

# Cajas de cambio

---

## Cajas de cambio automáticas

El cambio automático es un sistema de transmisión que es capaz por si mismo de seleccionar todas las marchas o relaciones sin la necesidad de la intervención directa del conductor. El cambio de una relación a otra se produce en función tanto de la velocidad del vehículo como del régimen de giro del motor, por lo que el conductor no necesita ni de pedal de embrague ni de palanca de cambios. El simple hecho de pisar el pedal del acelerador provoca el cambio de relación conforme el motor varía de régimen de giro. El resultado que aprecia el conductor es el de un cambio cómodo que no produce tirones y que le permite prestar toda su atención al tráfico. Por lo tanto el cambio automático no sólo proporciona más confort, sino que aporta al vehículo mayor seguridad activa.

Los elementos fundamentales que componen la mayoría de los cambios automáticos actuales son:

- un convertidor hidráulico de par que varía y ajusta de forma automática su par de salida, al par que necesita la transmisión.
- un tren epicicloidal o una combinación de ellos que establecen las distintas relaciones del cambio.
- un mecanismo de mando que selecciona automáticamente las relaciones de los trenes epicicloidales. Este sistema de mando puede ser tanto mecánico como hidráulico, electrónico o una combinación de ellos.

Precisamente el control electrónico es la mayor innovación que disponen los cambios automáticos actuales dando al conductor la posibilidad de elegir entre varios programas de conducción (económico, deportivo, invierno) mediante una palanca de selección, llegando actualmente a existir sistemas de control que pueden seleccionar automáticamente el programa de cambio de marchas más idóneo a cada situación concreta de conducción.

Entre los datos que utilizan estos sistemas para sus cálculos se encuentran, la frecuencia con que el conductor pisa el freno, la pendiente de la carretera, el numero de curvas de la misma, etc.

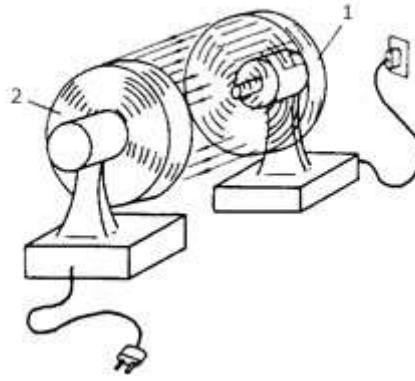
Antes de estudiar el funcionamiento de la caja de cambios automática, hay que explicar de forma individual, los elementos básicos que la forman.

## Embrague hidráulico

El embrague hidráulico que mas tarde evolucionara llamandose convertidor de par, actúa como embrague automático entre el motor y la caja de cambios que, en estos casos, suele ser automática o semiautomática. Dicho embrague permite que el motor gire al ralentí (en vacío) y además transmite el par motor cuando el conductor acelera.

Está fundado en la transmisión de energía que una bomba centrífuga comunica a una turbina por mediación de un líquido que generalmente es aceite mineral.

Para comprender bien este principio se puede poner el ejemplo de dos ventiladores (figura inferior) colocados uno frente al otro. El ventilador (1), conectado a la red, mueve el aire y lo proyecta como impulsor o bomba sobre el otro ventilador (2) que está sin conectar; éste último, al recibir el aire, se pone a girar como una turbina.



### Constitución del embrague hidráulico

Está constituido, como puede verse en la figura inferior, por dos coronas giratorias (bomba y turbina) que tienen forma de semitoroide geométrico y están provistas de unos tabiques planos, llamados alabes. Una de ellas, llamada rotor conductor, va unida al árbol motor por medio de tornillos y constituye la bomba centrífuga; la otra, unida al primario de la caja de cambios con giro libre en el volante, constituye la turbina o corona arrastrada.

Ambas coronas van alojadas en una carcasa estanca y están separadas por un pequeño espacio para que no se produzca rozamiento entre ellas.



Coronas de un embrague hidráulico



Despiece de un embrague hidráulico

## Funcionamiento

Cuando el motor gira, el aceite contenido en la carcasa es impulsado por la bomba, proyectándose por su periferia hacia la turbina, en cuyos alabes incide paralelamente al eje. Dicho aceite es arrastrado por la propia rotación de la bomba o rotor conductor, formándose así un torbellino tórico.

La energía cinética del aceite que choca contra los alabes de la turbina, produce en ella una fuerza que tiende a hacerla girar.

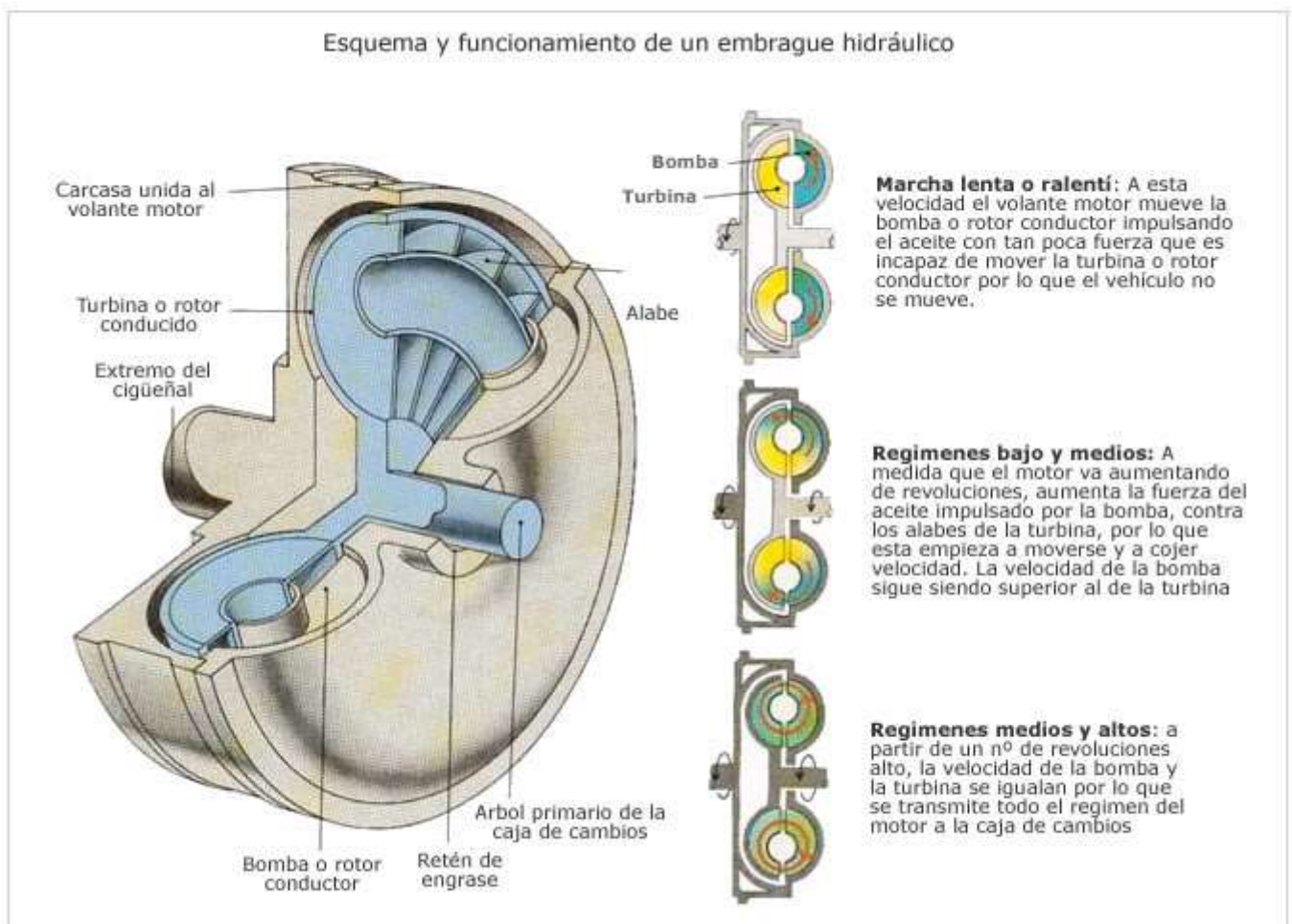
Cuando el motor gira a ralentí, la energía cinética del aceite es pequeña y la fuerza transmitida a la turbina es insuficiente para vencer el par resistente. En estas condiciones, hay un resbalamiento total entre bomba y turbina con lo que la turbina permanece inmóvil. El aceite resbala por los alabes de la turbina y es devuelto desde el centro de ésta al centro de la bomba, en donde es impulsado nuevamente a la periferia para seguir el ciclo.

