

CONFORMACIÓN POR DEFORMACIÓN.

* *Conformación por deformación.*

- Uno de los factores sobre la importancia del uso de los metales es su facilidad de conformado para obtener piezas de diferentes geometrías.

- Si un metal se somete a una serie de esfuerzos se altera el equilibrio de su red cristalina y se producen desplazamientos atómicos.

- De este modo se pueden originar dos tipos de deformaciones:

* Deformación elástica: al cesar la fuerza exterior, los átomos recuperan su posición inicial de equilibrio.

* Deformación plástica: los átomos no recuperan su posición inicial y la deformación pasa a ser permanente.

- El conformado más habitual en los metales se lleva a cabo mediante procesos de deformación plástica.

- Según la temperatura a la que se realice el proceso de deformación plástica, se puede distinguir:

* Conformación por deformación en frío: si la conformación se realiza por debajo de la temperatura de recristalización del metal.

- Temperatura de fusión: es aquella a la cual el cuerpo pasa de sólido a líquido. Es característica de cada sustancia.

- Temperatura de recristalización: es aquella a partir de la cual las vinculaciones entre los átomos que forman la red cristalina, adquiere una libertad tal que pueden reestructurar sus vínculos dando lugar a cristales nuevos sin tensionar.

A esta temperatura el material pierde dureza y fragilidad, adquiriendo elasticidad y tenacidad.

* Conformación por deformación en caliente: si se realiza por encima de la temperatura de recristalización.

* *Forja.*

- La forja es un procedimiento de conformación plástica que se aplica a los metales, normalmente en caliente, y que consiste en darles fuerza sometiéndolos a esfuerzos violentos de compresión, que pueden ser repetitivos o continuos.

- En el trabajo de forja podemos diferenciar tres fases:

* Calentamiento: en hornos y fraguas.

* Deformación del metal: para darle la forma requerida.

* Enfriamiento: hasta que alcanza la temperatura ambiente.

- Los metales se calientan por encima de la temperatura de recristalización para evitar el efecto de acritud que es indeseable.

- La acritud es un endurecimiento, principalmente superficial, que se produce al deformar en frío tanto metales como aleaciones.

- Por otro lado, la temperatura debe ser inferior a la de fusión para evitar que el metal se funda o que se produzca el efecto conocido como quemado.

- El quemado consiste en la fusión de las impurezas que rodean a los granos del metal y, al enfriarse, quedan en forma de capas delgadas sin cohesión con los granos.

- El metal quemado es frágil e inservible.

- En el siguiente cuadro aparecen las diferentes temperaturas de forja para algunos metales y aleaciones:

Metali o aleación	Temperatura
Aceros al carbono	850 °C a 1 050 °C
Cobre	700 °C a 800 °C
Latón	600 °C a 700 °C
Eronce	800 °C a 900 °C
Aleaciones de magnesio	260 °C a 450 °C
Aleaciones de aluminio	350 °C a 500 °C

- A estas temperaturas es posible producir grandes deformaciones en los metales, con esfuerzos relativamente pequeños.

- El calentamiento del metal se realiza generalmente en:

* *Fraguas:* son hogares abiertos, de poca profundidad, donde los metales se calientan poniéndolos en contacto directo con las brasas.

- Suelen utilizarse para forjar los metales que se trabajan a mano.



* *Hornos de reverbero:* son de pequeña altura y de gran longitud.

- En un extremo se encuentra el hogar donde se quema el combustible y en el otro la chimenea.

- Se usan para el calentamiento de las piezas forjadas a máquina.

- El enfriamiento posterior de la pieza puede hacerse al aire, pero resulta más aconsejable realizarlo en el horno o fragua o en un lecho de cenizas.

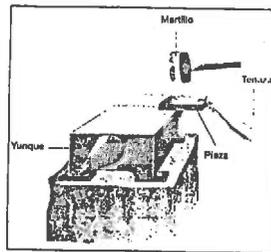
- En general, todos los metales son forjables, aunque se suele aplicar al hierro, acero, aluminio, cobre y cinc.

- Para los metales a los que no se puede someter a tratamiento térmico (porque no lo admitan, no sea deseable o resulte muy caro) se puede realizar la forja en frío consiguiendo un aumento de la dureza y de la resistencia.

*** Forja a mano.**

- La forja es el procedimiento más antiguo de trabajo de los metales (Egipto 550 a.d.C. ya se forjaban el cobre y sus aleaciones para fabricar armas y útiles domésticos).

- Antiguamente sólo se realizaba la forja a mano, aunque hoy en día no resulta aplicable a la producción industrial a gran escala.



Forja a mano.

- Las barras se calentaban en una fragua de carbón hasta que alcanzaban la temperatura idónea.

- En este momento, el herrero, sacaba la pieza de la fragua con unas tenazas y la golpeaba con un martillo hasta obtener la forma deseada.

- Para ello apoyaba la pieza en un yunque (bloque de acero forjado o moldeado de 15 a 150 Kg. de peso).

- El yunque está encajado en un robusto taco vertical de encina o roble que debe ser lo suficientemente pesado para que no se desplace como consecuencia de los golpes.

