



## **EL TRACTOR: FABRICADO DEL MATERIAL EN EL QUE SE FABRICAN LOS SUEÑOS**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

A lana, María e Iván

---

*Ward Bond (sosteniendo el halcón maltés)*

-Pesa mucho, ¿de qué está hecho?

*Humphrey Bogart:*

-Del material del que se fabrican los sueños

*"El halcón maltés", John Huston, 1941*

# **EL TRACTOR: FABRICADO DEL MATERIAL EN EL QUE SE FABRICAN LOS SUEÑOS**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

MADRID, 2014

Este trabajo es resultante del:

Contrato con la Universidad Politécnica de Madrid, para la actualización de ensayos de funcionamiento en tractores y otras máquinas agrícolas, en la Estación de Mecánica Agrícola (MAGRAMA).

**Coordinador de los trabajos**

Helio Catalán Mogorrón, de la E.T.S.I. Agrónomos de Madrid



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE

**Edita:**

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente  
Secretaría General Técnica  
Centro de Publicaciones

**Distribución y venta:**

Paseo de la Infanta Isabel, 1  
28014 Madrid  
Teléfono: 91 347 55 41  
Fax: 91 347 57 22

**Diseño, impresión y encuadernación:**

Taller del Centro de Publicaciones del MAGRAMA

NIPO: 280-14-032-5

Depósito Legal: M-3266-2014

Tienda virtual: [www.magrama.es](http://www.magrama.es)  
[centropublicaciones@magrama.es](mailto:centropublicaciones@magrama.es)

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

**Datos técnicos:** Formato: 17x24 cm. Caja de texto: 14x21 cm. Composición: una columna. Tipografía: Avenir Next LT Pro a cuerpo 10. Encuadernación: Grapado. Papel: interior couche de 115 g. Cubierta en cartulina mate de 180 g. Tintas: 1.

En esta publicación se ha utilizado papel libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública.



## FUNDICIÓN

- 1. FUNDICIÓN DE HIERRO ..... 11
- 2. EN LA FUNDICIÓN ..... 12
- 3. FUNDICIÓN DE ALUMINIO ..... 13

## ESTAMPACIÓN Y SOLDADURA

- 1. ESTAMPACIÓN DE CHAPA (de hierro o aluminio) ..... 17
- 2. LLANTAS Y DISCOS ..... 18
- 3. LA FORJA ..... 21

## MECANIZADO Y SOLDADURA

- 1. MECANIZADO ..... 25
- 2. ENGRANAJES ..... 26
- 3. FABRICACIÓN DE ENGRANAJES POR MECANIZADO ..... 27
- 4. PROCESO DE SOLDADURA ..... 28
- 5. CHAPÓN ..... 29

## TEMPLADO Y LAMINADO

- 1. EL VIDRIO ..... 33
- 2. ALGO DE HISTORIA ..... 33
- 3. EL VIDRIO EN LA CABINA: EL CRISTAL QUE ESTÁ PERO QUE NO LO PARECE ..... 35

## TERMOPLÁSTICOS Y TERMOESTABLE

- 1. Y ANTES FUE EL ACERO ..... 39
- 2. ¿QUÉ ES UN PLÁSTICO? ..... 39
- 3. EL MUNDO DEL PLÁSTICO ..... 40
- 4. CLASIFICACION ..... 41
- 5. ALGUNOS TERMOPLÁSTICOS ..... 42
- 6. ALGUNOS TERMOESTABLES ..... 43
- 7. TÉCNICAS DE TRANSFORMACIÓN ..... 44

## VULCANIZADO

- 1. EL MATERIAL ..... 49
- 2. PROCESO DE FABRICACIÓN ..... 49
- 3. EL NEUMÁTICO ..... 51
- 4. JUNTAS Y JUNQUILLOS ..... 54

## **RAROS**

1. EL MATERIAL .....	57
2. EL POR QUÉ: REDUCCIONES ESPECTACULARES .....	57
3. CATALIZADOR .....	58
4. EL PRECIO .....	58



El último Ebro Kubota, K1 170. Cortesía de Carlos Blasco de Castro. Madrigal de las Altas Torres.

## INTRODUCCIÓN

---

Podía decir que no soy hombre de escribir, pero quizá alguno dijese que eso no es cierto y quizá ese alguien tuviese parte de razón. Así es, poco a poco, voy aumentando mi currículum de escritor: algún pobre artículo, algún libro de poco éxito... Ahora estoy de nuevo en la brecha porque resulta que alguien me dijo que por qué no escribía "poca cosa", dijo, sobre "los materiales de los que se hacen los tractores"

Dicho así pensé lo que seguro el lector está pensando "¡va, bárbaro!", más luego pensé y me dije "bueno pues no es tanto como parece" Luego llegué el momento del inicio, la hoja en blanco. "¿Cómo empiezo?"...

Así estábamos hasta que el pasado 25 de noviembre se me ocurrió.

Miraba las noticias cuando el locutor anuncia que la casa Bonhams ha subastado la estatuilla de la película de 1941 de John Huston y protagonizada por Humphrey Bogart "El halcón maltés" una estatuilla que alcanza los ¡3.500.000 €! ¿Es de oro?, no simplemente es de plomo (unos 25 kg) y bastante fea por cierto. Pero me dio la idea: "el tractor es bueno si es pesado" (¡vale y mil cosas más!, pero pesado lo es un rato) "ya está, me dije, enfocaré este libreto desde el punto de vista de los materiales y lo que con ellos se puede crear"

Para ustedes que no lo saben, yo, siendo niño (desde los 26 hasta los 30 años) estuve aprendiendo, o al menos mirando, en una fábrica de tractores. Se llamaba Ebro-Kubota



S.A. Hace tiempo que murió. Aquella experiencia me dio alguna pátina de conocimiento que era, es, un “parece ser” pero “que no es”. En fin, vayamos al grano.

Hablar de los materiales que componen un tractor no es en si difícil, pues no son tantos. Claro está que me estoy refiriendo a los más “visibles” sin meternos en pormenores tan complicados, al menos de explicar, como rodamientos, muelles, circuitos impresos, inyectoros, bombillas, solenoides, bobinados, resistencias, rodets.... “¿entonces que va a contar este pavo?”. Pues esa pregunta me hacía yo y me dije lo que ya he afirmado: “hablaré de lo principal: las carcasas de fundición, los ejes de forja, los engranajes mecanizados, los recubrimientos de plástico, las chapas... incluso los cristales y los neumáticos” ¿os parece poco?, ¡no sean ingratos! En realidad si se entienden los procesos que cuenta este “mini libro” se entenderán los demás puesto que estos son combinaciones de aquellos. Sí, de acuerdo, a veces muchas combinaciones pero los procesos de fabricación básicos no son tantos: fundición, estampación, forja, propios de los materiales plásticos o poliméricos incluido el caucho....

El “mini libro” está estructurado de tal forma que se cuenta lo más someramente posible el proceso de fabricación para pasar a describir aquellas piezas que pueden ser concebidas con ese proceso.

¡Ojo! decir que una pieza se obtiene, por ejemplo, por fundición, no significa que no pudiese obtenerse por forja, o por mecanizado, lo que pasa es que las características de la pieza serán diferentes (sobre todo en precisión dimensional, o acabado superficial y resistencia o tenacidad)

Bueno espero que al lector le sirva de algo lo que cuento a continuación. Ya sabéis, lo he hecho con mi mejor intención y lo he hecho como me gusta hacerlo: poniendo el corazón. Los errores que encontraréis son exclusivamente míos y si hay algún acierto es gracias a las fuentes consultadas.



Cosechadora Rostselmash, foto de Johan Viirok.

## LA FUNDICIÓN

## FUNDICIÓN

---



Quizá el mayor “volumen” de componentes de un tractor lo ocupan aquellos que se han fabricado por fundición. Reconozcámoslo, tras un primer vistazo a la “planta” exterior del tractor, son las carcasas, el cuerpo del tractor lo que reclama nuestra atención. Bien pues son esas carcasas las que están hechas en fundición de hierro.

Fundición significa que la pieza ha sido diseñada por fundir un material dentro de un molde para que tome su forma una vez enfriado, así que podremos hacer fundición de hierro, de aluminio, casi de cualquier metal o incluso no metal como un plástico.

## 1. FUNDICIÓN DE HIERRO

Como he dicho, si existe un material “abundante” en el tractor es el hierro. El hierro se encuentra en forma de carcasas fabricadas por fundición, pero también es el componente básico del acero para engranajes y ejes, vamos en resumen que sin hierro no tendríamos tractor.

**¿POR QUÉ EL HIERRO?:** Pues por muchas cosas, es barato, pesa mucho, es duradero y resistente, es a la vez duro y denso pero es maleable (se deja “dar forma” sin romperse) y soporta bien los esfuerzos de tracción y compresión e incluso el cizallamiento y sobre todo ¡es barato!



Carcasa eje trasero. Realizado en fundición gris.

---

**La anécdota que aprendí en la Universidad:** el hierro, atómicamente hablando, es el elemento con el núcleo más estable con 30 neutrones.

---

En realidad el hierro es el metal duro más usado con un 93% en peso de la producción mundial de metal.

