LUIS MÁRQUEZ
Dr. Ing. Agrónomo

LAS TRANSMISIONES
El escalonamiento de las marchas

Aunque muchos usuarios consideran que los motores de los tractores son la referencia para cualquier comparación a efectos de compra, el punto crítico es, sin duda, la transmisión. Por ello, en este artículo y en otros sucesivos incidiremos en este crítico elemento.



En la mayoría de las marcas, la transmisión forma parte de la estructura básica del tractor, por lo que el conjunto no sólo debe de soportar las fuerzas derivadas de la conducción de la potencia del motor a las ruedas, sino de las que se producen en el movimiento del vehículo realizando esfuerzos de tracción.

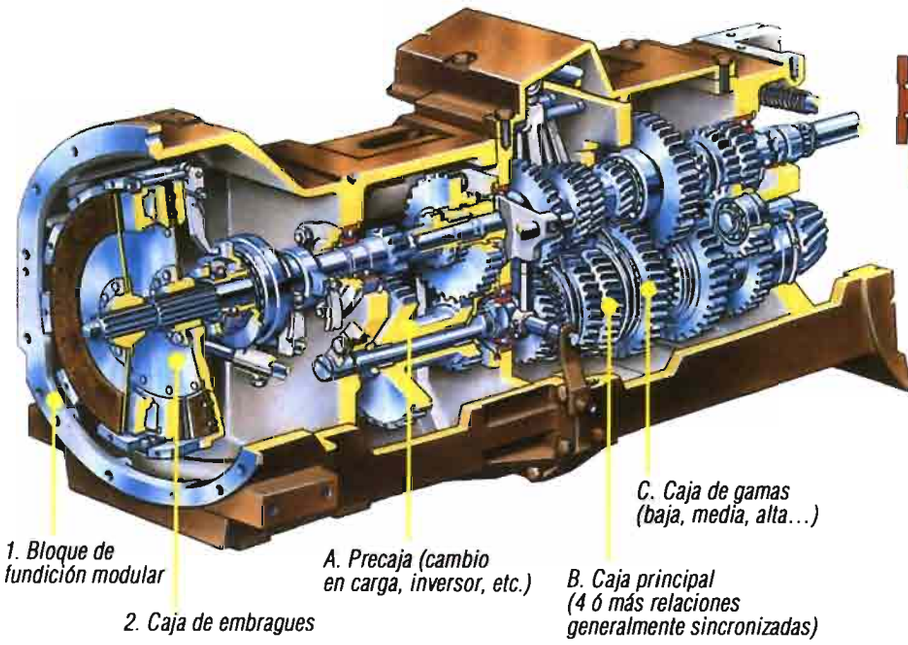
Esto explica que sean los fabricantes de tractores unos 'especialistas' en transmisiones, que si bien se aprovisionan de motores contando con lo que ofrece el mercado, prefieren fabricar sus propias cajas de cambio, o encargarlas a un proveedor bajo especificaciones precisas, que les den identidad de marca.

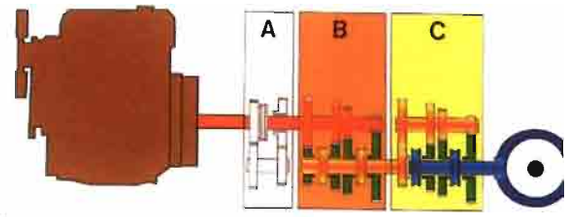
En la última década, la incorporación de las cajas sin escalones ha revolucionado el mercado de los tractores. Todas las empresas que ofrecen tractores de gama alta en Europa han completado su línea de productos con algún modelo que incorpora la transmisión sin escalones, o infinitamente variable, también conocida como CVT. Desde que Fendt, hace ya más de diez años, saca al mercado su modelo Vario, de una manera progresiva lo siguen todos los demás.

En numerosas ocasiones se discute sobre las ventajas e inconvenientes de estas transmisiones, en comparación con las transmisiones mecánicas con diferentes grados de automatización. En esta serie de artículos se analiza el panorama de las transmisiones, su adecuación al trabajo agrícola, y las opciones recomendables en función del tipo de trabajo que realiza el tractor.

COMPONENTES DE LAS TRANSMISIONES

Se consideran como 'transmisiones' al conjunto de elementos que aseguran la transferencia del par motor a los diferentes puntos en los que se tiene que utilizar (ruedas, toma de fuerza, etc.).





Estructura general de una caja de cambios de tractor agrícola.

Esta transmisión del movimiento se realiza modificando simultáneamente los dos factores que componen la potencia: par motor y régimen de giro, de manera que a las ruedas llegue el movimiento en las condiciones más favorables para el funcionamiento del tractor, o sea, proporcionando las fuerzas que demandan las labores, a la velocidad de avance a la que éstas se deben ejecutar.

Está claro que el accionamiento directo por el motor del eje de las ruedas motrices resulta imposible: ni el régimen de giro (superior a las 2 000 rev/min) y la necesidad de que funcione a régimen constante, ni el par motor máximo que el motor térmico proporciona, se adaptarían a las condiciones de uso agrícola (con una rueda de tractor de 0.7 m de diámetro, se tendría que trabajar a más de 500 km/h), lo cual significa que la transmisión debe proporcionar una notable reducción. A esta reducción se denomina relación de transmisión y se expresa como cociente entre la velocidad de giro del cigüeñal del motor y la del eje de las ruedas motrices, o su equivalente: número de vueltas del volante del motor por cada vuelta de la rueda motriz.

