



Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
Dto. De Ingeniería agrícola y Forestal

# **Materiales utilizados en las máquinas agrícolas y procesos de fabricación**

## ***Curso de Mecánica Aplicada.***

**Autores: Prof. Draghi, Laura**

**Ing. Agr. Guilino, Facundo**

**Año: 2015**

En la industria de la maquinaria agrícola, los metales en estado puro tienen una aplicación relativamente escasa, básicamente por dos razones principales: sus inadecuadas propiedades mecánicas y sus malas condiciones en cuanto a fundición. Es por ello se utilizan las denominadas aleaciones, que resultan de la unión de dos o más metales, o incluso de la unión de un metal con otros no metales, pero con aspectos y propiedades definidas.

Mediante una adecuada elección de los componentes intervinientes en la aleación, se logra gran variabilidad en sus propiedades y la posibilidad de someterse a tratamientos térmicos, lográndose mayor resistencia mecánica y adecuado comportamiento en fundición.

En una aleación vamos a encontrar dos componentes básicos: el metal base, que se encuentra en mayor proporción y uno o más metales aleados para atenuar o acentuar las propiedades de aquel.

Por otro lado, los elementos de máquinas y tractores pueden ser fabricados con otros materiales no metálicos como: plásticos, cerámicos, caucho, polímeros, vidrios.

Podemos diferenciar cuatro tipos de aleaciones:

- ✓ Aleaciones Férricas (el metal base es el hierro)
- ✓ Aleaciones no férricas (el metal base no es el hierro)
- ✓ Aleaciones ligeras (el metal base es aluminio o manganeso)
- ✓ Otras aleaciones.

### ***Aleaciones Férricas:***

**Acero:** aleación férrica de hierro y carbono donde este último no supera el 2%, si el porcentaje es mayor recibe el nombre de fundición. Se clasifican en blandos (acero de bajo carbono), si tienen menos del 0,25% de C, aceros de medio carbono si tienen entre 0,25 y 0,6%, y de alto contenido de carbono que son los menos dúctiles pero más resistentes, los que tienen entre 0,6 y 2% de C. El carbono es el elemento principal que modifica las características mecánicas del acero; cuanto mayor es el porcentaje de carbono mayores serán la resistencia y la dureza del acero, pero también será más frágil y menos dúctil.

**Según su composición se clasifican en:**

- ✓ Aceros al carbono: excepto el hierro y carbono, no presentan otros elementos agregados salvo impurezas.

- ✓ Aceros aleados: además del C y Fe, tienen otros elementos añadidos presentes en cantidad suficiente como para alterar sus propiedades. Los elementos aleados utilizados son cromo, Manganeso, molibdeno, níquel, silicio, vanadio y walframio, también pueden aparecer el cobre y el plomo.

### **Según su designación se clasifican:**

**Según AISI:** La norma AISI (American Iron and Steel Institute) utiliza un esquema general para realizar la especificación de los aceros mediante 4 números:

#### **AISI ZYXX**

El significado de los anteriores campos de numeración es la siguiente:

**XX** indica el tanto por ciento (%) en contenido de carbono (C) multiplicado por 100;

**Y** indica, para el caso de aceros de aleación simple, el porcentaje aproximado del elemento predominante de aleación;

**Z** indica el tipo de acero (o aleación). Los valores que puede adoptar Z son los siguientes:

Z=1: si se trata de aceros al Carbono (corriente u ordinario);

Z=2: si se trata de aceros al Níquel;

Z=3: para aceros al Níquel-Cromo;

Z=4: para aceros al Molibdeno, Cr-Mo, Ni-Mo, Ni-Cr-Mo;

Z=5: para aceros al Cromo;

Z=6: si se trata de aceros al Cromo-Vanadio;

Z=7: si se trata de aceros Al Tungsteno-Cromo;

Z=8: para aceros al Ni-Cr-Mo;

Ejemplos de designación de tipos de aceros según la norma AISI.

#### **- AISI 1020:**

1: para indicar que se trata de un acero corriente u ordinario;

0: no aleado;

20: para indicar un contenido máx. de carbono (C) del 0,20%.