*** Forja mecánica.**

- Para realizar la forja mecánica se emplean fundamentalmente dos tipos de máquinas:

* **Martillos o martinetes:** realizan la compresión necesaria para la forja por medio de golpes sucesivos y repetitivos.

- Pueden ser hidráulicos, mecánicos, neumáticos o de vapor.

* **Prensas:** la compresión del metal en la forja no se produce por choque, sino por presión progresiva y continuada.

- Las prensas pueden ser accionadas de forma mecánica o hidráulica. En estas últimas se obtiene una presión muy elevada.

- En las piezas de pequeñas dimensiones y poca masa, donde la velocidad es fundamental para que no se produzcan pérdidas de calor, se emplean martinetes.

- Para el forjado de piezas de grandes dimensiones se utilizan las prensas, ya que, su acción lenta y prolongada resulta más indicada para desplazar grandes masas de metal, cuyas pérdidas de calor son menos rápidas.

- El forjado en frío se utiliza fundamentalmente para obtener pequeñas piezas por martilleo (tornillos, varillas, arandelas.....), o para mejorar las propiedades mecánicas de los metales.

- Para el forjado en frío se emplean potentes prensas similares a las utilizadas en el trabajo en caliente.

*** Estampación.**

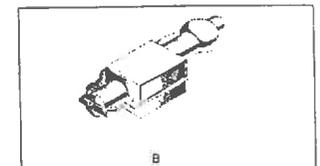
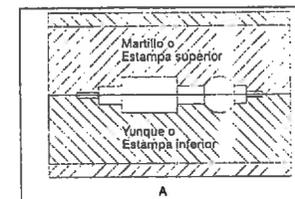
- La estampación mecánica en caliente, o simplemente estampación, consiste en someter a un metal a un esfuerzo de compresión entre dos moldes de acero, que se denominan estampas.

- En la forja, el metal adquiere la forma interior de los moldes que lo encierran.

- El esfuerzo de compresión se aplica por medio de prensas o martinetes.

- Las estampas están formadas por dos tapas:

* **Estampa superior o martillo:** se fija al martinete o a la prensa.



A) Estampa para estampación en caliente.
B) Pieza obtenida.

* **Estampa inferior o yunque:** se fija en la mesa de la prensa.

- Las dos piezas que forman la estampa están formadas por un bloque de acero rectangular o cilíndrico, con el hueco (molde) para el material grabado, en cada una de las estampas.

- El ciclo de trabajo del proceso de estampación abarca varias etapas:

*** Obtención de la preforma.**

- Es la cantidad de material que se coloca en la estampa y que tienen una forma parecida a la pieza que se va a obtener.

- Se trata de un producto semielaborado y la estampación será tanto o más sencilla cuanto más se aproxime a la forma definitiva de la pieza.

*** Distribución de la conformación entre ambas estampas.**

- Este paso debe hacerse de un modo racional, es decir, aprovechando la forma de la pieza.

- Si la pieza presenta algún plano de simetría longitudinal, se debe asignar media pieza a cada estampa.

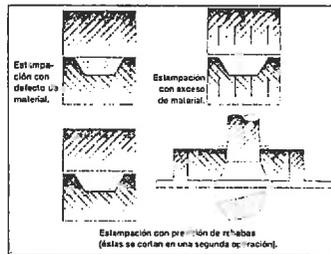
*** Previsión de rebabas.**

- Si al llenar el hueco de la estampa se pone menos material del necesario, la pieza será defectuosa.

- Si hay un exceso de material, las estampas no ajustarán e incluso se podrá dañar la máquina.

- Por este motivo, se dispone en las estampas de un hueco de rebose de material, y éste se añade con un ligero exceso.

- En este caso, las piezas presentarán porciones de material saliente (rebabas) las cuales se cortan posteriormente.



*** Previsión de salidas.**

- Se suele dar a las paredes de las estampas una inclinación de 5 a 10°, para así facilitar la salida de la pieza una vez estampada.

*** Estampas en serie.**

- Si se necesitan fabricar piezas de formas complicadas se emplean forjas parciales intermedias.

- Estas forjas facilitan una mejor y más uniforme distribución del material hasta llegar a la pieza final.

*** Estampación en frío.**

- De esta forma se fabrican la mayoría de las chapas que forman la carrocería de un automóvil (aletas, puertas, etc.), piezas para aviones y aparatos electrodomésticos.

- Para obtener buenos resultados es necesario que las chapas de los metales utilizados cumplan los siguientes requisitos:

* La superficie ha de ser perfecta, sin defectos.

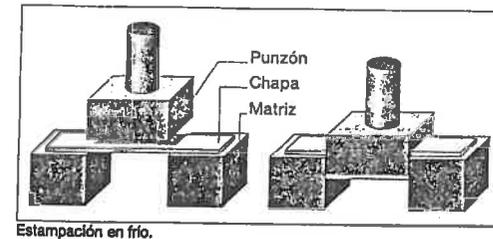
* El espesor debe ser uniforme a lo largo de toda la chapa.

* Las características del material deben ser uniformes a lo largo de toda la chapa.

- Los materiales más utilizados que cumplen estas condiciones son: chapas de acero, de aluminio y sus aleaciones y de latón.

- La estampación en frío se realiza en prensas por medio de estampas, de una manera muy similar a la estampación en caliente.