Considerando que el intervalo de trabajo habitual del tractor agrícola está entre algo menos de 1 km/h y algo más de 30 km/h, las relaciones de transmisión variarán entre valores de más de 500:1 hasta de menos de 30:1, lo que ya puede dar una idea de la complejidad del conjunto de las transmisiones del tractor.

Pero no son éstos los únicos condicionantes. Como consecuencia del movimiento continuo del motor térmico, hay que disponer de los correspondientes elementos de desconexión (embragues), que permitan detener el movimiento, normalmente transmitido, para parar el vehículo o cambiar la relación de transmisión.

Además, la necesidad de dotar al tractor agrícola de lo que se conoce como tomas de fuerza, y el accionamiento de los sistemas hidráulicos (aunque esto a veces se hace desde el mismo motor) obliga a establecer diferentes transmisiones, (lo que se conoce como cadenas cinemáticas) con algunos elementos comunes para reducir el tamaño del conjunto y bajar los costes de producción.

Esto hace que en la mayoría de los casos se recurra a una transmisión formada por grupos separados, a veces en cajas independientes, como son: caja de cambios y reductoras, puente trasero y reducción final (incluyendo el diferencial) y caja de la toma de fuerza para conseguir en ella más de una velocidad nominal (540-1 000 rev/min).

Tanto si se construyen las transmisiones formando un solo cuerpo como en bloques separados, el conjunto de las cajas que las contienen constituyen el cuerpo central de la estructura resistente del tractor (en ausencia de bastidor), actuando como una viga apoyada sobre los ejes y sometida a esfuerzos de flexión, compresión y torsión. Las tensiones que esto produce, unidas a los altos pares que se transmiten, como consecuencia de la elevada reducción, y a las condiciones externas: intemperie, condiciones de atmósfera pulverulenta, etc., hacen de las transmisiones el elemento más importante en el conjunto que constituye el tractor.

Para los tractores agrícolas, en la mayoría de los casos, se recurre a lo que se conoce como transmisión mecánica mediante pares de engranajes, pero ésta no es la única opción posible; el empleo de transmisiones hidrostáticas en una parte o en toda la transmisión del movimiento entre el motor y las ruedas, ofrece la posibilidad de continuidad en la variación de la relación de transmisión. Las transmisiones hidrodinámicas (embrague y convertidores de par) se utilizan en muy contadas ocasiones.

LAS CAJAS DE CAMBIO

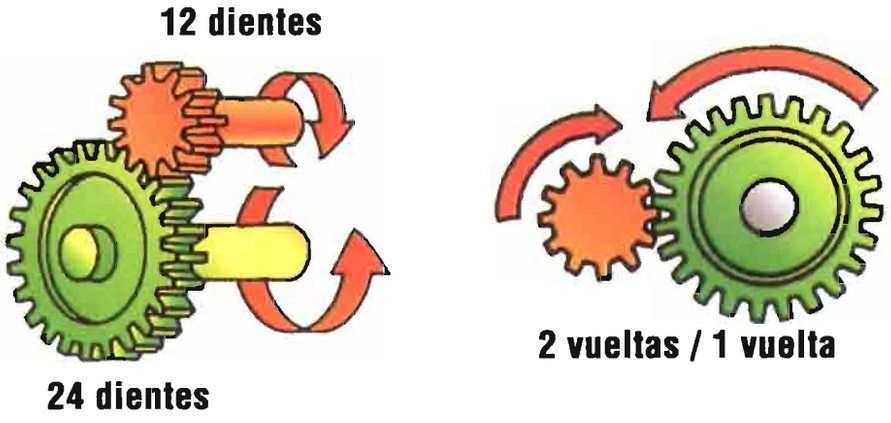
La caja de cambios constituye la primera parte de la cadena cinemática del motor a las ruedas. Ésta permite la variación de relaciones de transmisión en los tractores y se deriva de la que por años se ha utilizado en automoción. Al igual que en los automóviles y camiones, permite seleccionar las dife-

rentes relaciones en función de la carga que demandan las labores y de la velocidad a la que se quiere circular; además, dispone de una posición de punto muerto y una relación, al menos, que permita desplazarse hacia atrás.

Para ello, siguiendo el modelo da caja de cambios convencional, se dispone de un eje conocido como 'primario', o de entrada, que recibe el movimiento del motor a través del embrague, permitiendo que llegue a la caja, y otro eje, conocido como 'secundario', o de salida, que transmite el movimiento desmultiplicado hasta el diferencial y el eje trasero.

