



Curso de Maquinaria Agrícola

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Máquinas motrices y estacionarias de tracción

Capítulo 01.-

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**

En este Grupo se incluyen las máquinas motrices y estacionarias de tracción, aunque no todos los subgrupos tiene una importancia similar. Dentro del Grupo son los tractores agrícolas los de mayor interés, ya que accionan máquinas agrícolas de utilización generalizada.



Funciones que realizan

- **Accionamiento de las máquinas agrícolas de cualquier tipo, fijas y estacionarias, con independencia del proceso agrícola que realice la máquina accionada.**



Descripción:

- **Motores que transforman la energía química del combustible en energía mecánica para accionamiento directo de ejes de máquinas agrícolas, o de elementos de propulsión (ruedas, cadenas...) que suministran esfuerzo de tracción en su desplazamiento (potencia de tracción).**
- **Proporcionan un caudal de aceite bajo presión para el accionamiento de motores hidráulicos y otros dispositivos.**



Se incluyen en este Grupo



- Los **tractores agrícolas y forestales**.
- Los **bastidores autopropulsados** sobre los que se instalan máquinas de diferente tipo, como los equipos de recolección de granos y semillas.
- Los **aviones para tratamientos aéreos**.
- Los **motores estacionarios**, como los que se utilizan para accionar equipos de riego.



Curso de Maquinaria Agrícola

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Máquinas motrices y estacionarias de tracción

Capítulo 01.1.-

Introducción a los tractores agrícolas de ruedas

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**

En un Curso de Maquinaria Agrícola, solo se considera una “introducción” al estudio de los tractores agrícolas, en el que especialmente se incluyen los aspectos básicos de los mismos como unidad de potencia para el accionamiento de otras máquinas, sin entrar en detalles de sus componentes, ya que esto daría lugar a un curso específico sobre “tractores agrícolas”.

Son los tractores agrícolas de ruedas los más utilizados, por lo que a ellos se dedica la mayor parte del contenido del Capítulo. Al final se incluyen algunos datos relativos a tractores de cadenas y de bandas de goma.



Tractor agrícola

- Máquina automotriz de ruedas, cadenas, bandas de goma o mixta, construida especialmente para **arrastrar**, **empujar**, **llevar y accionar cualquier máquina o apero** destinado a los trabajos agrícolas y forestales. Puede estar provista de una **plataforma amovible** para carga.





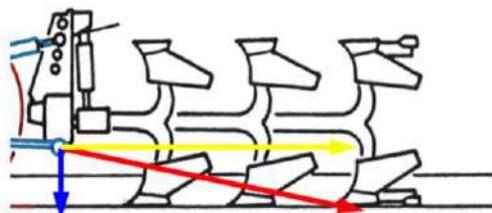
Tractor: vehículo para realizar tracción

¿Que se le exige?

Esfuerzo de tracción elevado (próximo a su masa)

Velocidades:

- Lentas: < 4 km/h
- Trabajo: 4-15 km/h
- Transporte: > 15 km/h



Polivalencia para las diferentes operaciones agrícolas

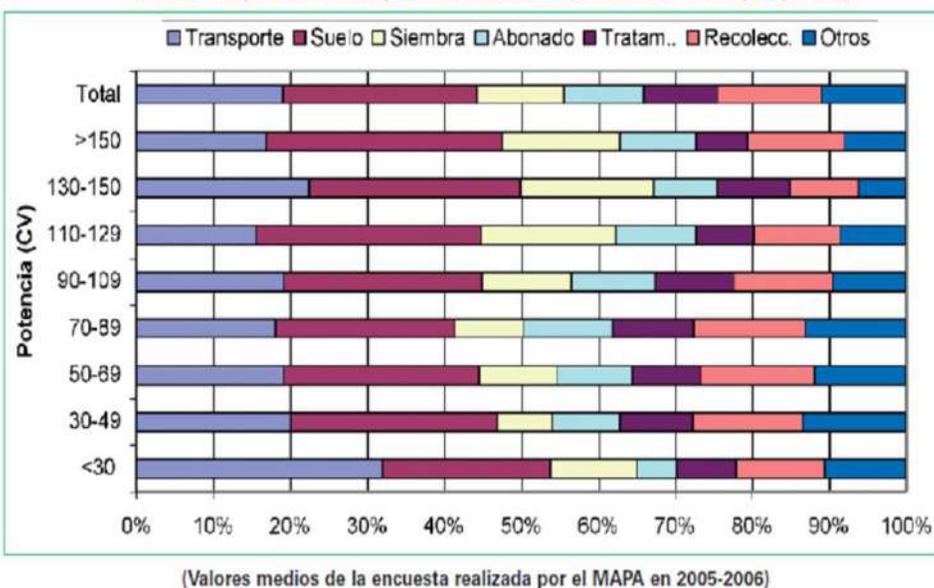
Conviene destacar su polivalencia. El tractor agrícola es una máquina energéticamente incompleta, que hay que adaptar a la máquina que acciona.

Fundamentalmente está diseñado para que suministre tracción. En las operaciones de trabajo en campo es cuando se utiliza un alto porcentaje de la potencia de su motor



Operaciones agrícolas con tractores

Porcentajes de tiempos de utilización en el año (España)

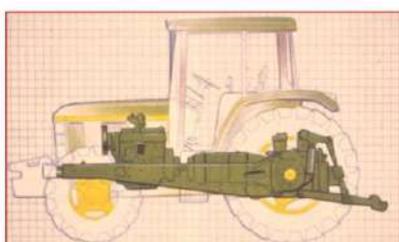
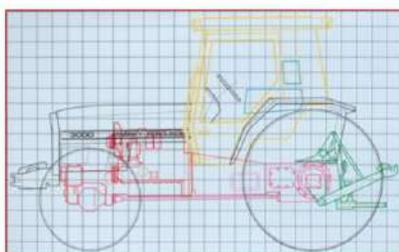


Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Los tiempos de utilización anual de los tractores en las diferentes operaciones agrícolas varían en función de la potencia de los mismos, como se observa en el gráfico (agricultura española)



Estructura del tractor



- Estructura rígida formada por la unión de componentes. En otros casos se utiliza un bastidor sobre el que se apoyan los componentes principales: motor, transmisión y sistema hidráulico.
- La propulsión se realiza por ruedas, cadenas metálicas o bandas de goma.
- En algunos casos se incorporan plataformas que permiten transportar insumos (fertilizantes, semillas, etc.).



Elementos de propulsión



- Para reducir la presión sobre el suelo, que se incrementa a medida que el tractor aumenta de tamaño, y de potencia, en menor proporción que la superficie de apoyo, se utilizan **mayor número de ejes motores (doble tracción) y ruedas gemelas**, o bien sistemas de propulsión de cadenas metálicas o de bandas de goma.



Tractor agrícola de ruedas



- La **potencia mecánica** generada en el motor del tractor se transmite a la máquina arrastrada mediante:
 - **esfuerzo de tracción** que le permite desplazarse a una determinada velocidad,
 - **eje en rotación normalizado** (toma de fuerza), o
 - **caudal de aceite** para accionamiento de receptores (motores y cilindros hidráulicos) instalados en las máquinas (potencia hidráulica).
- También pueden suministrar en algunos casos **potencia eléctrica**.



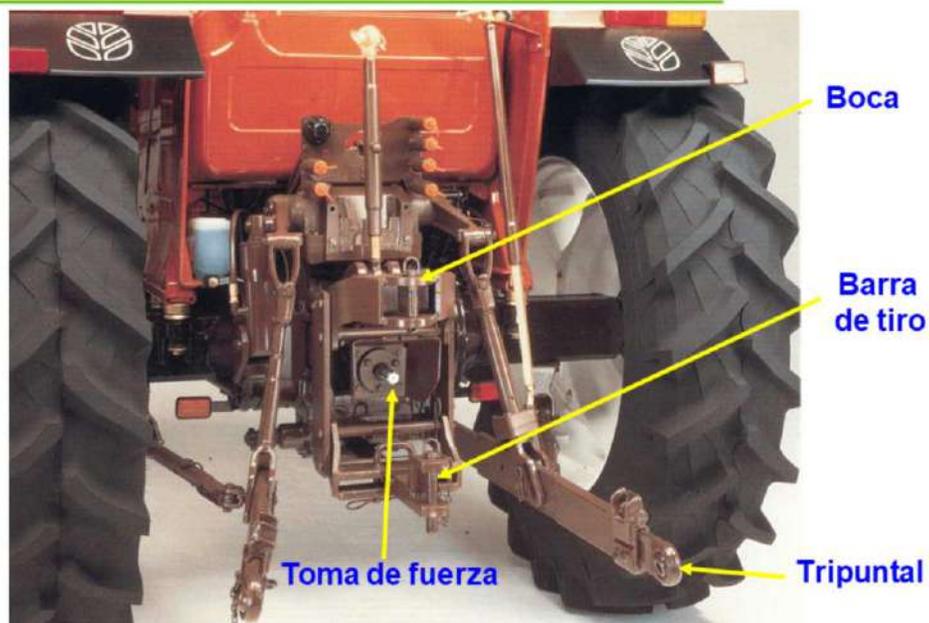
Componentes en los tractores agrícolas de ruedas

- Disponen de una **estructura rígida**, con capacidad para resistir los esfuerzos de tracción, unida al elemento que soporta las ruedas traseras siempre motrices.
- El conjunto del **diferencial con el puente trasero del tractor es la base de su estructura**. A partir de este elemento se realiza el ensamblado de los componentes esenciales, formando un bloque estructural resistente a los esfuerzos que exigen las diferentes operaciones agrícolas.
- En el **bloque trasero se sitúan** los diferentes tipos de **enganche** a los que se unen los aperos y máquinas agrícolas.
- Incluye un **eje que permite suministrar potencia mecánica** a regímenes normalizados de 540 y 1000 rev/min, así como **tomas hidráulicas que proporcionan caudales de aceite** entre 30 y 150 L/min a presiones máximas entre 100 y 200 bar.



Enganches y toma de fuerza

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



En los tractores agrícolas se utilizan enganches y tomas de fuerza (de potencia) normalizados, que permiten accionar máquinas agrícolas de todo tipo, con independencia de su procedencia geográfica.

Los más importantes son el enganche tripuntal y la toma de fuerza trasera.



Enganches mecánicos (UNE 68067 – Terminología)

Para remolques y máquinas asimilables

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

boca
ISO 6489-2

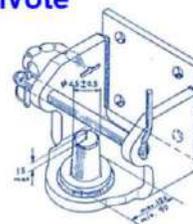


anillo



gancho
ISO 6489-1

pivote



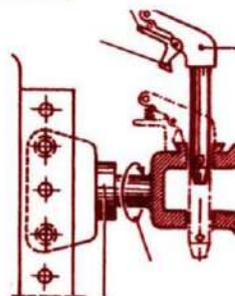
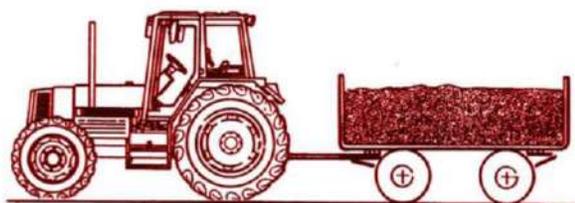
Los enganches de tipo boca se utilizan para arrastrar remolques y máquinas que no cargan verticalmente sobre el tractor.

Los de tipo gancho y pivote, además de admitir grandes esfuerzos de tracción permiten cargas verticales importantes.

En la máquina arrastrada se utiliza un anillo con dimensiones compatibles con la boca, el gancho o el pivote.



Enganche en un punto



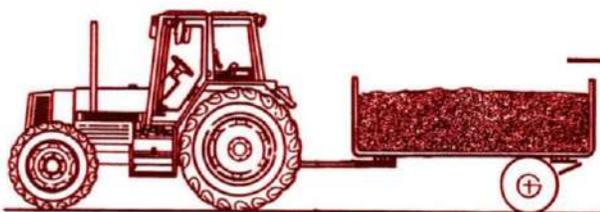
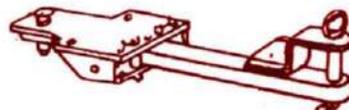
La resultante de las fuerzas debe pasar por el punto de enganche



Fundamentalmente para arrastre de remolques de dos ejes.



Enganche en un punto que admite carga vertical

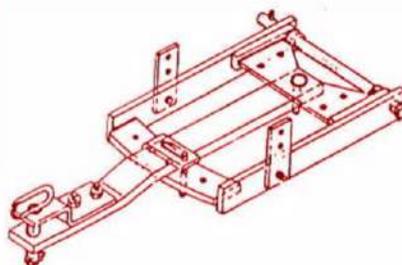
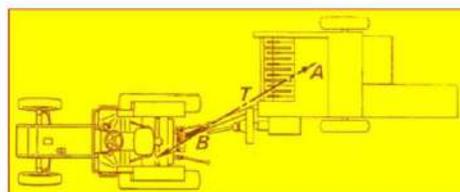
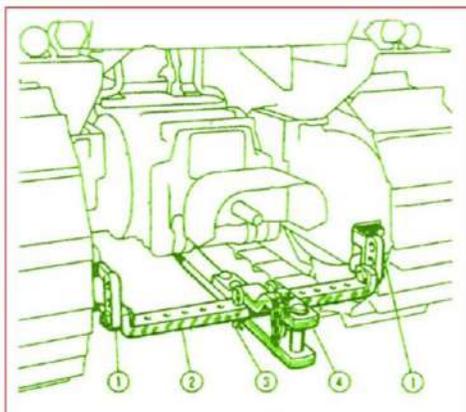


Condiciones de estabilidad

Para arrastre de remolques en los que una parte de la carga vertical la soporta el tractor que lo arrastra



Barra de tiro oscilante



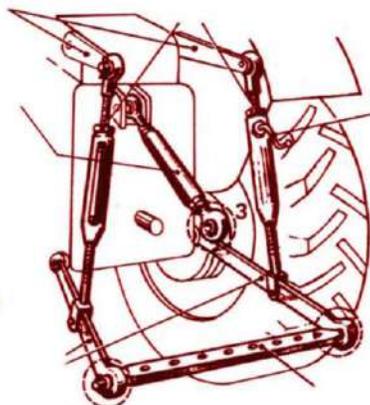
Aperos y máquinas arrastradas (campo)

La barra de tiro se utiliza para el arrastre de aperos y máquinas que trabajan desplazadas lateralmente con respecto al tractor.



Enganche en tres puntos

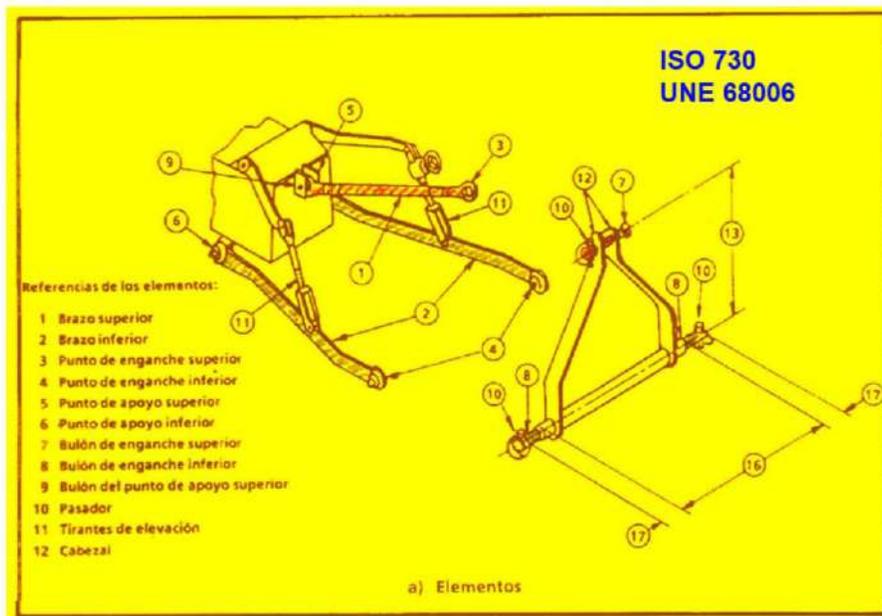
Máquina integrada en el tractor



Con el enganche en tres puntos se consigue integrar cualquier apero o máquina agrícola en el tractor.



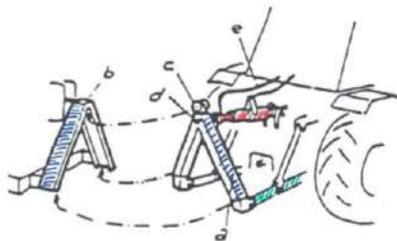
Enganche en tres puntos (terminología)



La norma ISO 730 establece diferentes categorías en función de la potencia del tractor.



Enganches automáticos



**Tipo A – Accord
ISO 11001-2**

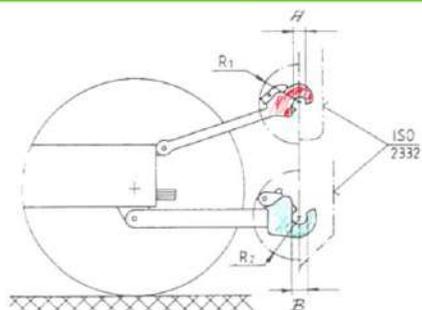
Para facilitar el acoplamiento del tractor con los aperos que se enganchan en el tripuntal se han normalizado sistemas de enganche denominados automáticos, con los que se puede realizar la unión sin que sea necesario descender del puesto de conducción.

El sistema Accord es el más utilizado en Europa y la conexión se realiza en un tiempo.