- Una de las estampas se fija en la mesa de la prensa y se llama matriz.



- La otra parte de las estampas va unida a la maza y recibe el nombre de punzón.

- La chapa se coloca sobre la matriz y se presiona sobre ella con el punzón.

- La estampación en frío resulta más económica que la realizada en caliente, ya que no es necesario calentar el material.

- Además las piezas obtenidas tienen un acabado más perfecto que en la estampación en caliente.

*** Extrusión.**

- La extrusión es un proceso continuo para conformar los metales y las aleaciones, haciéndolos fluir a presión por medio de un émbolo.

- La extrusión se puede realizar en frío y en caliente.

*** Extrusión en caliente.**

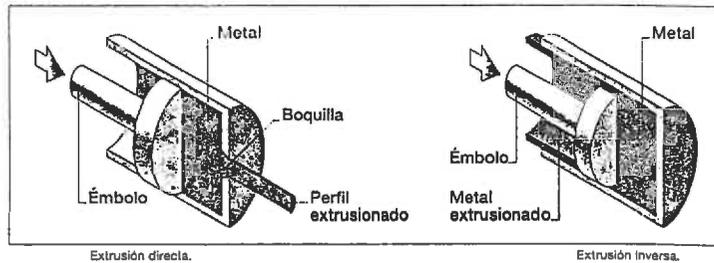
- Los metales se hacen fluir a presión a temperaturas comprendidas entre la de recristalización y la de fusión.

- Tiene más aplicaciones que la extrusión en frío.

- Se emplea para la conformación de un gran número de metales como plomo, estaño, cinc, cobre, aluminio, magnesio, níquel y sus aleaciones.

- Según cual sea el sentido del movimiento del material con respecto al del émbolo, se pueden distinguir dos tipos de extrusión en caliente:

*** Extrusión directa:** el metal fluye en la misma dirección y sentido en la que se mueve el émbolo. Al presionar el metal fluye hacia adelante.



*** Extrusión inversa:** el contenedor del material está cerrado en un extremo y el metal se fuerza hacia atrás, pasando por la matriz situada en el extremo del émbolo.

- El material fluye en sentido contrario a la dirección en la que se desplaza el émbolo.

- La extrusión en caliente permite la obtención de todo tipo de perfiles: angulares, tes, tubos, molduras de cualquier forma, etc.

*** Extrusión en frío.**

- El material se coloca en el centro de una matriz y se obliga a que fluya entre las paredes de ésta y las de un punzón que lo presiona enérgicamente.

- Es necesario emplear materiales muy dúctiles (plomo, estaño, aluminio, cinc, etc.).

- La presión del punzón debe ser muy elevada y aplicada por choque, pues de esta manera la energía del impacto produce calor, lo que facilita la extrusión.

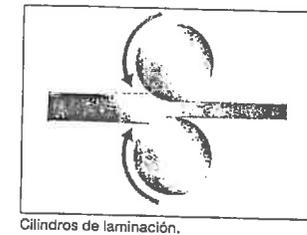
- Puede ser también directa o inversa, con la diferencia de que en lugar del émbolo se utiliza un punzón.

- La extrusión en frío se aplica para obtener objetos varios como: tubos de pasta de dientes, tubos de crema, de pegamento, vainas para pilas cilíndricas, condensadores, etc.

*** Laminación.**

- La laminación es un proceso de conformación plástica en el que el metal se deforma al pasar entre dos cilindros superpuestos que giran en sentidos contrarios.

- A través de sucesivas pasadas se reduce el espesor del material de partida y se adapta su forma para obtener barras, planchas o perfiles.



- Los cilindros de laminación son accionados por motores eléctricos.

- Las deformaciones producidas por laminación son similares a las producidas por la forja, por lo que todos los metales forjables serán aptos para ser laminados.

- La laminación se puede emplear para todos los metales, especialmente el hierro y el acero, pero también el aluminio, cobre y cinc.

- La laminación se puede realizar:

* *En caliente:* se puede considerar como una forja continua.

- Se realiza a temperaturas comprendidas entre la de recristalización y la de fusión.

* *En frío:* se lleva a cabo a temperatura ambiente.

- Existe el riesgo de que los materiales adquieran acritud al deformarse, por ello, después de la laminación se suelen someter al proceso de recocido, para eliminar las tensiones resultantes del proceso.

- A continuación, se les aplican los tratamientos de acabado necesarios.

- La laminación en frío se utiliza en la industria del acero, cuando se necesita chapa muy fina, con buen acabado superficial y un estrecho margen de tolerancia en su espesor.

- Esto produce una fuerte perturbación en la estructura interna de la banda, lo que origina una reducción muy importante de la capacidad de deformación del acero, que puede hacerle inservible para la industria transformadora.

- Para solucionar estos problemas se realiza un proceso de recocido.

* *Tipos de laminadores.*

- La unidad básica de laminación o caja está compuesta por dos cilindros, aunque se pueden utilizar cajas compuestas.

- Las combinaciones más frecuentes son:

* *Dúos:* son cajas de dos cilindros de ejes horizontales.

- El diámetro del cilindro superior suele ser un poco mayor que el del inferior.