Entre el primario y el secundario, existe otro eje conocido como intermediario, que proporciona apoyo a algunos de los engranajes para conseguir las diferentes relaciones de transmisión. La disposición relativa de los ejes puede ser diferente: secundario en prolongación del primario, o ambos ejes en paralelo. En algunas cajas el número de ejes puede ser mayor. Todos estos ejes se encuentran, apoyados sobre rodamientos, en un cárter con aceite que se encarga de la lubricación, bien por barboteo, bien forzada mediante bomba, de manera similar a lo que se hace en el motor

La transmisión del movimiento entre cada dos ejes sucesivos se realiza por pares de engranajes que se conectan por desplazamiento o se encuentran permanentemente en contacto (toma constante), en cuyo caso la transmisión o interrupción del movimiento se consigue mediante el bloqueo o la liberación de uno de los engranajes con respecto al eje que lo soporta.



• *Transmisión del movimiento por ruedas dentadas.*
• *Al reducirse la velocidad a la mitad, el par transmitido se multiplica por dos.*

En cualquier caso la velocidad de salida de la caja, en relación con la de entrada, depende del número de pares de engranajes que componen la cadena cinemática y de la relación entre el número de dientes de cada par de ruedas que engranen entre sí. Así, si la transmisión del movimiento entre el primario y el secundario se realiza con un solo par de ruedas dentadas, suponiendo que el engranaje que se apoya en el primario tenga 12 dientes (Z_1) y el del secundario 24 (Z_2), la salida se hará a la mitad de velocidad, ya que la relación de transmisión será:

$$I_t = Z_1 / Z_2 = 12 / 24 = 1 / 2$$

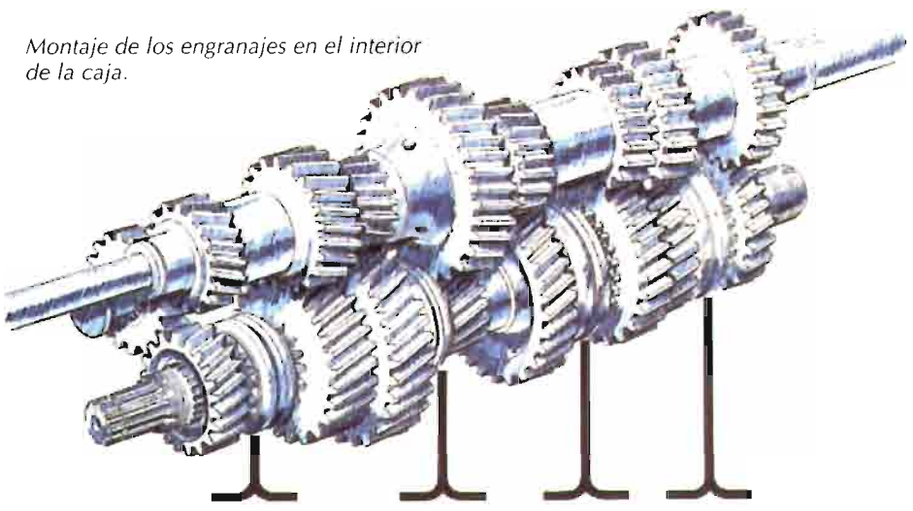
o sea, si el primario gira a 2 000 rev/min, el secundario lo hará solamente a 1 000 rev/min. Como consecuencia de esta reducción se producirá un incremento del par que puede transmitir el secundario, que será, para este ejemplo, el doble del que proporcionaba el motor al primario, menos un porcentaje como consecuencia de las pérdidas por rozamiento entre los componentes de la transmisión.

En el caso de que existieran dos pares de engranajes, actuando uno entre el primario y el intermediario y otro entre intermediario y secundario, el primero de ellos, con los números de dientes ya indicados y el segundo con 24 (Z_3) y 48 (Z_4) dientes respectivamente, la relación total de transmisión será:

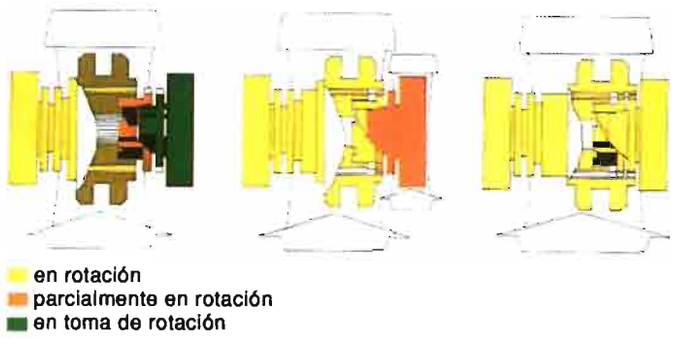
$$I_t = (Z_1 / Z_2) \times (Z_3 / Z_4) = (12 / 24) \times (24 / 48) = 12 / 48 = 1 / 4$$

lo que significa que por cada 4 vueltas del primario, el secundario dará solamente una, y el par de salida será 4 veces mayor. Normalmente la relación de transmisión se expresa utilizando sólo el denominador de la expresión anterior, o sea vueltas del eje de entrada por cada vuelta del eje de salida (El número de dientes de los engranajes utilizados para el ejemplo, se han elegido exclusivamente para facilitar la comprensión de la actuación de la caja; no cumplen otras condiciones que se consideran esenciales en el diseño de estos mecanismos).

De los diferentes sistemas que permiten la variación de la relación de transmisión (cambio de 'marcha'), el conocido como de engranajes 'desplazables' es el más sencillo y tiene un elevado grado de eficiencia, pero los



Montaje de los engranajes en el interior de la caja.