Enganche automático en dos fases

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



ISO 11001-3

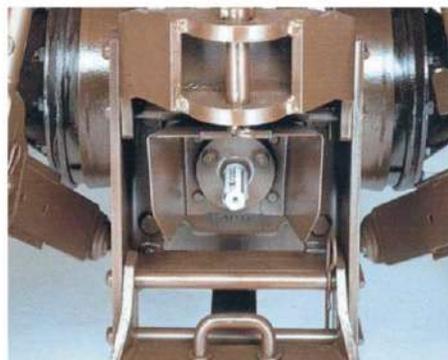
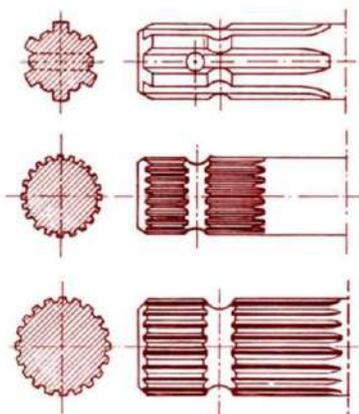
En otros tipos de enganches la conexión automática se realiza en 2 tiempos.



Tomas de fuerza (potencia)

Tipo de toma de fuerza	1	2	3	4
Diámetro nominal (mm)	35	35	45	57
Nº de acanaladuras	6	21	20	18
Régimen nominal (rev/min)	540	1000	1000	1000
Potencia máxima (kW - CV)	48 - 65	92 - 125	185 - 252	340 - 462

ISO 500

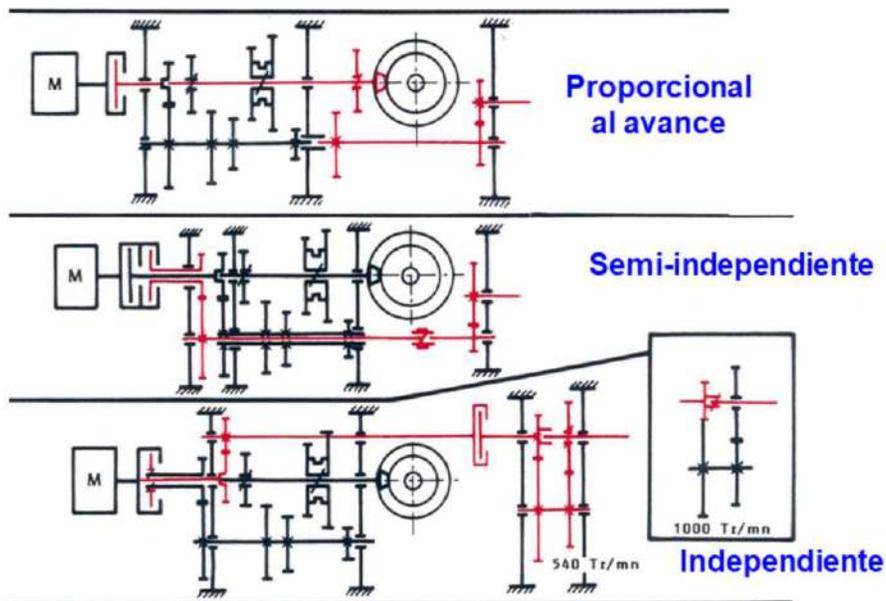


Las tomas de fuerza permiten accionar máquinas agrícolas. Sus dimensiones se establecen en función de la potencia que pueden transmitir. El régimen de giro normalizado es de 540 ó de 1000 rev/min.



Transmisión del motor a la toma de fuerza

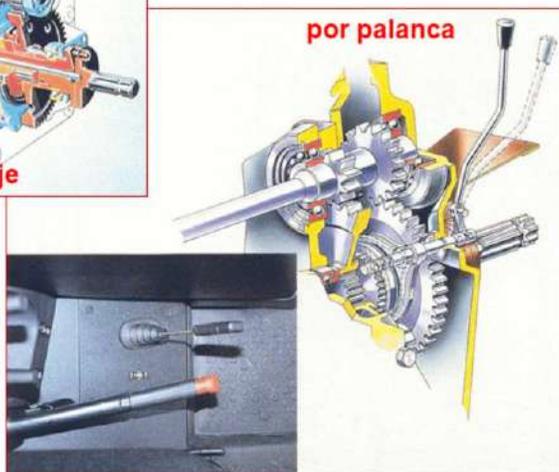
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La cadena cinemática que une el eje de la toma de fuerza con el motor admite proporcionalidad al avance (generalmente opcional) o conexión directa con el motor. Cuando su movimiento es independiente del de las ruedas se dice que es una toma de fuerza “independiente”. En algunos modelos se incluyen cajas de cambio en esta cadena cinemática para conseguir que el eje de salida pueda girar a 540 y a 1000 rev/min para diferente régimen del motor.



Cambio de régimen



La relación de transmisión se modifica mediante el intercambio del eje de salida, o por el desplazamiento de engranajes con una palanca.



Tomas hidráulicas para servicios externos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



ISO 5675

Normalización de las tomas hidráulicas para facilitar los acoplamientos.



Elevador y toma de fuerza frontales

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



ISO 8759-1-2

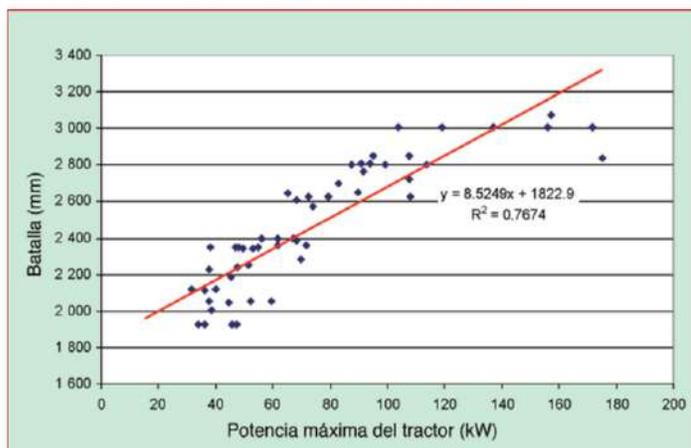


Norma Técnica específica para el enganche y la toma de fuerza frontaes.



Tractores de ruedas de tipo “estándar” (pesos y dimensiones)

- Tractores de simple y de doble tracción
- Ligeros y pesados (26 kg/CV a 45 kg/CV)
- Distancia entre ejes: **cortos y largos**



Tres son las dimensiones que caracterizan a los tractores: su distancia entre ejes, su anchura de vía y el despeje sobre el suelo.

La distancia entre ejes aumenta con la potencia, aunque para la misma potencia se comercializan tractores “cortos” para operaciones en las que se necesita maniobrabilidad y tractores “largos” más estables en los trabajos de tracción en campo.

La masa del tractor se relaciona con la potencia de su motor, especialmente cuando se utiliza para realizar trabajos de tracción.

Caracterización de los tractores por la anchura de vía

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

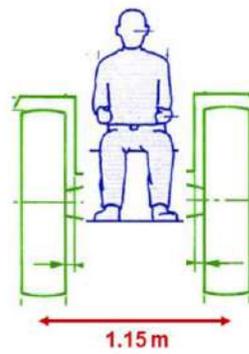
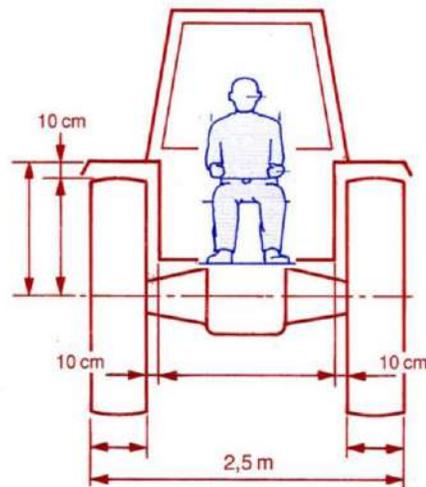
The diagram illustrates tractor wheel spacing with dimensions: 1.50m, 1.80m, and 0.45m. It also shows a tractor operating in a vineyard with a wheel spacing of 1.30m. The tractor types are categorized as: zancado, estrecho, compacto o frutero, and normal. The text 'entre líneas' and '0,5' is also present.

Adaptación de la vía del tractor para cultivos permanentes.



Anchura mínima

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Los tractores de tipo “estrecho” se utilizan para plantaciones de viñedo en espaldera con marcos de plantación estrechos.



Dimensiones: anchura y despeje

anchura de vía

normal
 ≥ 1.50 m



estrecho
(compacto)



despeje

normal



zancudo
> 0.80 m



Otra alternativa es trabajar sobre la línea: tractores zancudos o de alto despeje.



Relación entre el volumen y la superficie de apoyo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

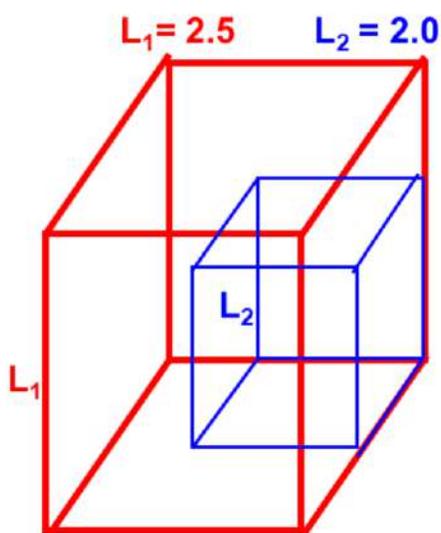


Se puede establecer una relación entre la masa del tractor (y la potencia de su motor) con sus dimensiones principales: longitud, anchura y altura.



Relación: volumen / superficie de apoyo

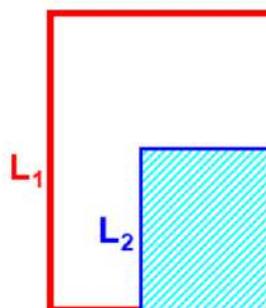
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Volumen = $L^3 \approx$ Masa \approx Potencia

$$\text{Relación } V_1 \div V_2 = 15.6 \div 8 = 1.95$$

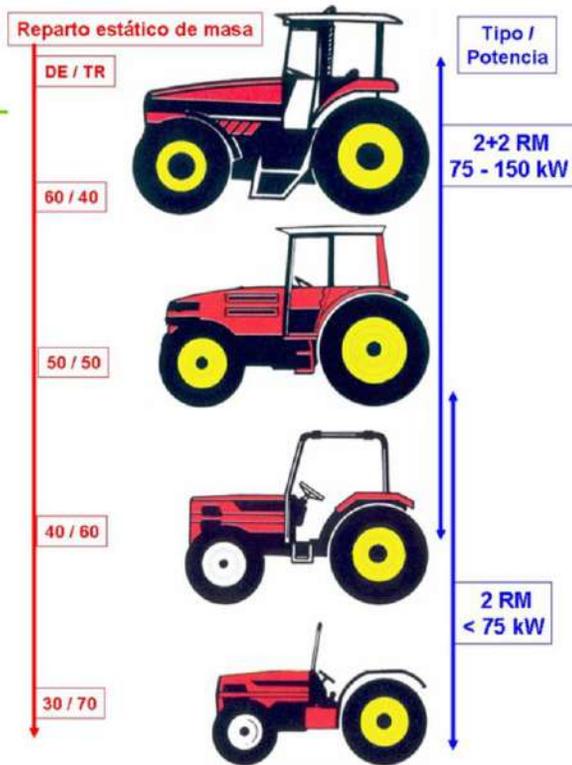
$$\text{Relación } S_1 \div S_2 = 6.2 \div 4 = 1.56$$



Superficie = L^2

Pasar de una dimensión $L = 2.0$ a $L = 2.5$, hace aumentar el volumen casi 2 veces, mientras que la superficie de apoyo solo lo hace un 50%. Esto obliga a utilizar ruedas de mayor tamaño a medida que aumenta la potencia y tractores de doble tracción, ya que las dimensiones máximas de las ruedas tiene limitaciones prácticas.

Clasificación para tractores de tipo estándar



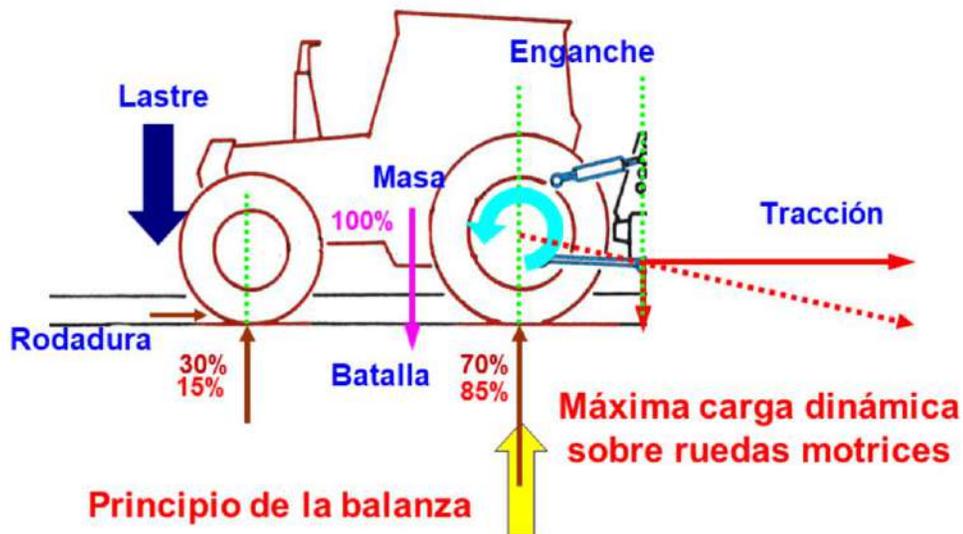
Para potencias de más de 75-100 kW (100-140 CV) la propulsión se realiza con las ruedas de ambos ejes, aunque en la mayoría de los casos el eje delantero se puede desconectar para desplazamientos en marchas largas (más de 12 km/h). Estos tractores se conocen como de “doble tracción asistida”, o tipo 2+2 RM.

El reparto de masas entre los ejes cambia a medida que la potencia del tractor aumenta, para poder aprovechar la adherencia del eje delantero motor.



Optimización del diseño

Equilibrio dinámico de las fuerzas (estabilidad y eficiencia)



La estructura del tractor ha evolucionado para optimizarla en un vehículo diseñado para realizar tracción. Al realizar tracción se produce la transferencia dinámica de la carga desde el eje delantero al trasero.



Máxima superficie de apoyo

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



dirección y guiado



Cuando las potencias superan los 150-200 kW (200-300 CV) las ruedas del eje delantero y del trasero suelen ser del mismo diámetro y siempre son motrices.

Esta misma forma constructiva también se utiliza en tractores compactos diseñados para cultivos intensivos o zonas en pendiente.

Generalmente se designan como tractores de doble tracción tipo 4RM y el cambio de dirección se consigue generalmente mediante articulación sobre el plano medio del tractor.



Agrupación a efectos estadísticos (tractores de ruedas)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Tractores	Clave	Denominación	Criterios de clasificación
Tipo "estándar"	XG	Extra Grande	Motores de 6 o más cilindros con potencias de referencia superando los 200 CV y masa sin lastre de más de 8000 kg.
	MG	Muy Grande	Motores de 6 cilindros con potencias de referencia entre 160 y 200 CV.
	GG	Grandes	Motores de 4, 5 y 6 cilindros con potencias de referencia de más de 110 CV y menos de 160 CV.
	MM	Medianos	Motores de 3 y 4 cilindros con potencias de referencia entre 80 y 109 CV. Su cilindrada supera los 3.5 litros
	PP	Pequeños	Motores de 3, 4 y 5 cilindros con potencia de referencia inferior a 80 CV y superior a 50 CV. Cilindrada por debajo de los 3.5 litros
	MP	Muy Pequeños	Motores de menos de 50 CV de potencia con cilindrada de menos de 3.5 litros
Tipo "4RM"	MM-4	Medianos	Motores con potencias de referencia que superan los 80 CV, diferenciando la forma de dirección (rígidos o articulados)
	PP-4	Pequeños	Motores con potencias de referencia entre 50 y 80 CV, diferenciando la forma de dirección (rígidos o articulados)
	MP-4	Muy Pequeños	Motores de menos de 50 CV de potencia, diferenciando la forma de dirección (rígidos o articulados)
Tipo "especiales estrechos"	MM-e	Medianos	Tractores de vía estrecha, con motores de potencias de referencia que superan los 80 CV.
	PP-e	Pequeños	Tractores de vía estrecha, con motores de potencias de referencia entre 50 y 80 CV.
	MP-e	Muy Pequeños	Tractores de vía estrecha, con de menos de 50 CV de potencia.

Propuesta de agrupación de tractores considerando la cilindrada del motor y su masa en vacío.



Curso de Maquinaria Agrícola

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Máquinas motrices y estacionarias de tracción

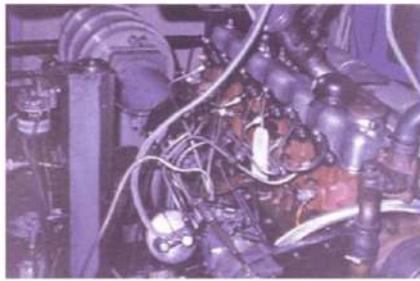
Motores, transmisiones y sistema hidráulico de los tractores

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**

Los motores, las transmisiones y el sistema hidráulico son los componentes básicos de los tractores agrícolas.