**- AISI 3215:**

3: acero al Níquel-Cromo;

2: contenido del 1,6% de Ni, 1,5% de Cr;

15: contenido del 0,15% de carbono (C).

**- AISI 4140:**

4: acero aleado (Cr-Mo);

1: contenido del 1,1% de Cr, 0,2% de Mo;

40: contenido del 0,40% de carbono (C).

**Según SAE:** La norma SAE (Society of Automotive Engineers) clasifica los aceros en distintos grupos, a saber:

➤ ACEROS AL CARBONO:

La denominación que emplea la normativa SAE para los aceros al carbono es según el siguiente esquema:

SAE 10XX, donde XX indica el contenido de Carbono (C).

Ejemplos:

SAE 1010 (con un contenido en carbono entre 0,08 - 0,13 %C)

SAE 1040 (0,3 - 0,43 %C)

➤ ACEROS DE MEDIA ALEACIÓN:

Son aceros al Mn, y su denominación según SAE es del tipo SAE 15XX, donde el porcentaje de Mn varía entre 1,20 y 1,65, según el %C.

Ejemplos:

SAE 1524, con contenido en el rango de 1,20 - 1,50 %Mn, y son empleados para construcción de engranajes;

SAE 1542, indica un contenido del 1,35 - 1,65 %Mn, y son empleados para temple.

➤ ACEROS ALEADOS:

A continuación se indican su denominación SAE según los elementos de aleación que lleven incorporados:

• Ni

Denominación SAE: 23XX, 25XX.

El contenido en níquel (Ni) aumenta la tenacidad de la aleación, pero no la templabilidad, por lo que deberá incluir otro elemento aleante como Cr ó Mo.

• Cr-Ni

Denominación SAE: 31XX, 32XX, 33XX, 34XX

Ejemplo:

SAE 3115 (1,25 %Ni y 0,60 a 0,80 %Cr), que ofrece una gran tenacidad y templabilidad, no obstante el elevado contenido en Ni dificulta la maquinabilidad. Aleación utilizada en la fabricación de cigüeñales.

• Mo

Denominación SAE: 40XX, 44XX

Son aleaciones que aumenta levemente la templabilidad del acero.

• Cr-Mo

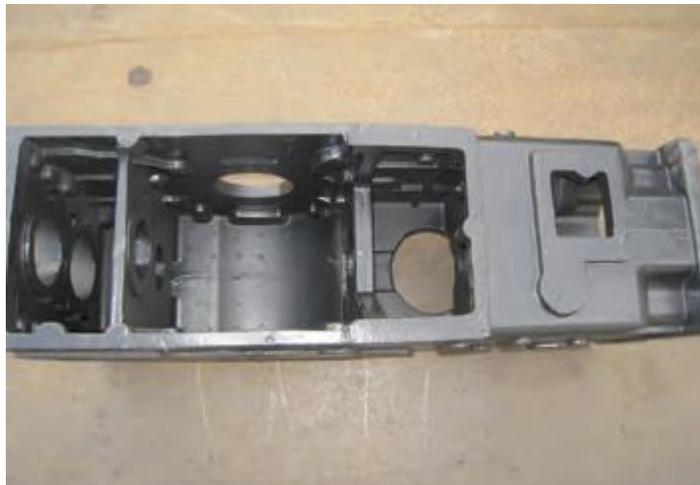
Denominación SAE: 41XX

Son aleaciones que poseen 1,00 %Cr y de 0,15 a 0,30 %Mo. Se utilizan para nitrurado, tornillos de alta resistencia, etc.

**FUNDICIONES:** aleación de hierro y carbono con 2% ó mas de carbono. Significa que la pieza ha sido diseñada por fundir un material dentro de un molde para que tome su forma una vez enfriado. Quizá el mayor volumen de componentes del tractor lo ocupan aquellos que se han fabricado por fundición. Por ejemplo, todas las carcasas y hasta el cárter, pasando por ejes y engranajes, son piezas de fundición.