Dispositivo de sincronización para el cambio de marcha.

dientes están sometidos a mayor desgaste y no es posible la sincronización (cambio sin detener la marcha) por lo que su empleo queda limitado a las transmisiones más sencillas, ya que obligan a detener completamente el tractor antes de efectuar el cambio.

Para los engranajes en toma constante se pueden utilizar garras o manguitos deslizantes, que giran continuamente con el eje, a los que se unen los engranajes, que giran libres hasta que el acoplamiento se produce. Este sistema de acoplamiento facilita el cambio de marchas y hace posible la aproximación de las velocidades de giro de los dos elementos móviles que van a entrar en contacto, dando lugar a lo que se conoce como sincronización. Hay diferentes sistemas para realizar el acoplamiento y se ajusten a las características de cada caja, e incluso según la relación de transmisión que se deben conseguir: bloques, pasadores o clavijas, disco y plato, etc.

El relativo retraso de la introducción de la sincronización en las cajas de cambios de los tractores agrícolas, en relación con lo que sucedió en otros vehículos industriales de transporte, ha sido como consecuencia, por una parte, de la mayor robustez de las cajas, ya que tienen que transmitir pares elevados (alta potencia a bajo régimen de giro), lo que dificultaba la instalación de mecanismos fiables sin encarecer excesivamente el producto;

> ***El cambio sincronizado permite cambiar de velocidad sin detener la marcha, pero la transmisión de potencia se interrumpe***

por otra, está la escasa necesidad de sincronización de la caja para la mayoría de las labores agrícolas, si se exceptúa el transporte. Un cambio sincronizado permite cambiar de velocidad sin detener la marcha, pero la transmisión de potencia entre el motor y las ruedas se interrumpe. Esto hace que el vehículo utilice su propia inercia para mantenerse en movimiento, y así sucede en el vehículo automóvil, o en el tractor agrícola cuando circula por carretera, pero si el tractor va trabajando en el campo, como en el caso de arrastrar un arado, la interrupción de la transmisión de la potencia ocasiona su práctica detención. Como se da la circunstancia, por lo elevado de las relaciones de transmisión en todas las marchas, que el tractor prácticamente puede arrancar en cualquiera de ellas en autodesplazamiento, la sincronización ha podido esperar.

Sin embargo, la necesidad de dedicar gran número de horas al transporte en las explotaciones agrícolas europeas de tipo medio, obligó a los fabricantes a ofrecer esta opción que, además, protege las transmisiones, evitando la actuación brusca del tractorista cuando intenta cambiar de velocidad sin detener el tractor, cosa bastante habitual en las cajas que no disponen de sincronización.

Para abaratar la construcción de los dispositivos de sincronización se ha procurado montar éstos en los pares de engranajes más próximos a la entrada de la caja (ejes trabajando a velocidades altas pero transmitiendo pares relativamente bajos) y en cualquier caso haciendo funcionar la caja de cambio a mayor régimen, consiguiendo la necesaria desmultiplicación total utilizando reducciones finales con mayor relación de transmisión.

Se puede concluir diciendo que la sincronización es imprescindible para las marchas entre las que se tiene que cambiar sin detener el tractor en condiciones tales que la propia inercia del conjunto lo permite (transporte).

En el caso en que la labor demande un esfuerzo continuado, cosa que habitualmente sucede en los trabajos de campo, la sincronización no resulta suficiente, y así, para sacar el máximo

rendimiento al motor (ahorro de combustible y mejora de la capacidad de trabajo) se necesita modificar la marcha durante el trabajo, lo que sólo se consigue con lo que se conoce como 'cambio en carga', que permite realizar esta operación sin interrumpir la transmisión de potencia del tractor a las ruedas. Por la importancia que este dispositivo tiene en la transmisión de los tractores modernos, se realizará un análisis detenido de su funcionamiento con posterioridad.

LOS MÚLTIPLES ESCALONES

Hasta el año 1945 los tractores agrícolas contaban con un cambio de marchas con tres escalonamientos; poco después, en los años '60, el número de marchas llega a seis. Es en la década de los '70 cuando el número de relaciones del cambio crece sin límites: 10, 12, que con el efecto multiplicador las cajas complementarias hacen que el número total de marchas se acerque al centenar, ¿para qué?

Entre una marcha y la siguiente se produce un escalón de velocidades, de manera que se podría conseguir la misma velocidad de avance en una relación del cambio y en la siguiente, si a la vez se modifica el régimen del motor. Esto permite adaptar mejor el motor a las condiciones de trabajo, aprovechando los puntos de funcionamiento que proporcionan menor consumo específico, o lo que es equivalente, suministrar el mismo trabajo (CVh) con menos consumo de combustible (litros).

Para que un cambio de marchas con múltiples escalones sea aprovechable se necesita, en primer lugar, que los escalones se encuentren correctamente distribuidos, algo que no siempre sucede. Como el número de relaciones del cambio que se ofrecen depende de varias cajas independientes puestas en serie, es frecuente que las relaciones de transmisión resultantes se dupliquen, por lo que no hay tantas relaciones útiles como la documentación comercial refleja. Es más, se considera que si entre una marcha y la contigua sólo hay una diferencia de velocidades de menos del 10%, el usuario prácticamente no encuentra diferencia, ya que el sistema de regulación de la inyección junto con la reserva de par motor, unido a la variabilidad de los esfuerzos del trabajo agrícola, hace difícil la elección de la marcha, incluso para un operador experimentado.