A medida que aumentan las revoluciones del motor, el torbellino de aceite se va haciendo más consistente, incidiendo con más fuerza sobre los alabes de la turbina. Esta acción vence al par resistente y hace girar la turbina, mientras se verifica un resbalamiento de aceite entre bomba y turbina que supone el acoplamiento progresivo del embrague.

Cuando el motor gira rápidamente desarrollando su par máximo, el aceite es impulsado con gran fuerza en la turbina y ésta es arrastrada a gran velocidad sin que exista apenas resbalamiento entre ambas (éste suele ser de un 2 % aproximadamente con par de transmisión máximo).

El par motor se transmite íntegro a la transmisión de embrague, cualquiera que sea el par resistente y, de esta forma, aunque se acelere rápidamente desde ralentí, el movimiento del vehículo se produce progresivamente, existiendo un resbalamiento que disminuye a medida que la fuerza cinética va venciendo al par resistente.

Al subir una pendiente, la velocidad del vehículo disminuye por aumentar el par resistente, pero el motor continúa desarrollando su par máximo a costa de un mayor resbalamiento, con lo que se puede mantener más tiempo la directa sin peligro de que el motor se cale.



### Ventajas e inconvenientes de los embragues hidráulicos

Este tipo de embrague presenta el inconveniente de que no sirve para su acoplamiento a una caja de cambios normal, es decir, de engranes paralelos; ya que aun funcionando a ralentí, cuando el resbalamiento es máximo, la turbina está sometida a una fuerza de empuje que, aunque no la haga girar por ser mayor el par resistente, actúa sobre los dientes de los engranajes y no permite la maniobra del cambio de velocidades.

Por esta razón este embrague se utiliza en cajas de cambio automático. Para su acoplamiento a una caja normal, habría que intercalar un embrague auxiliar de fricción que permita desacoplar la caja de cambios en el momento del cambio.

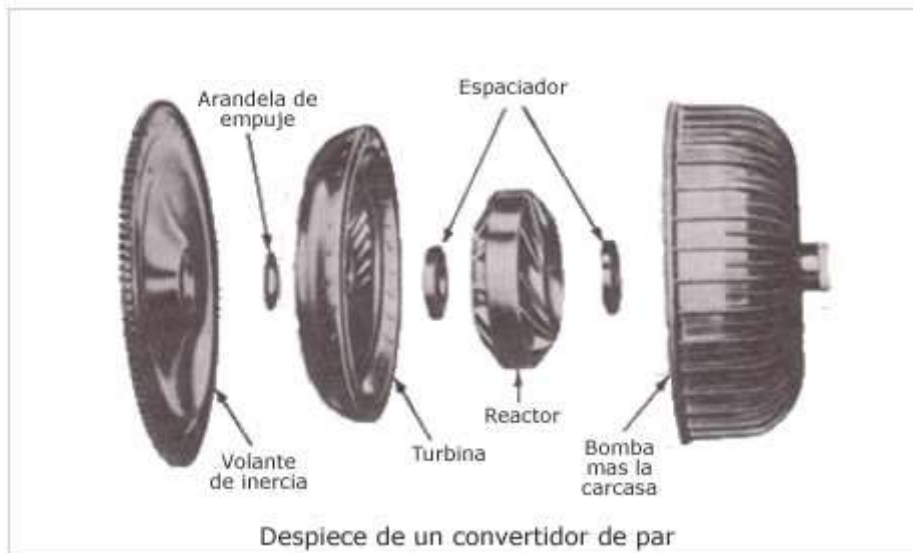
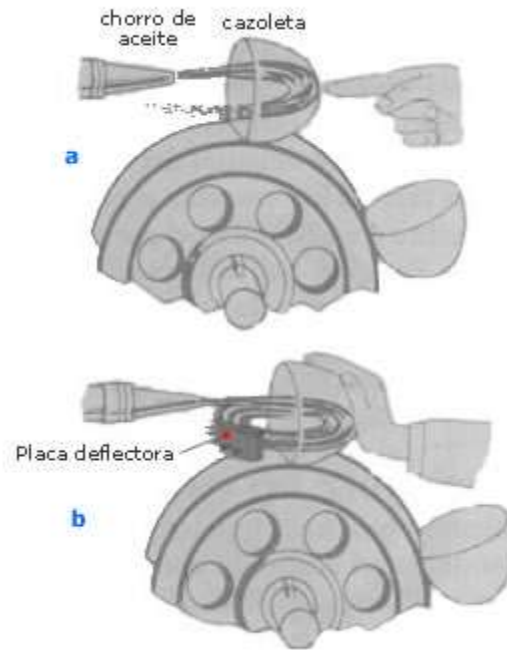
Debido a la inevitable pérdida de energía por deslizamiento del aceite en su acoplamiento para obtener el par máximo, los vehículos equipados con este tipo de embrague consumen algo más de combustible que los equipados con un embrague normal de fricción. Presentan también la desventaja de un mayor coste económico, así como la necesidad de tener que acoplar una caja de cambios automática.

Como contrapartida de estos inconvenientes, la utilización del embrague hidráulico presenta las siguientes ventajas:

- Ausencia de desgaste.
- Duración ilimitada, incluso mucho mayor que la vida útil del vehículo.
- Las vibraciones por torsión en la transmisión están fuertemente amortiguadas, cualidad muy importante para su utilización en los motores Diesel.
- Arranque muy suave, debido a la progresividad en el deslizamiento.
- Bajo coste de mantenimiento, no exigiendo más atención que el cambio periódico de aceite cada 15 000 ó 20 000 km.