Pero lo que vemos en el cuerpo del tractor no es hierro puro. La aplicación siderúrgica del hierro exige mezclas o aleaciones con otros materiales metálicos o no metálicos.

**Algo más:** Se considera que una aleación de hierro es acero si contiene menos de un 2,1% de carbono; si el porcentaje es mayor, recibe el nombre de fundición. Luego el acero es una aleación de hierro y según el contenido en carbono se clasifican en blandos, menos del 0,25% de C, y los menos dúctiles pero más resistentes que tienen entre el 0,6 y el 1,4 % de C que se emplean por ejemplo con aleaciones como el wolframio, el vanadio en la fabricación de herramientas. El acero inoxidable tiene un 12 % de cromo

## 2. EN LA FUNDICIÓN

El uso más extendido del hierro en la maquinaria agrícola es o bien fundido o bien forjado.

Cuando se obtiene en un alto horno el hierro líquido se desprende de elementos no deseables como el azufre o el fósforo.

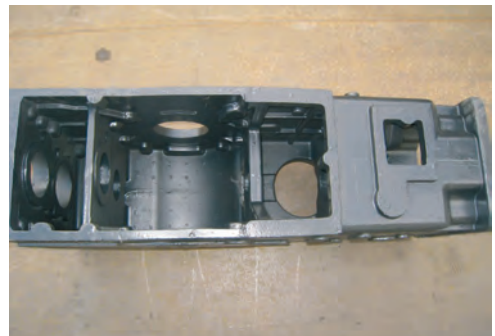
Hay varios tipos de fundiciones y así se habla de fundición blanca, gris, vermicular, atruchada, maleable, esferoidal...



Fundición de bronce.

- **Fundición gris:** Es el término más conocido para denominar al **hierro fundido** o **hierro colado**. El nombre se le debe a la apariencia de la superficie al romperse. Es la aleación ferrosa más usada. Incorpora carbono (2-4%), silicio (1-3 %), manganeso... el carbono se encuentra como grafito que es el que da el color gris a la ruptura.

Se usa mucho porque es barata y se mecaniza muy bien con una elevada resistencia al desgaste pero rompe frágilmente (es decir no es dúctil), no es tenaz. El silicio le da una resistencia buena a la corrosión y es fácil de soldar pero tiene baja resistencia a la tracción y su resistencia al impacto es pequeña.



Carcasa transmisión de fundición gris.

**El detalle importa:** No todas las fundiciones, incluso con los mismos componentes, son iguales. El resultado es una pieza con propiedades físicas y mecánicas muy variables. La fundidora debe controlar no sólo la composición química, si no otros parámetros como el espesor de la pieza, su tamaño, como se hace los procesos de vaciado, mecanizado, tratamiento térmico, naturaleza de la matriz, la forma del grafito, el enfriamiento tras salir del horno...



- **Fundición blanca:** En principio es la cantidad de silicio la que diferencia la fundición gris de la blanca. El silicio es un "estabilizador" del grafito ayudando a su precipitación; También es importante la velocidad de solidificación de la colada (el lector seguramente ha oído la matriz ferrítica o perlítica, pues son conceptos que dependen de la velocidad de enfriamiento). Concretamente si el enfriamiento es rápido se suprime la formación de grafito y se forma la "cementita" que es lo que se conoce como fundición blanca.



Cuerpo de tractor Barreriros 4000

**Algo más:** la clasificación más "universal" es la ASTM que es una norma norteamericana que clasifica la fundición gris dentro de "clases" dependiendo de su resistencia a la tracción. En la industria automotriz la norma más usada es la SAE, concretamente la J431, y aquí se habla de "grados" y compara la resistencia a la tracción con la dureza (dureza Brinell)

**Cuestión de diseño:** Los que me conocen sabe que una frase que repito mucho es "el detalle importa". Así es, no todo es lo mismo. Una distinción de calidad es utilizar fundición vermicular en los bloques motor. La fundición vermicular es una fundición de grafito compacto que tiene unas cualidades de resistencia y elasticidad que favorecen aplicaciones donde es importante la evacuación de calor junto a resistencia. Se usa mucho, además de en bloques motor, en colectores de escape o disco de freno. Pero no está muy explotada porque no todas las acererías controlan el proceso. Ya sabes "cuestión de detalle"

### 3. FUNDICIÓN DE ALUMINIO

Pues si encontramos mucho aluminio trabajado por fundición en los automóviles no es habitual en los tractores, ¿por qué?, pues porque el aluminio es un material más caro que el hierro y la ventaja competitiva del aluminio frente al hierro es que el aluminio tiene menor densidad, es decir, pesa menos y si eso en automoción es una gran ventaja en tractores no lo es. Pero esto



Fundición de aluminio.

no significa que no haya piezas de fundición de aluminio pero son pocas. Por ejemplo un bloque motor de aluminio es algo para presumir en un coche, pero es algo que restaría puntos al tractor. Aún así veremos fundición de aluminio en piezas como bombas de engranajes. El cuerpo de la bomba suele ser de acero o aluminio extrusionado.



carcasa de turbo realizada en fundición de aluminio por gravedad

También se suele hacer en fundición de aluminio por gravedad la carcasa del turbo. En este caso se trata de hacer una pieza poco pesada, normalmente montada en voladizo, y con gran precisión.

De fundición de aluminio son también los carburadores de las motocicletas o los distribuidores hidráulicos (se mecanizan bien y son piezas que deben llevar mucho mecanizado posterior a la fabricación del bloque)



## **ESTAMPACIÓN Y FORJA**

**Chapa (de acero o aluminio);  
Ejes y engranajes**

---



## 1. ESTAMPACIÓN

Casi con seguridad que un capó estará fabricado en material plástico o en chapa por estampación.

El proceso de estampado o estampación es aquel que somete a una pieza metálica a una carga de compresión entre dos moldes. El material utilizado son chapas de acero de baja aleación o bien aluminio es decir materiales dúctiles y maleables.

El proceso se usa para grandes series (siempre que haya moldes será así) pues los moldes o matrices son caros ya que se hacen de acero (para pequeñas tiradas o prototipos se pueden hacer moldes más baratos)

En función de la temperatura del material se habla de estampación en caliente o frío. Lo más normal es hacerlo en frío pues se obtiene una mayor precisión dimensional y mejor acabado (para un capó es fundamental), pero claro en caliente se pueden conseguir curvas que en frío no.

Hay muchos procesos de estampado pero los más comunes serán el de embutición en el cual se obtienen desde una chapa plana un cuerpo hueco, y otros como el curvado (guardabarros), o plegados, etc.



Chapa estampada



Precioso diseño mecanismo pala cargadora John Deere



**La anécdota:** Acababa yo de salir de la Universidad. Estaba completamente "pez". Recalé en una fábrica de tractores, concretamente en ingeniería. Un día el jefe de diseño me pide que vigile el proceso de creación, diseño, de un soporte para el depósito de aceite de dirección del tractor, concretamente un Ebro 8000. Los proyectistas que "son más listos que el hambre" me estuvo "camelando" 2 días mientras yo veía como el soporte que salía del CAD era magnífico: precioso, liviano (era importante porque iba en voladizo), robusto (mucha "inercia") pero con multitud de "agujeritos" que permitía pasar cables y darle poco peso... Cuando llevé el plano a mi jefe iba henchido de orgullo, satisfacción por el trabajo bien hecho.... Lo miró, lo arrugó, lo tiró a la papelera y me dijo, ahora haz lo mismo pero 10 veces más barato. Huelga decir que el soporte había sido parido por estampación. Sobra decir que el proyectista sabía que su coste era prohibitivo para las tiradas que nosotros teníamos (unas 3000 udes/año de aquel tractor). Al final yo mismo diseñé un soporte con una chapa plegada, era feo pero la mar de barato.

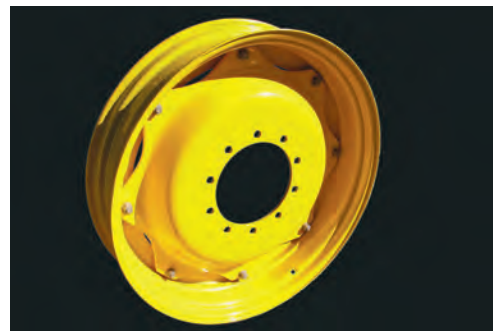


## 2. LLANTAS Y DISCOS

Las llantas son un buen ejemplo de pieza o componente que en parte está hecho por estampación.

### ¿PARA QUÉ SIRVEN LAS LLANTAS?

En un turismo la llanta tiene componentes tanto estructurales como aerodinámicas pero en el tractor nos quedamos con la meramente estructural pero que es superimportante.



Disco y llanta por estampación.

**Función estructural:** En el diseño de las ruedas de un tractor ante todo se debe pensar en los enormes pares transmitidos al terreno. La llanta no debe ser ligera si no estar preparado para soportar las fuerzas sin deformación.

**Materiales y fabricación:** Si se hablara de llantas de automóvil lo más normal es que se hablara de procesos de procesos de estampación en acero, pero también las hay de función (de aluminio o mejor dicho en dualuminio) o mediante tornos de control numérico.