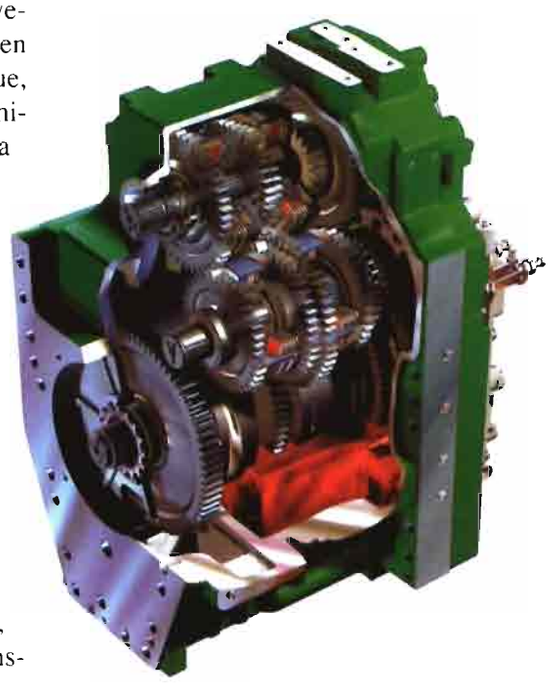
> ***La utilización de cajas con múltiples relaciones controladas por varias palancas hace difícil la selección de la marcha apropiada***

El otro inconveniente derivado de las cajas de cambio con muchas relaciones ha sido la complejidad para pasar de una marcha a la siguiente, ya que había que actuar sobre dos o tres palancas en dicha operación, cada una sobre la correspondiente caja de las situadas en serie que componen la transmisión. Para evitar este inconveniente, algunos fabricantes se deciden por la palanca única, de manera que, aprovechando el sistema de mando hidráulico o electrohidráulico para controlar los diferentes engranajes, el usuario puede despreocuparse de la forma en la que la relación final se obtiene.

Pero esto, cuando se aplica al conjunto de la caja de cambios, obliga a una solución constructiva diferente, basada en engranajes planetarios, o en un sistema equivalente, con un coste de fabricación más elevado.

En cualquier caso, contando con las exigencias del trabajo agrícola, una caja de cambio adecuada, debería de ofrecer relaciones de transmisión para tres tipos de aplicaciones principales:

- Trabajos especiales realizados a muy baja velocidad, en los que interesa un avance muy lento del tractor, pero realizando un trabajo que demanda una potencia de tracción mínima (por ejemplo: arrastre de máquinas trasplantadoras). Las relaciones del cambio que proporcionan las velocidades de trabajo necesarias para estas aplicaciones debe de estar en el intervalo de 0.5 a 2.0 km/h.
- Trabajos normales de campo en los que se tiene que utilizar toda la potencia disponible en el motor, bien sea a la toma de fuerza (velocidades lentas entre 2.5 y 4.0 km/h) o en tracción para laboreo primario y secundario (5-10 km/h). En esta categoría se incluyen también las marchas que se utilizan para otras aplicaciones de campo, como arrastre de sembradoras, equipos de tratamiento, siega y acondicionado de forraje, etc., que, en la mayoría de los casos, no demandan más del 50% de la potencia disponible en el motor y que se realizan a una velocidad relativamente alta (8 a 12 km/h).
- Trabajos de transporte en los que se utiliza una pequeña parte de la potencia del tractor y cuya velocidad máxima admisible es una consecuencia de las particularidades en el



sistema de suspensión del vehículo agrícola, límite superior que queda establecido reglamentariamente, según los países, entre 30 y 50 km/h.

Para el primer bloque, en la mayoría de los casos, resulta suficiente contar con una o dos relaciones del cambio que permitan trabajar entre 0.8 y 1.5 km/h a régimen nominal del motor. Incluso sería innecesario este grupo de marchas para los usuarios que no utilizan el tractor en este tipo de labores (la mayoría).

El segundo bloque de trabajo establecido se puede decir que es el básico en la utilización del tractor. Tomando como referencia las fuerzas tracción que se consiguen con el tractor lastrado al máximo recomendado para operaciones de campo, y sin masas de lastre, puede establecerse un escalonamiento del cambio que se adapte al par motor disponible. Con 4 ó 5 marchas habría suficiente.

En relación con las marchas de transporte, para la mayoría de los usuarios, sería suficiente disponer de cuatro velocidades, entre 15 y 50 km/h, velocidad máxima autorizada con el tractor sin remolque para algunos países de la UE. Hay que señalar que aquí los intervalos de escalonamiento pueden ser mucho más amplios que para el trabajo de campo, como consecuencia de la reducida potencia que demandan, y también por la actuación del regulador de régimen variable que incorpora el motor del tractor, que hace que se comporte como si dispusiera de una reserva de par muy superior.

