

# TRACTOR AGRICOLA

# Las transmisiones

por: Miguel Angel Monge Redondo\*

Se denominan transmisiones al conjunto de mecanismos que comunican a las ruedas del tractor el movimiento que produce el motor. En el volante del motor se crean unas altas velocidades de giro que necesitan reducirse para que a las ruedas llegue una velocidad de giro adecuada. Por lo tanto nos encontramos con una doble función de la transmisión: por un lado comunicar un movimiento y por otro reducir el régimen de giro que suministra el motor. Además, este régimen de giro ha de ser transformado en una gama de velocidades que deben adaptarse a la gran diversidad de faenas agrícolas.

Al modificar el régimen de giro mediante la transmisión, el par motor también se modificará, obteniéndose unos valores adecuados al tipo de trabajo que con el tractor se quiera realizar.

A la reducción que proporciona la transmisión se denomina relación de transmisión (1), que equivale al cociente entre la velocidad de giro del volante del motor y la velocidad de giro de las ruedas motrices.

La relación de transmisión surge al igualar la potencia que produce el motor a la potencia que se obtiene en las ruedas, que será la misma, descontando las pérdidas originadas en la transmisión.

La potencia en el volante del motor (N) es equivalente al producto de la fuerza producida (F) por la velocidad tangencial del volante (v).

$$N \text{ (cv)} = F \times v = F \times r \times n \times \frac{2\pi}{60 \times 75} =$$

$$\frac{M \times n \times R}{716,2}$$

(1 cv = 75 kgm/seg)

Donde M es el par motor, que equivale al producto de F x r, n es el número de re-



voluciones por minuto en el volante del motor y R es el rendimiento originado por las pérdidas en la transmisión (es un porcentaje variable).

La potencia en las ruedas motrices, N', equivale a

$$N' = \frac{M' \times n'}{716,2}$$

Donde M' es el par en las ruedas y n' el número de revoluciones por minuto en las ruedas.

Igualando ambas potencias obtenemos:

$$N' = N; \frac{M' \times n'}{716,2} = \frac{M \times n}{716,2} \times R; M' = M \times \frac{n}{n'} \times R;$$

$$i = \frac{n}{n'}$$

$$M' = M \times i \times R$$

A esta fórmula recurriremos en otra explicación posterior.

Los mecanismos de transmisión se componen en su integridad de varias partes. Al contacto con el volante del motor se encuentra el *embrague*, a continuación la *caja de cambios*, ya en el puente trasero el *diferencial* y las *reducciones* finales y por último la *toma de fuerza*.

## EMBRAGUE

Es el mecanismo que nos permite conectar o desconectar el movimiento del motor a la caja de cambios. Todas las máquinas, excepto las que emplean transmisiones hidráulicas o convertidores de par, llevan embrague.

El embrague puede ser monodisco o multidisco, si lleva uno o más de un disco de embrague respectivamente.

También puede ser seco o en baño de aceite.

El embrague monodisco seco consta de un solo disco de embrague y presenta una buena capacidad de disipación del calor y simpleza en su construcción. La refrigeración se realiza por aire.

Cuando se necesita transmitir pares más elevados o existe falta de espacio se recurre a los embragues de disco múltiples o embragues multidisco, los cuales presentan una gran superficie de contacto con un diámetro pequeño. La disipación del calor en este tipo de embrague se consigue mediante la inmersión de los discos en un baño de aceite (trabajan con una fricción mayor). Se mantiene de esta forma una temperatura admisible de uso y se evitan desgastes prematuros.

## CAJA DE CAMBIOS

En la caja de cambios se encuentran los mecanismos necesarios para seleccionar la velocidad adecuada a la labor que se pretende realizar. Las diferentes combinaciones de los engranajes nos permitirán obtener diferentes velocidades de avance o de retroceso.

Los tipos clásicos de transmisiones son tres:

1.-**Engranajes deslizantes:** La transmisión se realiza por medio de engranajes de dientes rectos desplazables.

2.-**Collarines desplazables:** Es una transmisión que consta de ejes paralelos y engranajes en toma constante. En la posición de punto muerto los engranajes giran libres sobre sus ejes. Al meter una veloci-

(\* Ingeniero Técnico Agrícola.