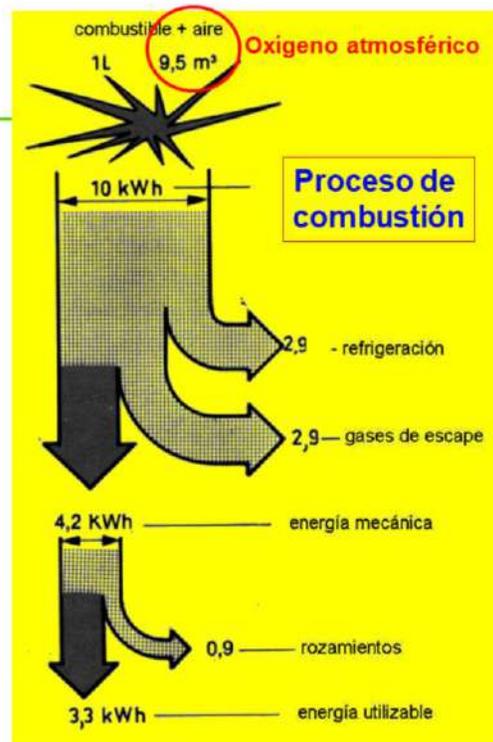


El motor



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

**Máquina térmica que
convierte energía química
(combustible)
en energía mecánica**

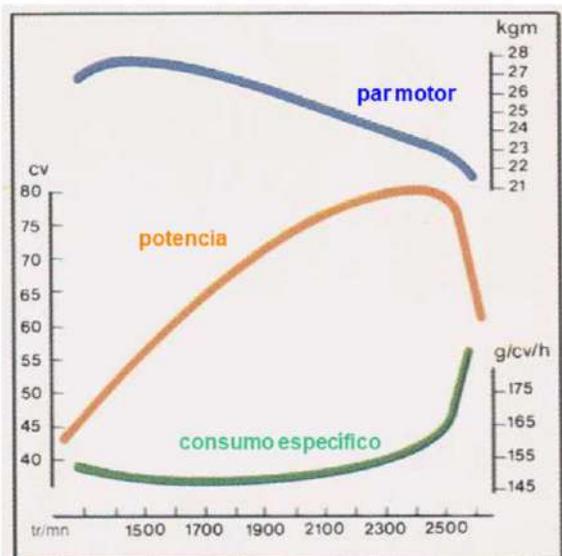


Balance energético de un motor. Aproximadamente un tercio de la energía química del combustible se convierte en potencia mecánica.



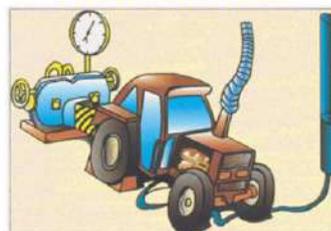
Medida de la potencia

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

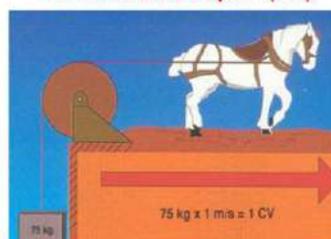


Doc. Fiatagri

Freno dinámico



El "Caballo de Vapor" (CV)



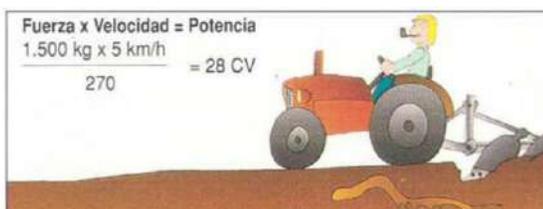
La potencia del motor térmico cambia con el régimen de funcionamiento. Se mide utilizando frenos dinámicos en el propio motor o en la toma de fuerza del tractor que lo monta.

La unidad de medida de la potencia es el "Caballo de vapor": potencia necesaria para elevar una masa de 75 kg venciendo la fuerza de la gravedad a una velocidad de 1 m/s.

Las curvas características de un motor incluyen, además de la potencia, el par motor y el consumo de combustible.



Fuerza y Potencia

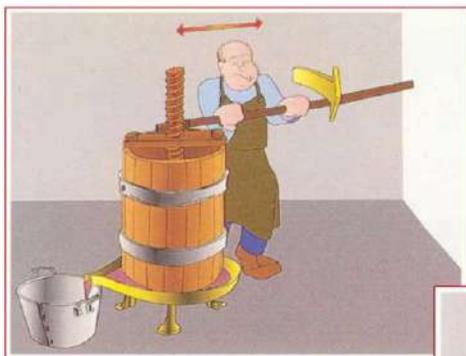


Doc. Fiatagri

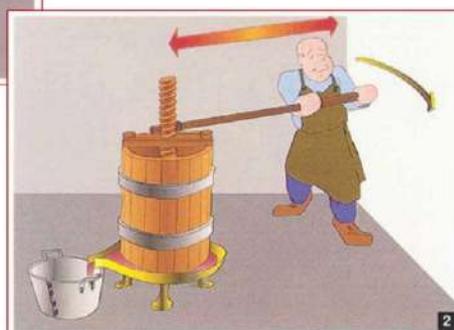
Diferencias entre fuerza y potencia.



Par motor



Par = fuerza x distancia

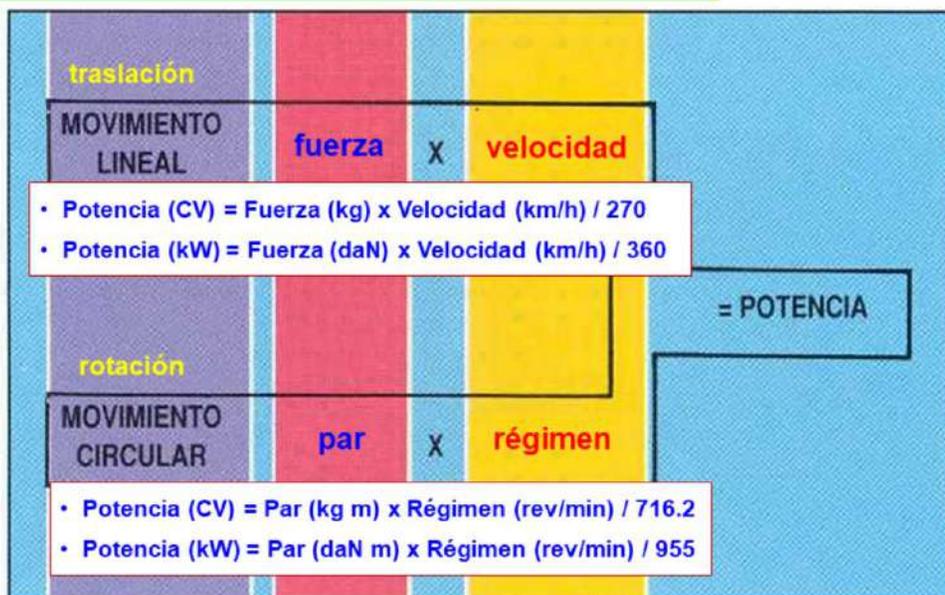


Medida de par motor: producto de fuerza por el brazo de palanca



Cálculo de la potencia

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

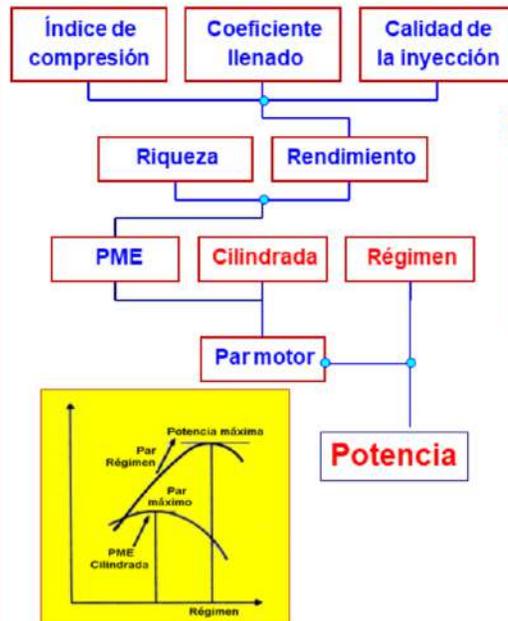


Calculo de la potencia en trabajos de tracción y sobre un eje en rotación.



Potencia: caudal de aire

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Caudal aire: cilindrada x ciclos / tiempos

Aplicación: motor de 4.086 litros
trabajando a 2200 rev/min
Caudal = $4.086 \text{ [L]} \times 2200 \text{ [rev/min]} / 2$
= 4 496.4 L/min = 26.97 m³/h

Potencia =
gasto de aire x dosado absoluto x
poder calorífico x rendimiento

Limitado por la emisión de humos
y gases de escape contaminantes

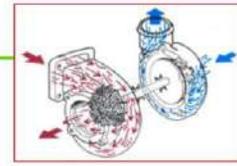


La potencia del motor depende del caudal de aire que entra en los cilindros. Sobre este aire se inyecta el combustible. La cantidad de combustible se limita para reducir el consumo específico y las emisiones de gases de escape.

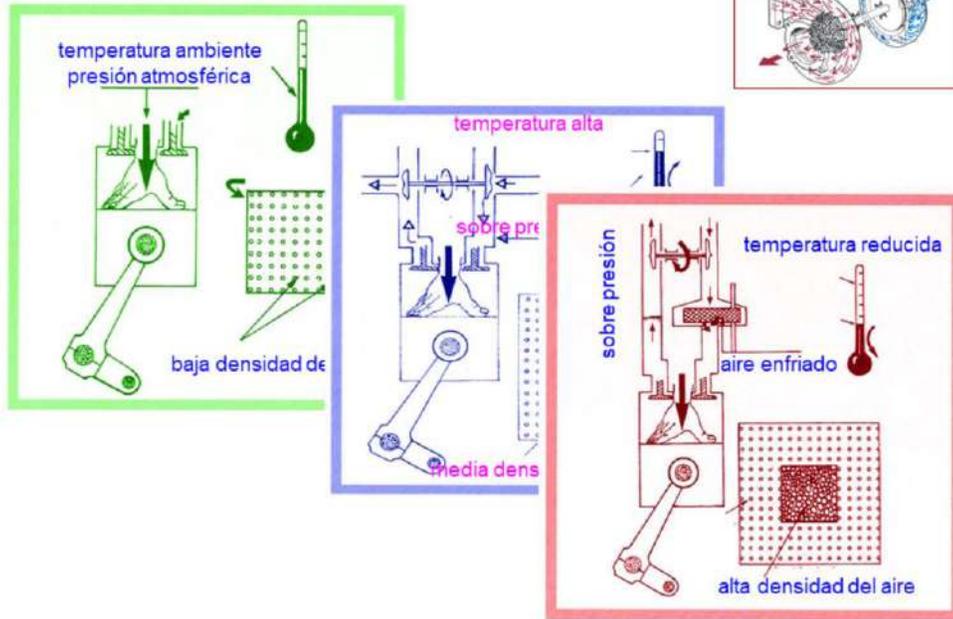
El llenado de aire no es uniforme en todo el rango de velocidades de rotación, lo cual hace que cambie la potencia disponible.



Aumento de la cantidad de aire en el cilindro



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

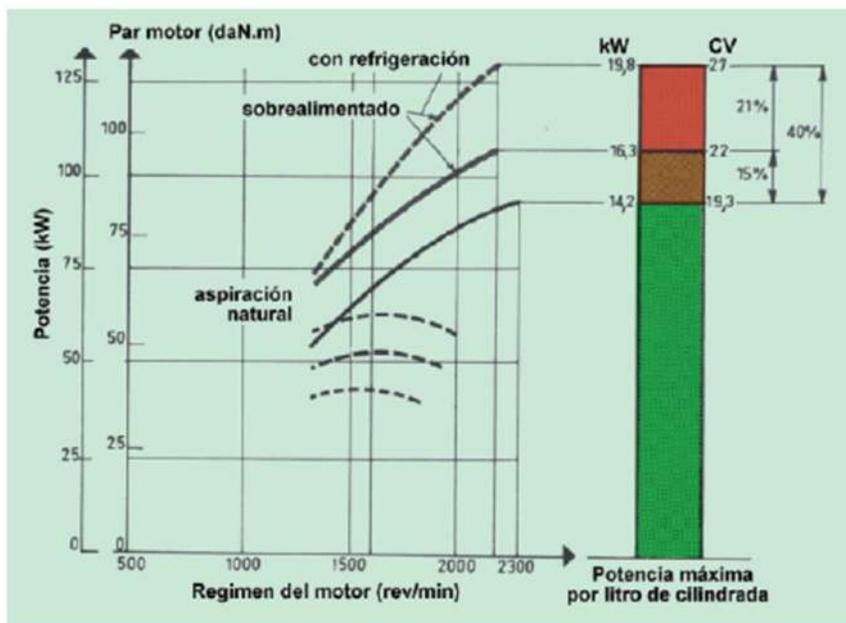


Para aumentar la cantidad de aire en los cilindros se utilizan los turbocompresores, que aprovechan la energía residual de los gases de escape del motor para comprimir el aire de admisión. Otro incremento de la cantidad de aire que entra en los cilindros se consigue enfriando el aire una vez comprimido.



Efecto de la sobrealimentación (motor de 6.6 litros)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

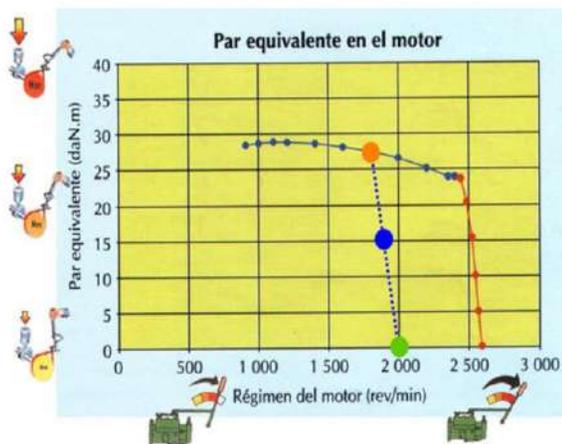
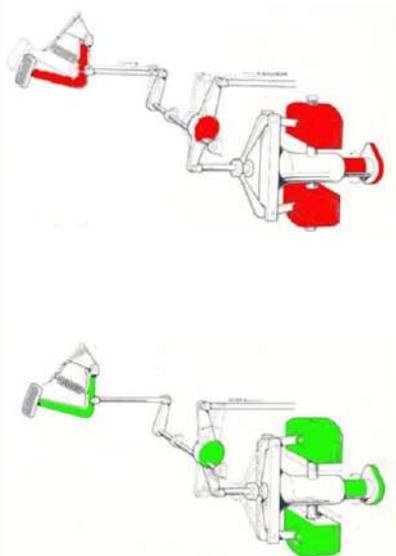


Mediante la sobrealimentación se puede incrementar la potencia en un 15% con respecto a la que se obtiene en un motor de aspiración natural con la misma cilindrada. Si el aire comprimido se enfría (intercambiador de calor) la potencia se puede incrementar un 40%.



Regulador multi-régimen (mecánico)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



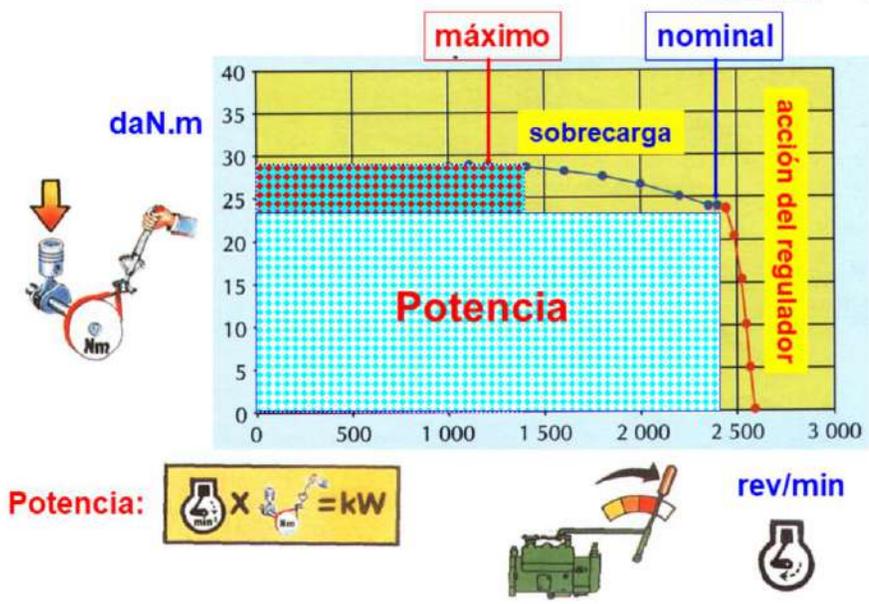
Los motores de los tractores agrícolas disponen de un regulador multirégimen (mecánico o electrónico). El conductor establece con un “acelerador” el régimen al que desea trabajar y el sistema de inyección del tractor aumenta o reduce la inyección para mantenerlo entre unos límites reducidos (línea azul de puntos). Si la resistencia aumenta por encima de ciertos valores, (punto rojo) el motor reduce su régimen de funcionamiento hasta alcanzar el régimen de par máximo.



El par motor



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



La potencia se calcula en un diagrama de Par motor/Régimen de funcionamiento como producto de estas dos magnitudes.

En un motor convencional cuando el par resistente aumenta se dice que funciona en régimen de sobrecarga. La potencia se reduce, pero el par que suministra aumenta.