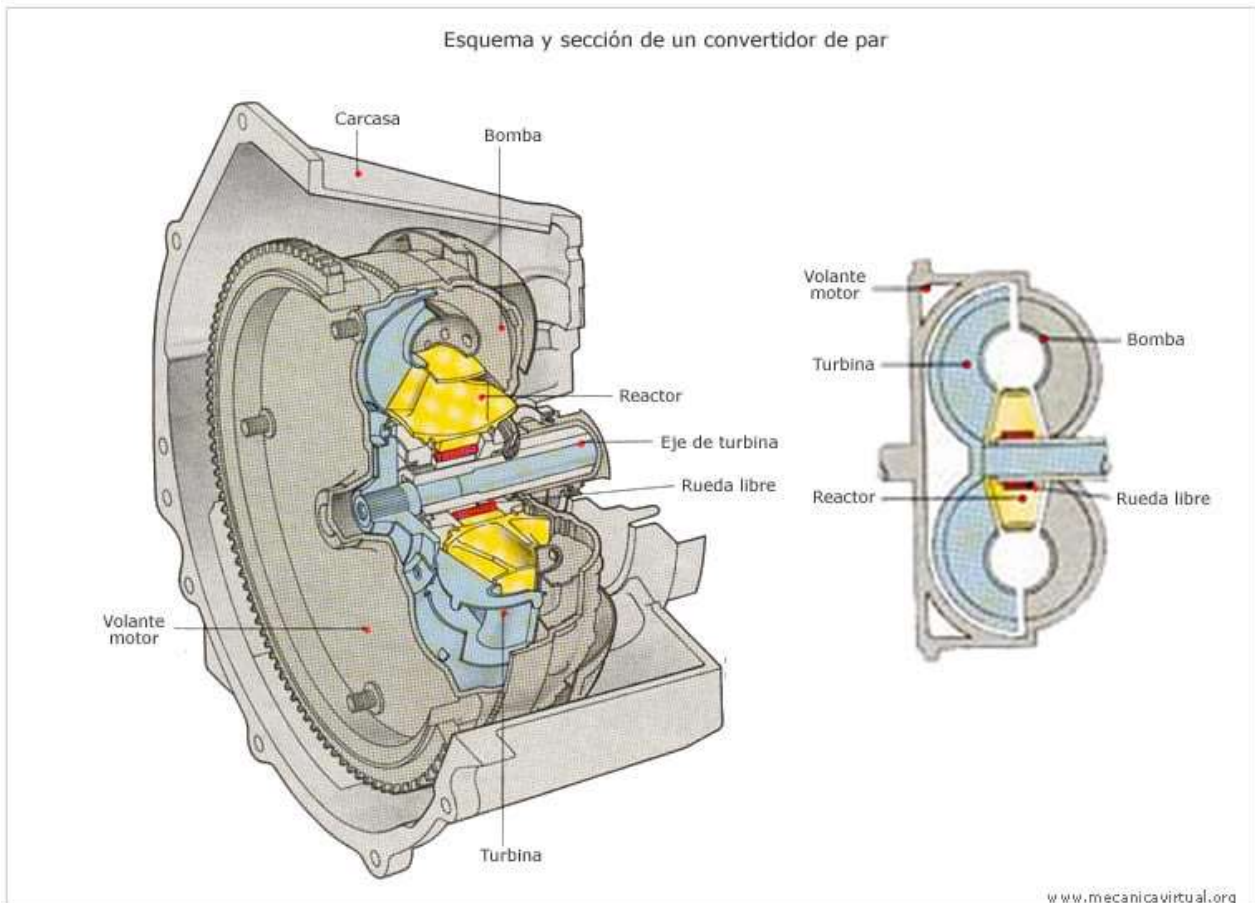
### **Convertidor de par**

El convertidor de par tiene un funcionamiento que se asemeja al de un embrague hidráulico pero posee una diferencia fundamental, y es que el convertidor es capaz de aumentar por sí sólo el par del motor y transmitirlo. En la figura inferior vemos el principio de funcionamiento tanto del embrague hidráulico y del convertidor. En a tenemos una rueda con unas cazoletas como si se tratara una rueda de noria de las utilizadas para sacar agua de los pozos. Hacemos incidir un chorro de aceite a presión sobre la cazoleta, esta es empujada moviendo la rueda. Vemos que la fuerza de empuje no es grande ya que con un dedo de la mano paramos la rueda. En b hemos añadido una placa deflectora entre el chorro de aceite y la cazoleta: Ahora el chorro de aceite empuja la cazoleta pero en vez de perderse rebota en la placa deflector que lo dirige otra vez contra la cazoleta por lo que se refuerza el empuje del chorro contra la cazoleta. Vemos ahora que el empuje del chorro sobre la cazoleta es mayor y necesitamos mas fuerza en la mano para evitar que gire la rueda.



En la figura inferior se muestra un esquema de los componentes del convertidor hidráulico. Además de la bomba y de la turbina característicos de un embrague hidráulico, el convertidor de par dispone de un elemento intermedio denominado reactor. La rueda de la bomba está accionada directamente por el motor mientras que la turbina acciona el eje primario de la caja de velocidades. El reactor tiene un funcionamiento de rueda libre y está apoyado en un árbol hueco unido a la carcasa de la caja de cambios. Tanto la bomba como la turbina y el reactor tienen alabes curvados que se encargan de conducir el aceite de forma adecuada.

Esquema y sección de un convertidor de par



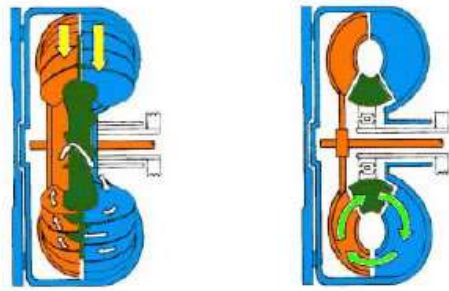
**Funcionamiento**

Al girar la bomba accionada directamente por el movimiento del cigüeñal, el aceite se impulsa desde la rueda de bomba hasta la rueda turbina. A la salida de ésta el aceite tropieza con los alabes del reactor que tienen una curvatura opuesta a los de las ruedas de bomba y turbina. Esta corriente de aceite empuja al reactor en un giro de sentido contrario al de la bomba y la turbina. Como el reactor no puede realizar ese giro ya que está retenido por la rueda libre, el aceite se frena y el empuje se transmite a través del aceite sobre la bomba. De esta forma mientras exista diferencia de velocidad de giro entre la bomba y la turbina el momento de giro (par) será mayor en la turbina que en la bomba. El par cedido por la turbina será pues la suma del transmitido por la bomba a través del aceite y del par adicional que se produce por reacción desde el reactor sobre la bomba y que a su vez es transmitido de nuevo sobre la turbina. Cuanto mayor sea la diferencia de giro entre turbina y bomba mayor será la diferencia de par entre la entrada y la salida del convertidor, llegando a ser a la salida hasta tres veces superior.

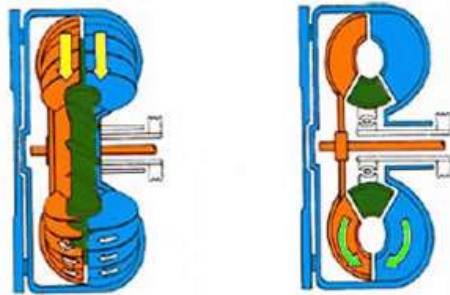
Conforme disminuye la diferencia de velocidad va disminuyendo la desviación de la corriente de aceite y por lo tanto el empuje adicional sobre la turbina con lo que la relación de par entre salida y entrada va disminuyendo progresivamente.

Cuando las velocidades de giro de turbina e impulsor se igualan, el reactor gira incluso en su mismo sentido sin producirse ningún empuje adicional de forma que la transmisión de par no se ve aumentada comportándose el convertidor como un embrague hidráulico convencional. A esta situación se le llama "punto de embrague"

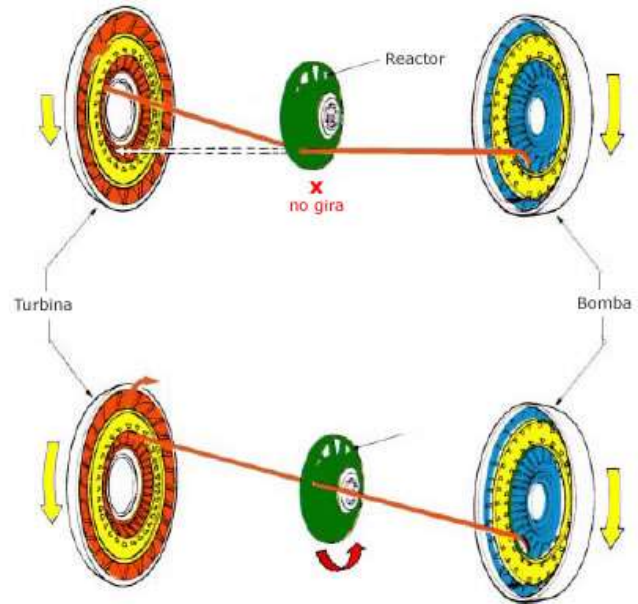
Funcionamiento del convertidor de par



La bomba gira mas rapido que la turbina, existe resbalamiento, el reactor no gira y el par aumenta.