Si se recurre al vehículo más tecnológico, un F1, entonces hablaríamos de aleaciones de magnesio (tiene un peso específico de  $1,74 \text{ kg/cm}^3$  que es un 35 % menos que el aluminio)

En el caso de llantas de tractor lo general es encontrarlas de chapa de acero estampada. En las partes más externas se sitúan unos resaltes que se llaman pestañas y es ahí donde se alojan los talones de la cubierta o neumático.

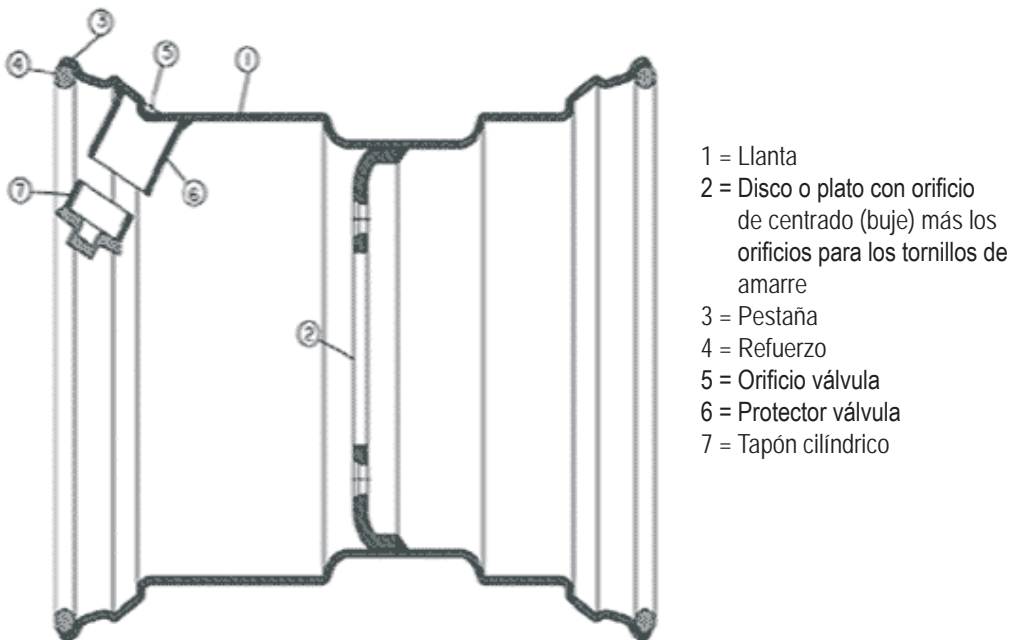
La llanta es la pieza que hace de punto de conexión entre el neumático, la única parte del coche que hace contacto con la carretera, y el chasis.

---

**Algomás:** las llantas de un F1 se fabrican en un proceso de forja sobre aleación de magnesio. Se parte de una barra de metal de la cual se cortan los discos que se tratarán en una prensa a 300 °C y hasta 3000 toneladas. Posteriormente se pasa a otra prensa rotativa que ejerce incluso 9000 toneladas y que ya le da la forma cilíndrica, todavía "cruda", ahora resta un tratamiento térmico para restaurar las características mecánicas de la aleación. Ahora sólo queda pasarla por un torno para eliminar el material sobrante creando los radios. Este proceso garantiza una rueda "monobloque", sin uniones.

---

En los tractores las velocidades de rotación no son grandes, pero eso no significa que se deba poner esmero en el proceso de fabricación pues cuando un cuerpo está en rotación es mucho más sensible al aumento de masa (ese efecto se debe a la fuerza llamada inercia rotacional y cuya magnitud es el momento de inercia que viene a ser la resistencia que presenta un cuerpo a ser acelerado en rotación)



Componentes de una llanta



Discos de fundición.

**El disco:** lo más habitual entre los tractores es encontrar discos de chapa estampada, pero también los podremos encontrar de fundición de hierro. La ventaja de la fundición es el mayor peso que tiene frente a la chapa.



Llanta y disco soldados.

**Unión disco-llanta:** aquí se dispone de dos soluciones. O bien la llanta y el disco se une mediante atornillamiento (la llanta dispone de unas omegas realizadas en chapa que se atornillan al disco y este al buje) o bien se pueden soldar.

La ventaja del atornillamiento es que entonces se puede proceder a cambiar las vías del tractor. La ventaja de la soldadura es que la unión entre disco y llanta es mejor y puede aguantar mayores esfuerzos de tracción.

Normalmente en tractores grandes y muy grandes se elige la soldadura mientras que en tractores pequeños, medianos y especialistas se va a uniones mediante tornillos para poder variar la vía.



Unión llanta disco a través de omegas.

### 3. LA FORJA

La forja es de los procesos más antiguos de trabajo con metales.

Se trata de un proceso de conformado que en realidad puede realizarse en caliente o en frío. En el proceso de forja la deformación del material se hace por aplicación de fuerzas de compresión sucesivas. Es la aplicación de dichas fuerzas la que define la forja ya que se puede hacer bien con matrices y prensas (presión continua) y que se denomina forja con estampa o bien con martillos o macetas (presión intermitente) sobre un yunque y se denomina forja libre.



EJE-PIÑON de forja.

El forjado en caliente tiene la ventaja de requerir menos esfuerzo de la prensa pero el acabado superficial y la precisión dimensional no es tan buena como con el proceso en frío pero hay metales que obligatoriamente no se pueden tratar en frío porque no tienen la ductilidad suficiente a temperatura ambiente. (Foto 21)



Ejes mecanizados.

**Forja con estampa:** Es aquella que la pieza se coloca entre dos matrices o "moldes" que conforman geométricamente la pieza final. Está claro que el método se usará para grandes series de piezas.

¿Qué se fabrica por forja estampada? En realidad multitud de piezas, algunos ejemplos son las bielas, cigüeñales, ejes de transmisión, palieres, tornillos.... Aunque casi en todas las piezas posteriormente existe alguna labor de mecanizado.

**Forja libre:** Es para piezas con tiradas pequeñas, por ejemplo para fabricar rejas especiales, o barandillas de hierro con formas singulares y en general aquellas piezas con elaboración poco "finas" como pueden ser los brazos inferiores del elevador hidráulico....

Una de las características de la forja es que la pieza tiene buena resistencia, también tenacidad por lo que son piezas diseñadas con grandes resistencias.

Una vez forjada la pieza se requieren operaciones de acabado que incluye incluso tratamiento térmico para modificar sus propiedades pero también procesos de mecanizado para obtener las dimensiones exactas.

Las operaciones posteriores se harán en mayor o menor medida en función del grado de precisión de la forja (existe una determinada que se denomina "forja de precisión" por el grado tan bueno de acabado que consigue). Se tiende a reducir las operaciones posteriores de acabado y por eso se extiende la forjas de precisión donde la pieza obtenida se aproxima mucho a la final, dejando las labores a algún esmerilado o taladrado o troquel.

Los materiales para la forja no son sólo los aceros con aleaciones diversas, incluso titanio, también otros materiales menos "proprios" como pueden ser las aleaciones de aluminio y magnesio (son las más propias para el forjado de precisión) (Foto 22: poner fuente Wikipedia)







## **MECANIZADO Y SOLDADURA**



## 1. MECANIZADO

Los procesos de mecanizado por arranque de viruta están muy extendidos en la industria. En estos procesos, el tamaño de la pieza original circunscribe la geometría final, y el material sobrante es arrancado en forma de virutas.

La cantidad de desecho va desde un pequeño porcentaje hasta un 70-90 % de la pieza original.

Las máquinas herramienta son las encargadas de generar esos movimientos relativos aportando la energía necesaria al proceso. Las máquinas herramienta más comunes son Limadora, cepilladora, torno, fresadora y taladro

Comparando este tipo de fabricación con otros métodos para conseguir la geometría final se incluyen ventajas e inconvenientes según los casos.

**Ventajas del proceso de mecanizado:** Se trata de un proceso muy extendido porque presenta ventajas claras frente a otros procesos de producción:

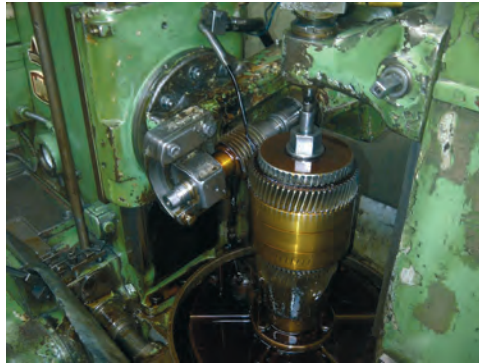
- Se consigue una alta precisión dimensional en sus operaciones
- Se pueden realizar una amplia variedad de formas
- No cambia la microestructura del material por lo que conserva sus propiedades mecánicas
- Se consigue texturas superficiales convenientes para los distintos diseños
- Son procesos fáciles de automatizar siendo muy flexibles
- Requiere poco tiempo de preparación
- Poca variedad de herramientas

**Desventajas del mecanizado:** sobre todo respecto a los de conformado por deformación plástica y los de fundición presenta una serie de inconvenientes:

- Genera material de desecho en muchos casos no reciclable
- Requieren una mayor energía de proceso



- Los tiempos de producción son elevados
- El tamaño de las piezas está limitado al permitido por la máquina herramienta
- Suelen ser poco económicos cuando el tamaño de lote es muy elevado
- La generación de superficies es “bidimensional”, para generar una superficie se requiere un patrón de movimientos relativos entre la pieza y la herramienta (al menos dos movimientos, uno que es el primario o de corte y que es el que más energía consume y el otro el denominado movimiento de avance). Los movimientos pueden ser circulares o lineales y se les puede dar de forma indistinta a la pieza o a la máquina herramienta.