Potencia máxima

Potencia:

$$\text{min} \times \text{Nm} = \text{kW}$$

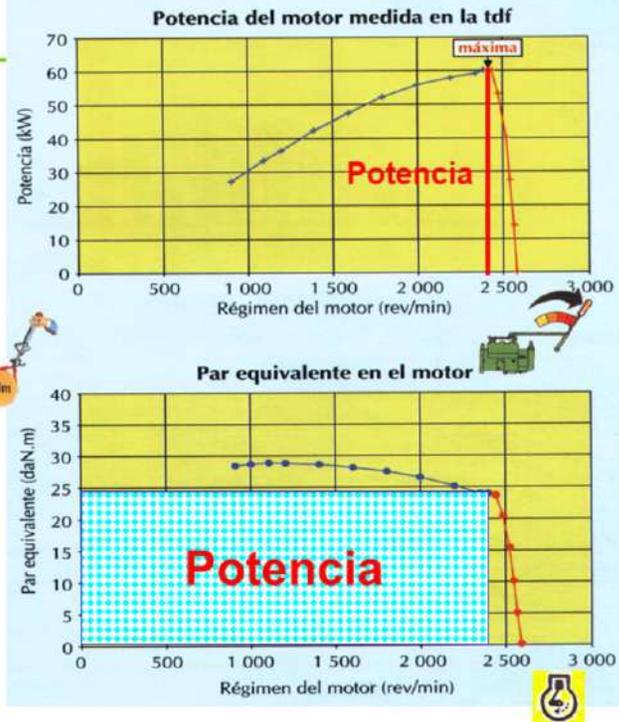
Condiciones:

- *Acelerador a tope*
- *Régimen nominal*
- *Plena inyección*



4 al 12 % de pérdidas

Fig. 2.- LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR Y SU INTERPRETACIÓN



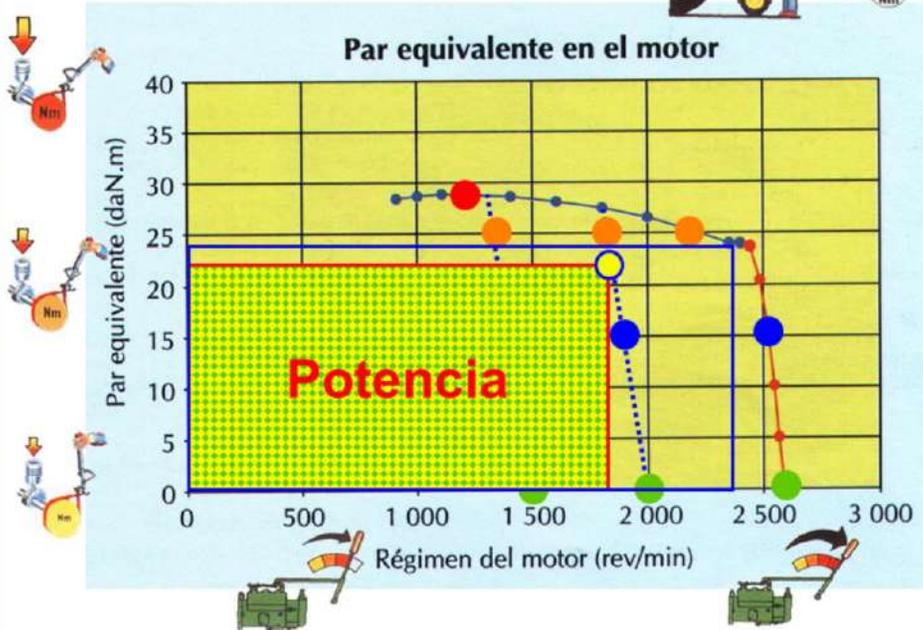
La medida del par motor (y de la potencia en la toma de fuerza) es inferior a la que se mide en el volante del motor. Las pérdidas en la transmisión entre el motor y la toma de fuerza superan el 4% y dependen de las características de la transmisión.



Variación del régimen y de la carga en el motor



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

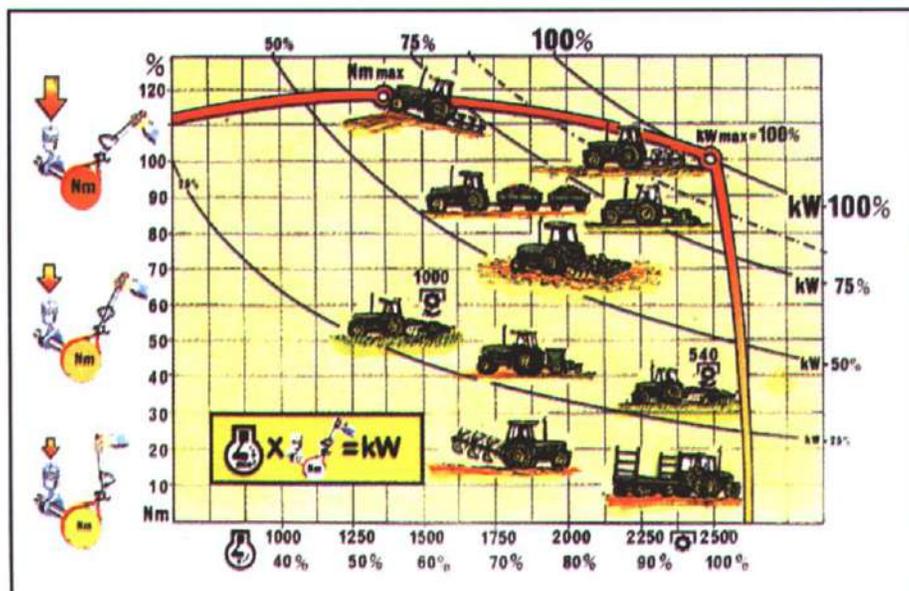


Par motor y potencia que suministra el motor en función del régimen fijado con el “acelerador” del tractor. Lo que habitualmente se designa como “acelerador” no se más que un selector del régimen de funcionamiento.



Potencia necesaria en diferentes operaciones agrícolas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

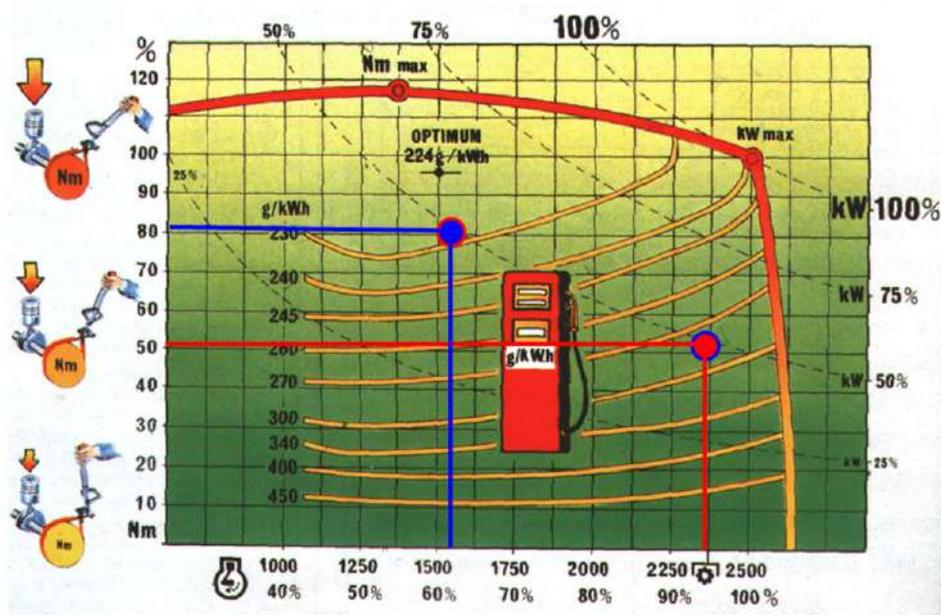


Se representa sobre el diagrama de Par motor/Régimen de funcionamiento los valores correspondientes a las diferentes operaciones agrícolas. En el diagrama está marcada también las líneas de iso-potencia (igual potencia en diferentes puntos de funcionamiento).



Para reducir el consumo de combustible

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



El consumo específico de combustible (que mide la eficiencia del motor) varía, para el mismo nivel de potencia utilizado, en función del régimen al que funciona el motor.

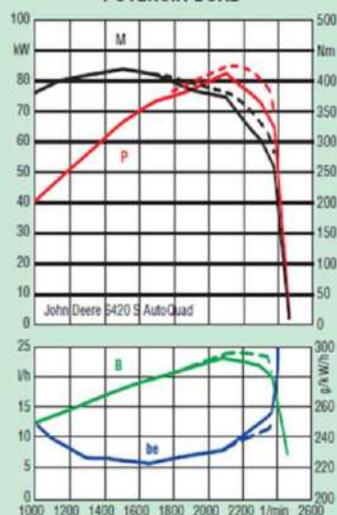
Se puede conseguir la misma velocidad de avance cambiando simultáneamente el régimen de funcionamiento del motor y la relación del cambio de marchas.



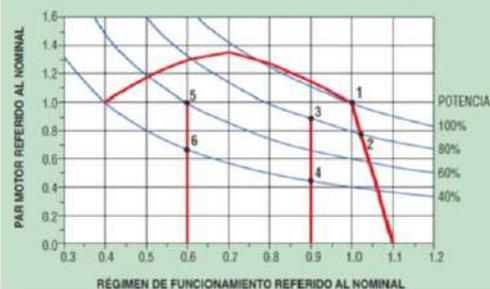
Potencia "extra" y consumo a cargas parciales

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR CON POTENCIA DUAL



CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR MEDIANTE EL CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE EN 6 PUNTOS (PROPUESTA OCDE)



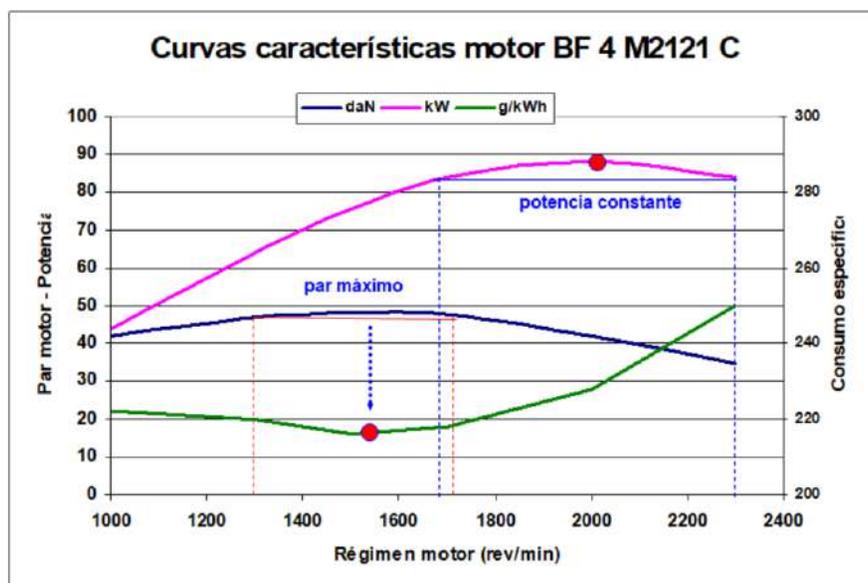
En los motores modernos con inyección electrónica los motores ofrecen curvas características de tipo "potencia constante" que suministran más potencia a un régimen reducido que al régimen nominal del motor. En estos motores se puede instalar un sistema que proporcione dos curvas de potencia diferentes (potencia dual).

Para valorar energéticamente el motor de un tractor se utiliza la medida del consumo específico de combustible en los puntos marcados en el diagrama de la derecha.



Potencia y par constante en los motores modernos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

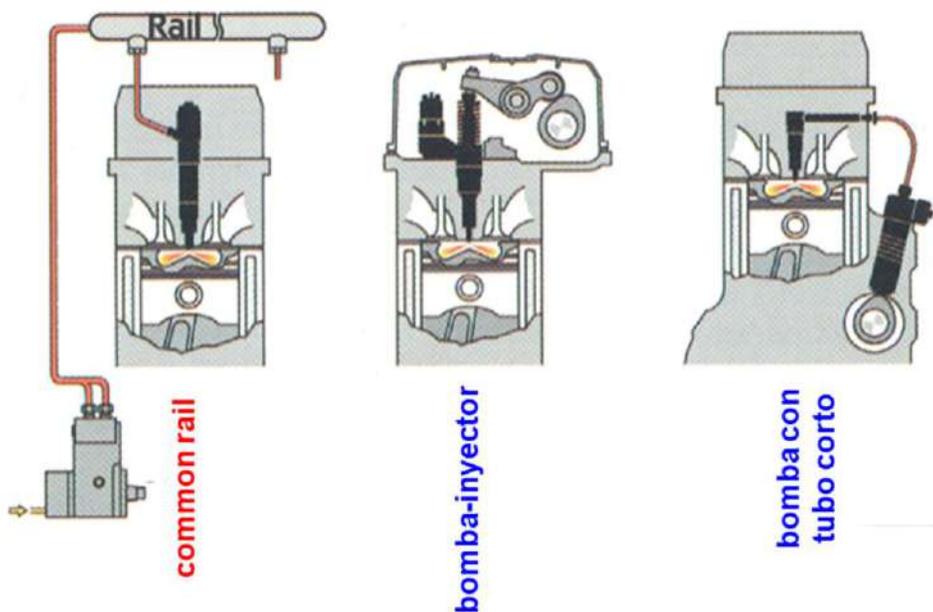


Curvas características de un motor moderno con inyección electrónica en el que se aprecia el intervalo de "potencia constante" y de par máximo, que se corresponde con el consumo específico mínimo.



Alternativas para la inyección (reducción de emisiones en gases de escape)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

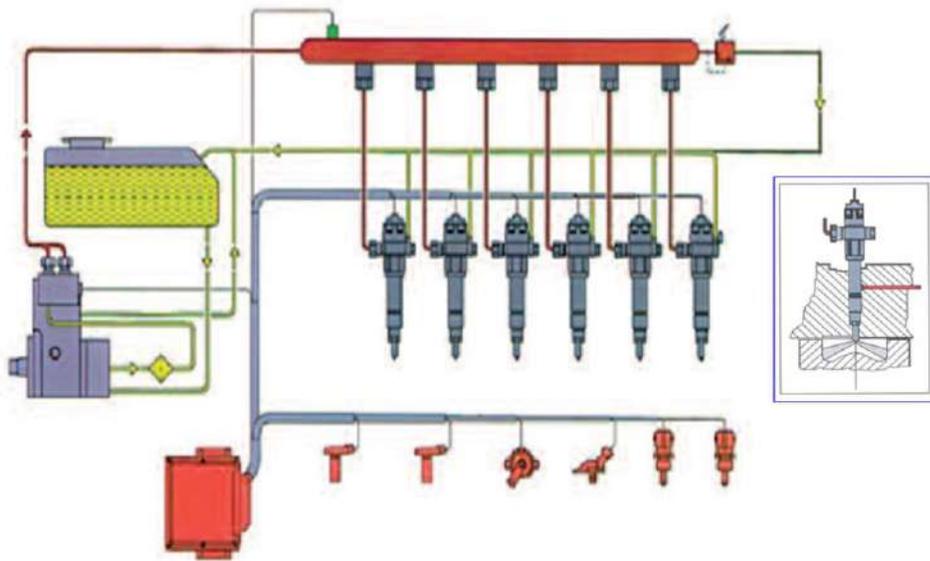


La normativa que establece limitaciones para la emisión de gases contaminantes en los motores de los tractores agrícolas ha obligado a introducir sistemas de inyección con alto nivel tecnológico. El más utilizado es el conocido como “common rail”, basado en la inyección electrónica del gasóleo contenido en un “depósito” a presiones que superan los 1000 bar.



Inyección con control electrónico (componentes de "common rail")

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

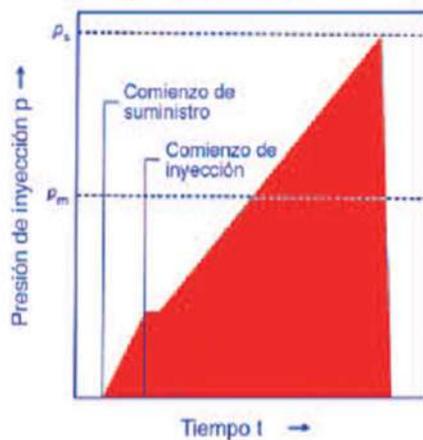


La apertura y cierre de los inyectores se controla electrónicamente desde un ordenador (CPU).



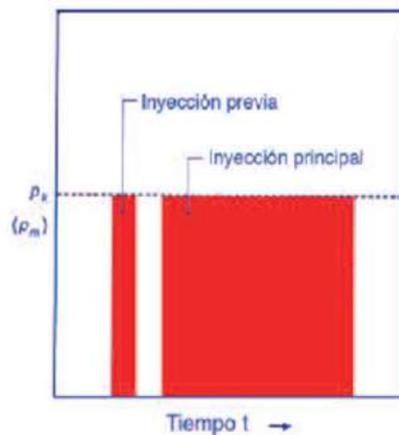
Proceso de inyección

A) Desarrollo de inyección en la inyección convencional



p_m = Presión de inyección media
 p_s = Presión punta

B) Desarrollo de inyección en la inyección Common Rail



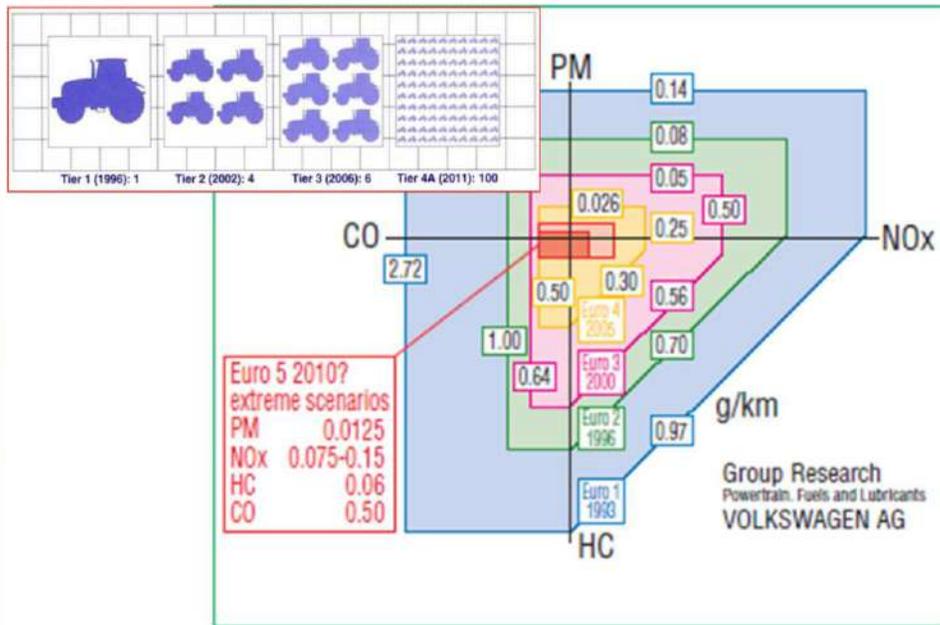
p_m = Presión de inyección media
 p_s = Presión punta

En la inyección convencional la presión de inyección aumenta con el tiempo. En el sistema common rail la presión se mantiene constante y se puede interrumpir varias veces en el ciclo.