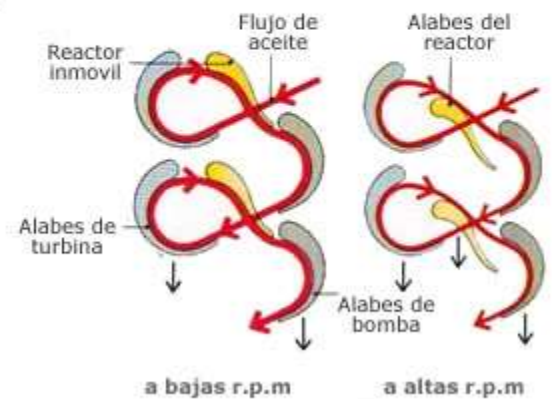
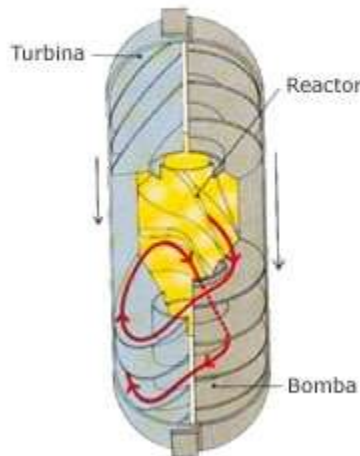


Se igualan las velocidades de la bomba y la turbina, casi no hay resbalamiento, el reactor gira y lo hace en la misma dirección, no hay aumento de par.



www.mecanica virtual.org

Funcionamiento interno del convertidor de par



La ventaja fundamental del convertidor hidráulico de par sobre el embrague hidráulico es que el primero permite, en situaciones donde se necesita mayor tracción como subida de pendientes o arranques, el movimiento del reactor con lo que el par transmitido se ve aumentado respecto al proporcionado por el motor en caso de necesidad. Además el convertidor hidráulico amortigua a través del aceite cualquier vibración del motor antes de que pase a cualquier parte de la transmisión.

A pesar de ser el convertidor hidráulico un transformador de par, no es posible su utilización de forma directa sobre un vehículo ya que en determinadas circunstancias de bajos regímenes de giro tendría un rendimiento muy bajo. Además no podría aumentar el par más del triple. Todo esto obliga a equipar a los vehículos, además de con un convertidor, con un mecanismo de engranajes planetarios que permitan un cambio casi progresivo de par.



## Engranaje planetario

También llamado "engranaje epicicloid", son utilizados por las cajas de cambio automáticas. Estos engranajes están accionados mediante sistemas de mando normalmente hidráulicos o electrónicos que accionan frenos y embragues que controlan los movimientos de los distintos elementos de los engranajes.

La ventaja fundamental de los engranajes planetarios frente a los engranajes utilizados por las cajas de cambio manuales es que su forma es mas compacta y permiten un reparto de par en distintos puntos a través de los satélites, pudiendo transmitir pares mas elevados.

Si quieres ver como funciona un engranaje planetario [haz click aquí.](#)

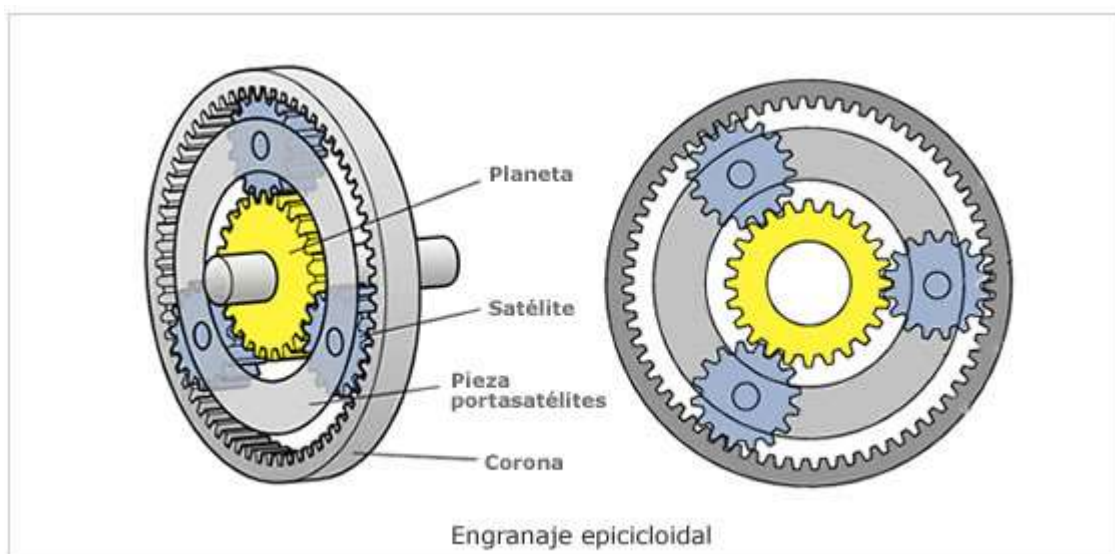
En el interior (centro), el planeta gira en torno de un eje central.

Los satélites engranan en el dentado del piñón central. Además los satélites pueden girar tanto en torno de su propio eje como también en un circuito alrededor del piñón central.

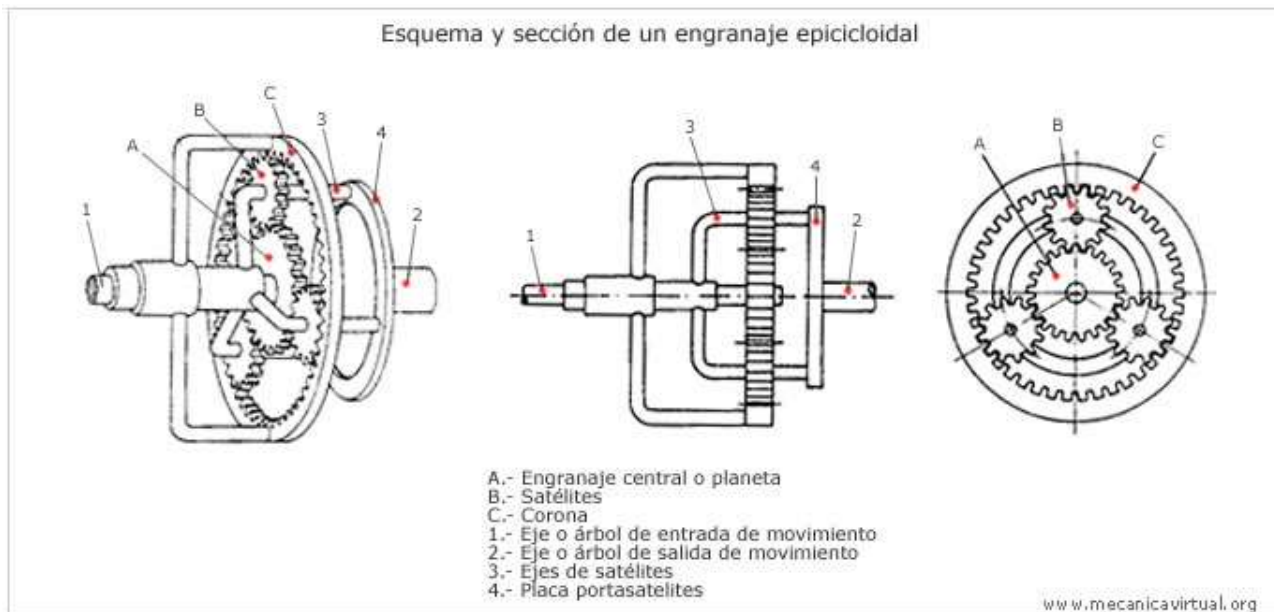
Los satélites se alojan con sus ejes en el portasatélites

El portasatélites inicia el movimiento rotatorio de los satélites alrededor del piñón central; con ello, lógicamente, también en torno del eje central.