Talladora de piñones y engranajes.

## 2. ENGRANAJES

¿Dónde no hay mecanismos por engranajes?, todas las “tripas” del tractor están constituidos por ellos. Las exigencias cada vez más numerosas y estrictas impuestas por las nuevas tecnologías hacen que el cálculo y diseño de los engranajes más apropiados para cada uso y de la maquinaria necesaria para fabricarlos constituyan una de las especialidades fundamentales y más difíciles de la moderna ingeniería mecánica. Las cajas de cambio son cada vez más “finas”, más depuradas (imagínese por ejemplo las cajas CVT o transmisiones continuas de infinita gama de velocidades que exigen que el cálculo, diseño y fabricación de los engranajes sea una especialidad para especialistas)

El engranaje es una rueda o incluso un cilindro dentado que se emplean para transmitir movimiento giratorio aunque usando diferentes engranajes y trabajando en conjunto se puede transformar movimiento alternativo en giratorio y viceversa.

Hay engranajes rectos, helicoidales o cónicos. Hay engranajes exteriores o interiores. Los hay helicoidales dobles, hipoides, en husillo (tornillo sin fin)... vamos que los hay de todos tipos.

¿Y el movimiento? Pues además de la transmisión de movimiento giratorio, invirtiéndolo o no, lo habitual es modificar la velocidad angular pero es que además hay ejemplos tan, debo decirlo pues es mi “invento” favorito, ¡fantásticos! como el diferencial.

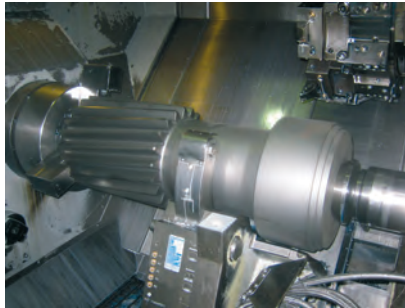
El "invento" del diferencial es una muestra inexcusable para ver las grandes posibilidades de los engranajes ya que, además de transmitir el movimiento del árbol motor entre ejes que forman ángulo de 90°, permite que la rueda del coche situada en el interior de los virajes ruede con menor velocidad que la rueda exterior.

---

**Cuestión de diseño:** la finalidad es la misma pero la forma de conseguirlo no. Hay engranajes rectos, hay engranajes cónicos, los hay helicoidales. El movimiento se puede transmitir por unos u otros pero las cargas que pueden transmitir, la vida útil, el "ruido" al girar no es lo mismo. Un engranaje helicoidal tiene un funcionamiento más silencioso y preciso porque no hay "juego" entre dientes, sin embargo transmiten peor la energía pues tienen más roce y se desgastan más.

---

**UN POCO DE HISTORIA:** El inventor de los engranajes en todas sus formas fue Leonardo da Vinci, quien a su muerte en la Francia de 1519, dejó para la posteridad sus valiosos dibujos y esquemas de muchas de los mecanismos que hoy se utilizan a diario.



### 3. FABRICACIÓN DE ENGRANAJES POR MECANIZADO

Se pueden obtener por moldeo o por talla. Se pueden utilizar diversidad de materiales: aceros especiales, hierro colado, latón, bronce, aluminio y sus aleaciones, materiales plásticos como el nylon o el teflón... Pero lo más normal será encontrarlos fabricados mediante tallado a través de diferentes procesos de mecanizado. En este caso se parte de un disco cilíndrico que o bien puede estar cortado de una plancha de acero o lo más habitual partiendo de una barra maciza.

Al disco cortado y mediante procedimiento mecánico por fresado se retira el metal entre los dientes. Una simple fresadora de cabezal divisor puede dar buenos resultados para engranajes rectos que no vayan a mucha velocidad pero hay máquinas herramientas mucho más precisas para atacar el material y labrar los dientes. En cualquier caso es imprescindible que posterior al mecanizado se recurra al tratamiento superficial del metal trabajado. Se hace mediante templeado del acero. Una vez terminado se vuelve a someter a operaciones de rectificación: esmerilado (con puntas de diamante u otros abrasivos que llegan a respetar tolerancias del orden de la milésima de milímetro), el



bruñido (que es hacer trabajar a los engranajes hasta que se gasten las asperezas) (Foto 27 poner foto de Wikipedia)



Diversos Engranajes de forja

#### 4. PROCESO DE SOLDADURA (Foto 49)

La soldadura es un proceso de unión entre metales (también la hay con termoplásticos pero no viene al caso) que garantiza resistencia, rapidez y economía. La unión de los metales se produce por fusión pudiendo también agregar un material de relleno fundido.

Existen multitud de procesos de soldadura desde la soldadura de gases hasta los sistemas eléctricos. Pero los progresos son continuos y de los sistemas de soldadura por láser y por rayo de electrones se ha pasado a la robotización para ir ganando calidad, rapidez y aumentando las propiedades.

---

**Algo más:** el sistema de soldadura más antiguo es el método por "presión" Más de uno lo habrá visto cuando se acercaba al siempre atractivo sistema de trabajo del herrero. La soldadura por presión se usa para soldar en la misma fragua las piezas que se querían unir simplemente golpeando piezas incandescentes sobrepuestas. En realidad este procedimiento es el único que existe hasta finales del XIX.

---

Según sea la fuente de calor utilizada para la fusión se habla de soldadura de gas, de arco eléctrico, o de láser u otros como la fricción o los ultrasonidos.

**Soldadura de gases:** La fuente de calor es una llama. Existen diferentes mezclas de gases aunque la más habitual es la soldadura con suministro de oxígeno y acetileno en la que se logran temperaturas en torno a los 3000 °C.

En la actualidad la soldadura más popular es la MIG (Metal Inerte Gas) y es un proceso de soldadura al arco donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y la pieza y la protección del arco se obtiene de un gas suministrado externamente.

**Soldadura por arco eléctrico:** se genera un arco entre el alambre de aporte y la chapa. El arco es en realidad la fuente térmica y las temperaturas rondan los 4000 °C

## 5. CHAPÓN

La chapa de gran espesor (mayor de 10 mm) se usa mucho en la construcción de componentes del tractor: soportes de cabina, zona de enganches... Se usa chapa plana laminada en caliente en proceso continuo de acero aleado. Se trata de chapa fácilmente soldable con sistemas tradicionales y "difícilmente" (y no aconsejable) el conformado, con una buena resistencia al desgaste. Normalmente estas chapas se sueldan con hilo previo precalentamiento de la zona a soldar. Son chapas con fácil mecanizado y con un buen comportamiento al trabajo por oxicorte. (Foto 18 chapón soldado)





## TEMPLADO Y LAMINADO

### El vidrio

---





## 1. EL VIDRIO

La utilización del vidrio en los tractores es tan vieja como la aparición de las primeras estructuras de cerramiento. En vehículos automóviles es por los años 50 cuando se inicia la sustitución de los parabrisas de vidrio común por vidrio templado. La razón del cambio es clara y es que en el caso de impacto estallaban con el peligro que eso conlleva.

Actualmente los parabrisas o son de componentes plásticos o bien son de vidrio laminado, que constan de dos hojas de vidrio con una capa de policarbonato de seguridad entre ellos, y que en el momento del impacto estallan sin desprender partículas peligrosas para los ocupantes del vehículo. En el mundo del automóvil fue Ford quien inició, 1926, el uso de vidrios laminados y hay que esperar hasta 1983 para que se hiciese obligatorio usarlo en los parabrisas.

Para vehículos como los parabrisas de aviones, carlingas de aviones de guerra o acrobáticos, trenes de alta velocidad o incluso los parabrisas de las motos suelen ser de plástico acrílico.

La cabina de un tractor, al igual que el habitáculo de un coche lo más normal es que incorporen los dos tipos de vidrio para sus lunas: **vidrio templado** y **vidrio laminado**. Ambos vidrios son extraordinariamente resistentes al impacto, la diferencia está en como se rompe. El vidrio laminado al romperse queda agrietado mientras que el templado se hace añicos.

## 2. ALGO DE HISTORIA

En realidad el cuarzo es un vidrio natural que se usa desde la prehistoria, pero data de unos 3000 años antes de Cristo, cuando se usa una técnica de fabricación del vidrio en forma de "alfarería vitrificada". Se usaba en Asia, luego en el antiguo Egipto. Pero no es hasta el 1500 a.c. cuando aparecen los primeros recipientes de vidrio. El procedimiento de vidrio soplado se inicia con la era cristiana y en el imperio romano se llega a moldear, cortar, grabar y pintar el vidrio. Con la era industrial, siglo XIX, las técnicas de fabricación se desarrollan mucho.