Evolución de los límites permitidos

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

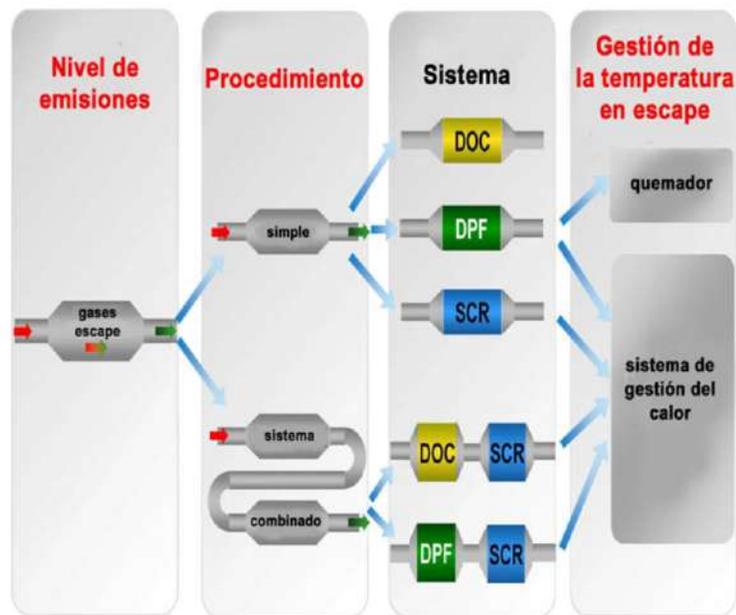


Las limitaciones establecidas han obligado a reducir 100 veces las emisiones con respecto a lo que se considera la fase inicial.



Combinación de sistemas

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

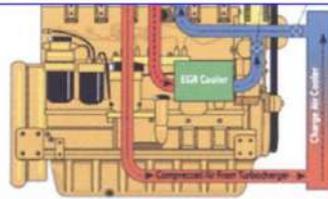
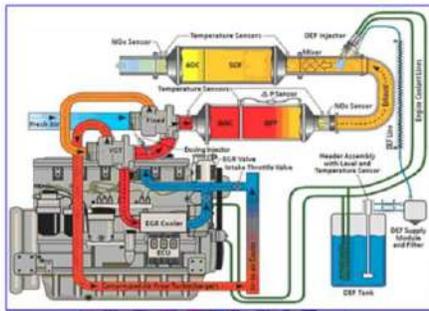


Para reducir las emisiones se utilizan diferentes alternativas con filtro diesel (DOC), filtro de partículas (DPF) e inyección de urea (SCR) solos o combinados entre si, con el control simultáneo de las temperaturas en el escape.

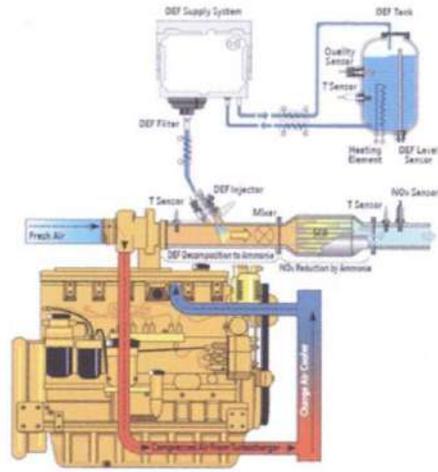


Motores: Nivel IIIB / Tier 4A

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



**EGR (Recirculación de Gases de Escape)
+ filtro de partículas (DOC y DPF)**

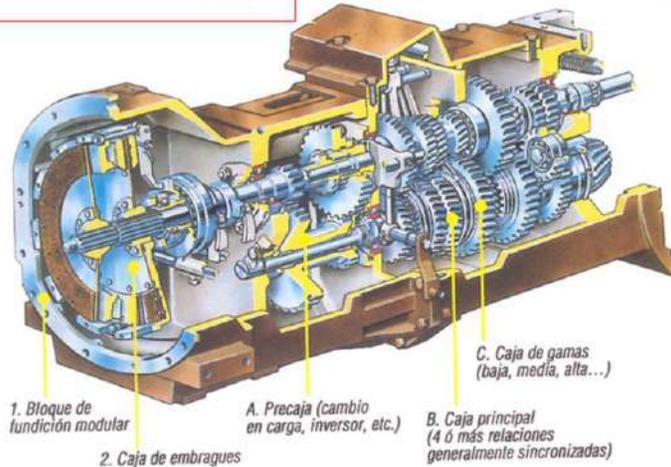
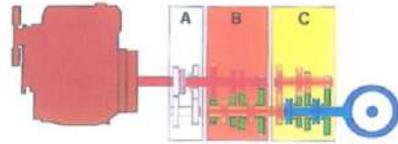
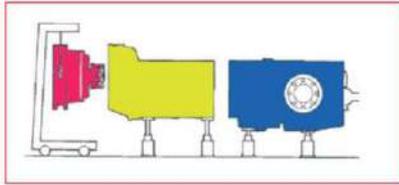


SCR (Reducción Catalítica Selectiva)

Alternativas que utilizan los diferentes fabricantes para el control de emisiones contaminantes en los gases de escape.



Las transmisiones (varias cajas en serie)



Las transmisiones de los tractores agrícolas están formadas por varias cajas colocadas en serie formando un solo cuerpo, que en muchas ocasiones constituyen la estructura del cuerpo del tractor.



Relaciones de transmisión

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Velocidad de avance

Motor: 2000 rev/min

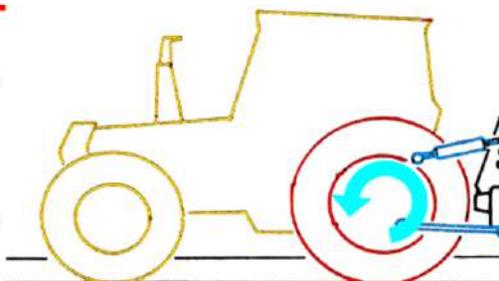
← 25-40 km/h

← 5-10 km/h

← 5-10 km/h

← < 4 km/h

Radio rueda: 0.8 m



Relaciones

20 ÷ 1

33 ÷ 1

67 ÷ 1

100 ÷ 1

200 ÷ 1

Longitud recorrida /vuelta: $2 \cdot \pi \cdot 0.8 \cong 5 \text{ m}$

Velocidad (km/h):	30	18	9	6	3
Régimen de giro rueda: (rev/min):	100	60	30	20	10

Velocidades de avance de un tractor con el motor funcionando a 2000 rev/min para distintas relaciones del cambio de marchas.



Motor y transmisión

Tractor de 85.5 CV (motor)

Motor: 2000 rev/min

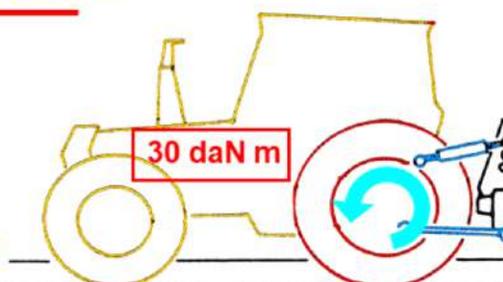
Velocidad de avance



Relaciones:

20 ÷ 1
33 ÷ 1
67 ÷ 1
100 ÷ 1
200 ÷ 1

Radio rueda. 0.8 m

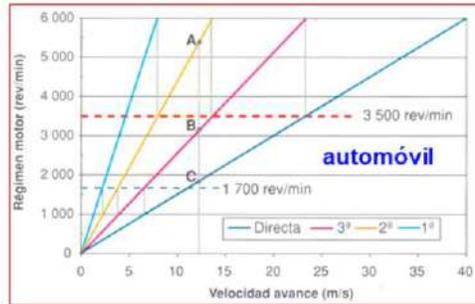


Velocidad (km/h):	30	18	9	6	3
Par transmitido ruedas (daN m):	600	999	2010	3000	6000

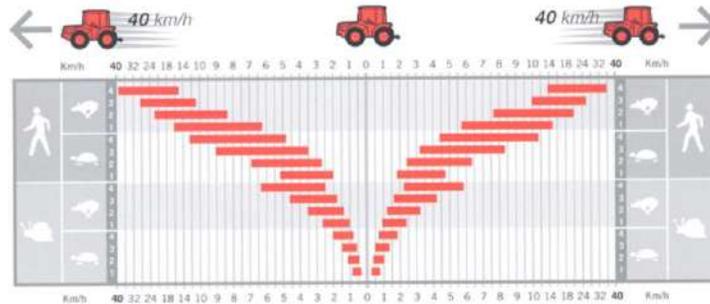
Pares transmitidos a las ruedas en las diferentes relaciones del cambio. Conviene observar los valores que se alcanzan en las marchas cortas, que producirían el vuelco hacia atrás del tractor si las ruedas se bloquean.



Escalonamiento



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

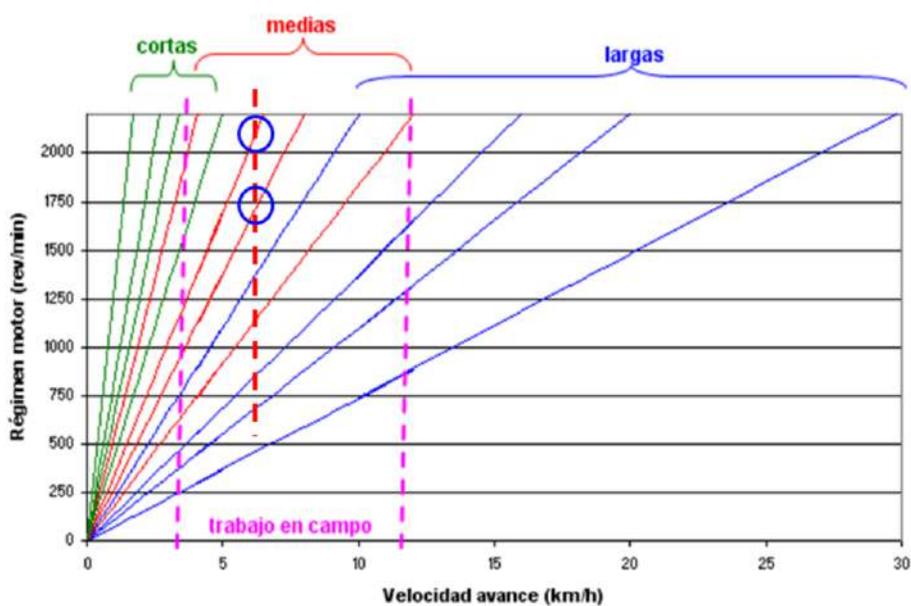


El escalonamiento del cambio en el tractor agrícola es diferente al de un automóvil, en el que las relaciones siguen una progresión geométrica.



Diagrama de velocidades en un tractor agrícola

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

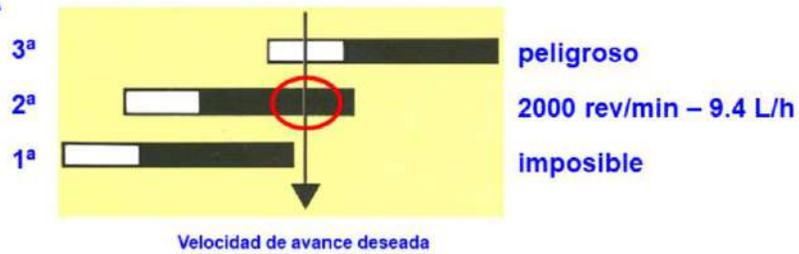


En las cajas de los tractores agrícolas se establecen 3 bloques: marchas cortas, media y largas. El número de relaciones medias sirven para comparar las cajas de los diferentes modelos.



Dos tractores con igual potencia y diferente cambio de marchas

Tractor A



Tractor B

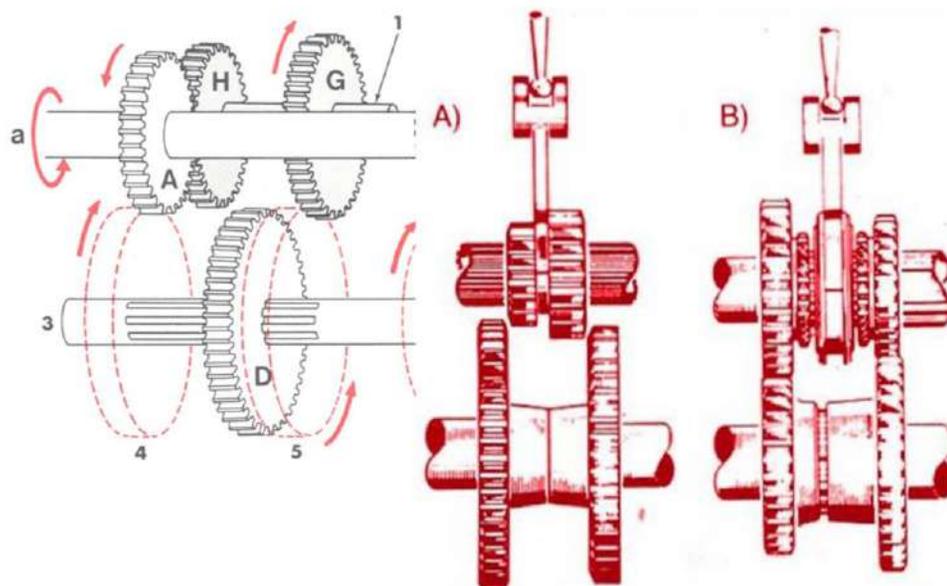


Con un buen solapamiento entre relaciones del cambio se puede elegir en cada momento la relación más eficiente, que es la que permite mantener la velocidad de avance con el menor consumo de combustible.



Uniones entre los engranajes de la caja

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

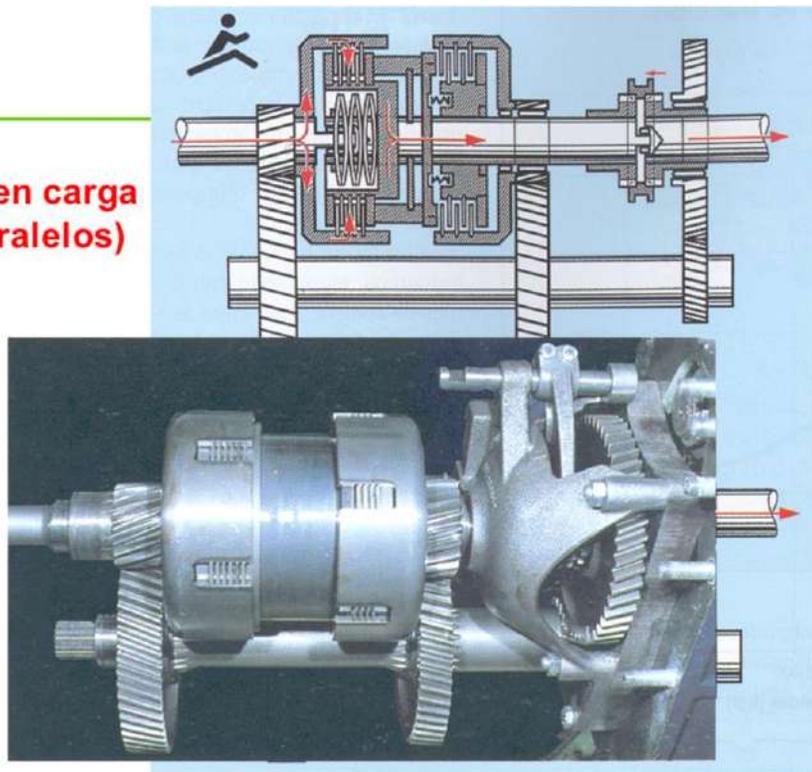


En las cajas más sencillas se utiliza el cambio por engranajes desplazables. Como alternativa están los cambio con engranajes sincronizados, que permiten cambiar en movimiento, pero interrumpiendo la transmisión de potencia entre el motor y las ruedas.

Con los cambios en carga se mantiene la transmisión de la potencia.



Cambio en carga (ejes paralelos)



Cambio en carga (alta y baja) con dos embragues y rueda libre.
Normalmente se sitúa a la entrada de la caja de cambios.



Engranajes planetarios simples

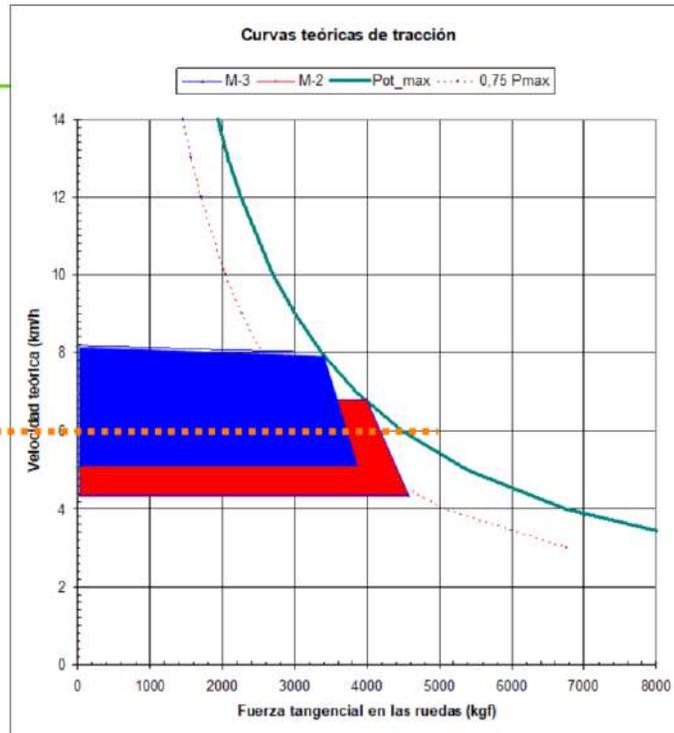
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

	planeta	porta-satélites	corona	dirección	salida
1	bloqueo	entrada	salida	igual	multiplicada
2	bloqueo	salida	entrada	igual	reducida
3	entrada	salida	bloqueo	igual	reducida
4	salida	entada	bloqueo	igual	multiplicada
5	entrada	bloqueo	salida	inversa	reducida
6	salida	bloqueo	entrada	inversa	reducida
7	dos elementos unidos entre si			igual	directa

Transmisión mediante un solo engranaje planetario que permite obtener diferentes relaciones entrada/salida.