Estas consideraciones llevan a la conclusión de que con 8 a 12 relaciones del cambio (hacia delante) tendrían suficiente la mayoría de los usuarios. El empleo de tractores con muchas más relaciones de transmisión sólo tiene sentido si se desean aumentar las prestaciones reduciendo el consumo de combustible, y, para ayudar al conductor a conseguirlo, se hace necesario el empleo de 'monitores' electrónicos en el tractor, ya que en otro caso las diferencias entre algunas de las marchas resulta inapreciable.

Para vehículos de carretera

El diseño de los escalones, en el caso de un vehículo para carretera (automóvil o camión) se realiza según este procedimiento. Primero se fija la relación de transmisión con menor grado de reducción para que el vehículo alcance la máxima velocidad de marcha, de manera que el par que llega a las ruedas, procedente del motor trabajando a potencia máxima, sea capaz de vencer las resistencias de todo tipo que se producen (avance a la máxima velocidad sobre suelo horizontal).

Al aumentar las resistencias al avance del vehículo que circula a velocidad máxima, como consecuencia de una pendiente progresiva que demande mayor nivel de par motor en las ruedas, el motor que caerá de vueltas, perdiendo potencia, pero incrementando su par motor. Por debajo de un régimen de giro, que depende de las características del motor, éste pierde eficiencia, por lo que conviene disponer de una relación del cambio más corta. Sin embargo, es posible utilizar la misma relación del cambio aunque el régimen del motor baje más, lo que permite circular más lentamente, aunque con menor eficiencia, siempre que, en el régimen elegido, la carga aplicada al motor no sea superior a la que puede proporcionar, ya que en este caso se 'calaría'.

En los primeros automóviles con tres 'escalones', y más tarde con cuatro, con cinco, o con seis, según la elasticidad del motor y del tipo de conducción que se realiza, hay suficiente. Todos los escalones son más o menos iguales y van formando lo que se conoce como una progresión geométrica de razón:

$$n_1 / n_0$$

siendo:

n_1 = régimen de potencia máxima

n_0 = régimen mínimo que el fabricante estima que debe trabajar el motor disponiendo de suficiente capacidad de recuperación (aceleración). *(Gráfico 1).*

La más larga de las marchas se considera como 'directa', ya que la velocidad angular del eje de entrada a la caja de cambio se igual a la del eje de salida. En algunos casos se incorpora una marcha algo más larga, conocida como 'superdirecta', en la que la velocidad de salida es algo superior

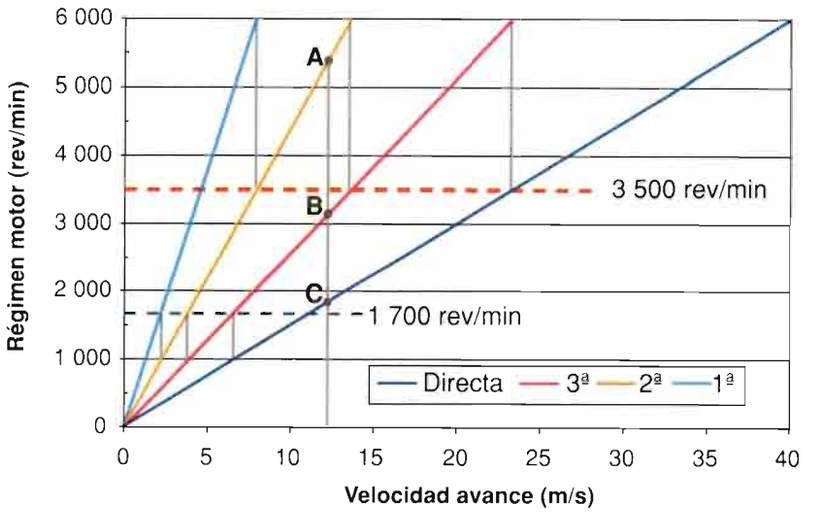


Gráfico 1. *Diagrama teórico de velocidades para una caja de cambios de automóvil, con motor que debe de trabajar entre 3 500 y 6 000 rev/min para obtener un buen rendimiento, y cuyo régimen mínimo es de 1 000 rev/min.*

- *Escalonamiento según una progresión geométrica de razón 6 000/3 500 = 1.71*
- *A una velocidad de 12 m/s (43.2 km/h) se podrían utilizar las marchas 2ª, 3ª y directa (A, B y C, sin bajar de 1 000 rev/min).*