Los tres componentes básicos empleados en la fabricación del vidrio son: arena de sílice, carbonato de sodio y de calcio. La arena de sílice es la materia prima básica en la fabricación del vidrio



Rotura de un vidrio laminado.

---

**Curioso:** resulta que el silicio es el mineral más abundante en la naturaleza (hasta el 25 % de la corteza terrestre es sílice) así que fabricar vidrio es "sencillo" desde el punto de vista de tener materia prima pero el problema reside en las muy altas temperaturas que necesita la arena para fundirse.

---

Los procesos de fabricación evolucionan pero la idea siempre ha sido la misma: lograr un vidrio cada vez más resistente, un primer paso fue el vidrio armado. Se incorpora un alambre en el centro del espesor.

La base de la fabricación de los vidrios templados o laminados proviene del denominado cristal "Plano" (float). El cristal plano transparente (flotado o "float") es un cristal de espesor constante, homogéneo, con perfecta transparencia, sin distorsión óptica.

---

**Algo más:** Se llama vidrio flotado porque se fabrica haciendo flotar el vidrio fundido sobre una capa de estaño fundido. Es el proceso por el cual se consigue ese vidrio de grosor uniforme y con superficie completamente plana.

---

**Vidrio templado:** El fenómeno del vidrio templado se conoce desde el siglo XVII (hacia 1660), cuando el príncipe Ruperto del Rin lo descubrió cuando comprobó que una gota de vidrio fundido adquiría mayor dureza al dejarla caer en agua aunque la parte más estrecha de la gota era "más débil". Posteriormente, siglo XX, es el austriaco Seiden quien patenta el vidrio templado. El proceso de fabricación consiste en calentarlo en hornos hasta temperaturas de 600 °C y luego se enfría rápidamente con aire, de esta forma se modifica su estructura y se convierte en un vidrio del orden de 5 veces más resistentes que el vidrio plano y sobre todo al choque térmico.

Lo normal es que tanto las ventanillas como la luneta trasera de los vehículos monten este tipo de vidrio ya que en caso de colisión se rompe en añicos poco afilados. Sin embargo, este tipo de vidrio presenta un problema en los parabrisas, que al romperse por ejemplo por el golpe de una piedra dejan inutilizado el campo de visión.

**El vidrio laminado** está compuesto por láminas alternas de vidrio y materiales plásticos como el butiral de polivinilo o el etil-vinil-acetato.

Su descubrimiento fue, una vez más, fruto del azar. En 1903 cuando un frasco que contenía nitrocelulosa se cayó el científico francés Edouard Benedictus comprobó que el vidrio no se rompía. El fue el primero en probar a unir 2 vidrios con una capa interpuesta de celulosa. (Foto 30)



Luna templada hecha añicos.

En el proceso de fabricación lo más importante es que las 2 caras que lo componen sean perfectamente paralelas, ya que es la característica que proporciona la calidad óptica. Si existe una pequeña variación en el paralelismo la luz se desviaría y haría inutilizable el parabrisa.

Los parabrisas normalmente son curvos (con curvaturas en 1, 2 y hasta 3 planos), para conseguir la curvatura hay que moldearlos sobre molde.

En realidad se fabrican planchas de vidrio de unos 10 cm de espesor y posteriormente se laminan y se recortan una y otra vez hasta obtener láminas planas de 3 milímetros de espesor. A continuación, las láminas se introducen en un horno al vacío y se inyecta una pequeña cantidad de vapor de plata que lentamente se deposita sobre el vidrio en forma de capa transparente.

---

**Cuestión de diseño:** No es lo mismo ver una cabina con todos los cristales planos o con cristales curvos. El proceso de curvado es caro porque es un proceso crítico. Para proceder al curvado se sujeta cada lámina por los bordes elevándolo en el aire. Entonces, se calienta cada punto de la lámina hasta la temperatura exacta a la que el propio peso del vidrio deforma cada zona de la lámina a la velocidad adecuada para obtener la forma deseada. Ahora se intercala la lámina polimérica transparente (PVB) entre las 2 piezas de vidrio y se sueldan los tres elementos mediante la acción combinada de presión y calor.

---

### 3. EL VIDRIO EN LAS CABINAS: UN CRISTAL que está pero que NO LO PAREZCA

La idea del que diseña una cabina es crear el ambiente para que el conductor tenga consciencia de encontrarse dentro de una burbuja de seguridad, que le aísla del ruido y le mantiene dentro de un microclima agradable.

**Cristal ¿transparente o no?:** Un buen parabrisas no es totalmente transparente. Lo normal es que se incorporen láminas reflectante, antitérmica y tintada que bloque la entrada de un porcentaje de la luz visible (del 10 al 35 %, porcentaje que incluye casi toda la radiación infrarroja)

---

**La luneta térmica:** En aquellas lunetas traseras con luneta térmica para el desempañado, se introduce una resistencia eléctrica en su interior.

---





## **TERMOPLÁSTICOS Y TERMOESTABLES**

**Los polímeros**

---





## 1. Y ANTES FUE EL ACERO

El nacimiento del equipamiento agrícola moderno se fundamentó en la confianza total en los productos derivados del hierro. Pero los tiempos cambian y la otrora todopoderosa industria siderúrgica ha sufrido varios envites, todos fuertes, todos temibles. Sobrevivirá, no hay duda, no existe otra opción, pero perderá mucha de su importancia relativa.



Todavía en el caso de tractores y cosechadoras los productos ferrosos son el principal material componente (30% de los gastos de material de fabricación). Pero, he aquí que existen multitud de componentes de una máquina agrícola que pueden ser diseñadas y fabricadas en materiales no derivados del acero. Los materiales plásticos sintéticos pueden igualar o mejorar muchas cualidades a las propias del acero. Además la progresiva sustitución de los derivados del hierro se realiza sin servidumbres, incluso al contrario, es beneficiosa desde el punto de vista de peso, diseño y coste; conceptos "grabados a fuego" en la mente de los diseñadores y que serán denominador común en las decisiones tomadas en una ingeniería de diseño.

Pero no todo son bondades, existen dos inconvenientes que se ciernen en su desarrollo: provienen del petróleo (no en demasía pues sólo el 6% de la producción total de petróleo se destina a la fabricación de plásticos pero es una fuente no asegurada) y tienen fama de contaminantes. Dos retos que la industria polimérica debe superar para marcar su futuro: Se está escribiendo la historia.

## 2. ¿QUÉ ES UN "PLÁSTICO"?

El vocablo deriva del griego *plásticos*, que se traduce como moldeable. En su significado más general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de fusión y poseen, durante un intervalo de temperatura, propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. El fenómeno de la polimerización también les da nombre: los polímeros,

que es un nombre mucho más "amistoso" que el de plástico.



Vaso expansión en PE

---

**UN POCO DE HISTORIA:** El primer plástico de síntesis se origina como resultado de un concurso. Es 1869. Un fabricante estadounidense de bolas de billar ofrece una recompensa a quien consiga un sustituto aceptable del marfil natural. *W. Hyatt*, inventor, participa en el concurso (¡aunque no ganó!) desarrollando un método de procesamiento de un nitrato de celulosa, alcanfor y alcohol. El producto obtenido se patenta con el nombre de **celuloide** y si no para bolas de billar si que provoca el boom en nuestra forma de vida: el cine. Ahora es 1909. *L. H. Baekeland* sintetiza un polímero a partir de moléculas de fenol y formaldehído. El producto se podía moldear a medida que se formaba y resultaba duro al solidificar. No conducía la electricidad y era resistente al agua y a los disolventes además de fácilmente mecanizable. Se lo bautizó con el nombre de **baquelita**. Entre 1929 y 1937, *W. H. Carothers*, trabajando para Dupont™, sintetiza el primer caucho sintético (**Neopreno®**) en 1930 y el **nylon** en 1937. La Segunda Guerra Mundial y sus consecuentes reducciones de suministros de materias primas, será un aliciente para fomentar la industria de los plásticos que demostrará ser una fuente inagotable de sustitutos aceptables.

---

### 3. EL MUNDO DEL PLÁSTICO

Se trata de un mundo tan amplio que sólo me referiré a los más importantes en el uso para el diseño de un tractor.

Los denominadores comunes a todo plástico son su alto peso molecular, baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica; Si bien estas cualidades varían enormemente en función del tipo de plástico con el que tratemos. Un ejemplo, los utensilios de polietileno (PE), tienen aspecto ceroso y presentan alta turbidez, pero las películas delgadas hechas con este mismo material son, sin embargo, transparentes, o casi, puesto que el grado de transparencia de las películas de policarbonato (PC) es mucho mayor. Otros ejemplos: las piezas de poliestireno (PS) son muy frágiles, pero las de poliamida (PA) son tenaces. Las resinas fenólicas son muy rígidas....



## ¿QUÉ PLÁSTICO DESEA?

Los fabricantes de materiales plásticos diseñan sus formulaciones para obtener unas determinadas propiedades, sacrificando, por ejemplo, la resistencia a favor de la dureza o se pueden combinar dos polímeros con diferentes propiedades para obtener un nuevo material. Un ejemplo: El Noryl®, (plástico comercializado por General Electric Plastic™) es una mezcla de polipropileno (PP) y poliamida (PA); se usará, por ejemplo, para fabricar la mayor parte de los alerones aerodinámicos de los coches. El Noryl está sustituyendo al ABS porque entre otras cosas tiene una mayor resistencia química a la gasolina y el gasoil, que dañan la superficie de los alerones.