Cambio en carga

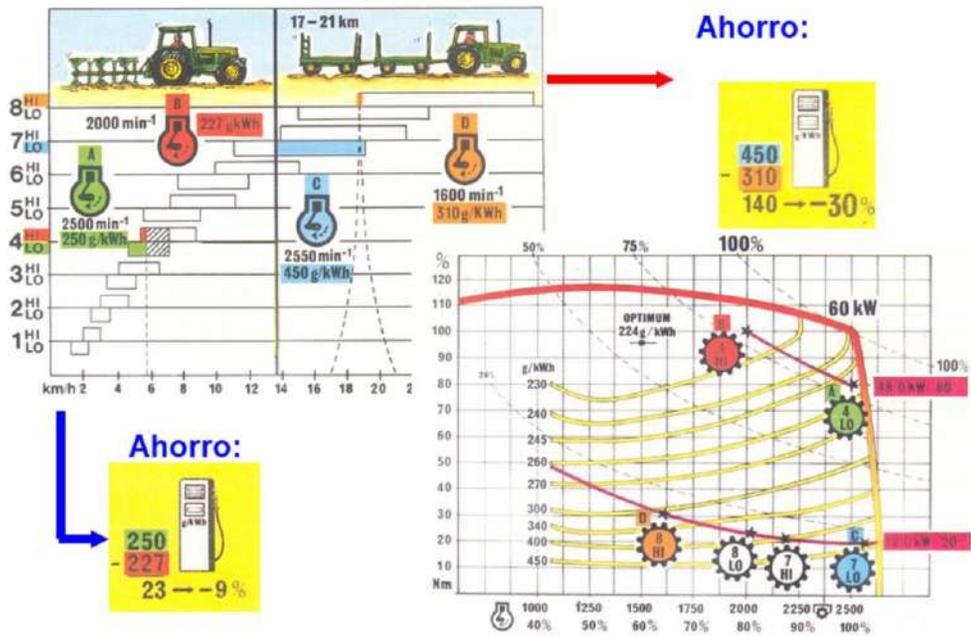


Con el cambio en carga se puede mantener la velocidad de avance cuando aumenta el esfuerzo de tracción seleccionando una relación más corta a la vez que se acelera el motor.



Labores pesadas y ligeras

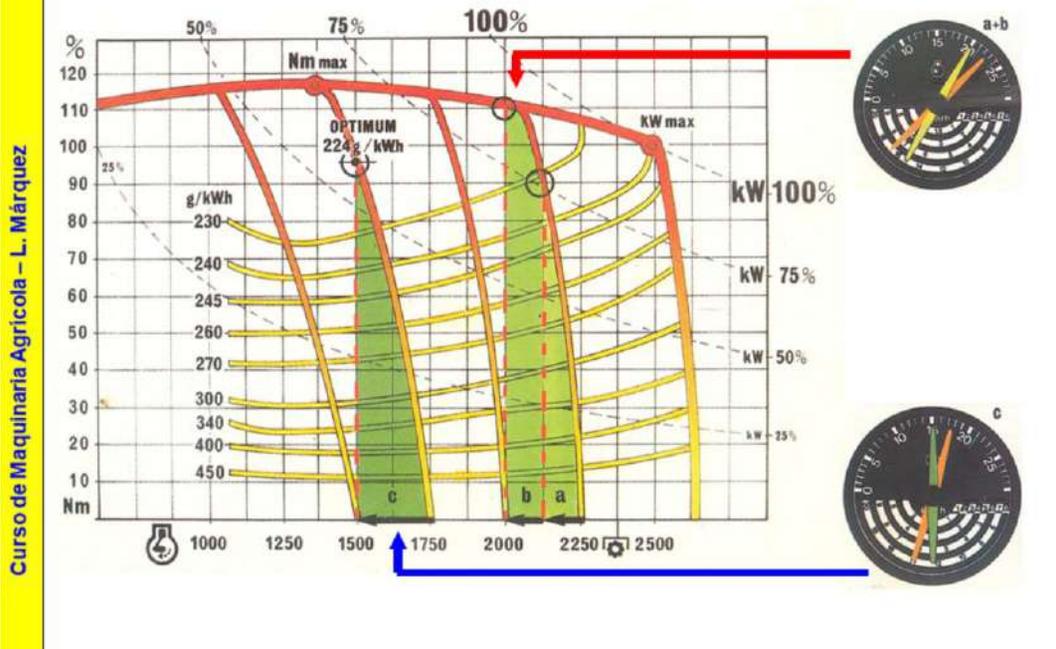
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Ventajas de un cambio en carga para conseguir la máxima eficiencia (menor consumo de combustible).



Controlar la caída de vueltas



Una caída de vueltas de 150-250 rev/min en el motor con respecto a su funcionamiento sin carga permite minimizar el consumo de combustible eligiendo la relación del cambio más apropiada.

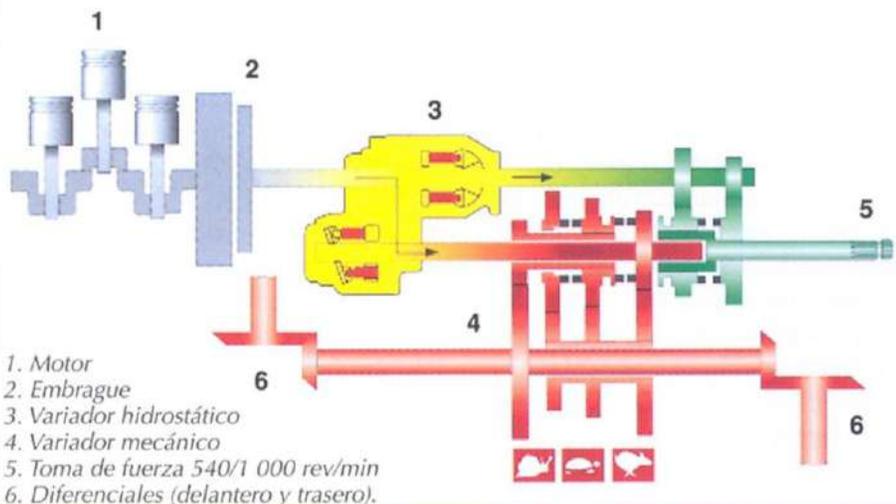
En operaciones que demandan elevada potencia el régimen inicial hay que elegirlo alto; en las que requieren baja potencia el régimen inicial se debe fijar sobre el 60% del régimen nominal para llegar en carga a la zona de consumo óptimo.

En los motores modernos la potencia máxima se consigue a un régimen inferior al nominal-



Caja hidrostática-mecánica

Fig. 3. Esquema de la transmisión hidrostática-mecánica en el tractor Antonio Carraro

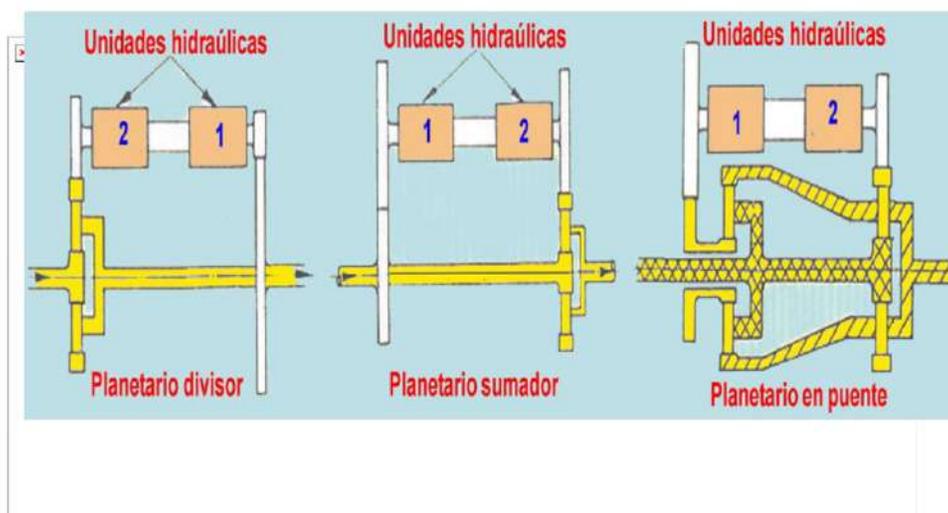


Con las transmisiones hidrostáticas se obtiene un cambio sin escalones, pero el rango en el que pueden variar las relaciones de transmisión es pequeño con respecto a lo que se necesita en los tractores agrícolas. Por esto hay que combinarlo con una caja mecánica puesta en serie.

También energéticamente son menos eficientes que las transmisiones mecánicas.



División de potencia (cajas CVT-IVT)

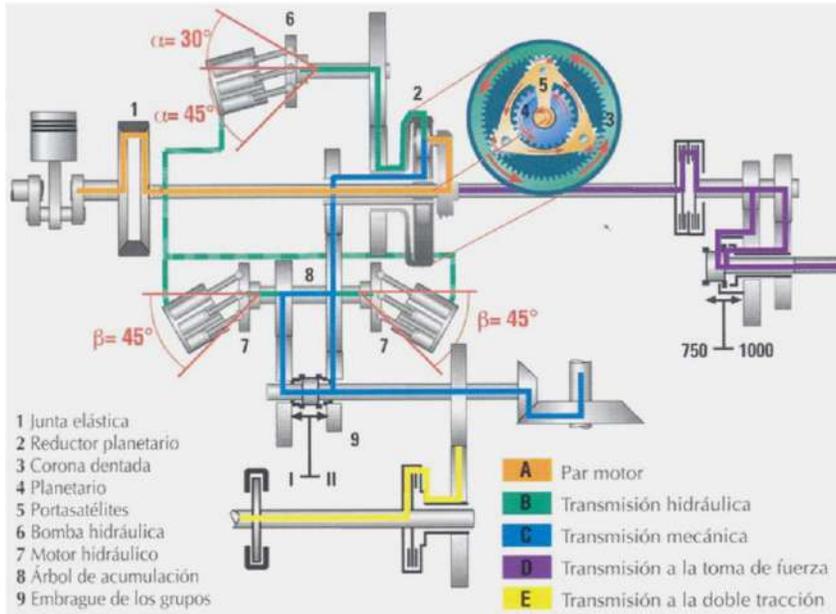


Como alternativa a las transmisiones hidrostáticas puras están las cajas con división de potencia, en las que una de las ramas es mecánica y la otra hidrostática.

Hay tres opciones para este tipo de cajas, siendo las de planetario divisor y las de planetario sumador las más utilizadas en las transmisiones de los tractores.



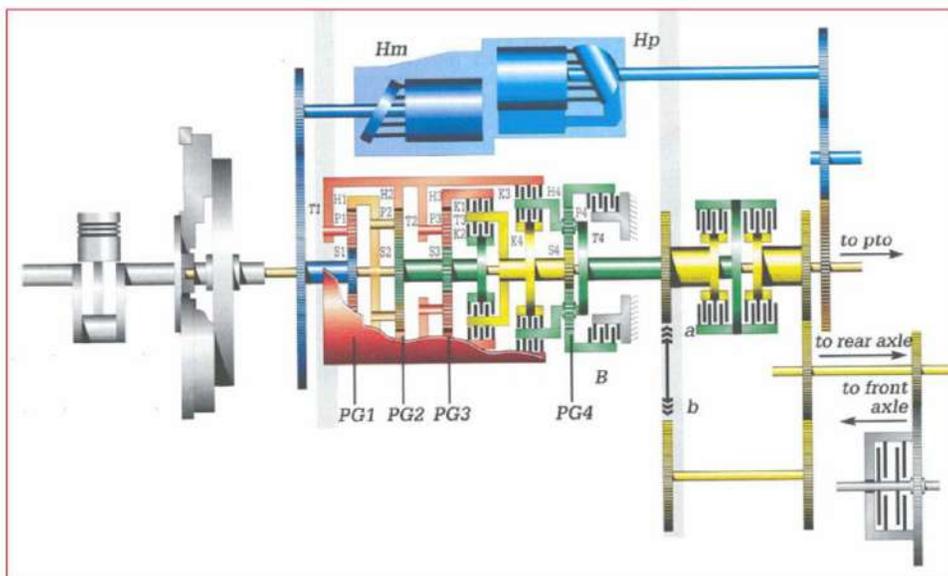
Fendt Vario (planetario divisor)



Transmisión sin escalones del tipo “planetario divisor” en la que la rama hidrostática es la base del sistema.



ZF-Eccom (planetario sumador)

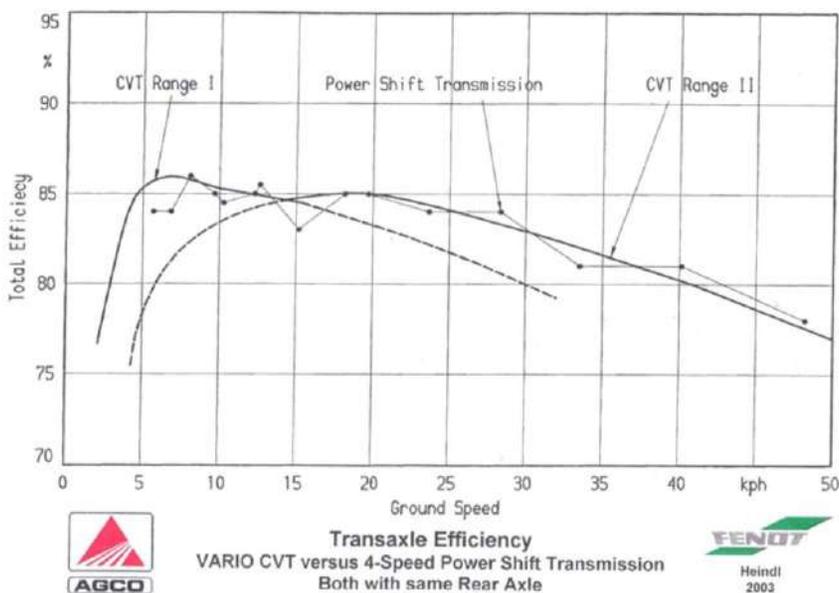


Transmisión sin escalones del tipo “planetario sumador” en la que la rama mecánica es la base del sistema.



Eficiencia en la transmisión (Fendt)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



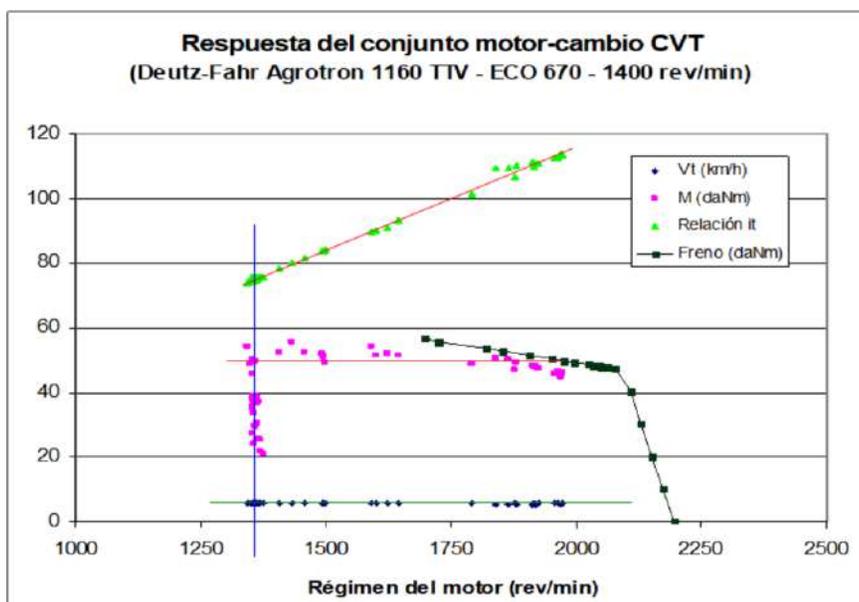
Comparación de la eficiencia entre una caja mecánica con cambio en carga con la caja CVT Vario de Fendt.

Se puede apreciar que la caja mecánica puede ser más eficiente en algunos momentos, pero esto se compensa cuando se trabaja a cargas parciales. En estos casos la transmisión CVT trabaja combinada con el motor que cambia su régimen de funcionamiento para optimizar el conjunto.



Estrategias de Gestión (CVT)

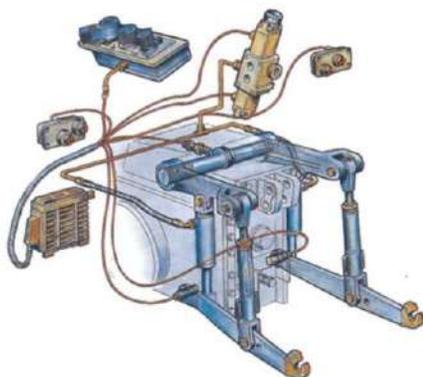
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Esta gestión combinada de motor y transmisión admite diferentes estrategias modificando la inyección y el régimen del motor junto con la relación de transmisión en función del trabajo agrícola que se realiza.