# COLABORACIONES TECNICAS

dad, se desplaza un collarín que bloquea un determinado engranaje y que le hace girar solidario con su eje.

**3.-Cambio sincronizado:** La velocidad se cambia por medio de collarines desplazables, con la diferencia de que se igualan las velocidades de ambos engranajes antes del contacto. Este es por tanto el cambio más versátil y fácil de realizar.

Los engranajes empleados en la transmisión por collarines desplazables y en la transmisión por cambio sincronizado, son de dientes helicoidales. La ventaja que presentan sobre los dientes rectos es que siempre mantienen un contacto entre varios dientes para transmitir la fuerza, lo que permite soportar más fuerza y lograr una mayor duración de los engranajes. Además, a velocidades elevadas producen menos ruido.

Los fabricantes ofrecen en sus tractores cajas de cambio con una amplia gama de velocidades, lo que permite al usuario adaptar su máquina a la labor que desee hacer.

Una buena caja de cambios deberá realizar un buen escalonamiento de toda la gama de velocidades que se pretende obtener. Para ello se dispone de grupos independientes de marcha (cortas, medias y largas) que se seleccionarán antes de comenzar el trabajo.

Si las marchas no se solapan convenientemente entre sí, es posible que al cambiar de una marcha a otra el tractor disminuya demasiado de revoluciones y

pierda potencia, teniendo dificultades para continuar la labor.

En las marchas cortas, el régimen de giro del eje que sale de la caja de cambios, disminuye mucho, pero se incrementa notablemente el par. En las marchas largas se sucede lo contrario. Esto se deduce al observar la fórmula antes citada

$M' = M \times \frac{n}{n'}$  x R. Al disminuir n', aumenta M' y viceversa.

Para trabajos pesados, se exigirán velocidades cortas (4-6 km/h). Para trabajos ligeros (abonado, siembra, labores de tratamiento) la relación de transmisión aumenta (7-10 km/h). En las operaciones de transporte, la velocidad máxima la fija la reglamentación del país.

Durante los últimos años las investigaciones tecnológicas y las correspondientes mejoras introducidas en el tractor se han centrado principalmente en intensificar la eficacia de la transmisión, con el fin de ofrecer una mejor respuesta de la máquina y una menor pérdida de potencia.

Fundamentalmente dos han sido las causas que han empujado a los fabricantes a introducir importantes cambios en la transmisión:

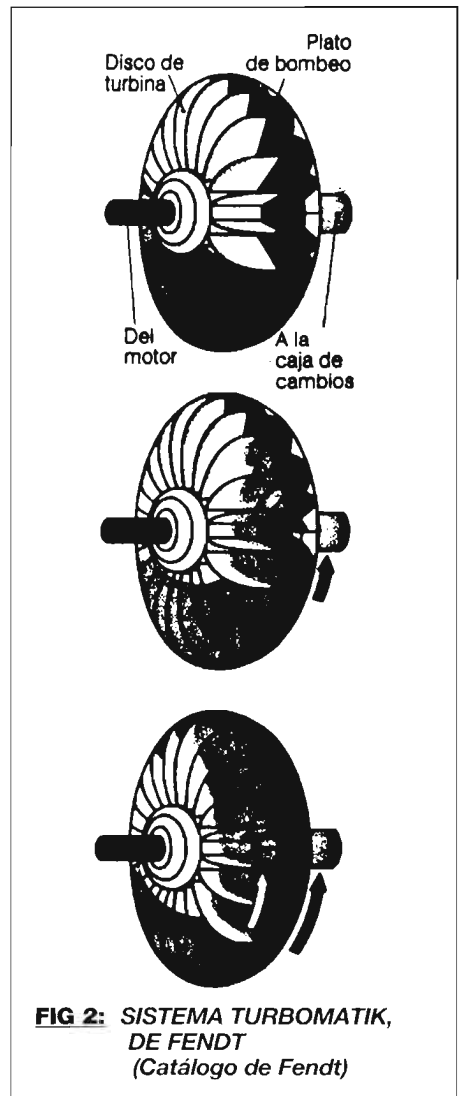
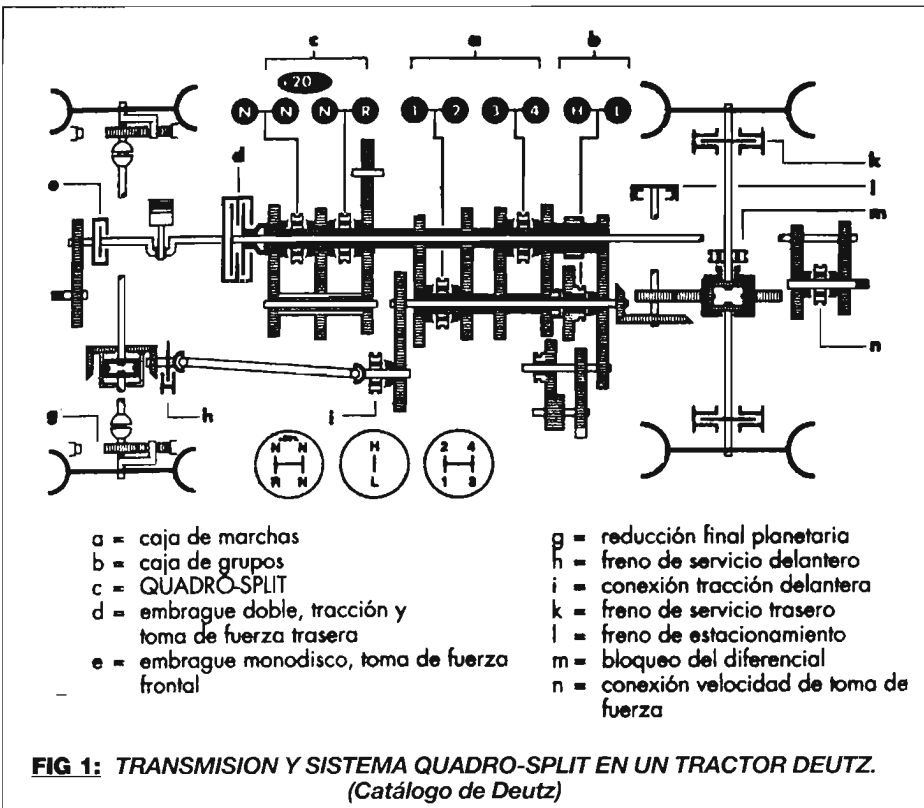
- 1.-La necesidad de ofrecer un producto cada vez más cómodo para el usuario.
- 2.-La conveniencia de crear un tractor polivalente, que ofrezca una respuesta segura y eficaz a toda la gama amplia de labores agrícolas y de transporte a las que

actualmente se ve sometido. Para ello los fabricantes han desarrollado cajas de cambio con un número de relaciones alto, así como atractivas transmisiones especiales que más adelante pasaremos a describir.

## DIFERENCIAL Y BLOQUEO

El diferencial tiene por misión permitir diferente velocidad de giro en cada una de las ruedas; de esta forma el tractor puede tomar las curvas sin el peligro de que la rueda de menor recorrido patine.

En el supuesto de que una rueda motriz pierda adherencia, por ejemplo que se sitúe en una zona enfangada, el diferencial hará que esta rueda gire aún más deprisa, mientras que la otra situada en terreno firme, se quedará parada quedándose en consecuencia atascado el tractor. Para evitar este inconveniente se dispone de la posibilidad de bloquear el diferencial, con lo que se consigue que el sistema funcione semejante a un eje rígido.



Hay dos tipos de dispositivos que bloquean el diferencial. El sistema mecánico accionado por el tractorista consiste en hacer solidario, por medio de una palanca o un pedal, el planetario a la carcasa del diferencial con lo cual se obtendrá un eje rígido igualándose la velocidad de las dos ruedas motrices.

Es manifiesta la reticencia por parte del tractorista a usar el bloqueo del diferencial debido a la falsa creencia de que su uso puede producir averías o roturas. Naturalmente se pueden producir estas averías, pero si se utiliza mal el bloqueo. Un buen uso de éste evitaría muchos desgastes en las ruedas e impediría un mal aprovechamiento de la potencia del tractor.

Por lo expuesto, algunos fabricantes han introducido en sus modelos el bloqueo automático del diferencial. Presenta este sistema la desventaja cuando lo comparamos con el mecánico de que no se consigue igualar plenamente la velocidad de las dos ruedas. Su uso está más indicado en el eje delantero, donde no suele centrarse la atención del conductor.