Carcasa de eje trasero hecha de fundición gris



Carcasa de transmisión hecha de fundición gris

**Fundición gris** es el término más conocido para llamar al hierro fundido ó colado. Es la aleación ferrosa más utilizada. Incorpora silicio (1-3%) y manganeso. El carbono se encuentra como grafito que es el que da el color gris a la ruptura.

Se encuentra muy presente en el tractor porque es poco costosa, se mecaniza muy bien, tiene elevada resistencia al desgaste, es fácil de soldar y el silicio le da resistencia a la corrosión. Por otro lado, es muy frágil, no es dúctil, no es tenaz, tiene baja resistencia a la tracción y al impacto.

**Fundición blanca** se diferencia de la gris por el contenido de silicio en la pieza. La velocidad de enfriamiento de la colada es la diferencia con la fundición gris. En este caso la velocidad es rápida quedando el carbono en forma de cementita en lugar de grafito.



Monoblock de tractor.

### Otros materiales: **CERAMICOS DE ALTA RESISTENCIA**

Son cerámicos para uso ingenieril con resistencia mecánica superior a lo habitual para estos materiales. La base de su mayor resistencia no es un cambio fundamental en su composición química, sino en su estructura. Los cerámicos son materiales inorgánicos, no metálicos, buenos aislantes, con temperatura de fusión muy elevada y de comportamiento frágil. Son sólidos que se obtienen con la aplicación de calor y a veces con la combinación de calor y presión, comprimiendo por lo menos dos elementos con la condición de que uno de ellos es un no-metal ó un elemento sólido no–metálico. El otro elemento(s) puede ser un metal(s) u otro elemento sólido no-metálico. Comparados con los materiales metálicos, son mucho más livianos y su campo de aplicación es sumamente amplio, desde uso en la industria espacial a usos en prótesis dentales. Todas estas propiedades, hacen que los materiales cerámicos sean imposibles de fundir y de mecanizar por medios tradicionales (fresado, torneado, brochado, etc). Por esta razón, su fabricación se hace en base a un tratamiento de sinterización que es un tratamiento térmico de un polvo o compactado cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para incrementar la fuerza y la resistencia de la pieza creando enlaces fuertes entre las partículas generando un material de alta resistencia y dureza. Las ventajas de la sinterización son:

- Obtención de las piezas a temperaturas relativamente bajas (ahorro energético).
- Permite la obtención de las piezas directamente con su forma definitiva (proceso rápido).

- Y se usa totalmente el material, sin generar residuos, como pueden ser virutas o polvo (ahorro de materias primas y productos).

Los cerámicos de alta resistencia tienen en su composición diferentes compuestos: Alúmina, carburo de Boro, carburo de silicio, dióxido de zirconio.



Picos de pulverizadoras construidos de cerámica

**SINTERIZADO:** tratamiento térmico de un conglomerado de polvo, compactado metálico o cerámico sin llegar al punto de fusión, que moldeados por presión produce materiales de alta resistencia y dureza.



**Plásticos:** Son polímeros derivados del petróleo que se caracterizan por su alto peso molecular, baja densidad, alta resistencia a la corrosión, baja conductividad térmica y eléctrica. Estos actualmente son cada vez más utilizados entre los componentes de un tractor agrícola, podemos mencionar a modo de ejemplos: capot, guardabarros, componentes del interior de la cabina, etc.

Se pueden clasificar en: **1) Termoplásticos:** es el grupo más numeroso, entre el 78 y 80% del consumo total. Se caracterizan por ablandarse en presencia de calor y endurecen cuando enfrían, repitiéndose las veces que sean necesarias. Ejemplos: polietileno, policarbonato, polipropileno, metacrilato, etc.

**Polietileno:** tiene un uso muy difundido, pueden fabricarse depósitos de combustible, tolvas, paredes de invernaderos, tuberías de goteo, envases, etc.