**Refuerzos y aditivos:** En realidad “nuestro” plástico es una combinación “a la carta” de diferentes aditivos. Se mezclan durante el procesado para obtener la especificación necesaria: Antioxidantes; Estabilizadores ultravioleta, refuerzos (fibra de vidrio, molibdeno, grafito...)...

Un ejemplo: ¿Qué tienen en común una tubería de desagüe de nuestra casa con el flotador de piscina de un niño?, la respuesta es que, quizá, se trata del mismo material pero sin los plastificantes hacemos que el policloruro de vinilo, o PVC, sea un plástico rígido, usado para fabricar tuberías. Con plastificantes, el PVC puede ser lo suficientemente flexible como para fabricar “flotadores” de niños.

---

**Hibridación:** En el sector de automoción es habitual incorporar piezas mixtas de plástico y metal (tecnología de hibridación) En estas piezas el material plástico, normalmente poliamida, se refuerza con alguna fibra, normalmente de vidrio. Posteriormente se “hibrida” con chapa de acero. La pieza obtenida dispone de la enorme ventaja de ser un 40 % más ligera y soporta la misma carga que la pieza equivalente de metal.

---

## 4. CLASIFICACIÓN

La clasificación más habitual para los plásticos es la de termoplásticos (aquellas resinas que se ablandan en presencia del calor y se endurecen cuando se enfrían repitiendo el proceso las veces que se desee) y termoestables (resinas que solidifican de forma definitiva cuando se les aplica calor y presión durante el moldeo. El recalentamiento no los ablanda e incluso si se sigue aumentando el calor llegarán a carbonizarse directamente sin alterar su forma)

**Los termoplásticos:** Es el grupo más numeroso, con el 78-80% del consumo total de plásticos. En este grupo está el polietileno, el policarbonato, el metacrilato, el polipropileno, el nylon...

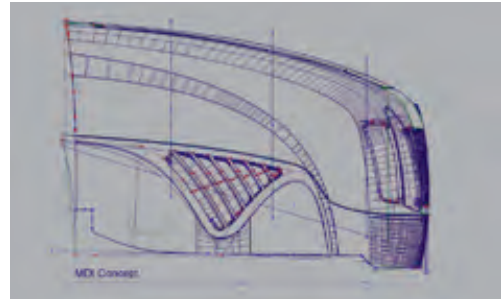
**Los termoestables:** Aunque menos numerosos muy importantes. Ejemplos como los poliuretanos, el policiclopentadieno, el ABS

## 5. ALGUNOS TERMOPLÁSTICOS MUY USADOS EN EL DISEÑO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

**POLIETILENO (PE):** Sin duda el rey de los plásticos por su enorme uso. De él se fabrican los depósitos de combustible pero también cubas de pulverización, tolvas, envases, tuberías de goteo, cubiertas de invernaderos....

**POLIPROPILENO (PP):** Muy similar al polietileno aunque superándolo. En el tractor lo veremos en el recubrimiento de los cables eléctricos, pero también como material de base en conductos de calefacción, aire acondicionado, cajas de baterías, palas de ventiladores... y en el mundo agrícola también lo veremos en el hilo de empacado de pacas o ensilados de forraje.

**POLICARBONATO (PC):** Conjuntamente con el PE, es el material de moldeo por excelencia. Para reconocerlo sabed que es el material del cual se fabrican los CD's o DVD's. Por su cualidad de inastillable y por su transparencia es el material usado para fabricar los cristales de dispersión en faros y grupos ópticos, pero también para los cerramientos de seguridad (los cristales de aviones, trenes de alta velocidad). En tractores también se usa como sustituto del vidrio en cabinas.



**Algo más:** Un tipo de policarbonato, el plexiglás, se emplea para placas transparentes de carrocería (autocaravanas) o cristales de faros. El plexiglás Lexán® (General Electric Plastic) se utiliza como sustituto del cristal de seguridad por su enorme resistencia al impacto (hasta 10 veces más que el vidrio)

**NYLON, POLIAMIDAS (PA):** por su alto coste no es habitual encontrarlo en tractores pero sí en automoción pues aleado con polipropileno se fabrican tapacubos, carenados de motos.



**CLORURO DE POLIVINILO (PVC):** En el mundo agrícola lo conocemos sobre todo en las tuberías de riego.

**ACRILONITRILO-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS):** En realidad es un copolímero que hace que el ABS sea muy indicado para revestimientos varios (suele ser el material del que están hechas las cajas de televisores, monitores de ordenador...) por su facilidad para ser pintado se usa mucho en elementos de carrocería y también dentro de la cabina en tableros de instrumentos, carcasas para cubrir la columna de dirección.



**FLUOROPLÁSTICOS:** Es una gran familia con el denominador común del fluor en su molécula que le confiere tres propiedades muy importantes: aguanta todos los productos químicos, no envejece y bajo coeficiente de rozamiento (comparable al hielo). El problema de la familia es el elevado coste. En tractores podemos verlo en cojinetes, casquillos y engranajes de bombas.

## 6. ALGUNOS TERMOESTABLES MUY USADOS EN MAQUINARIA AGRÍCOLA

**RESINAS POLIÉSTER:** han sido pioneras, reforzadas con fibra de vidrio (PRFV) en la fabricación de componentes de carrocería.

**POLIURETANOS (PUR):** de él se obtiene el relleno de los asientos pero también en su componente rígida o semirígida se usa en los volantes de dirección y en multitud de recubrimientos de interiores o panelados de puertas.



**RESINAS FENÓLICAS (BAKELITAS):** Si bien hoy muy en desuso tienen tantos recuerdos que quiero rendirles ese homenaje. De bakelita estaban hechos los volantes de los viejos tractores, la tapa del delco o los primeros teléfonos.

**SMC:** Se ha usado mucho en el diseño del tractor agrícola, hoy se ha desplazado por otros pero todavía es importante. Se trata de un termoestable logrado por la combinación de hilos de vidrio y resina de poliéster. La diferencia con el PRFV no es en el material en si sino en el proceso de termoformado. En el caso del SMC se realiza con presión y temperatura en prensas similares a las utilizadas para el estampado, es decir, con moldes emparejados. Se puede obtener un acabado excelente por ambas caras. Las prensas trabajan entre 3 y 17 MPa y con temperaturas cercanas a los 150 °C.



**POLICICLOPENTADIENO (PCPD):** Quizá no sea un nombre familiar para el lector, pero es sin duda el que más se usa en la actualidad para elementos de carrocería y que ha sustituido a los plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV y SMC). El PCPD se usa para fabricar piezas realmente grandes (incluso hasta una cabina completa) de una sola pieza.

## 7. TÉCNICAS DE TRANSFORMACIÓN: MOLDEO

Existen técnicas muy variadas de moldeo: extrusión, inyección, moldeo, prensado... que también se pueden clasificar según sea moldeo a alta o baja presión.

**MOLDEO A ALTA PRESIÓN** (Foto 39 Depósito combustible y Adblue realizado en PEHD por rotomoldeo)



Básicamente existen tres tipos: compresión, inyección y extrusión. Los moldes suelen estar realizados en alguna clase de metal (acero o aluminio principalmente).

**Inyección:** método indicado para termoplásticos que fluyen bien. Se trata de un sistema indicado para la producción de grandes series de piezas con buenos acabados y muchos "detalles"

**Extrusión:** Consiste en moldear productos de manera continua con sección transversal constante. Una máquina de extrusionado bombea y empuja, a velocidad uniforme, el plástico por un tornillo sinfín a través de un cilindro que acaba en una boquilla con la forma deseada. Es el método utilizado por ejemplo para fabricar perfiles como los junquillos de caucho para sujeción de cristales de las ventanas y puertas de cabina.



**Compresión:** La maquinaria necesaria consiste, básicamente, en una prensa y un molde. Es el proceso utilizado para la transformación del SMC. El plástico es calentado y comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa. El molde se abre una vez que la reacción de polimerización, curado, ha terminado. (Foto 40 pieza carrocería realizada en SMC)

## MOLDEO A BAJA PRESIÓN

**Vacío:** Método barato aunque no se adapta bien a detalles, pero puede ser utilizado para conductos que no requieran un acabado perfecto.