La corona engrana con su dentado interior en los satélites y encierra todo el tren epicicloid. El eje central es también centro de giro para la corona.

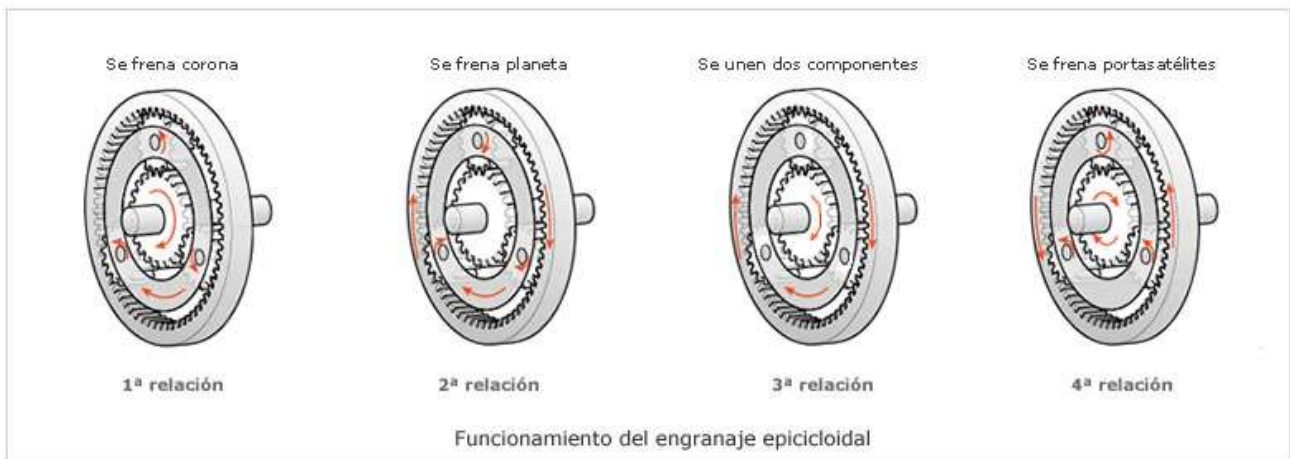


Estos tres componentes (planeta, satélites y corona) del tren epicicloidal pueden moverse libremente sin transmitir movimiento alguno, pero si se bloquea uno de los componentes, los restantes pueden girar, transmitiéndose el movimiento con la relación de transmisión resultante según la relación existente entre sus piñones. Si se bloquean dos de los componentes, el conjunto queda bloqueado, moviéndose todo el sistema a la velocidad de rotación recibida por el motor.



Las relaciones que se pueden obtener en un tren epicicloidal dependen de si ante una entrada o giro de uno de sus elementos existe otro que haga de reacción. En función de la elección del elemento que hace de entrada o que hace de reacción se obtienen cuatro relaciones distintas que se pueden identificar con tres posibles marchas y una marcha invertida. El funcionamiento de un tren epicicloidal es el siguiente:

- 1ª relación: si el movimiento entra por el planetario y se frena la corona, los satélites se ven arrastrados por su engrane con el planetario rodando por el interior de la corona fija. Esto produce el movimiento del portasatélites. El resultado es una desmultiplicación del giro de forma que el portasatélites se mueve de forma mucho más lenta que el planetario o entrada.
- 2ª relación: si el movimiento entra por la corona y se frena el planetario, los satélites se ven arrastrados rodando sobre el planetario por el movimiento de la corona. El efecto es el movimiento del portasatélites con una desmultiplicación menor que en el caso anterior.
- 3ª relación: si el movimiento entra por el planetario y, la corona o el portasatélites se hace solidario en su movimiento al planetario mediante un embrague entonces todo el conjunto gira simultáneamente produciéndose una transmisión directa girando todo el conjunto a la misma velocidad que el motor.
- 4ª relación: si el movimiento entra por el planetario y se frena el portasatélites, se provoca el giro de los planetarios sobre su propio eje y a su vez estos producen el movimiento de la corona en sentido contrario, invirtiéndose el sentido de giro y produciéndose una desmultiplicación grande.



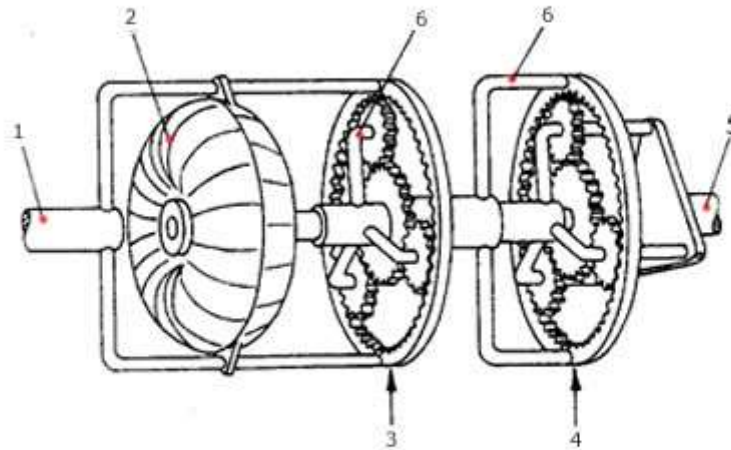
Relación	Corona	Planeta	Portasatélites	Desmultiplicación
1ª	Fija	Salida de fuerza	Impulsión	Grande
2ª	Salida de fuerza	Fijo	Impulsión	Menor
3ª	Fija	Fijo	Salida de fuerza	Sin desmultiplicación
4ª	Impulsión	Salida de fuerza	Fijo	Inversión de giro

Invirtiendo la entrada y la salida en las relaciones de desmultiplicación se obtendrían relaciones de multiplicación.

Estas relaciones se podrían identificar con las típicas marchas de un cambio manual, sin embargo se necesitarían para ello distintos árboles motrices por lo que en la aplicación de un tren epicicloidal a un automóvil las posibilidades se reducen a dos marchas hacia delante y una hacia atrás. La entrada del par motor se realizaría por el planetario y la salida por el portasatélites o la corona. La primera relación descrita y la tercera serían la 1ª marcha y la directa respectivamente y la cuarta relación sería la marcha atrás.

Para poder combinar tres o más velocidades se usan habitualmente combinaciones de engranajes epicicloidales. Las cajas de cambio automáticas utilizan combinaciones de dos o tres trenes epicicloidales que proporcionan tres o cuatro relaciones hacia adelante y una hacia atrás. Como ejemplo tenemos la figura inferior.