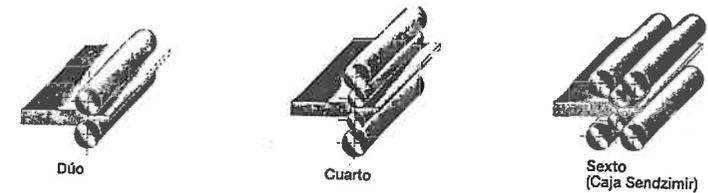
- Si los dos cilindros giran a la misma velocidad angular debe cumplirse que: $\frac{v_1}{r_1} = \frac{v_2}{r_2}$

Donde r_1 = radio del cilindro superior.
 r_2 = radio del cilindro inferior. ($r_1 > r_2$)

- Por tanto, la velocidad lineal en un punto de la periferia del cilindro inferior será menor que en el cilindro superior.

- De esta forma, las fibras de material laminado que están en contacto con el cilindro superior se mueven a una velocidad ligeramente mayor.

- Por este motivo, la barra tiende a deformarse hacia abajo y queda apoyada en un soporte que hace innecesaria toda guía.



* *Cuartos:* son cajas de cuatro cilindros en un mismo plano vertical.

- Los cilindros interiores son más pequeños y constituyen los verdaderos cilindros de laminación.

- Los cilindros exteriores son de apoyo.

* *Sextos:* son otro tipo de agrupamiento conocido como caja de Sendzimir.

- Hay otras agrupaciones de tres, doce e incluso veinte cilindros.

* *Trenes de laminación.*

- El metal pasa entre los cilindros y es arrastrado por efecto de la fricción.

- Si se quiere obtener una reducción grande del espesor en una sola pasada, no se produciría el arrastre, por lo que en muchas ocasiones resulta necesario realizar una serie de pasadas sucesivas y escalonadas a través de los cilindros.

- Esto se lleva a cabo por medio de los trenes de laminación.

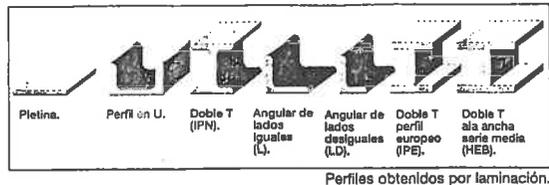
- El tren de laminación es el conjunto de varios laminadores o cajas de laminación, dispuestos de manera que el material pase sucesivamente a través de ellos, hasta que se obtiene el perfil o la forma deseada.

- Muchos de los productos que se obtienen de los trenes de laminación son empleados posteriormente en las industrias para fabricar productos elaborados.

- Estos productos suelen estar normalizados, siendo los más usuales:

* **Chapas:** pueden ser de diferentes espesores y se embalan en grandes rollos para su traslado.

* **Perfiles:** son barras metálicas cuya sección tiene diversas formas (simple tes, dobles tes, cuadradas, rectangulares, triangulares, etc.



* **Tubos:** son barras huecas de sección cuadrada, rectangular o circular.

*** Estirado.**

- El estirado es un proceso de conformación plástica por medio del cual, se produce una disminución de la sección de un material determinado, modificando sus propiedades mecánicas.

- Esto se consigue haciendo pasar al material a través de unos orificios calibrados denominados hileras.

- Las condiciones que debe cumplir un metal o aleación para que se pueda conformar mediante estiramiento son:

* Ser suficientemente dúctil.

* Ser suficientemente tenaz, ya que el esfuerzo principal al que se somete al material es de tracción.

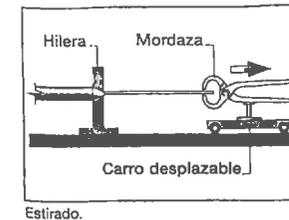
* Tener una buena calidad y uniformidad en su composición ya que cualquier defecto puede provocar la rotura de la barra a estirar.

- Los metales que más frecuentemente se trabajan por estirado son: el cobre, el acero extradulce, los latones, el aluminio, el magnesio y sus aleaciones.

- El objetivo del estirado es calibrar, endurecer el material o dar una forma determinada a una barra mediante adelgazamiento.

*** Operación de estirado.**

- El estirado se realiza en unas máquinas horizontales que se llaman bancos de estirar.



- En estos bancos una hilera, fija en una bancada (sustentación), obliga a una barra o a un tubo a pasar por un canal troncocónico.

- Con esto se consigue una disminución de la sección de la barra o tubo.

- La sección de reducción que se coloca en el cono varía según el material que se desea estirar. Algunos ejemplos se pueden ver en la siguiente tabla:

Ángulo del cono de reducción de las hileras de estirado según los materiales	
Material	Ángulo del cono
Aceros dulces	12°-16°
Aceros duros	14°-18°
Latones pobres	4°-5°
Cobre	12°-16°
Aluminio	16°-20°

*** Trefilado.**

- El trefilado consiste en reducir el grosor de un producto metalúrgico (una barra de metal dúctil, alambre laminado, etc.) haciéndolo pasar mediante tracción por unos agujeros calibrados.

- El trefilado tiene por objeto alargar un material.

- Se utiliza para la fabricación de alambres por adelgazamiento de redondos de metales y aleaciones dúctiles.