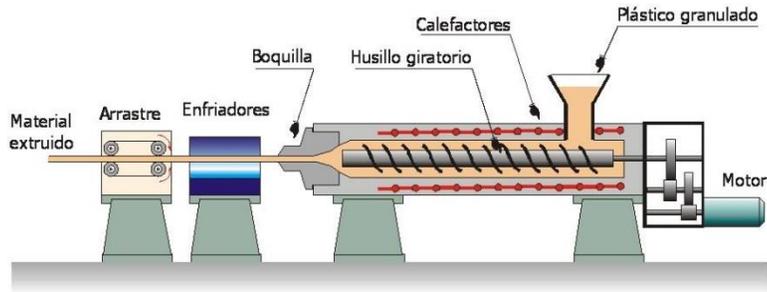
**Policarbonato:** se usa en faros y ópticas y como sustituto del vidrio en cabinas.



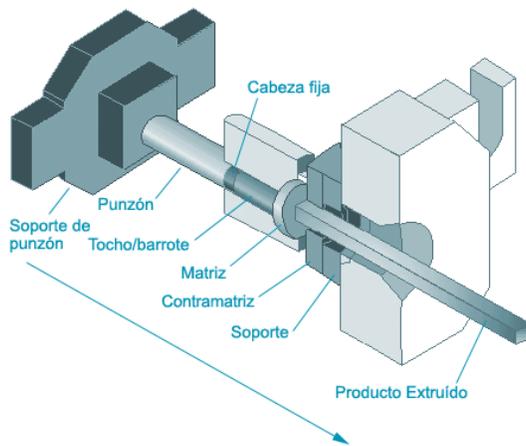
**Polipropileno:** se usa en cajas de baterías, aire acondicionado, hilos en pacas de forraje.

Las técnicas de fabricación son básicamente dos:

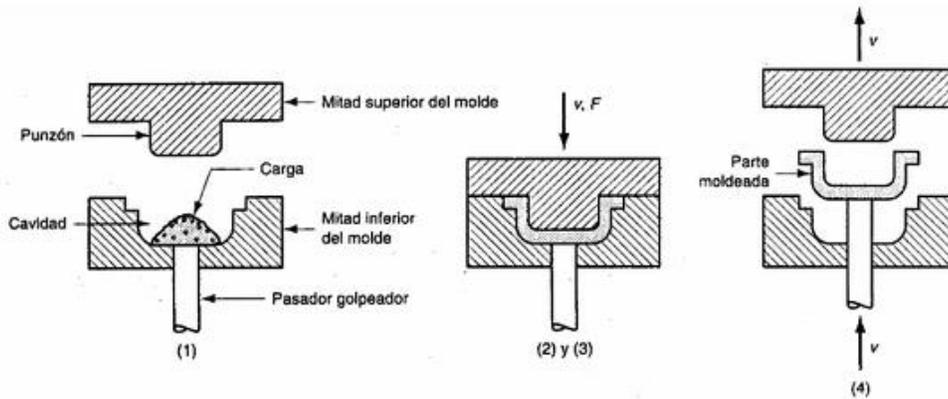
- **Moldeo a alta presión:** los moldes son fabricados con alguna clase de metal, y existen tres métodos: extrusión, inyección y compresión. En todos los procesos mencionados el material previamente calentado es presionado y obligado a atravesar una matriz.



Inyección de material plástico.

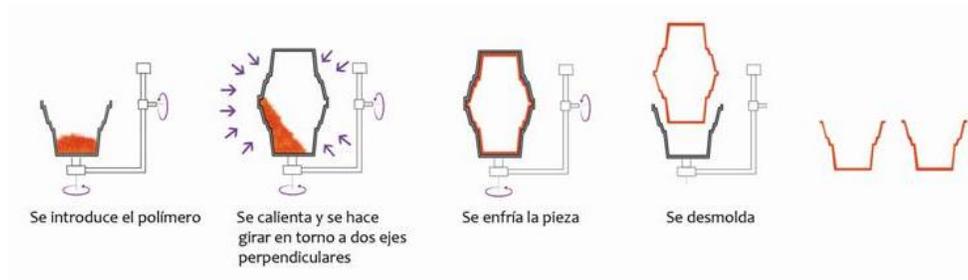


Extrusión en aluminio.