Sistema hidráulico y enganche en tres puntos



Características:

- **Bomba impulsora de tipo volumétrico** accionada desde el motor o la transmisión.
- **Válvula limitadora de presión o bomba de caudal variable con regulación caudal-presión.**
- **Potencia hidráulica: producto del caudal por la presión.**
- **Sistemas de centro “cerrado”,** aunque se encuentran modelos de centro “abierto”.

El sistema hidráulico es esencial en los tractores agrícolas modernos. La potencia hidráulica que proporciona el aceite a presión se utiliza para alimentar motores y cilindros hidráulicos en las máquinas agrícolas accionadas.

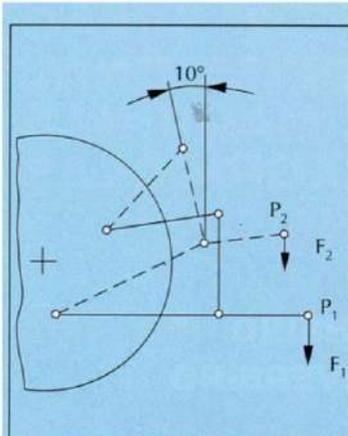


**Ensayo de la
capacidad de
elevación:
código OCDE o
norma ISO 789/2**

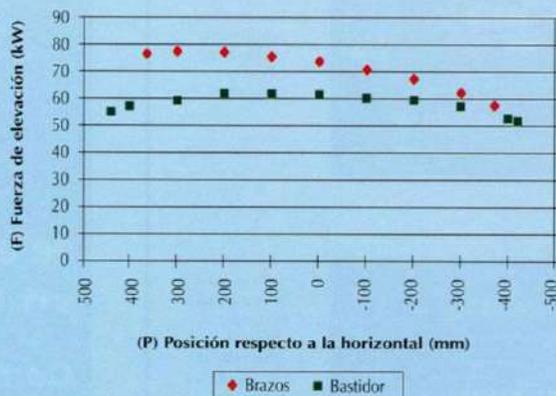




Medida de la capacidad de elevación



CAPACIDAD DE ELEVACIÓN (SEGÚN EL ENSAYO OCDE N.º 1676, REALIZADO SOBRE EL TRACTOR FENDT 926 VARIO)



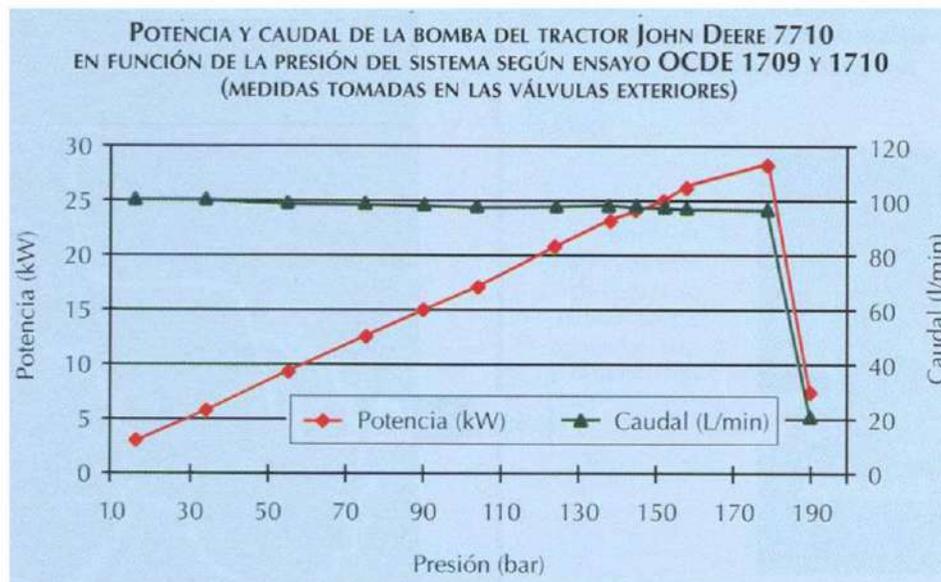
La capacidad de elevación máxima utilizando el bastidor normalizado es de 6140 daN, aunque si se considera todo el recorrido posible esta se reduce a 5210 daN. La capacidad de elevación máxima medida en los brazos inferiores siempre resulta mayor.

El ensayo de la capacidad de elevación en el enganche en tres puntos es una referencia para cada modelo del tractor, al igual que lo son las curvas características del motor.



Medida de la potencia hidráulica

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

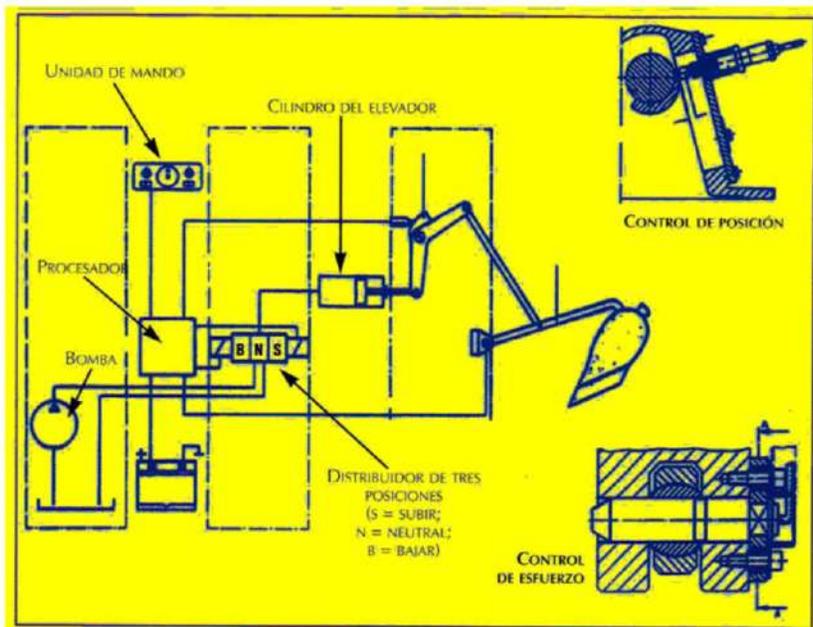


Determinación de la potencia hidráulica y del caudal de aceite en función de la presión en el sistema hidráulico.



Control electrónico de posición y carga

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Control electrónico del enganche en tres puntos del tractor para mantener la profundidad de trabajo y/o el esfuerzo de tracción de los aperos.



Circuitos hidráulicos en los tractores

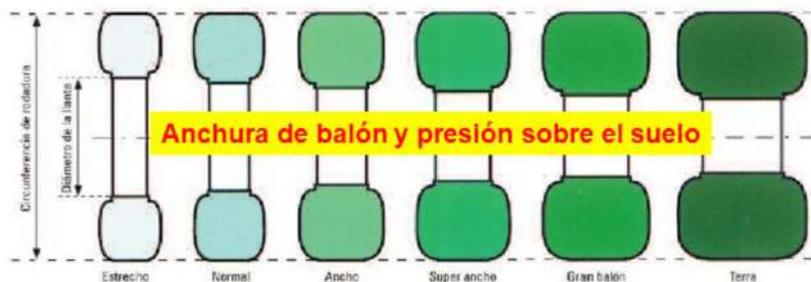
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Características	Centro abierto	Centro cerrado	Centro cerrado y carga
Sensibilidad a la carga	Insensible	Sensible (load sensing)	Sensible (load sensing)
Presión en el circuito	Nula en posición neutra y proporcional a la carga cuando actúa	Siempre máxima, excepto cuando la bomba no tiene capacidad para atender a la demanda	Presión variable en función de la demanda y un tiempo de respuesta aceptable
Circulación del aceite	Circulación constante, caudal fijo	Ninguna circulación en posición neutra, caudal variable	Ninguna circulación en posición neutra, caudal variable
Posibilidad de utilizar simultáneamente varios circuitos	Las cargas de cada mando se suman y pueden superar la capacidad del circuito	Se pueden accionar varios mandos simultáneamente sin pérdida de rendimiento. La respuesta de los mandos puede ser algo brusca	Se pueden accionar varios mandos simultáneamente sin pérdida de rendimiento.
Eficiencia energética	Pérdida de potencia importante por calentamiento del aceite (rozamientos)	Pérdida de potencia por rozamiento menos importante que en el de centro abierto	El más energéticamente económico de los tres sistemas
Complejidad	Simple	Moderada	Elevada

Opciones en los sistemas hidráulicos utilizados en los tractores agrícolas con las características principales de cada uno de ellos.



Neumáticos y lastre



Selección de los neumáticos en los tractores para aprovechar su potencia y limitar la compactación de los suelos.



Designación de un neumático

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

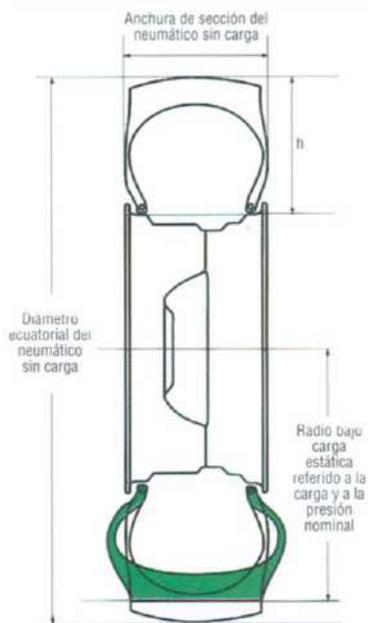
Pirelli	o	Nombre del producto
TM 800	e	Nombre de la banda de rodaje
600	o	Anchura nominal de sección (en milímetros)
65	o	Relación entre la altura del flanco (h) y el ancho de la sección (b) Esta relación indica la serie técnica (80, 70, 65, 65)
R	o	Indica la estructura radial. En caso de estructura diagonal, en lugar de la R aparece un guión (-23.1-26)
38	o	Diámetro de la llanta
157	o	Indica de la capacidad de carga de la rueda
A8	o	Código de velocidad. Velocidad máxima de empleo del neumático relativa a la carga correspondiente al índice de carga (véase tabla de pág.6)
B	o	
TUBELESS	o	Neumático sin cámara de aire. En los neumáticos con cámara está escrito TUBE TYPE o nada
	o	La flecha indica el sentido de rotación del neumático con vehículo en condiciones normales de marcha.
OTRO EJEMPLO: 750 - 16 8 PR		
750		Anchura nominal de sección (en pulgadas)
-		Estructura diagonal
16		Diámetro de llanta
8 PR		Índice de resistencia del neumático (por lo general aparece sólo en los neumáticos diagonales mientras que en los radiales se utiliza el índice de la capacidad de carga).

600/65 R 38 – 157 A8 Tubeless

Incluye las indicaciones normalizadas que se utilizan para el marcado de los neumáticos.



Dimensiones de un neumático



	Pulgadas	mm
Anchura de balón	12.4	325
Altura de balón	11	297
Diámetro total	11x2+36	1508

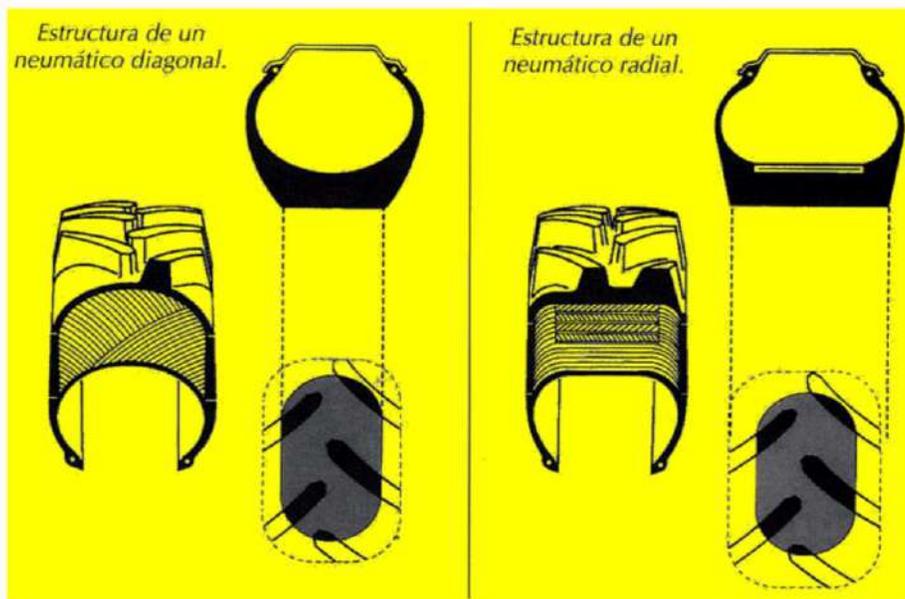
	Pulgadas	mm
Anchura de balón		480
Altura de balón	480x0.70	336
Diámetro total	336x2+36x25.4	1646

A partir del marcado se pueden calcular de forma aproximada las dimensiones de los neumáticos.



Forma de la huella del neumático con y sin carga

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



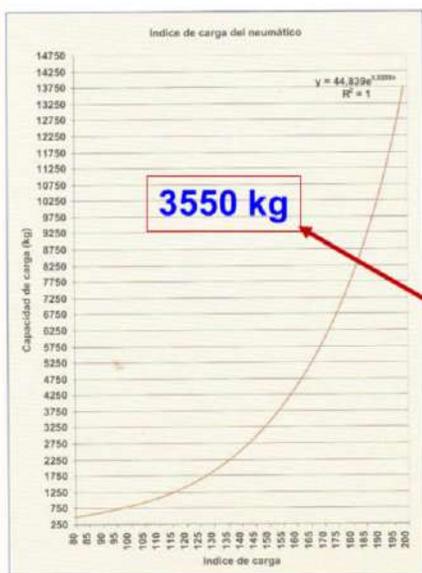
Diferencia en las estructuras de los neumáticos. Con los neumáticos radiales se consigue mayor superficie de apoyo del neumático en el suelo.



Índice de carga (presión 1.6 bar <=> 24 psi)



Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Correspondencias entre índices de carga (IC) y capacidad de carga por rueda (kg)

IC	kg	IC	kg	IC	kg	IC	kg
60	250	93	650	126	1700	159	4375
61	257	94	670	127	1750	160	4500
62	265	95	690	128	1800	161	4625
63	272	96	710	129	1850	162	4750
64	280	97	730	130	1900	163	4875
65	290	98	750	131	1950	164	5000
66	300	99	775	132	2000	165	5150
67	307	100	800	133	2060	166	5300
68	315	101	825	134	2120	167	5450
69	325	102	850	135	2180	168	5600
70	335	103	875	136	2240	169	5800
71	345	104	900	137	2300	170	6000
72	355	105	925	138	2360	171	6150
73	365	106	950	139	2430	172	6300
74	375	107	975	140	2500	173	6500
75	387	108	1000	141	2575	174	6700
76	400	109	1030	142	2650	175	6900
77	412	110	1060	143	2725	176	7100
78	425	111	1090	144	2800	177	7300
79	437	112	1120	145	2900	178	7500
80	450	113	1150	146	3000	179	7750
81	462	114	1180	147	3075	180	8000
82	475	115	1215	148	3150	181	8250
83	487	116	1250	149	3250	182	8500
84	500	117	1285	150	3350	183	8750
85	515	118	1320	151	3450	184	9000
86	530	119	1360	152	3550	185	9250
87	545	120	1400	153	3650	186	9500
88	560	121	1450	154	3750	187	9750
89	580	122	1500	155	3875	188	10000
90	600	123	1550	156	4000	189	10300
91	615	124	1600	157	4125	190	
92	630	125	1650	158	4250	191	

El Índice de carga se utiliza para designar la capacidad de carga del neumático a una presión de inflado de 1.6 bar.



Códigos de velocidad y variación de la capacidad de carga

CODIGOS DE VELOCIDAD (km/h y mph)														
Códigos de velocidad	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B	C	D	E	F	G
km/h	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	65	70	80	90
mph	3	6	9	12	16	19	22	25	31	37	40	43	50	56

Tabla 5.- Variación porcentual de la capacidad de carga de un neumático en función de la velocidad de utilización (porcentaje de la carga indicada por el índice correspondiente)

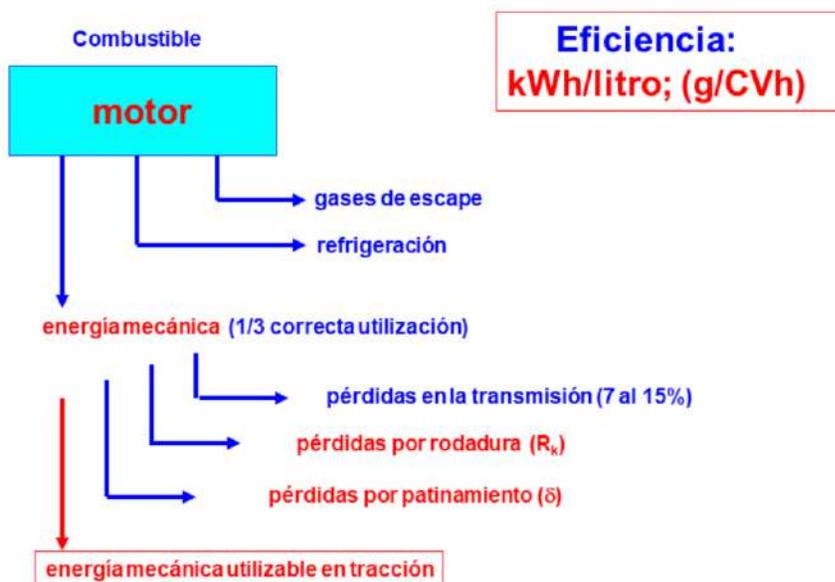
Velocidad (km/h)	Símbolo de categoría de velocidad			
	A2	A6(+)	A8(+)	D(+)
5	-	+70	+70	+70
10	0	+40	+50	+50
15	-6	+30	+34	+34
20	-11	+20	+23	+23
25	-16	+7	+11	+18.5
30	-20	0	+7	+15
35	-24	-10	+3	+12
40		-10	0	+9.5
45			-4	+7
50			-9	+5
55				+3
60				+1.5
65				0
70				-9

(+) Cuando los neumáticos se utilizan en el campo transmitiendo elevados pares de fuerza de manera sostenida, se recomienda utilizar los valores de 30 km/h.