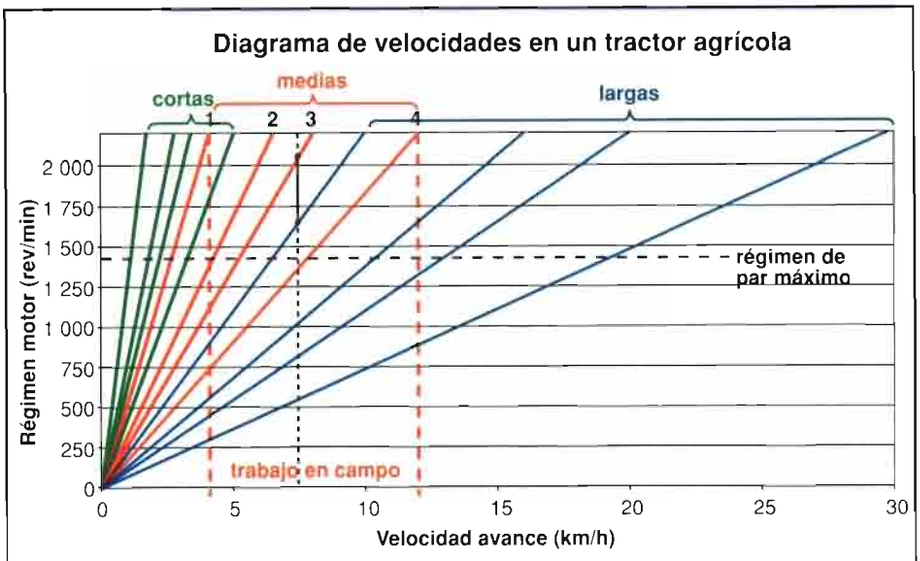


Gráfico 2. *Diagrama de velocidades básico para tractor agrícola. Las cuatro velocidades de la caja principal se multiplican por 3 con la caja de reductores.*

- *La relación más larga de las cortas y la más baja de las largas 'refuerza' la zona de trabajo considerada como esencial en campo.*
- *Con este escalonamiento se dispone, para las velocidades de trabajo, de dos marchas con el motor funcionando entre 1 500 y 2 200 rev/min.*

Nota.- Los valores utilizados corresponden a los de la caja del tractor McCormick 95 C-max, con motor de 95 CV-ISO a 2 200 rev/min y par máximo a 1 400 rev/min (33% de reserva de par).

a la de entrada, con lo que el motor puede bajar de vueltas para mantener la velocidad de punta, siempre que la demanda de potencia es más baja, lo cual favorece el ahorro de combustible.

Además, no hay que olvidar que las marchas correspondientes a cada escalón están sincronizadas, por lo que aprovechando la inercia del vehículo se puede pasar de una a otra con facilidad y sin interrumpir el avance.

Para tractores agrícolas

En los tractores agrícolas, el procedimiento de diseño difiere algo del que se aplica a los automóviles. En principio, no se tendría que pasar de una relación a otra durante el trabajo, salvo para el caso de 'cambio en carga', por lo que se busca que cada relación pueda utilizarse en determinada aplicación agrícola o grupo de aplicaciones. *(Gráfico 2).*

En consecuencia, como punto de partida, el mínimo necesario de relaciones de transmisión para trabajos de 'campo' son cuatro, cada una de ellas en los intervalos de:

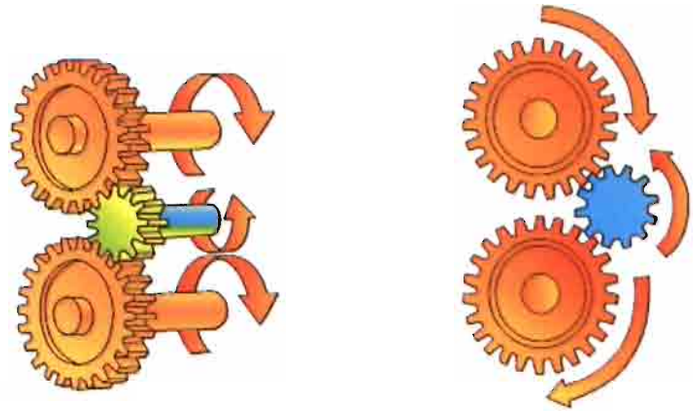
- 2.5 – 4.0 km/h para realizar trabajos a la toma de fuerza.
- 5.0 – 6.0 km/h para trabajos pesados de laboreo del suelo.
- 7.0 – 9.0 km/h para trabajos de laboreo rápido y otras operaciones de cultivo (abonado, siembra, tratamientos).
- 10 – 13 km/h para labores agrícolas rápidas, que pueden utilizarse también para transporte en condiciones difíciles.

> ***Una caída de vueltas del motor en trabajo de 150 a 250 rev/min, respecto al régimen sin carga, indica que se ha elegido una marcha apropiada***

Un mayor número de relaciones hace posible el mejor aprovechamiento energético del motor (reducción del consumo del combustible), siempre que el tractorista las seleccione de manera adecuada, pero significa un encarecimiento del producto, y generalmente requiere el empleo de un sistema de cambio en carga para aprovecharlas adecuadamente.

Por otra parte, las relaciones del cambio que permiten el avance del tractor hacia atrás se pueden definir a partir de dos hipótesis diferentes: uso normal de tractor con trabajo ocasional hacia atrás, o uso habitual tanto hacia adelante como hacia atrás, invirtiendo el sentido del puesto de conducción.

