adecuado a las necesidades de cada cliente, esto desde luego en forma ágil y competitiva. Por otra parte, en los últimos años se ha dado particular importancia al reciclado, a la eliminación de subproductos contaminantes, a la minimización en el consumo de energía y de recursos (renovables y no renovables), a la generación de gases invernadero y, en consecuencia, a la búsqueda de la producción en armonía con la naturaleza o manufactura sustentable [5, 6].

Relación entre proceso, material y diseño

Existe una marcada y a la vez compleja interrelación entre la actividad de diseño, la manufactura y los materiales que se van a utilizar (figura 1.3). Esto es debido a que el diseñador debe cumplir con una serie de condiciones, tales como funcionalidad, resistencia y bajo peso, considerando también que el artículo deberá obtenerse al menor costo posible. Además, se requiere que sea fabricado en la cantidad y con las características de acabado y precisión que el producto amerite.

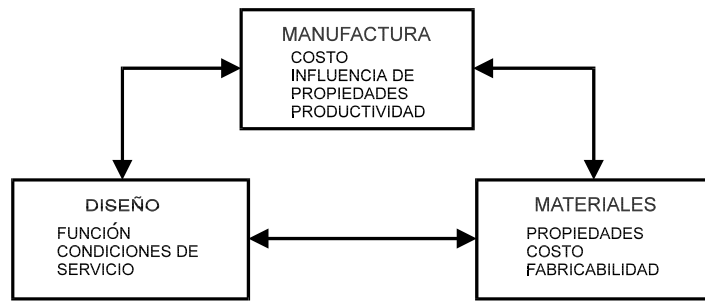


FIGURA 1.3 Relación entre la manufactura, el diseño y los materiales

Cualquier cambio en el material o en el diseño involucra un nuevo estudio sobre los métodos de producción más idóneos. La mayoría de las piezas que se fabrican se pueden producir a través de varios procedimientos, pero se selecciona aquel que mejor cumpla con la exactitud dimensional, con las propiedades físicas, la capacidad de producción y con la productividad demandada, siempre al más bajo costo.

Seleccionar el proceso más idóneo no es una tarea sencilla y sólo se efectuará una vez que las posibles alternativas sean analizadas a fondo, ya que deberá ser considerado no únicamente el costo en sí de fabricación, sino también el factor de utilización del material; el efecto que el método de procesamiento tiene en las propiedades del producto y por tanto su capacidad ya en servicio; la demanda de mano de obra con el entrenamiento que ésta requiera; la energía necesaria para la transformación; la contaminación por el proceso o por el producto y reciclado del producto, entre otras, cuadro 1.1.

<ul style="list-style-type: none"> • Material • Número de piezas • Espesores • Tamaño de las piezas • Disponibilidad del equipo • Forma de las piezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Acabado • Tolerancias • Plazo de entrega • Herramental necesario • Consumo de energía • Producción de efluentes
---	--

CUADRO 1.1 Factores que influyen en la selección de un proceso de fabricación

Para obtener la máxima economía es necesario que la selección del material empleado en la producción de un objeto se haga basada en factores de procesamiento y requerimientos de

TABLA 1.2 Métodos de manufactura según el material de la pieza que se fabrique

Forma	Aleaciones								1	2	3	4	5
	Al	Cu	Pb	Mg	Ni	Sn	Ti	Zn					
Moldeo en arena	Δ	Δ	*	Δ	Δ	*		*	Δ	Δ	Δ		
Moldeo	Δ	Δ			*				Δ	*	*		
Colada sin cavidad	*	*	*						Δ	Δ	*		
Colada en molde permanente	Δ	*	*	Δ	*	*		*	Δ	*			
Colada en matriz	Δ	*	Δ	Δ		*		Δ					
Moldeo en yeso	Δ	Δ											
Colada en molde cerámico	*	*		*	Δ			*	Δ	Δ	Δ		
Moldeo en revestimiento	Δ	Δ		*	Δ					Δ	*	*	
Centrifugado	*	*			*				Δ	Δ	Δ		
Celda continua	Δ	Δ	*							*			
Forja abierta	*	*		*	*		*		*	Δ	Δ		*
Forja en estampa	*	*		*	*		*			Δ	Δ		*
Recalcado	*	*		*	*		*			Δ	Δ		*
Cabeceado en frío	Δ	Δ	*		*					Δ	*	*	
Estampado	Δ	Δ		*	Δ		*	*		Δ	*	*	*
Pulvimetalurgia	*	Δ			*				Δ	Δ	*	*	Δ
Electroerosión	*	Δ	*		Δ	*		*	*			*	
Fotograbado	Δ	Δ	*	Δ	Δ	*	Δ	*		Δ	*	Δ	*

Δ Uso común
* Uso opcional

1 Fundiciones
2 Aceros al bajo carbono
3 Aleaciones resistentes al calor y a la corrosión
4 Metales preciosos
5 Metales refractarios

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

Agrupar los procesos de manufactura no es una tarea fácil debido a la gran variedad de métodos existentes, así como también por los diversos puntos de vista que se pueden considerar para tal fin.

Tomando como base las modificaciones geométricas o físicas, los procesos de manufactura se pueden agrupar en:

PROCESOS DE FUNDICIÓN O COLADA. El cambio de forma se produce mediante la fusión del material y su solidificación en un molde de la forma requerida. Involucra fundamentalmente a los metales, aunque existen algunos que son factibles de aplicar para el vidrio y los polímeros.

PROCESOS DE CONFORMADO DE METALES MECÁNICO (métodos de deformación plástica). Un material, usualmente metal, es deformado plásticamente, esto se puede realizar en caliente (no hay endurecimiento) o en frío. Por ejemplo: laminación, troquelado, forja, embutido, extrusión, etc.

PROCESOS CON ARRANQUE DE VIRUTA. En este caso, más que un cambio de forma se trata de una generación de la geometría requerida mediante la eliminación de material de un bloque de partida, empleando una herramienta cortante, la cual, a través de la interferencia generada con la pieza, producirá el arranque de material. Estos procesos pueden ser denominados con base en el equipo utilizado o también por las herramientas de corte. Entre otros se pueden mencionar al torneado, fresado, esmerilado, rectificado, etc.

PROCESOS PARA EL CONFORMADO DE POLÍMEROS. Las características especiales de plásticos y hules han llevado al desarrollo de métodos de fabricación particular, tales como el termoformado, inyección, soplado, moldeo por transferencia, extrusión, calandreado, etc., los cuales aun cuando pueden tener denominaciones similares a las utilizadas para los metales, se realizan de maneras muy diferentes.

PROCESAMIENTO A PARTIR DE POLVOS. Estos métodos se han desarrollado rápidamente e incluyen la formación de elementos útiles a partir de partículas de materiales cerámicos,

poliméricos y metales. Consisten en la aglomeración de polvos por compactado y compresión. En esta categoría se puede incluir el procesamiento de los materiales compuestos.

PROCESOS PARA ACABADO DE SUPERFICIES. Entre otros se pueden considerar a los recubrimientos electrolíticos, las pinturas, los metalizados por inmersión, los recubrimientos por difusión y los de conversión.

PROCESOS DE UNIÓN. Incluyen los métodos de unión y los de ensamble, soldadura, adhesivos, remaches y juntas atornilladas, entre otros.

PROCESOS PARA LA MODIFICACIÓN DE PROPIEDADES DE LOS MATERIALES. Comprenden los tratamientos térmicos, termoquímicos, como son el temple, recocido, nitrurado, carburizado, entre otros.