Moldeo por compresión de plásticos.

- **Moldeo a baja presión:** por vacío ó rotomoldeo. Este último es muy utilizado para la fabricación de depósitos de combustible. El material (un polímero) se coloca en el molde, el cual una vez cerrado se calienta y se gira alrededor de dos ejes para garantizar una repartición uniforme del material en toda su superficie.



**2) Termoestables:** son menos numerosos pero de gran importancia, solo pueden moldearse o deformarse una sola vez.

**Poliuretano:** se utiliza en relleno de asientos, volantes, paneles de puertas.

**Policiclopentadieno:** plástico más utilizado en la actualidad, se utiliza para la fabricación de piezas de grandes dimensiones. Las cabinas actuales en su totalidad se construyen en base a este material.

## Propiedades de los metales

**Propiedades mecánicas:** son aquellas que definen el comportamiento de un metal ante la aplicación de una carga externa capaz de modificar su forma. Entre las más importantes se encuentran:

- *Carga de rotura:* capacidad para soportar una carga externa sin romperse. Se mide en  $\text{Kg/mm}^2$
- *Dureza:* propiedad que define el grado de deformación permanente que sufre el metal bajo la acción directa de una determinada carga. Los métodos que se utilizan para calcular son : método de Brinell, Rockwell y Vickers
- *Elasticidad:* capacidad de un cuerpo para recuperar su forma inicial al retirar la carga que provoca su deformación.
- *Fatiga:* capacidad de un cuerpo para soportar cargas periódicas (alternativas o intermitentes) sin llegar a romperse.
- *Fluencia:* propiedades de los metales de deformarse espontáneamente sin aplicación de cargas externas.

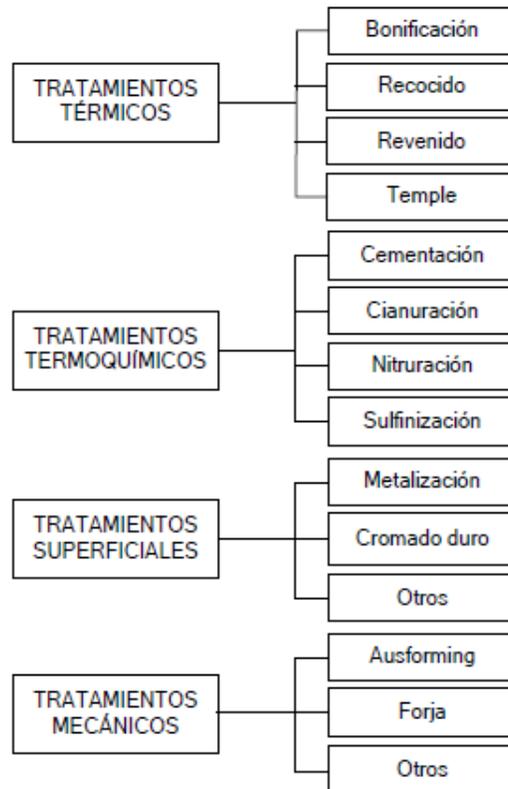
- *Fragilidad*: propiedad que define la falta de plasticidad y tenacidad.
- *Plasticidad*: propiedad que se refiere a la deformación remanente cuando desaparece la carga externa. Si la deformación se produce por un esfuerzo de tracción, la plasticidad pasa a denominarse **ductilidad**, mientras que si la deformación se produce por aplastamiento mediante un esfuerzo de compresión, se denomina **maleabilidad**.
- *Tenacidad*: se trata de la resistencia a la rotura por esfuerzos que deforman el metal. Para ser tenaz un cuerpo requiere ser elástico y plástico simultáneamente.

**Propiedades tecnológicas:** trata de aquellas propiedades referentes a la adaptación que presenta un determinado material bajo diferentes procesos al cual se halla sometido.