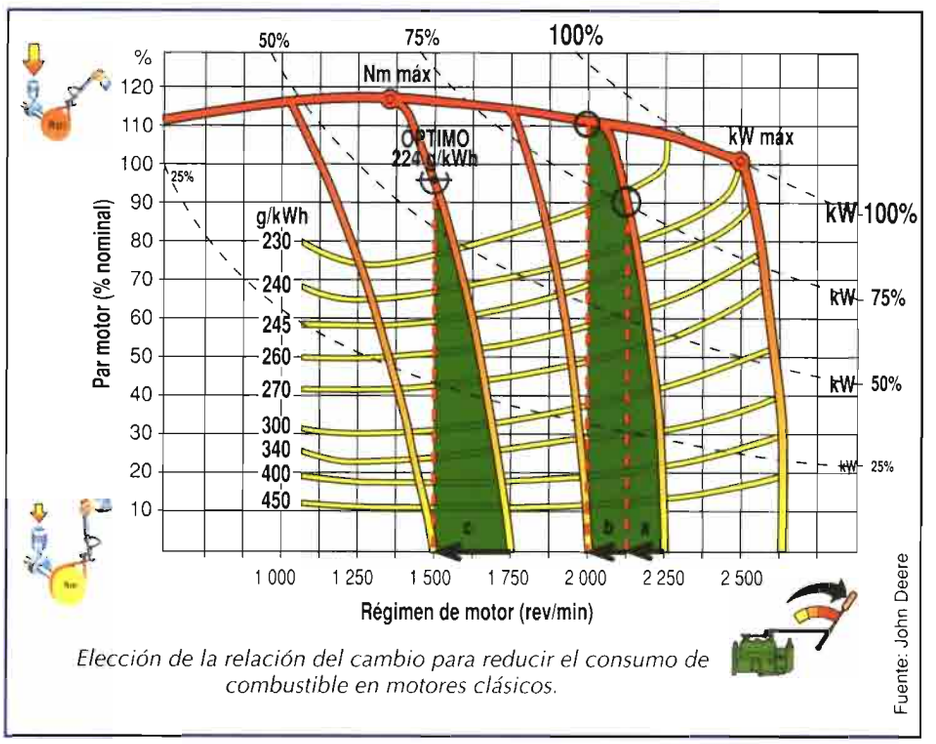
Para el caso normal, en el que está incluido el empleo de la pala cargadora frontal, resulta suficiente disponer de dos relaciones hacia atrás: una en el intervalo de 2.0-4.0 km/h y otra en el intervalo de 8-10, en las que apenas se utiliza una parte de la potencia disponible en el motor. Para esto se ha venido utilizando en la caja un eje con su correspondiente engranaje que invertía la rotación, a la vez que introducía un pequeño cambio en la rela-



Inversión del movimiento para conseguir la marcha atrás (sistema básico).

ción de transmisión. Esto se hacía en la caja principal o en la de reductoras, con el efecto multiplicador del número de relaciones disponibles hacia atrás.

Cada vez es más frecuente que el inversor se sitúe por delante de la caja principal, haciendo posible que el tractor se pueda utilizar como 'máquina agrícola autopropulsada' incorporado el elemento de trabajo agrícola en el enganche tripuntal posterior, con lo que el tractor ofrece el mismo número de relaciones hacia adelante como hacia atrás, utilizando un inversor sincronizado, lo que favorece la eficiencia en trabajos con marcha alternativa hacia delante y hacia atrás (por ej.: cargador frontal).



Elección de la relación del cambio para reducir el consumo de combustible en motores clásicos.

ELEGIR LA MARCHA MÁS APROPIADA

Para terminar esta primera parte, hay que dar unos consejos para elegir la relación del cambio más apropiada: aquella que, para la velocidad de avance a la que se realiza la labor, permite aprovechar la potencia disponible en el motor, con el mínimo consumo de combustible.

En las labores de campo, que son las esenciales en un tractor, ya que permiten suministrar fuerza de tracción a los aperos y máquinas arrastrados, se puede utilizar un procedimiento que se basa en la caída de vueltas del motor con respecto al régimen de trabajo seleccionado.

Así, para cualquier marcha, se establece un régimen nominal de giro (actuando sobre el acelerador de mano) y se procede a arrancar en trabajo, observado la caída de vueltas que se ha producido, una vez que el conjunto tractor-apero estén en condiciones de funcionamiento normal.

Si la caída de vueltas es de menos de 150 rev/min, seguramente se está utilizando una marcha más corta de la que conviene, si se superan las 250 rev/min, la marcha puede ser excesivamente larga. Se puede dar el caso que la marcha que más conviene sea excesivamente larga, ya que la velocidad de avance supera lo que resulta aconsejable para una determinada operación; esto indica claramente que se está utilizando un apero que demanda muy poca potencia para la disponible en el tractor.



Queda otra recomendación: en el caso de realizar labores pesadas (como en la arada con vertedera), el régimen de trabajo se debe de seleccionar cerca del régimen nominal del motor, mientras que en labores ligeras (siembra convencional) se puede bajar este régimen hasta acercarse al régimen de par máximo. En los motores de 'potencia constante' el régimen seleccionado conviene que esté en el intervalo de régimen de funcionamiento en el que el motor ofrece la potencia de referencia.

Estas sencillas recomendaciones permiten reducir el consumo de combustible sin pérdida de capacidad de trabajo, algo que, a medida que los combustibles se encarecen, habrá que cuidar más, pero el conductor debe de olvidarse del acelerador de pie y tener confianza en el acelerador de mano que lo hace mucho mejor y ni se distrae ni se cansa.■