El bloqueo mecánico accionado por el tractorista no debe emplearse cuando la diferencia de velocidades entre las dos ruedas es excesiva ya que podrían producirse averías. Este tipo de bloqueo proporciona un total aprovechamiento de la capacidad adherente de la rueda que no desliza.

El bloqueo única y exclusivamente se debe utilizar para salir de un atasco cuando se circula en línea recta. El usarlo con la

dirección girada, aunque sólo sea levemente, podría originar roturas y serias averías en la transmisión.

### REDUCCION FINAL

En los tractores agrícolas, la velocidad de giro del eje a la salida del diferencial es aún demasiado elevada, por lo que se requiere una nueva reducción. Esta reducción se intercala entre el diferencial y las ruedas motrices, y puede ser de varios tipos.

La reducción de piñones consta de un piñón pequeño que va acoplado al semi-palier que viene del diferencial y engrana

con un piñón grande acoplado al palier de la rueda.

La reducción epicicloidial consta de un piñón llamado planetario solidario al eje de entrada y una caja que contiene tres piñones denominados satélites, los cuales engranan con el planetario y la corona exterior. Esta reducción es superior a la de engranajes rectos porque la carga se distribuye entre varios dientes. Además es un sistema más compacto y duradero ya que las fuerzas radiales se absorben desde varias direcciones evitando que se desgasten los rodamientos.

Por último, en tractores especiales como los viñeros o en máquinas pulverizadoras autopropulsadas que requieren obtener una altura libre considerable sobre el suelo, la reducción final se realiza mediante cadena. Es en realidad una variante de la reducción por piñones, en la que se intercala entre el piñón pequeño y el piñón grande una cadena de rodillos.

### TOMA DE FUERZA

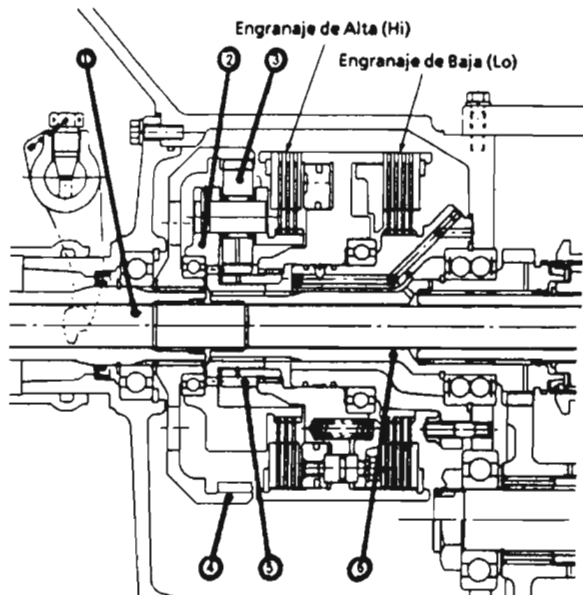
Para el accionamiento de máquinas o aperos, la transmisión del movimiento desde el tractor se realiza por mediación de la toma de fuerza. Los distintos tipos de toma de fuerza son:

1.-**Dependiente.** La transmisión parte del eje secundario de la caja de cambios lo cual tiene el inconveniente de que al desembragar el motor, también se desembraga la toma de fuerza.

2.-**Semidependiente.** La transmisión parte del eje primario de la caja de cambios por mediación de un embrague de doble disco, con el que se puede desembragar el motor sin necesidad de desembragar la toma de fuerza. Tiene que quedar claro que en este tipo de toma de fuer-