Reduciendo la velocidad de trabajo se puede aumentar la capacidad de carga del neumático.



Eficiencia en tracción (pérdidas)



Le eficiencia en tracción se mejora reduciendo las pérdidas en el recorrido del motor a las ruedas. Las pérdidas por rodadura aumentan a medida que lo hace la masa del tractor. Las pérdidas por patinamiento se minimizan aumentando la masa del tractor.

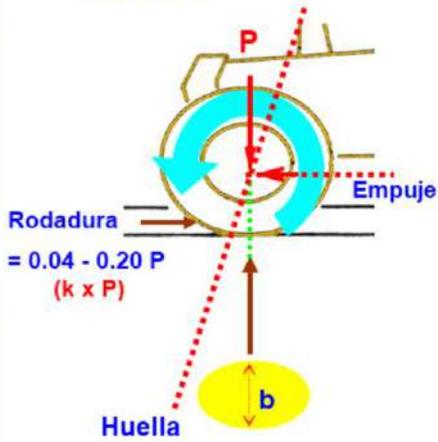


Puntos de apoyo en el suelo (variación de la resistencia a la rodadura)

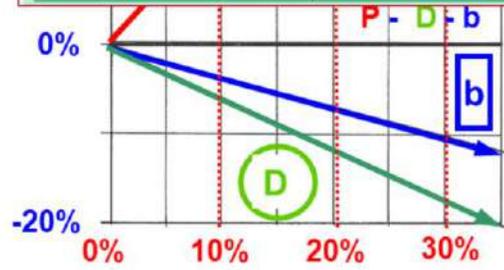
Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Rueda conducida

Diámetro: D
Anchura: b



Naturaleza y Estado del suelo	Coefficiente de resistencia a la rodadura (k) (1)
Carretera en buen estado	0.02 a 0.04
Camino de tierra afirmado	0.03 a 0.05
Camino de tierra	0.04 a 0.06
Suelo baldío	0.06 a 0.10
Rastrojo seco	0.08 a 0.10
Tierra labrada	0.10 a 0.20
Arena y suelo muy suelto	0.15 a 0.30

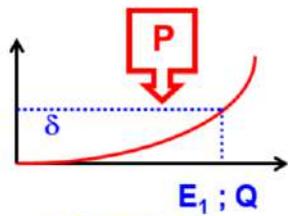


Cálculo de la resistencia a la rodadura en una rueda.



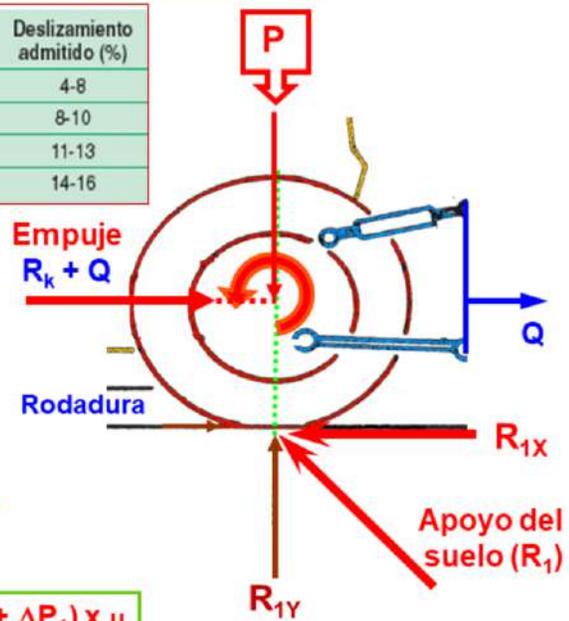
La rueda motriz

Naturaleza y estado del suelo	(μ)	Coefficiente de adherencia	Deslizamiento admitido (%)
Rastrojo seco		0.60	4-8
Tierra labrada seca		0.57	8-10
Tierra labrada húmeda		0.52	11-13
Suelo suelto		0.48	14-16



Apoyo de rueda
Adherencia Límite $< \mu$

$$F_t = R_{1Y} \times \mu = (P_1 + \Delta P_1) \times \mu$$

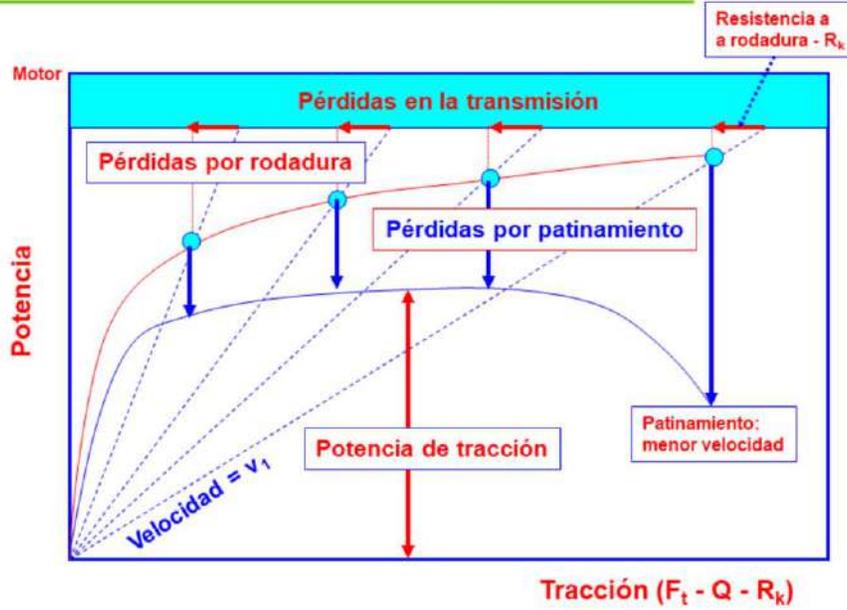


Coefficiente de adherencia en diferentes tipos de suelo.

En función del coeficiente de adherencia de un suelo se puede calcular la masa del tractor para realizar un determinado esfuerzo de tracción.



Balance de potencias

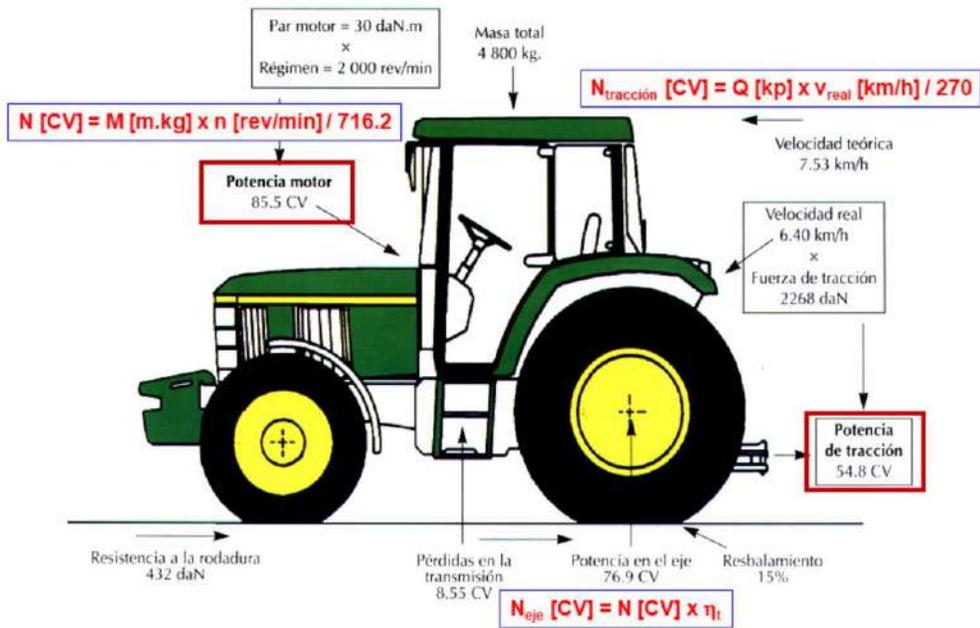


La máxima eficiencia se consigue cuando las pérdidas de potencia por rodadura se hacen casi iguales a las pérdidas por patinamiento.



Balance de potencias en un tractor de simple tracción

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Con 85.3 CV de potencia en el motor se consigue 54.8 CV de potencia de tracción, para las condiciones correspondientes a este modelo de tractor.



Masa del tractor para conseguir la máxima eficiencia

Pérdidas por rodadura \approx Pérdidas por deslizamiento

Simple tracción (2 RM):

$$\text{coef.}_{ad.} \times 0.85 \times \text{masa} = \text{potencia} \times \text{efic.}_t \times 270 / \text{velocidad}$$

Doble tracción (2+2 RM – 4 RM):

$$\text{coef.}_{ad.} \times 1.00 \times \text{masa} = \text{potencia} \times \text{efic.}_t \times 270 / \text{velocidad}$$

Cálculo de la masa necesaria en el tractor de simple y de doble tracción



Masa total necesaria en el tractor (kg) en función de la potencia del motor que se va a utilizar en trabajos de tracción, sobre rastrojo ($\mu=0.6$)

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Velocidad	4,5 km/h		6,5 km/h		8,5 km/h		
	2 RM	2+2 RM	2 RM	2+2 RM	2 RM	2+2 RM	
Coef. TR	0,85	1,00	0,85	1,00	0,85	1,00	
Potencia							
CV	50	3971	3375	2749	2337	2102	1787
	60	4765	4050	3299	2804	2522	2144
	70	5559	4725	3848	3271	2943	2501
	80	6353	5400	4398	3738	3363	2859
	90	7147	6075	4948	4206	3784	3216
	100	7941	6750	5498	4673	4204	3574
	110		7425	6048	5140	4625	3931
	120		8100	6597	5608	5045	4288
	130		8775	7147	6075	5465	4646
	140		9450	7697	6542	5886	5003
	150		10125		7010	6306	5360
	160		10800		7477	6727	5718
	170		11475		7944	7147	6075
	180		12150		8412	7567	6432
	190		12825		8879	7988	6790
	200		13500		9346		7147

Masa [kg] = potencia x efic._t x 270 / (velocidad x coef._{ad} X 1.00)

Tabla de valores con la masa necesaria en función de la potencia utilizada para diferentes velocidades de avance.



Patinamiento recomendado

TABLA 3.- Patinamiento recomendado para conseguir la máxima eficacia posible sobre diferentes tipos de suelo

Tipo de suelo	Patinamiento óptimo (%)	Eficiencia en tracción
Firme	4 - 8	0.93
	8 - 10	0.78
	11 - 13	0.64
Blando	14 - 16	0.52

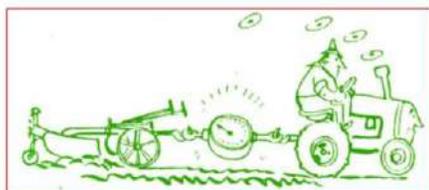
Nota: estos valores de patinamiento son los más apropiados para tractores de simple tracción. En los de doble tracción la máxima eficiencia se consigue con patinamiento, medido en las ruedas traseras, algo menores.

Pasar del 10 al 25% de patinamiento significa perder un 17% de capacidad de trabajo y consumir más combustible



Velocidad crítica

Velocidad por debajo de la cual se necesita aumentar la masa en vacío del tractor añadiendo lastre



Relación masa/potencia		Velocidad crítica (km/h) (sobre rastrojo)	
(kg/CV)	(kg/kW)	2RM	4RM
35	47.6	9.87	8.39
36	48.9	9.60	8.16
37	50.3	9.34	7.94
39	53.0	8.86	7.53
41	55.7	8.43	7.16
43	58.4	8.03	6.83
45	61.1	7.68	6.53
47	63.9	7.35	6.25
49	66.6	7.05	5.99
51	69.3	6.77	5.76
53	72.0	6.52	5.54

Nota: se ha considerado para el cálculo que sólo se utiliza el 75% de la potencia del motor, así como que en el suelo el coeficiente de adherencia es de 0.6, y la velocidad indicada no incluye patinamiento

Relación peso/potencia y su equivalencia en “velocidad crítica”. Esta es la velocidad por debajo de la cual se necesita lastar el tractor para trabajos de tracción en campo.



Criterios básicos para la selección de neumáticos

- Selección del neumático entre los “homologados” en el “tipo” de tractor.
- **Limitaciones:**
 - **Espacio libre guardabarros y aletas (min. 10 cm).** Sobrecarga en las transmisiones (reducciones finales) y velocidad máxima de circulación.
 - **Anchura máxima de circulación (2.55 m).** Posibilidad de que los lastres metálicos sobrepasen esta anchura.
 - **Ruedas gemelas y relación de diámetros delanteros/traseros.**



Anticipo de las ruedas del eje delantero

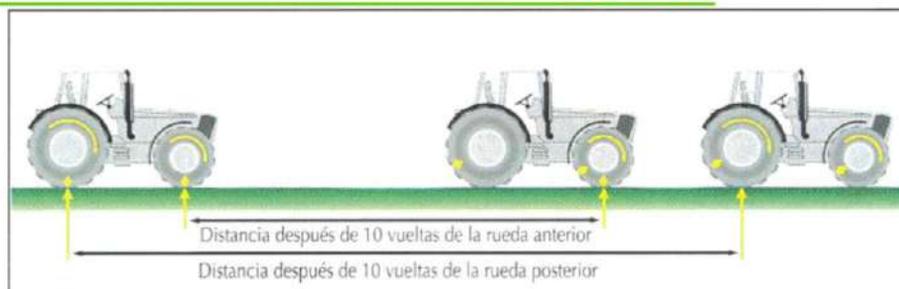
- En los tractores de doble tracción con ruedas desiguales (2 + 2 RM) la velocidad periférica de las ruedas del eje delantero es algo superior que las del eje trasero.
- El “**adelanto**” se calcula dividiendo la relación mecánica (RM) entre ejes por la relación entre radios (RR):

$$[a = RM / RR]$$

- El “**anticipo**” es “adelanto” expresado en términos de porcentaje [**A = 100 x (a – 1)**]
- El anticipo se mantiene entre el 1 y el 5%



Cálculo del anticipo y relación mecánica (RM)



	Recorrido de 10 vueltas		Cálculos
	Rueda delantera	Rueda trasera	$a = 1.334 / 1.300 = 1.026$
En doble tracción	39.50 m	52.69 m	$RM = 52.69 / 39.50 = 1.334$
En simple tracción	41.00 m	53.29 m	$d_T / d_0 = 53.29 / 41.00 = 1.300$

- Adelanto: $[a = RM / RR]$
- Anticipo: $[A = 100 \times (a - 1)]$



Capacidades de carga aconsejadas

Tipo	Delanteras	Traseras
Simple tracción	30%	100%
Doble tracción (ruedas desiguales)	50%	80%
Doble tracción (ruedas iguales)	70%	60%

- **Potencia 100 CV**
- **Masa total de 6750 kg**

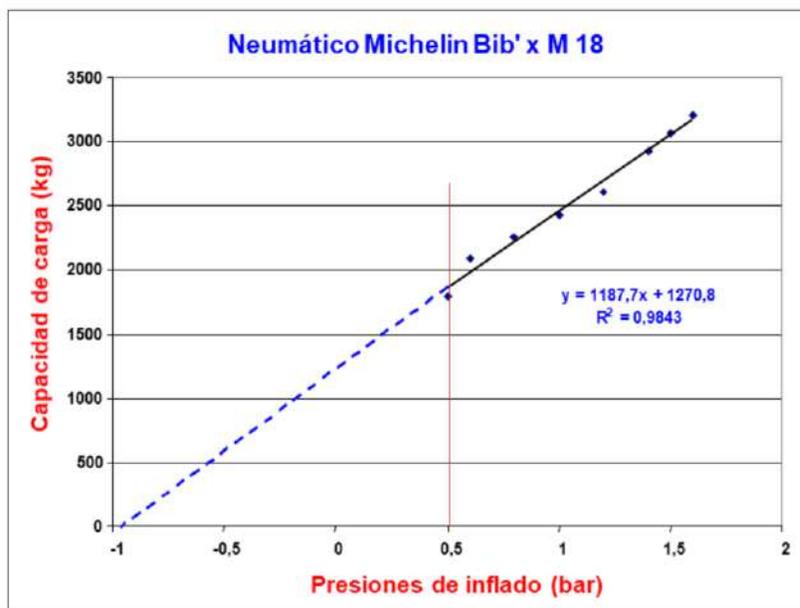
Neumáticos	Total (kg)	Por rueda (kg)
Delanteros	$6750 \times 50 / 100 = 3375$	$3375 / 2 = 1688$
Traseros	$6750 \times 80 / 100 = 5400$	$5400 / 2 = 2700$

Calculo de las capacidades de carga de los neumáticos de un tractor de 100 CV con una masa de 6750 kg.



Variación de la carga en función de la presión de inflado

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez



Es necesario incrementar la capacidad de carga si se utilizan presiones de inflado de menos de 1.6 bar, lo cual es aconsejable para trabajos de campo reduciendo la presión sobre el suelo.



Curso de Maquinaria Agrícola

Curso de Maquinaria Agrícola – L. Márquez

Máquinas motrices y estacionarias de tracción

Capítulo 01.2.-

**Introducción a los tractores
agrícolas de cadenas y bandas de goma**

**Prof. Luis Márquez
Dr. Ing. Agrónomo**