- La disminución de la sección se consigue mediante pasos sucesivos a través de hileras.

* **Diferencias entre el trefilado y el estirado.**

- El procedimiento de trabajo es prácticamente el mismo, pero hay diferencias entre estos dos métodos de conformación.

- Estas diferencias son:

* El estirado se aplica a barras de 4 a 6 metros de longitud y diámetro mayor de 10 mm. También se aplica a tubos.

- El trefilado se aplica a redondos obtenidos por laminación de diámetros comprendidos entre 5 y 8 mm. que no se presentan en barras, sino enrollados.

* En el estirado el adelgazamiento del material no es un fin, sino un medio para calibrar, endurecer por deformación o dar una forma determinada a una barra.

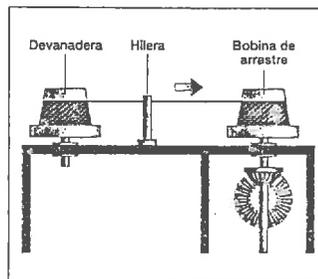
- Por el contrario, en el trefilado lo que se pretende es adelgazar el material y el calibrado y el endurecimiento son objetivos secundarios.

* En el estirado la operación se realiza de una sola vez, mientras que en el trefilado son necesarias varias pasadas para adelgazar el material.

* **Operación de trefilado.**

- El trefilado se lleva a cabo en máquinas de trefilar, que se componen de los siguientes elementos:

* **Devanadera:** es donde se coloca el material de redondo (material de partida).



Trefilado.

* **Hilera:** es una pieza con un pasante troncocónico para adelgazar el hilo.

- Según los metales que se van a trabajar, pueden ser de: acero ordinario, acero al cromo, acero al wolframio, carburo de wolframio.

- Cuando se quieren fabricar hilos muy finos se emplean hileras de diamante.

* **Bobina de arrastre:** es la parte que tira del alambre.

- Los rollos de redondo de acero (fermache) se colocan en la devanadera.

- El extremo del alambre se pasa por la hilera y se tira de él hasta engancharlo en la bobina de arrastre.

- A medida que la bobina gira el alambre se va enrollando sobre ella.

- Cada pasada por la hilera produce tensiones en la textura del metal por lo que puede ser necesario un tratamiento posterior de recocido.

- El conjunto de devanadera, hilera y bobina constituyen una máquina trefiladora simple.

- Hay trefiladoras múltiples en las que el alambre pasa de manera continua por hileras sucesivas.

- El trefilado tiene mucha importancia porque el alambre y los productos que se obtienen de este sistema son de gran aplicación en la industria.

- Entre estos productos podemos citar: alambres para ataduras, filamentos de lámparas eléctricas, alambres conductores, cables trenzados, clavos, tornillos, alambres de espino, telas metálicas, accesorios para joyas y bisutería, agujas, ejes para aparatos de medida, radios de bicicletas, etc.

- Mediante el trefilado se pueden obtener alambres de décimas de milímetro de extraordinaria precisión, incluso fabricación de cuerdas de piano.

* **Impacto medioambiental de la conformación por deformación.**

- La existencia de hornos en los procedimientos de deformación en caliente produce alteraciones térmicas en el ambiente de la sala de trabajo.

- Por esto es obligado el apantallamiento de las fuentes de calor y la ventilación del local, así como el uso de prendas de protección adecuadas.

- Por otra parte, en los casos en que se aplican fuerzas sobre elementos móviles (en los martillos de las forjas o en las prensas de estampación) se producen vibraciones que pueden afectar al operario.

- Por otro lado estas vibraciones se traducen en un ruido considerable que genera contaminación acústica.

CONFORMACIÓN POR MOLDEO.

** Procedimientos de fabricación.*

- Desde que se obtiene la materia prima hasta que se finaliza una pieza sólida para ser empleada por sí misma o para formar parte de un mecanismo, se llevan a cabo distintos procedimientos de fabricación.

- En muchas ocasiones, una misma pieza puede fabricarse de diferentes maneras.

- Resulta muy importante elegir la técnica más adecuada en cada caso, porque este aspecto influirá: en la calidad, en el acabado final de la pieza, en su coste y en su rapidez de fabricación.

- Los procedimientos empleados actualmente para la obtención de las piezas se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

** Conformación por moldeo.*

- Se realiza fundiendo el material y vertiéndolo en moldes que reproducen la forma de la pieza.



** Conformación por deformación.*

- Los materiales son golpeados o sometidos a presión, tanto en frío como en caliente.

** Conformación por adición.*

- Sirve para unir una serie de piezas e integrarlas en otras más complejas.

- Dentro de este grupo presenta especial interés la conformación por soldadura.



** Conformación por arranque de material.*

- El material es arrancado en forma de virutas o diminutas partículas, para quitar el sobrante de acuerdo con el plano de la pieza.

- Para este tipo de conformación se precisa de máquinas y herramientas.

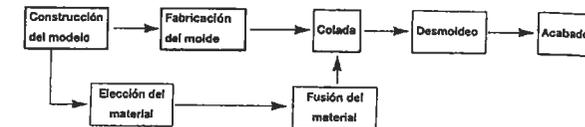
- Estos procedimientos se emplean para la conformación de metales y aleaciones, aunque muchos de ellos se pueden emplear con otros tipos de materiales.