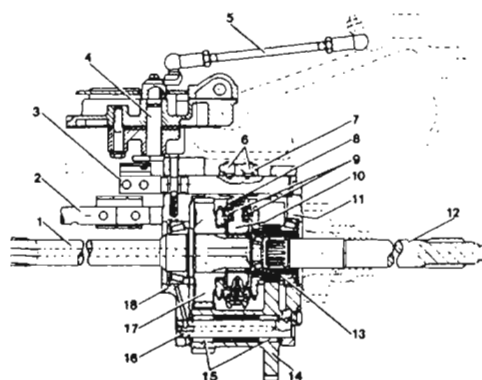


**FIG 3: SISTEMA DUAL-SPEED (EBRO-KUBOTA)**



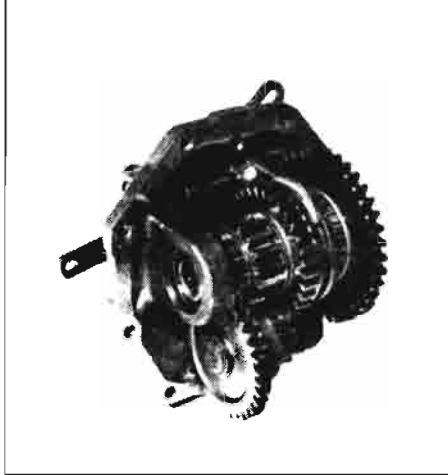
- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| (1) Eje propulsor        | (4) Corona        |
| (2) Soporte de satélites | (5) Planetario    |
| (3) Satélites            | (6) Eje engranaje |

**FIG 4: SISTEMA DUAL-SPEED (EBRO-KUBOTA)**



- 1 Eje de entrada 2 Barra corredera para el grupo 3 Barra corredera 4 Eje de mando 5 Varilla de unión  
6 Tornillos de ajuste 7 Barra corredera 8 Collarín desplazable 9 Aros sincronizadores 10 Engranaje sincronizador  
11 Tapa-portacojinete 12 Eje de accionamiento 13 Engranaje 14 Engranaje doble 15 Rodamiento de agujas  
16 Eje 17 Engranaje 18 Caja

**FIG. 5: CREEPER. DOC: EBRO-KUBOTA**

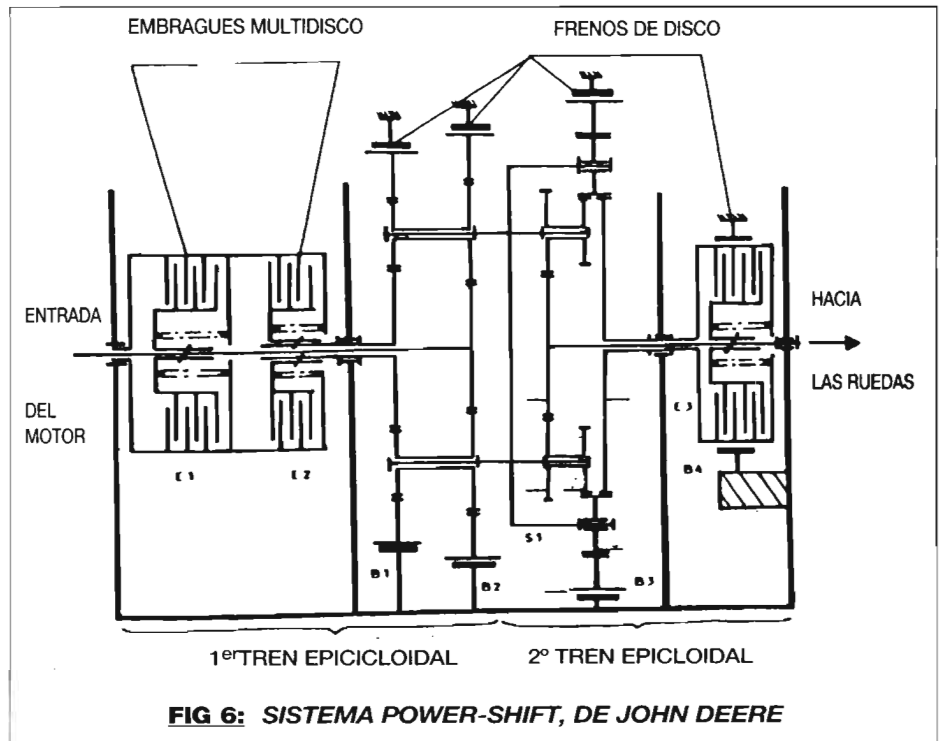


za la desconexión de la misma sólo se realizará si previamente paramos el motor del tractor.

**3.-Independiente.** La toma de fuerza tiene un embrague propio, lo que la independiza de la caja de cambios. Esto supone que se puede desconectar la transmisión de movimiento a la máquina o apero sin necesidad de parar el motor del tractor.