Mecanismo con dos engranajes epicicloidales

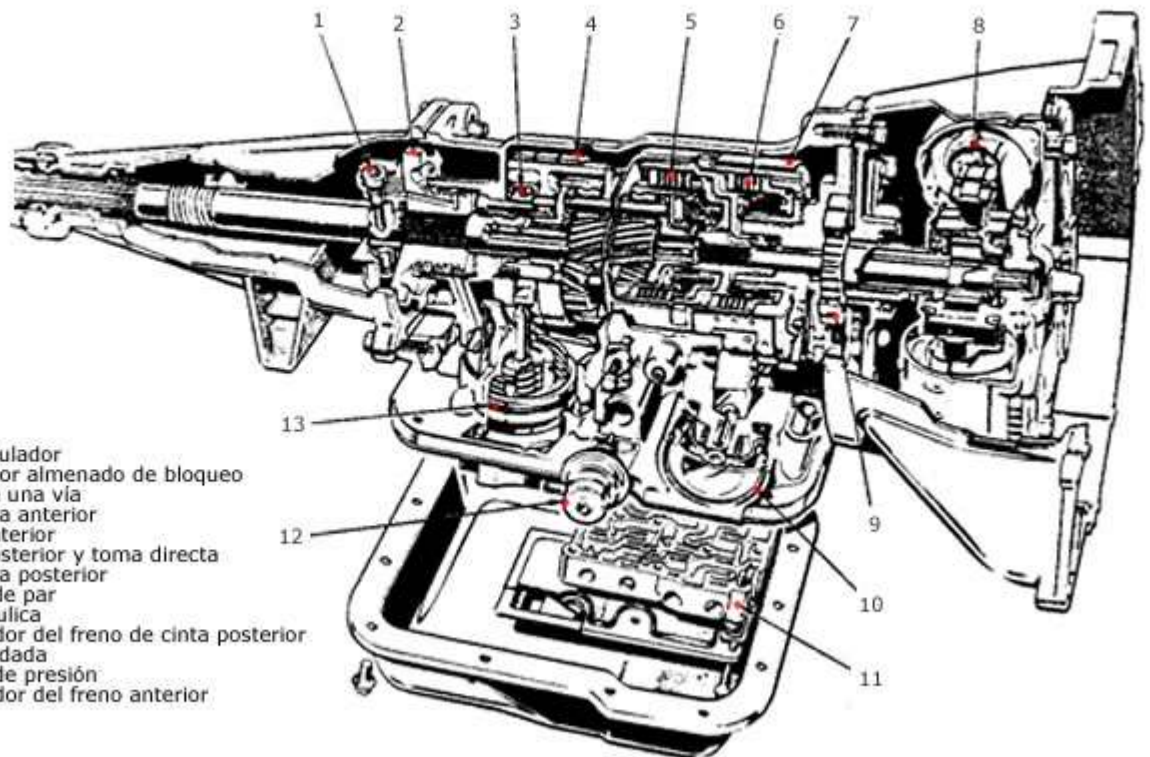


- 1.- Arbol motor (prolongación del cigüeñal)
- 2.- Embrague hidráulico o convertidor de par
- 3 y 4.- Tren de engranajes epicicloidales
- 5.- Arbol de salida de transmisión
- 6.- Soportes

## Caja de cambios automática Hidramatic

Esta caja cuenta con cuatro velocidades y marcha atrás, esta formada por un embrague hidráulico o convertidor de par y tres trenes de engranajes epicicloidales (I - II - III), que comunican movimiento del motor al árbol de transmisión de forma automática y progresiva según la velocidad del vehículo.

Sección de una caja de cambios automática **Hidramatic**



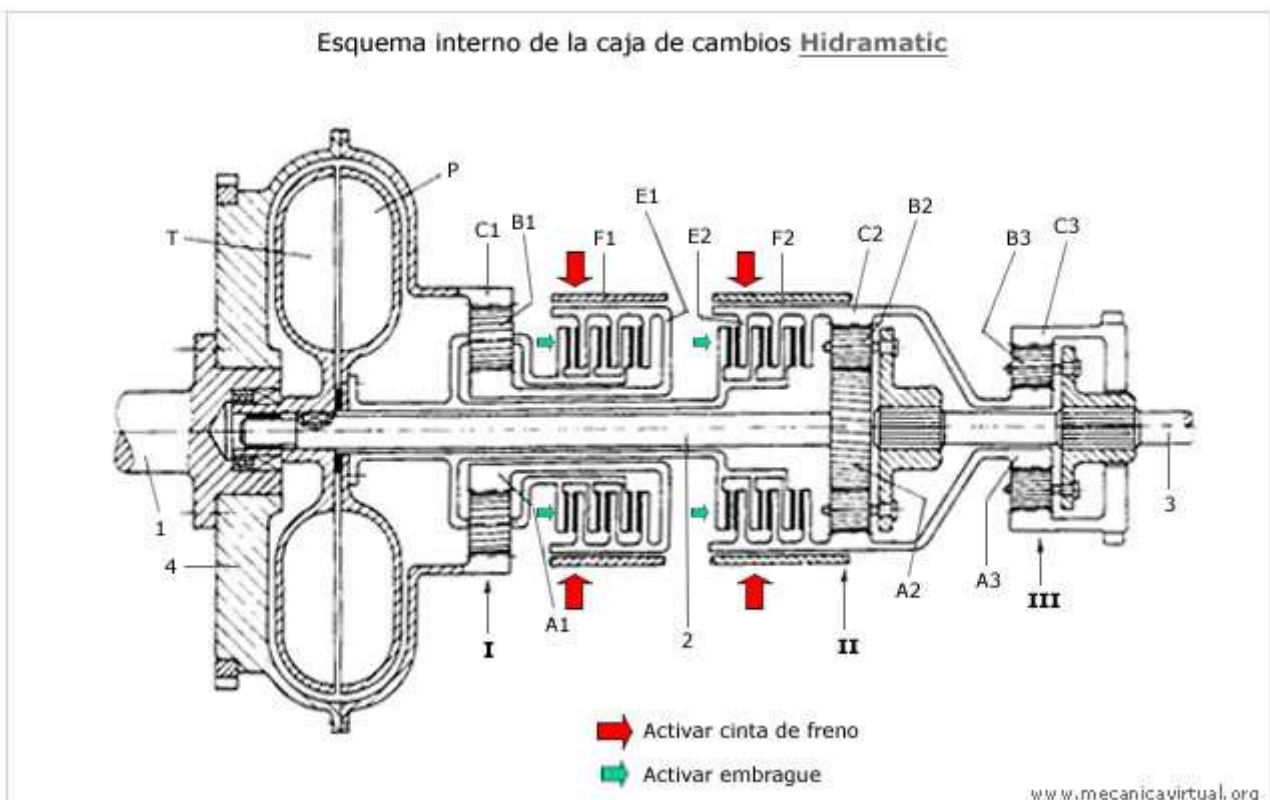
- 1.- Conjunto regulador
- 2.- Plato regulador almenado de bloqueo
- 3.- Embrague de una vía
- 4.- Freno de cinta anterior
- 5.- Embrague anterior
- 6.- Embrague posterior y toma directa
- 7.- Freno de cinta posterior
- 8.- Convertidor de par
- 9.- Bomba hidráulica
- 10.- Servoactuador del freno de cinta posterior
- 11.- Caja comandada
- 12.- Membrana de presión
- 13.- Servoactuador del freno anterior

La corona (C1) del tren de epicicloidal (I) es solidaria al volante de inercia (4) y recibe, por tanto, el movimiento directamente del motor. Los satélites (B1) van unidos a la bomba (P) del embrague hidráulico y a la corona (C2) del segundo tren de engranajes (II) por medio del embrague (E2). El planetario (A1) puede ser frenado por la cinta de freno (F1) o hacerse solidario a los satélites (B1) por medio del embrague (E1).

La corona (C2) del tren (II), puede ser frenada por la cinta de freno (F2) o hacerse solidaria a los satélites (B1) por medio del embrague (E2). Los satélites (B2) se unen directamente al eje de transmisión (3) y son los encargados de transmitir el movimiento de la caja de cambios en cualquier velocidad. El planetario (A2) recibe el movimiento directamente de la turbina (T) a través del árbol (2)..

El tren de engranajes (III) sólo funciona para la marcha atrás y tiene la misión de invertir el giro de los satélites (B2) y del árbol de transmisión. La corona (C3) gira libremente y sólo es bloqueada por un mando mecánico de la palanca de cambios para obtener la inversión de giro. Los satélites (B3) se unen directamente a los satélites (B2) a través del árbol de transmisión. El planetario (A3) va unido a la corona (C2) de donde recibe movimiento.

Los satélites de todos los trenes de engranajes pueden girar libremente en sus ejes o sufrir movimiento de translación cuando se lo comunican cualquiera de los demás componentes de los trenes epicicloidales.