**Rotomoldeo:** Es el proceso utilizado para conformar depósitos de combustible. El material, por ejemplo PE granulado, se coloca en el molde. Cerrado el molde, se calienta, y se empieza a girar alrededor de 2 ejes. Su afluencia garantiza el reparto homogéneo por toda la superficie del molde, adoptando un espesor muy uniforme. Posteriormente se enfría, sin dejar de girar, y por último se abre el molde. Una buena fluidez consigue que sea aplicable para moldes complejos con espacios

estrechos, como los destinados a aplicaciones técnicas y en particular depósitos de combustible. (Foto 41: techo realizado en ABS)





**VULCANIZADO**

**El caucho SBR: Neumáticos**

---





## 1. EL MATERIAL

Hablar de caucho es hablar de neumáticos. En realidad existen dos grandes grupos de cauchos, los naturales y los sintéticos. La principal diferencia entre ambos radica en el origen de las materias primas. Mientras el caucho natural proviene del látex (un fluido que se obtiene sangrando algunos árboles, como la siringa del género *Hevea*, de regiones tropicales) el sintético se obtiene por procesamiento de hidrocarburos (petróleo). En la fabricación del neumático el caucho más utilizado es una mezcla de goma natural con el denominado SBR (caucho Estireno Butadieno) o el PBR (polibutadieno estireno) que son copolímero (es decir mezcla de dos o más monómeros que polimerizan) o el policloropropeno (más conocido como neopreno)



¿Por qué usar una mezcla?, se busca en cada componente propiedades deseables y eliminar, o minimizar, las indeseables. Así, por ejemplo, el SBR es inferior a la goma natural en procesado, resistencia a la tracción y adherencia pero es superior en impermeabilidad y envejecimiento. La mezcla suele ser del orden del 30 al 35 % de látex natural frente al resto de SBR.

## 2. PROCESO DE FABRICACIÓN

El SBR se obtiene a partir de los gases del petróleo mediante cracking o deshidrogenación catalítica del butano aunque el proceso de obtención es bastante complejo y no único pues existen, básicamente, 2 técnicas, una denominada emulsión en frío (la más usada) y otra que es la polimerización en solución.

**La mezcla, "alto secreto":** El comienzo es realizar la proporción entre caucho natural y sintético y que es el secreto mejor guardado de los fabricantes. Con esta formulación se consiguen diferentes mezclas de gomas más o menos adecuadas a una futura utilización. Así se podrá buscar una goma muy estanca para neumáticos *tubeless* (sin cámara) o bien gomas poco sensibles a los agentes atmosféricos y a la abrasión especialmente indicadas para los flancos del



Mítico Ebro Super 55

neumático. También se podrán conseguir gomas muy resistentes al desgaste por fricción con alto coeficiente de adherencia sobre el suelo húmedo para la banda de rodamiento.

**Los aditivos:** Un aditivo esencial es el negro de humo, obtenido por la combustión incompleta del gas de petróleo (proporciona al neumático su color negro) y que proporciona una mayor resistencia a la abrasión y mayor elasticidad. El azufre que sirve para vulcanizar el caucho, confiriéndole propiedades más elásticas que plásticas. Hay muchas más sustancias como los antioxidantes o los antitérmicos, homogeneizadores...

**Triturado y mezclas de gomas:** Las materias primas, negro de humo, pigmentos, sustancias químicas y muchos tipos diferentes de caucho, se unen en enormes mezcladoras (máquinas "Banbury"), sometidas a un enorme calor y presión. Mezclan todos los ingredientes hasta formar un compuesto negro y gomoso que se triturrará una y otra vez.

Ahora se introduce el azufre y otros aditivos que favorecerán la vulcanización posterior. Posteriormente, y tras bajar la temperatura, el caucho y demás componentes se procesan en láminas gruesas que se pasan por una máquina de cilindros o laminadoras que adecua la goma según espesores controlados.

La composición aproximada porcentual de los materiales que intervienen en la fabricación de un neumático terminado es:

- 37,5 % de caucho (entre natural y sintético)
- 25 % de negro de humo
- 16,5 % de cables de acero
- 4,5 % de materias textiles
- 17 % de productos químicos

**Inclusión de lonas metálicas o textiles:** Antiguamente se usaban fibras como el algodón pero hoy se usan productos sintéticos como el rayón, el poliéster, fibra de vidrio y acero. Los cables de acero se tratan superficialmente, por ejemplo con latón, para facilitar la adherencia al caucho. Luego una máquina de calandrado logra la adherencia de la matriz de caucho con el cable y así se constituye "una lona".

**Ensamblaje:** Con los productos semiterminados: piezas de goma laminada de diferentes grosores y anchuras, perfiles de goma, lonas de cables cortados en piezas, aros formados por cables de acero... llega el momento de confeccionar la carcasa. La operación se realiza sobre un tambor cilíndrico en rotación (calandrado interior). En primer lugar se mete en la máquina la mezcla que será la primera capa de goma, las lonas de cable, los aros (uno a cada lado), gomas de relleno y protección de flancos.

Posteriormente se debe pasar de la forma cilíndrica a la tórica, futuro neumático, para ello se va acercando un aro a otro sometiendo la parte central a presión que tensa y comba las capas de goma hasta el límite de la longitud de los cables.

**La banda de rodamiento:** Es la última parte en el proceso de fabricación. La banda, aún lisa, se debe adherir al resto del neumático. Se agregan unos cables de acero, resistentes a los pinchazos y que sujetan la banda de rodamiento firme contra el pavimento. Después los rodillos automáticos presionan todas las piezas unas contra otras.

El neumático ya está “casi” fabricado. Lo que se ha obtenido se denomina “**neumático verde**”.

### **COCCIÓN Y VULCANIZACIÓN**

Hasta llegar al “neumático verde” se ha procedido a temperatura baja. Ahora el neumático se coloca en un molde que le dará su forma final y el diseño o dibujo específico de la banda de rodamiento, el dibujo y marcas de flancos. Se trata del proceso de vulcanizado y que es bastante secreto entre los fabricantes pero ronda los 300 °C durante 12 a 25 minutos. Al sacarlo del molde el neumático ya está “cocido” y ya tiene sus propiedades elásticas con una resistencia al desgaste enormemente superior al “neumático verde”.

### **3. EL NEUMÁTICO ¿PARA QUÉ SIRVE?**

La historia de la humanidad no sería la misma sin la invención de la rueda y posteriormente del neumático. Lo mismo se puede decir de la historia de la mecanización agraria donde se va introduciendo la rueda primero en carros, galeras (ruedas de madera protegida por llanta metálica) y posteriormente en máquinas como las sembradoras, las guadañadoras. Los primeros tractores agrícolas utilizan rueda metálica con garras y posteriormente de goma maciza pero en 1930 se da paso a las neumáticas, a partir de aquí los avances se suceden de forma vertiginosa hasta llegar al presente. Sin embargo el papel de la rueda sigue siendo el mismo y que a la postre es ser el último elemento de la transmisión además de: soportar el peso del vehículo; realizar la transmisión de la carga en el frenado y aceleración; Transmitir los esfuerzos de tracción; Dirección del vehículo manteniéndolo en la trayectoria estable; Participar en la suspensión...

#### **Algo más: los hitos en la concepción actual del neumático**

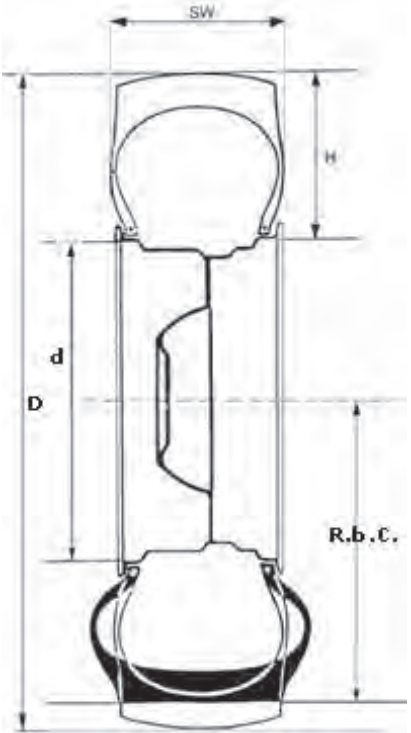
- 1736: El naturalista francés La Condamine habla del caucho.
- 1823: Químico escocés Charles Mac Intosh utiliza el caucho para fabricar ropa impermeable.
- 1835: El francés Charles Dietz revistió las llantas de su tractor de vapor con tiras de corcho y caucho.
- 1842: El norteamericano Charles Goodyear descubre la vulcanización mezclando azufre y caucho. La goma vulcanizada conserva su elasticidad, impermeabilidad y resistencia en frío y caliente.
- 1845: el inglés, Robert William Thomson patentó una banda neumática que describía así: “consiste en la aplicación de soportes elásticos alrededor de las ruedas de los coches, con el fin de rebajar la potencia necesaria para la tracción y para hacer su movimiento más suave y disminuir el ruido que hacen al rodar... Se ha usado un tubo fabricado con una sustancia impermeable al agua y al aire



como es el caucho sulfurizado o gutapercha. A continuación se infla con aire el tubo de forma que las ruedas al girar presentan un “cojín” de aire entre ellas y el suelo”