**4.-Proporcional al avance.** En los casos en que se requiera que la máquina accionada por el tractor realice su labor uniformemente en todo momento, no puede utilizarse una toma de fuerza dependiente de las revoluciones del motor, sino que debe ser proporcional a la velocidad de avance del tractor. Para ello la toma de fuerza se conecta con el eje secundario de la caja de cambios.

Se puede disponer de una sola salida con la posibilidad de girar a 540 ó 1.000



**FIG 6: SISTEMA POWER-SHIFT, DE JOHN DEERE**

r/min, o de dos salidas, una que gira a 540 y otra que gira a 1.000 r/min.

Según el régimen de giro las tomas de fuerza se clasifican en:

**Tipo 1** (540 r/min). Tiene seis estrías y transmite potencias de hasta 48 kW.

**Tipo 2** (1.000 r/min). Con 21 estrías, transmite potencias entre 48 y 92 kW.

**Tipo 3** (1.000 r/min). Con 20 estrías, transmite potencias de 92 a 185 kW.

**Tipo 4** (1.000 r/min). Con 18 estrías, transmite potencias de hasta 340 kW.

Según la posición que ocupen en el tractor se clasifican en frontales, laterales y traseras.

La más utilizada es la trasera si bien la frontal se está imponiendo debido a las cada vez más extendidas técnicas de mínimo laboreo, que proponen realizar con el mismo tractor las labores de abonado, de siembra y de preparación del terreno de una sola pasada.

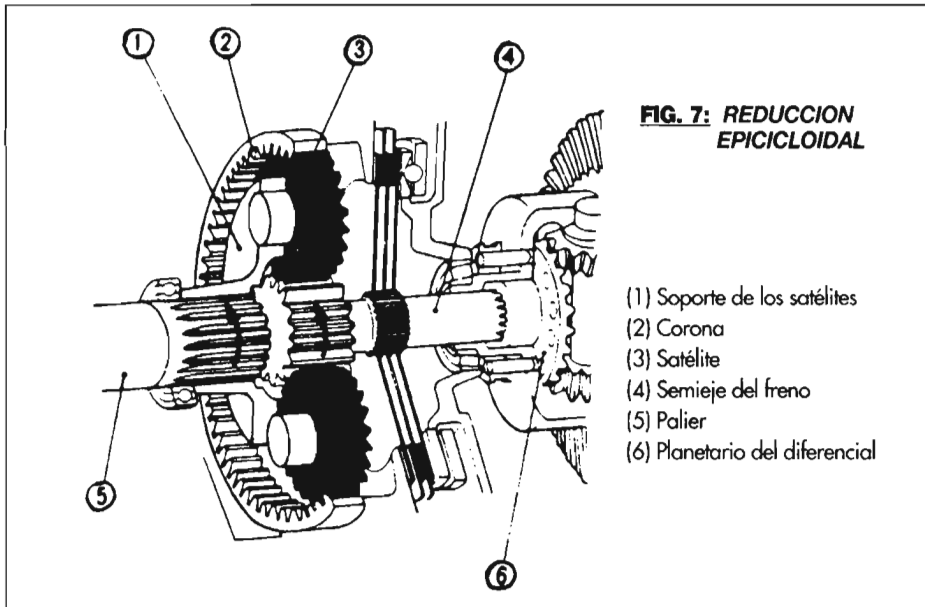
## TRANSMISIONES ESPECIALES

Las casas fabricantes de tractores agrícolas han emprendido durante los últimos años una dura competencia por ofrecer al usuario modelos con transmisiones cada vez más sofisticadas. En consecuencia han aparecido en el mercado distintas definiciones que sería conveniente aclarar pues la interpretación de las mismas lleva a menudo a error y a confusión de términos. El objeto de esta última parte es definir de manera sencilla y clara las diversas transmisiones especiales, sin entrar en detalles técnicos que se saldrían fuera de las pretensiones de este artículo.

## HI-LO, DUAL-POWER, DUAL-SPEED

Es un mecanismo desmultiplicador de mando electrohidráulico o hidráulico que permite al usuario, sin hacer uso del embrague, reducir la velocidad bajo carga. Este tipo de cambio tiene dos posiciones: HI (del inglés high: alto) y LO (del inglés low: bajo). En cualquier marcha en la que estemos trabajando con sólo mover la pa-





lanca de la posición HI a la posición LO, la velocidad del tractor disminuye aproximadamente un 20%. Al pasar de la posición LO a la posición HI sucederá lo contrario.