### Funcionamiento y relaciones de transmisión

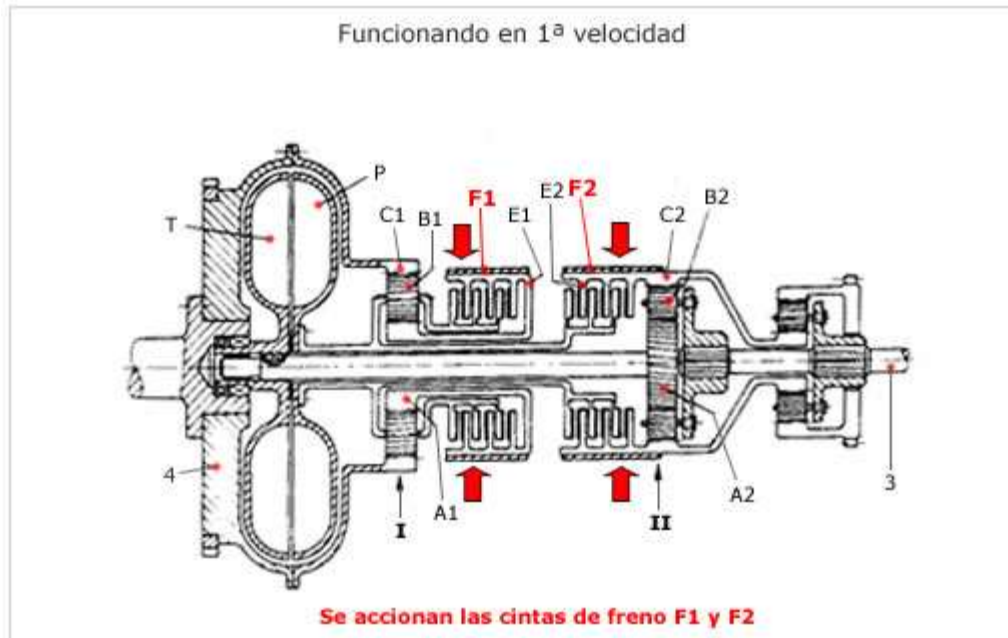
Las distintas velocidades en la caja de cambios se obtienen automáticamente de la siguiente forma:

- Primera velocidad  
 Los mecanismos de mando hidráulico de la caja de cambios (fig. inferior) accionan los frenos (F1 y F2) dejando libres los embragues (E1 y E2), con lo que el giro que llega del volante de inercia (4) a la corona (C1) del primer tren de engranajes (I) se transmite a los

satélites (B1), que son arrastrados por ella al estar el planeta (A1) bloqueado.

El movimiento de estos satélites se transmite a la bomba (P) del embrague hidráulico, que arrastra a la turbina (T), comunicando su giro al planeta (A2) del segundo tren de engranajes (II). El giro del planeta (A2) se transmite a los satélites (B2) que giran desplazándose sobre la corona (E2) al estar frenada.

El movimiento de los satélites (B2) se transmite al árbol de transmisión (3), obteniéndose una reducción de movimiento a través (I y II).

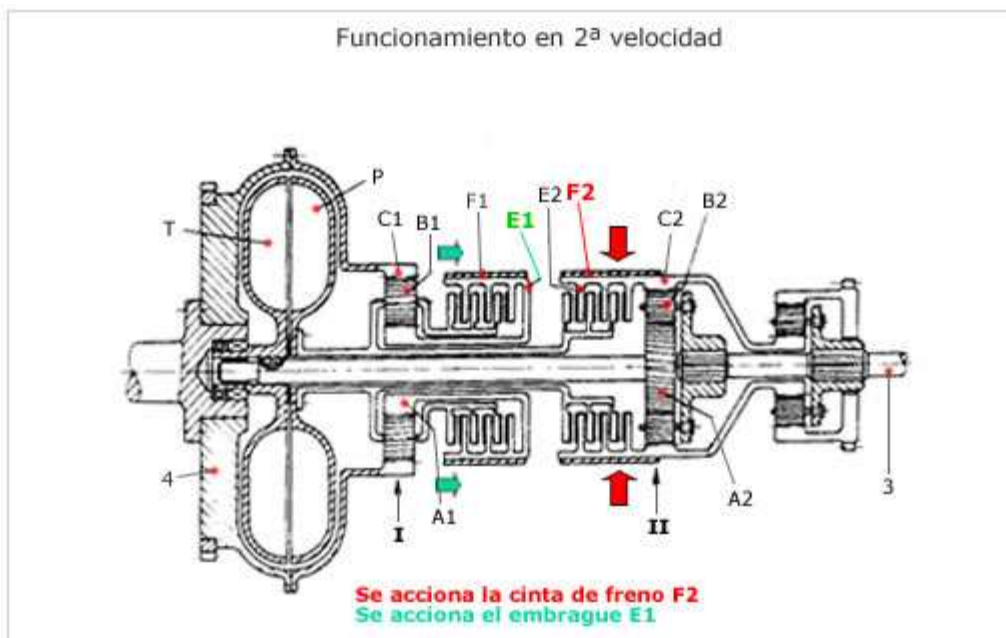


- Segunda velocidad

Al llegar a una determinada velocidad, el mecanismo de mando hidráulico acciona automáticamente el embrague (E1) y el freno (F2), dejando libres (F1 y E2), con lo cual el giro transmitido por el volante (4) a la corona (C1) (fig. inferior) se transmite íntegro a la bomba del embrague (P) por estar enclavados (A1 y B1) a través del embrague (E1). La bomba, en este caso, se mueve a la misma velocidad que el motor, arrastrando a la turbina (T) que da movimiento al planeta (A2) sin reducción alguna.

El giro de este planetario (A2) mueve a los satélites (B2), que como en el caso anterior, al estar frenada la corona (C2), ruedan sobre ella comunicando el movimiento al árbol de transmisión de salida (3).

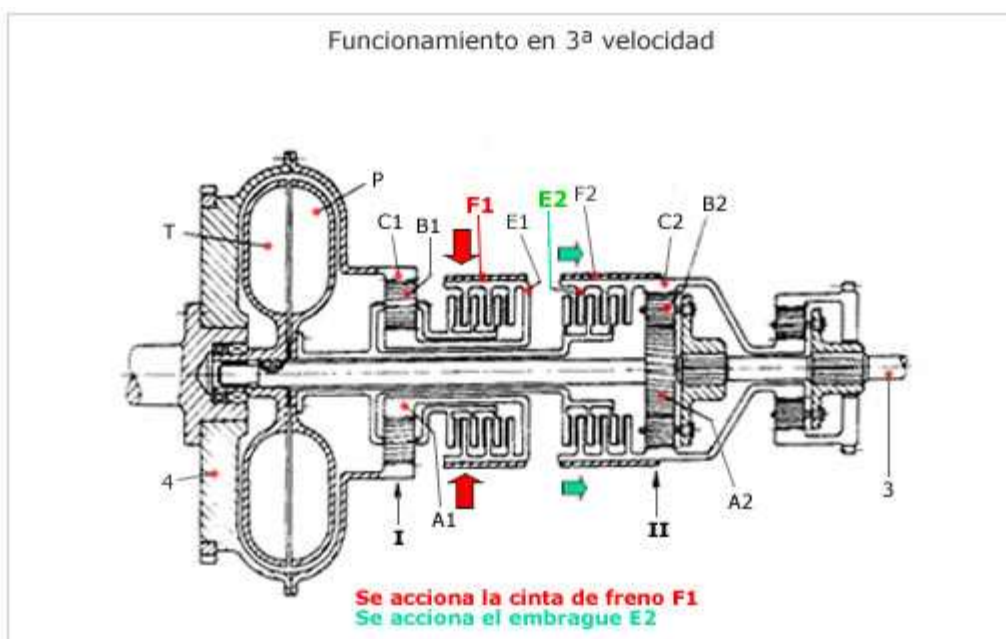
La reducción de velocidad en este caso sólo se efectúa a través del tren de engranajes (II).