- 1880: primeras ruedas de “Simón” provistas de bandas de caucho macizo vulcanizado.
- 1886: primeros automóviles de Benz y Panhard con ruedas con bandas de caucho.
- 1888: el escocés Dunlop decide forrar las ruedas de bicicleta de su hijo con fundas de caucho hinchado con aire para reducir el esfuerzo del niño y suprimir el ruido.
- 1889: el invento de Dunlop se fabrica para ser utilizado en bicicletas. El mismo año, en mayo, en los talleres de los hermanos Michelin se presenta un velocipedista con una rueda pinchada. El taller Michelin se encarga de arreglarla y quedan encantados de lo “maravilloso” que es rodar sobre aire.
- 1891: los hermanos Michelin patentan el neumático desmontable. En el mismo año Shrader incorpora al neumático la válvula de inflado.
- 1892: El alemán Lehman patenta la unión del neumático a la llanta mediante “talones que son engrosamientos en forma de gancho insertados en los bordes de la llanta.
- 1895: sale el primer neumático para coches con sección de 65 mm y diámetro de 1010 mm!!!. El neumático no se sujeta a la llanta con pernos sino mediante engrosamientos en forma de gancho llamados talones insertados en los bordes de la llanta. Además se colocan insertado en el caucho del talón, en el momento de la fabricación, un sistema de cables de acero inextensibles de la misma longitud que la circunferencia de la llanta.
- 1910: se van remplazado las telas engomadas por lonas de pequeños cables retorcidos y paralelos.
- 1912: se incorpora el negro de humo en la mezcla de las gomas reemplazando a la arcilla que se utilizaba hasta entonces. Con ello se duplica la resistencia al desgaste.
- 1939-1945: durante la Segunda Guerra Mundial aparecen los cauchos sintéticos que permitirán fabricar neumáticos sin cámara independiente (*tubeless*).
- 1946: aparece el neumático radial



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H Altura del flanco</li> <li>• D diámetro máximo del neumático no cargado</li> <li>• d diámetro de la llanta</li> <li>• CdR Circunferencia de rodadura; Es la distancia recorrida en una vuelta completa de la rueda sobre la carretera asfaltada.</li> <li>• RbC Radio bajo carga estático; Es el radio referido a la carga y a la presión nominal. La diferencia entre el Radio sin carga y Radio bajo carga estática es la inflexión (oscila entre 15-30% de la altura de la sección)</li> <li>• RI Radio índice; Es un valor teórico para el cálculo de las velocidades teóricas en la homologación UE.</li> </ul>
<p>Fig. 2.- Dimensiones básicas de un neumático</p>	

## EL DETALLE IMPORTA

Existen dos grandes familias en la concepción del neumático agrícola: el neumático convencional o diagonal y el radial.

**El neumático convencional:** de estructura cruzada o diagonal. Las lonas, cuyo número varía entre dos a catorce (el número condiciona la carga que puede soportar el neumático) se disponen de forma cruzadas unas con otras en un determinado ángulo con respecto al plano medio del neumático. La relación altura/anchura del balón es aproximadamente de 0,85. El apoyo de la rueda en el suelo, su huella, tiene forma elíptica. Las presiones mínimas de utilización están por encima de 80 kPa (con menos presión se podría producir el giro del neumático sobre la llanta)

**El neumático radial:** Se llama así porque los cables de acero y textiles se disponen de un aro a otro como si fuesen la prolongación de los radios de las ruedas, es decir se tienden perpendicularmente a la banda de rodadura, de un lado a otro del talón. La relación altura/anchura del balón está entre 0,6 y 0,65 proporcionando una apariencia de neumático de "bajo perfil". La presión de utilización es mayor que en el caso de las diagonales (80 a 120 kPa). El área de contacto toma forma rectangular.

Sin entrar en detalles se puede afirmar que el neumático radial presenta mejores cualidades que el convencional: "Pisa" mejor que el diagonal, repartiendo mejor las cargas (*bulbo* de presiones); Reduce el consumo; Mejora la estabilidad; Tiene una mayor duración



Banda de goma por la que optan cada vez más los fabricantes)

#### 4. JUNTAS, JUNQUILLOS

**Cauchos de usos Especializados:** Los junquillos de estanqueidad de puertas, ventanas, son también de caucho pero en este caso se suelen usar caucho de uso especializado como puede ser el policloropreno o el neopreno y también hay varios materiales que se denominan termoplásticos elastómeros que tienen propiedades de los elastómeros pero se procesan como un termoplástico sin vulcanizar.





**RAROS**

**El catalizador**

---



## 1. EL MATERIAL

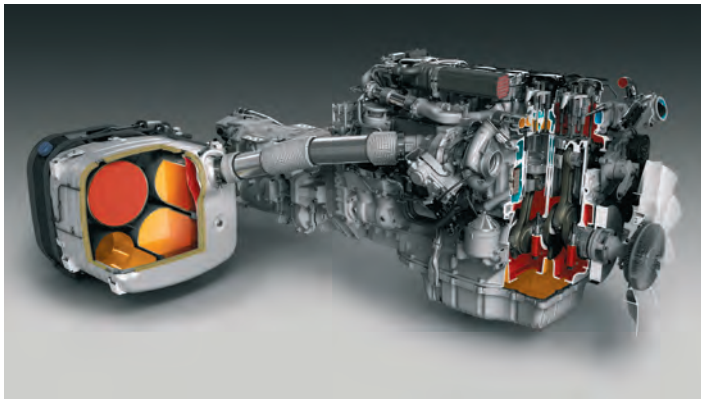
Con la nueva normativa de emisión de gases contaminantes, los motores de los tractores agrícolas y sus órganos anexos han evolucionado para o bien disminuir la contaminación que producen o bien depurar los gases de escape.

Como curiosidad y por las anécdotas que están provocando quiero terminar esta hoja divulgadora hablando de los catalizadores.

Un catalizador tiene como misión disminuir los elementos contaminantes contenidos en los gases de escape de un vehículo mediante la técnica de la catálisis, pero aquí está "el problema". Para conseguir la acción catalítica se usan una serie de sustancias activas y entre otras se suele usar materiales muy caros como el platino, el rodio, el paladio...

Claro tener "en la calle" un tractor de última generación, con un "botellón" fuera del vano motor (se coloca cerca del motor y antes del escape), poco protegido, y que vale un "pastón" llama a la mala conciencia de muchos "amigos de lo ajeno" y ahí empieza el quebradero de cabeza, y de bolsillo, que habrá que estudiar como solucionar o al menos disminuir.

El "botellón" que se ve exteriormente es en realidad un recipiente de acero inoxidable, frecuentemente provisto de una carcasa-pantalla metálica antitérmica, deseable también de inoxidable porque si no en 3 meses el tractor nuevo presentará una visión lamentable (¡el detalle importa!). Interiormente el catalizador posee un soporte cerámico con una estructura en forma de panal de múltiples celdillas (la densidad de celdillas alcanza las 100 por  $\text{cm}^2$ ); Y ahora viene el problema, pues se impregnan las celdillas con polvo de elementos nobles y metales preciosos (el platino y el paladio para oxidar y el rodio para reducir pero los tres no son caros, son carísimos)



## 2. EL POR QUÉ: REDUCCIONES ESPECTACULARES

Sólo 20 años (de 1990 a 2010) pero una diferencial abismal en el nivel de emisiones. Hoy, un vehículo Euro4 emite un 98 % menos de partículas de hollín, un 80% menos en monóxido de carbono (CO) y otro 85% menos en óxidos de nitrógeno (NOx) y similar la proporción de bajada en hidrocarburos libres (HC) pero es que no se ha acabado, la

próxima Euro 5 implica utilizar catalizadores más eficientes y diseños de motores aun más optimizados.

Pero "nada es gratis" y hablando con algunos fabricantes han estimado que un tractor cumpliendo la Euro 4 frente a un Euro 2 se ha podido encarecer "el mismo producto" unos 4000-5000 €

### 3. CATALIZADOR

Un buen motor con óptima inyección es factor clave pero no suficiente para conseguir el nivel que la normativa exige. El siguiente paso del "ataque" es el catalizador.

El **¿Cómo funciona?** Ya lo he explicado muy someramente. Colocado cerca del motor mantiene a los gases de escape a alta temperatura (por encima de los 400 °C).

Puede haber catalizadores de doble o triple vía. Se tratan de diferentes tecnologías en su construcción, siendo el de doble vía el más usado en tractores por llevar motor diesel.



### 4. EL PRECIO

Bueno pues como ya he dicho muy caro y si en un tractor puede incrementar el valor de compra en unos 4000 € cuando se va a reponer por rotura o robo nos iremos fácilmente a los 6000 €....

Así que ¡ojo! donde se deja el tractor, pero que no nos lo roben no significa que ya lo tengamos todo conseguido. Un catalizador se "hace viejo" y en un tractor de primera línea nos podrá alcanzar en óptimo funcionamiento unas 6000 h.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blazynsky, T.Z., Plasticity and Modern Metal-forming Technology. Elsevier, 1989
- Revista Agricultura. El neumático agrícola. Números de Marzo-Abril 2008. [www.editorialagricola.com](http://www.editorialagricola.com). ISSN 0002-1334
- Revista Agrotécnica. Los plásticos en el diseño de la maquinaria agrícola. Números de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre 2006. [www.hb-ediciones.com/agrotecnica](http://www.hb-ediciones.com/agrotecnica). ISSN 1886-6514
- Schweitzer, Philip A. (2003), *Metallic materials*, CRC Press, [ISBN 9780824708788](https://doi.org/10.1081/9780824708788).
- Algunas fotos se han tomado de las siguientes direcciones:  
<http://wakpaper.com>  
<http://wallpaperstock.net>  
<http://wallpaperswide.com>  
<http://www.wallpapersdesign.net>  
<http://www.avto.goodfon.com>  
[www.masquemaquina.com](http://www.masquemaquina.com)