#### **CREEPER (Superreductor)**

Es un mecanismo desmultiplicador sincronizado de tipo mecánico que permite al usuario reducir la velocidad de marcha en cada una de las velocidades de la gama lenta y de la gama marcha atrás. Se utiliza en labores que requieren unas velocidades superlentas.

#### **INVERSOR**

Con este sistema se consigue disponer del mismo número de marchas hacia atrás como hacia adelante. Suele ser un mecanismo sincronizado que permite invertir la marcha sin detener el tractor, con sólo mover la palanca del inversor.

#### **POWER SHIFT**

Es un sistema que permite cambiar de marchas sin desembragar. Desarrollado por John Deere, consta de trenes epicicloidales en los cuales se frenan alternativamente unas u otras coronas consiguiéndose un cambio instantáneo sin interrumpir la marcha.

#### **BE-SPEED**

Sistema desarrollado por Kubota e instalado en el eje delantero. Cuando las ruedas alcanzan o sobrepasan un determinado ángulo la rueda directriz interior aumenta instantáneamente de revoluciones debido a la acción de un piñón multiplicador, haciendo que el radio de giro del trac-

tor disminuya sensiblemente.

#### **QUADRO-SPLIT**

Sistema sincronizado desarrollado por Deutz que ofrece un inversor accionado por palanca, con la posibilidad añadida de poder reducir o multiplicar en un 20% todas las marchas adelante.

#### **ECO-SPEED**

Mecanismo desarrollado por Fiat. Se trata de una quinta marcha que se suma a las otras del grupo para permitir el transporte a velocidad máxima de 40 km/h.

#### **ELECTROSHIFT**

Sistema desarrollado por Ford que incorpora en la palanca principal de velocidades dos botones (lento y rápido). Al pulsar uno u otro disminuye o se incrementa la velocidad de trabajo del tractor. Los cambios son sincronizados.

#### **TURBOMATIK**

Se trata de un embrague turbo-hidráulico desarrollado por Fendt. Consta de un plato de bombeo que cuando gira al ponerse en marcha el motor impulsa aceite a una turbina, ésta inicia el movimiento transmitiéndose así la fuerza al tractor.

#### **UNA REFLEXION**

Casi todas las casas comerciales cuentan con modelos que incluyen, bien de serie, bien de modo opcional, los tipos de transmisiones que hemos descrito, así como otras nuevas mejoras en otros puntos del tractor. Sin embargo asistimos a una contradicción, y es que cuando la tecnología está ofreciendo unas máqui-

nas cada vez más sofisticadas, el mercado que debería absorber esta oferta se enfrenta a una crisis cada vez más profunda. Las cifras son desalentadoras: de los 34.000 tractores inscritos en 1980, se ha pasado a casi la mitad diez años después, y el descenso continúa. El parque de maquinaria a falta de renovaciones se ha envejecido considerablemente, con el peligro y riesgo que ello entraña.

Con la escasez de ventas todas las casas comerciales han perdido cuota de mercado y se ha hecho finalmente insostenible para las empresas mantener esta situación, lo que ha obligado a realizar en los dos últimos años importantes reestructuraciones de plantilla, cuando no se ha decidido en algún triste caso cerrar definitivamente.

España es el país de la Comunidad Europea que, en potencia, más superficie agrícola útil dispone y sin embargo, comparados con los países de nuestro entorno, tenemos la tasa de mecanización más baja.

Nuestros agricultores se enfrentan a muchos interrogantes con lógica inquietud: ¿cuánto me dejarán cultivar dentro de cinco años?, ¿tendré que dejar más tierras sin cultivar?, ¿seguirá creciendo el coste de producción a ritmo distinto que los ingresos?, ¿qué pasará cuando se acaben las subvenciones?...

Ante este panorama incierto, el agricultor ha decidido no seguir invirtiendo en nueva maquinaria.

Asistimos a un importante deterioro de este sector en nuestro país. Y cabe plantearse finalmente una pregunta: ¿qué pasaría si, en una hipotética situación futura, se le exigiera al campo español volver nuevamente a producir? Saquen Vdes. sus propias conclusiones.