** Técnicas de moldeo.*

- El moldeo es también conocido como fundición o colada.

- El moldeo es un procedimiento que consiste en calentar el material hasta su punto de fusión y, en ese momento, verterlo en un molde con la forma de la pieza que se pretende obtener.

- El moldeo de piezas metálicas, aunque varía según el proceso, debe seguir unas etapas determinadas, que se recogen en el siguiente diagrama de bloques.



- Una vez que se realiza el diseño de la pieza que se desea fabricar, es necesario construir un modelo.

- El modelo se suele fabricar de madera o yeso y de una forma totalmente artesanal.

- A partir del modelo se construye el molde que puede ser en arena o en coquilla.

- Si la pieza es hueca es preciso fabricar también los machos que son las piezas que recubren los huecos interiores.

- En todos los casos se debe tener en cuenta el material utilizado para la obtención de la pieza.

- El proceso de llenado del molde se conoce como colada.

- La pieza, una vez solidificada se extrae del molde. A esta acción se le llama desmoldeo.

- En muchos casos, y cuando se necesita precisión, deben realizarse tratamientos de acabado sobre las piezas obtenidas.

- Los materiales con los que se construyen las piezas suelen ser metales y aleaciones.

- Los materiales utilizados en el moldeo deben cumplir las siguientes características:

- * Punto de fusión bajo (para ahorrar combustible).
- * Calor latente de fusión bajo (para ahorrar energía).
- * Baja tensión superficial (para reproducir fielmente el molde).
- * Bajo coeficiente de dilatación en estado líquido (para que la contracción del metal sea pequeña).
- * Bajo coeficiente de dilatación en estado sólido (Para disminuir el peligro de formación de grietas durante el enfriamiento).
- * Aptitud para el llenado del molde.
- * Densidad elevada (para que el peso del metal compense la tensión superficial y la falta de fluidez y permita una fiel reproducción del molde).

*** Materiales que se utilizan para fabricar el modelo.**

- Los modelos se pueden realizar de una gran cantidad de materiales como: madera, yeso, fundición de hierro, latón, aleaciones de aluminio y actualmente resinas plásticas.

- El material más utilizado es la madera (pino y haya) porque es fácil de trabajar, relativamente barata y de poco peso.

- El problema que presenta es su escasa resistencia a la humedad, que se puede paliar pintando los moldes.

- La madera se suele utilizar para fabricar piezas aisladas o de pequeñas series.

*** Moldeo en arena.**

- Los moldes se fabrican con arenas compuestas fundamentalmente de sílice (Si O₂), cuyos granos se aglomeran con agua y arcilla.

- Los componentes de las arenas de moldeo son: sílice (75%), arcilla (20%) y agua (5%).

- Como en la arena existe una cierta cantidad de agua, puede emplearse de las siguientes maneras:

- * Húmeda: esta técnica se conoce como moldeo en verde.
- * Secada en estufa: a temperaturas de 300 - 400° C; de esta forma aumenta su cohesión.
- * Flameada: sometida, simplemente, a un secado superficial.

- La arena que se debe emplear para la elaboración de moldes y machos se elige en función del material que se vaya a utilizar y de la forma y dimensiones de la pieza que se quiere obtener.

- La arena utilizada debe tener las siguientes propiedades:

- * Plasticidad en estado húmedo: para que pueda reproducir los detalles de los modelos.
- * Permeabilidad para permitir el paso a través de ella del aire y de los gases que se producen durante la colada.
- * Refractoriedad manifestada en un punto de fusión elevado para resistir sin reblandecerse ni fundirse las altas temperaturas de la colada.
- * Cohesión: para que el molde y el macho mantengan su forma al retirar el modelo.
- * Conductividad calorífica adecuada: para que el material o la aleación se enfríe en el molde a la velocidad deseada.
- * Deformabilidad suficiente: que permita la contracción de la pieza al enfriarse.
- * Precio aceptable.

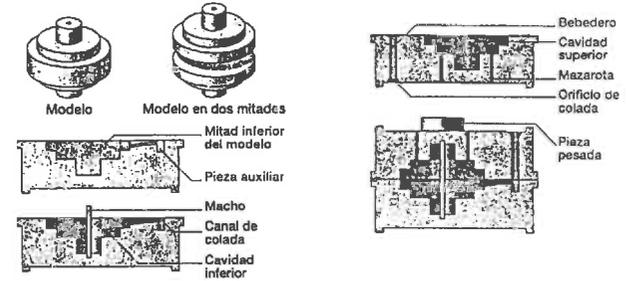
- El proceso del moldeo en arena se realiza en los siguientes pasos:

1.- División del modelo por la mitad.

- Una de las partes se coloca sobre una tabla (tabla de modelo).

- Se adapta una caja sin fondo ni tapa, se rellena con arena y se apisona fuertemente para evitar que se desmorone al extraer el modelo.

- Se tapa herméticamente y se le da la vuelta.



2.- Se repite el proceso con la otra mitad del modelo.

- En este caso se incorpora el bebedero, la mazarota y el canal de colada.