- *Colabilidad*: es la mayor o menor facilidad de un material para poder fluir y llenar un molde cuando el metal se encuentra al estado líquido.
- *Ductilidad*: capacidad de deformación plástica de un material antes de su rotura.
- *Maleabilidad*: facilidad de un metal maleable para ser deformado en forma de láminas
- *Maquinabilidad*: mayor o menor facilidad que tiene un material para ser mecanizado con herramientas de corte.
- *Templabilidad*: mayor o menor facilidad que presenta un material para ser penetrado por el temple.

## **Tratamientos de los materiales.**

Los diferentes tratamientos a lo que puede verse sometida una pieza metálica los podemos agrupar en 4 tipos:



**Tratamientos térmicos:** son aquellos tratamientos mediante el cual la pieza se somete a calentamientos y enfriamientos controlados, variando las propiedades mecánicas de los metales pero sin variar las propiedades químicas. Especialmente indicado en el caso de los aceros y fundiciones, aunque también se realiza para los metales no férricos.

**Bonificación:** temple seguido de un revenido cuya finalidad es incrementar la resistencia mecánica y tenacidad de la pieza.

**Temple:** es un tratamiento térmico que consiste en un calentamiento hasta una temperatura algo superior a la crítica, el mantenimiento y posterior enfriamiento rápido adecuado. Con esto se logra aumentar la resistencia a la tracción, la dureza, elasticidad y resistencia a la corrosión de los aceros, pero reduce su tenacidad, es decir, se hace más frágil.

**Recocido:** consiste en el calentamiento a una temperatura y un tiempo determinado, seguido de un enfriamiento lento de la pieza.

**Revenido:** consiste en un calentamiento algo inferior a la temperatura crítica y posterior enfriamiento al aire, hasta alcanzar la temperatura ambiente. Se aplica a piezas previamente templadas y su finalidad es eliminar las tensiones y fragilidad producida durante el temple de las piezas.

**Tratamientos termoquímicos:** la pieza se ve afectada por una serie de procesos de calentamiento y enfriamientos controlados, al igual que los tratamientos térmicos, pero en este caso hay alteraciones en la composición química también de la capa superficial de la pieza.

**Cementación:** tratamiento destinado a aumentar el contenido de carbono en las capas más superficiales de la pieza, incrementándose la resistencia del material, necesario cuando dicha pieza es sometida a esfuerzos importantes. Esta va acompañada de un templeado y revenido posterior.

**Tratamientos superficiales:** mejoran la superficie de la pieza sin afectar su composición química.

**Metalización:** consiste en la aplicación de una capa de metal sobre la superficie de la pieza mediante una pistola, por lo que no se altera en ningún caso el metal base original. Posteriormente al tratamiento, la pieza se somete a una operación de acabado mediante herramientas de corte. Suele emplearse el aluminio, cinc, plomo como material protector. Este tratamiento es utilizado para reparar piezas fundidas defectuosas, protección al desgaste y agentes externos, utilizando un metal más duro que el metal base.

**Cromado duro:** recubrimiento con cromo realizado en metales, con el fin de aumentar la resistencia al desgaste, rayado y corrosión. Se utiliza en la fabricación de motores a explosión, concretamente en ejes, camisas, cigüeñales, levas, etc.

### **Tratamientos mecánicos:**

**Forja:** se trata de una deformación violenta de los metales a una temperatura adecuada. Puede realizarse mediante golpes, obteniéndose un afinado de grano o mediante prensa pero en este caso no se logra afinar el grano. En ambos casos se logra mejorar las características mecánicas y mayor homogeneidad de la estructura. En el siguiente dibujo puede visualizarse un direccionamiento adecuado del material, que no se logra en el mecanizado.



Direccionamiento de las fibras de material tras un mecanizado (izquierda) y un forjado (derecha)

## Procesos de fabricación de piezas

**Laminado:** El proceso de laminado consiste en calentar previamente los lingotes de acero fundido a una temperatura que permita la deformación del lingote que se produce en una cadena de cilindros a presión llamado tren de laminación. Estos cilindros van formando el perfil deseado hasta conseguir las medidas que se requieran. Las dimensiones conseguidas de esta forma no se ajustan a las tolerancias requeridas es por eso muchos de los productos laminados hay que someterlos a fases de mecanizado para ajustar sus dimensiones a la tolerancia requerida.