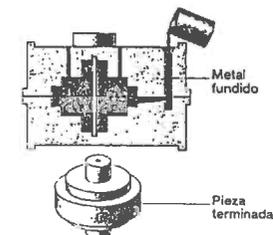
* **Bebedero:** conducto en forma de embudo por donde se vierte el material fundido con el objeto de rellenar el molde.

* **Mazarota:** especie de conducto de pequeñas dimensiones que se encuentra en comunicación con el molde y que tiene como misión asegurar su completo llenado y permitir la evacuación de gases de su interior.

* **Canal de colada:** sirve para conducir el material fundido desde el bebedero hasta el molde (el vertido no se puede realizar directamente en el molde, porque éste podría sufrir alteraciones que producirían piezas defectuosas).

3.- Se abre el molde y se extrae el modelo de su interior.

4.- Cerrado del molde y se coloca una pieza pesada sobre él.



5.- Vertido del metal fundido.

- Se vierte el metal fundido hasta rellenar el hueco originado por el modelo, dejando transcurrir el tiempo necesario para que el metal solidifique.

- A continuación, se rompe el molde y se elimina la arena que haya quedado adherida a la pieza.

- Se trata de un proceso económico, ya que, la arena puede ser reutilizada.

- Este sistema es apropiado para todo tipo de metales, sea cual sea su temperatura de fusión.

- El moldeo en arena tiene el inconveniente de que es necesario construir un molde por cada pieza a fabricar, ya que el molde se destruye en el proceso de desmoldeo.

* Moldeo en coquilla.

- El inconveniente fundamental del moldeo en arena es la necesidad de fabricar un molde por cada pieza fundida.

- Para evitar este inconveniente existe la posibilidad de utilizar coquillas.

- Las coquillas son moldes metálicos permanentes que sirven para obtener un número muy elevado de piezas iguales utilizando el mismo molde.

- Las coquillas son mucho más caras que los moldes de arena, por lo que, para que resulten rentables es necesario fabricar con ellas un determinado número de piezas que (como mínimo de 20.000 a 40.000 piezas con un mismo molde).

- El metal es mejor conductor del calor que la arena, por lo que la velocidad de enfriamiento de la pieza será mayor y por tanto, la estructura y propiedades mecánicas de la pieza serán mejores.

- Con este tipo de moldeo se consigue una mayor precisión de las piezas fundidas, lo que reduce el mecanizado posterior y mejora el aspecto superficial.

- Según la forma de hacer la colada hay tres modalidades de moldeo en coquilla:

* Colada por gravedad.

* Colada bajo presión.

* Colada centrifugada.

1.- Fundición en coquilla por gravedad.

- La colada se realiza de la misma manera que el moldeo en arena, es decir, por acción exclusiva de la gravedad, sin aplicar presión suplementaria alguna.

- Para que resulte rentable la fabricación de la coquilla deben conseguirse series de al menos 1000 piezas.

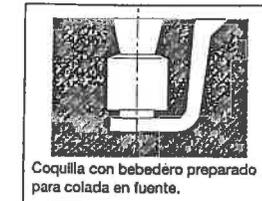
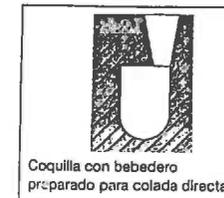
- Hay diversas maneras de realizar la colada:

* Directa (en caída o en descenso).

- Se lleva a cabo por la parte superior del molde.

- Sólo se emplea cuando la altura es pequeña, recomendándose verter el material con suavidad sobre una pared.

- Presenta el inconveniente de que pueden aparecer inclusiones de aire o de espuma.



* En fuente.

- El llenado, debe efectuarse rápidamente por medio de uno o más bebederos que llegan desde la superficie superior hasta la base del molde de la coquilla.

* Por el costado.

- Esta colada transcurre de una manera más suave que la colada directa.

- Los bebederos pueden colocarse inclinados o adoptar diferentes formas.

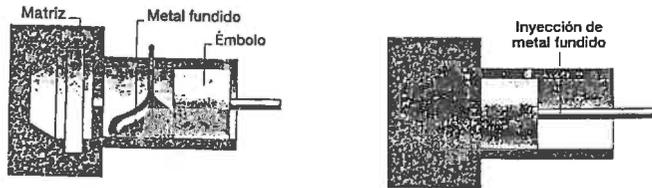
- Es frecuente colocar dos de los bebederos simétricos y verter el metal alternativa o simultáneamente, para uniformizar la temperatura.

- Estos tipos de colada se utilizan también en otros tipos de procedimiento de moldeo (por ejemplo: para realizar el moldeo en arena).



2.- Fundición en coquilla bajo presión.

- En este tipo de moldeo el metal se introduce en el interior del molde bajo presión.
- Esta presión provoca que el metal fundido se comporte como un líquido muy fluido, que llena el molde rápidamente y reproduce fielmente los detalles más finos.