*Tren de acero laminado*



*Viga de acero laminado.*

**Forjado:** en el proceso de forja la deformación del material se consigue por aplicación de fuerzas de compresión sucesivas. Puede realizarse tanto en frío como en caliente, y la compresión puede ser continua (con prensas y matrices) y se denomina forja con estampa o intermitente (martillos) sobre un yunque y se denomina forja libre. Ejemplos: bielas, cigüeñales, ejes de transmisión, palieres, etc.



*Eje-piñon de forja*

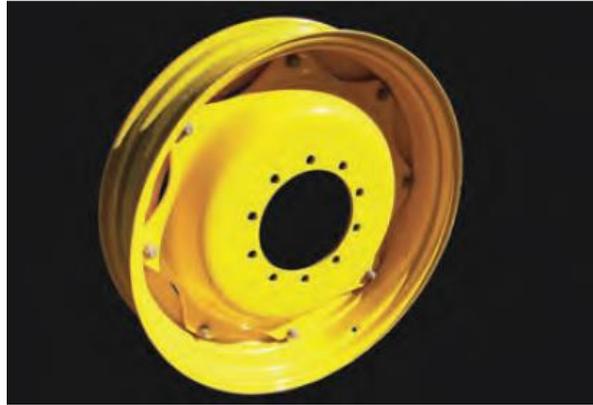


*Biela de motor*

**Estampado:** En este proceso se somete a la pieza metálica a una carga de compresión entre dos moldes, el material debe ser dúctil y maleable para realizar este proceso. Puede realizarse en frío o caliente, en este último puede conseguirse curvas que en frío no. Ejemplos: puertas, guardabarros, llantas, capot, tec.



Puerta de automóvil estampada.

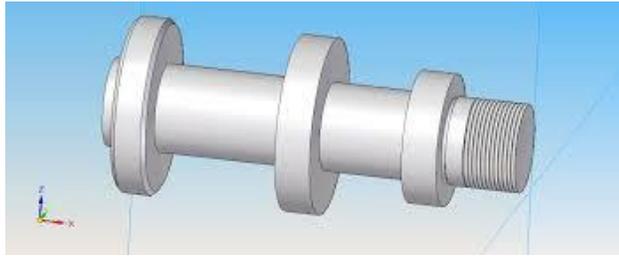


Disco y llanta por estampado.

## Mecanizado con máquina

El mecanizado se hace mediante una máquina herramienta, manual, semiautomática o automática. Las máquinas herramientas de mecanizado clásicas son:

- ✚ **Taladro:** realiza el movimiento de corte giratorio y de avance lineal, realizando el mecanizado de un agujero o taladro teóricamente del mismo diámetro que la broca y de la profundidad deseada.
- ✚ **Limadora:** esta máquina herramienta realiza el mecanizado con una cuchilla montada sobre el porta herramientas del carnero, que realiza un movimiento lineal de corte, sobre una pieza fijada a la mesa, que tiene el movimiento de avance perpendicular al movimiento de corte.
- ✚ **Cepilladora:** de mayor tamaño que la limadora, tiene una mesa deslizante sobre la que se fija la pieza y que realiza el movimiento de corte deslizándose longitudinalmente, la cuchilla montada sobre un puente sobre la mesa se desplaza transversalmente en el movimiento de avance.
- ✚ **Torno:** el torno es la máquina herramienta de mecanizado más difundida, éstas son en la industria las de uso más general, la pieza se fija en el plato del torno, que realiza el movimiento de corte girando sobre su eje, la cuchilla realiza el movimiento de avance eliminando el material en los sitios precisos.



- ✚ Fresadora: en la fresadora el movimiento de corte lo tiene la herramienta; que se denomina fresa, girando sobre su eje, el movimiento de avance lo tiene la pieza, fijada sobre la mesa de la fresadora que realiza este movimiento. Es junto al torno la máquina herramienta más universal y versátil.



Estas máquinas con control numérico, ofrecen versatilidad, altas capacidades de producción y preparación, ofreciendo altísima precisión del orden de micras.