- La fundición a presión se realiza siempre mediante máquinas que pueden ser:
 - * De cámara fría: el horno donde se encuentra el metal fundido y la unidad de inyección se encuentran totalmente separados.
 - * De cámara caliente: el horno y la unidad de inyección forman un único elemento.
- Actualmente, hay máquinas modernas que realizan la fundición a presión en ciclos completamente automatizados.
- Este tipo de colada se utiliza especialmente para fabricar piezas pequeñas de aleaciones de bajo punto de fusión (cinc, aluminio, magnesio.....):
 - * Piezas para automóviles: cuerpos de carburadores, bombas, volantes, bloques de motores, etc.
 - * Piezas para aparatos o máquinas de uso doméstico: aspiradoras, máquinas de coser, etc.
 - * Carcasas de motores eléctricos, herramientas, piezas de cerrajería, etc.
- Este método tiene las siguientes ventajas:
 - * Pueden fundirse piezas de formas complicadas de una manera bastante económica.
 - * Se obtienen piezas con gran precisión, buen acabado y excelentes propiedades mecánicas.
- El inconveniente es que los moldes resultan costosos: (sólo resulta rentable para la producción de grandes series, superiores a las 1000 piezas).

3.- Colada centrifugada.

- Este tipo de colada se realiza haciendo girar el molde alrededor de un eje de simetría, horizontal o vertical, con lo que la fuerza centrífuga hace que el metal fundido rellene todas las cavidades del mismo.
- Se utiliza, fundamentalmente, para modelar piezas de revolución (por ejemplo: tubos) sin la necesidad de utilizar machos.
- El metal fundido se depositará sobre las paredes del molde y el espesor del tubo estará en función de la cantidad de metal colocado.
- De todas formas, este procedimiento se puede utilizar para construir piezas de cualquier forma, siempre que se encuentren uniformemente dispuestas alrededor del eje de giro del molde.

- Las ventajas de este sistema son:

- * La fuerza centrífuga produce un aumento de la fluidez del metal, por lo que se pueden colar espesores menores que en el caso de fundición por gravedad.
- * Las piezas obtenidas presentan pocas grietas.

- El inconveniente fundamental de este sistema reside en el coste del molde.

* Moldeo a la cera perdida.

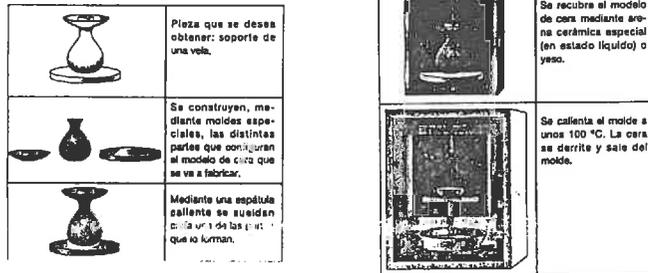
- Es una de las técnicas de moldeo más antiguas, que tradicionalmente se ha utilizado para la fabricación de objetos artísticos y decorativos.
- Algunas estatuas romanas, como la de Marco Antonio en el Capitolio, fueron realizadas de esta manera.
- Actualmente, se utiliza mayoritariamente para la realización de piezas de joyería (medallas, objetos en oro y plata).
- En general, se utilizan para piezas pequeñas que requieren una extraordinaria precisión y en las que la obtención del modelo resulta complicada.

- Los pasos para realizar esta colada son los siguientes:

* Se crea un modelo con cera y posteriormente se recubre con una mezcla de un 70% de arena de sílice y un 30% de yeso.

- En algunas ocasiones se introduce en un recipiente que contiene sílice mezclada con un agente aglomerante (silicato de etilo) para formar un molde lo suficientemente rígido.

- Es necesario prever los agujeros para la colada y para la salida de aire.



* Se deja secar la arena para que tome la forma del modelo.

* Se calienta el molde a unos 100° C, la cera se funde y se recoge para su reutilización posterior.

* Se realiza la colada del metal y se deja solidificar.

* Se rompe el molde y se extrae la pieza.

- Dado que este proceso se utiliza para fabricar piezas pequeñas, se suelen unir muchas piezas de cera alrededor de un árbol central, también de cera.

*** Moldeo en cascada (shell-moulding).**

- Este tipo de moldeo fue inventado por el alemán Croning.

- Para realizar los moldes, se mezcla la arena con una proporción que varía entre un 5 y un 10% de una resina plástica (fenol-formaldehído).

- La arena mezclada con esta resina se pone en contacto con el modelo previamente calentado a una temperatura comprendida entre 200 y 260° C.

- Por efecto del calor, la resina aglomera la arena en un espesor de unos 5 a 8 mm, según el tiempo de contacto y la calidad de la resina.

- De esta forma obtenemos un molde muy poroso en forma de cáscara, que se separa del modelo.

- El moldeo en cascada se realiza mediante máquinas especiales y presenta las siguientes ventajas:

* Los moldes son muy ligeros.

* El proceso se realiza con rapidez y en espacios reducidos.

* Las piezas son de mayor precisión que las obtenidas con el moldeo en arena.

* Las piezas son más homogéneas que las obtenidas mediante el moldeo en arena.

- Los inconvenientes de este sistema son:

* La inversión en maquinaria sólo es rentable si se aplica a grandes series.

* La arena que se utiliza tiene un precio entre cinco y seis veces mayor que la arena ordinaria de moldeo, debido a la resina.

* El modelo no puede construirse de yeso o madera, porque son malos conductores del calor, por lo que, se necesitan modelos metálicos que son más caros.