- Tercera velocidad

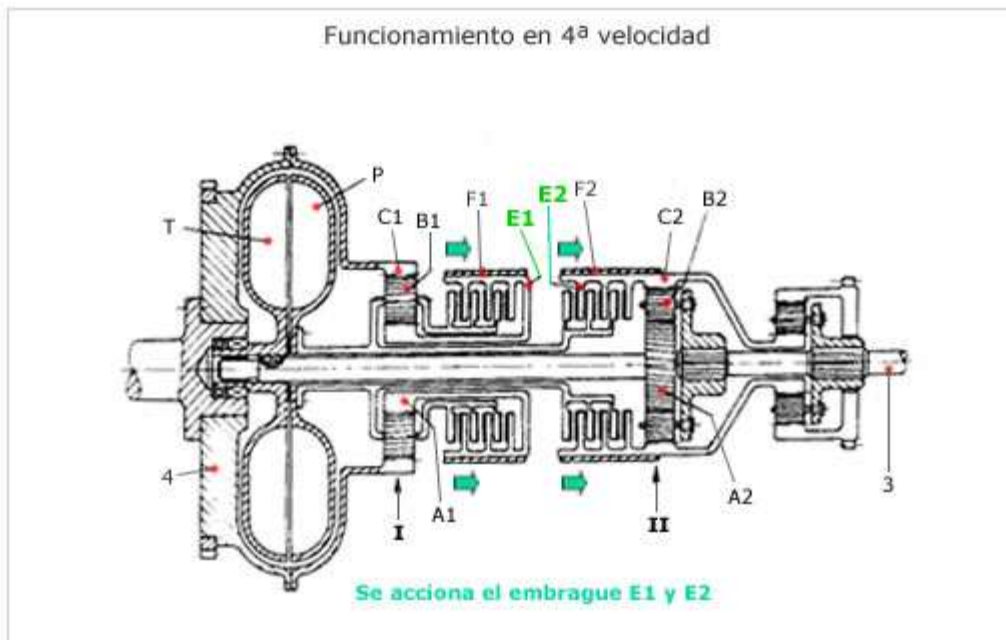
A la velocidad correspondiente para que entre la tercera velocidad, el mecanismo de mando hidráulico acciona el freno (F1) y el embrague (E2), dejando libres (F2 y E1). El giro del árbol motor (1), a través de la corona (C1), se transmite a los satélites (B1), por estar el planeta (A1) frenado y, a su vez, a la corona (C2) por la acción del embrague (E2). Por otro lado, el movimiento de los satélites (B1) se transmite a la bomba (P) del embrague hidráulico, que arrastra a la turbina (T) dando movimiento al planeta (A2). Al girar el planeta y la corona del tren (II) a la misma velocidad, se efectúa una acción de enclavamiento en el segundo tren de engranajes y sus satélites (B2) se desplazan a la misma velocidad que el conjunto, comunicando su movimiento al árbol de salida de transmisión (3).

La reducción de velocidad en este caso, sólo se efectúa, por tanto, en el primer tren de engranajes.



- Cuarta velocidad

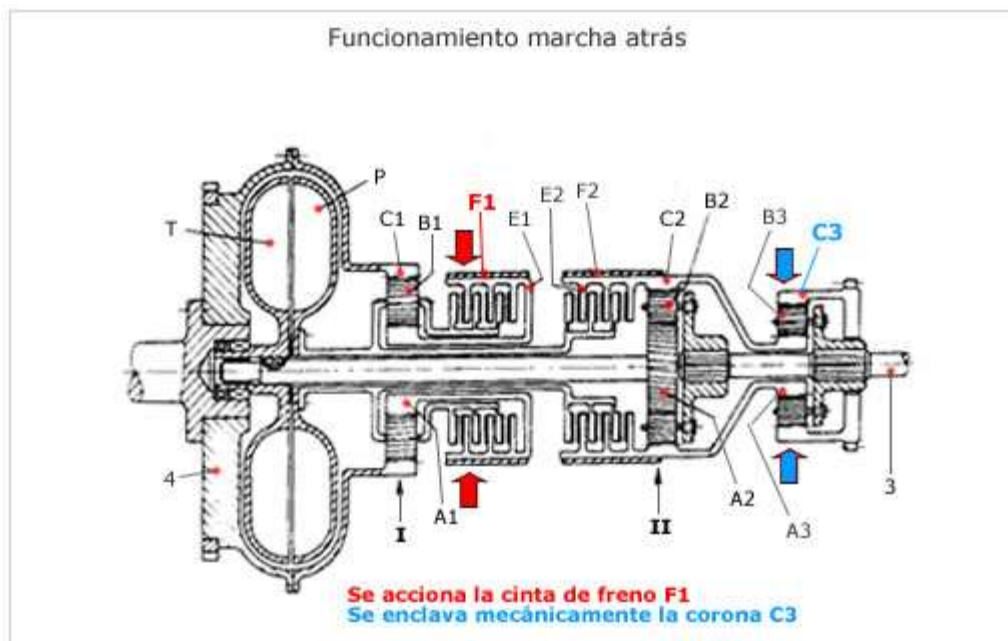
Con el vehículo circulando a la velocidad correspondiente para que entre la cuarta velocidad, los mecanismos de mando hidráulicos accionan los embragues (E1 y E2) dejando libres los frenos (F1 y F2). El giro motor que llega a la corona (C1) se transmite íntegro a la bomba (M), por estar enclavadas (A1 y B1) por el embrague (E1). Este giro motor se transmite a su vez íntegro a la corona (C2) del segundo tren de engranajes (II) por la acción del embrague (E2) y como el movimiento de la bomba (P) se transmite íntegro a través de la turbina (T) al planetario (A2), se produce el enclavamiento del segundo tren que arrastra a los satélites (B2) y al árbol de salida (3) en la caja de cambios a la misma velocidad del motor sin reducción alguna. Por lo tanto no hay reducción, se puede denominar a esta marcha "directa".



- Marcha atrás

Al accionar la palanca de cambios en posición de marcha atrás, se enclava mecánicamente la corona (C3) accionándose a su vez el freno (F1) y quedando libres (F2, E1 y E2). En esta posición, el giro del motor (1), a través de la corona (C1), se transmite a los satélites (B1) y a la bomba del embrague hidráulico (P), arrastrando a la turbina (T) que da movimiento (A2).

El movimiento del planeta (A2) hace girar a los satélites (B2) que arrastran a la corona (C2) en sentido contrario y está, a su vez, al planeta (A3), que hace rodar los satélites (B3) sobre la corona (C3), que esta enclavada, en sentido contrario al giro motor. Como los satélites (B2 y B3) van unidos al árbol de transmisión, comunican el movimiento al mismo, con la reducción correspondiente a los trenes (I y II), pero en marcha atrás.



### Características particulares de este tipo de caja de velocidades

Este modelo de caja automática presenta la particularidad de que el embrague hidráulico va colocado entre el 1º y 2º tren de engranajes, con lo cual, en 1ª y 3ª velocidad, la bomba funciona con una cierta reducción de giro a través de (B1). Esta circunstancia evita el arrastre del vehículo a ralentí, cuando está metida la primera velocidad, y mejora el rendimiento del embrague. El par motor transmitido al árbol de salida se comunica por dos caminos; uno; a través de los engranes de los trenes, y el otro a través de la turbina al planetario del segundo tren, con lo que se consigue disminuir el resbalamiento del aceite en el y se mejora el rendimiento, sobre todo cuando, por calentamiento, se debilita la turbulencia formada.

### Sistema de mando para el cambio automático

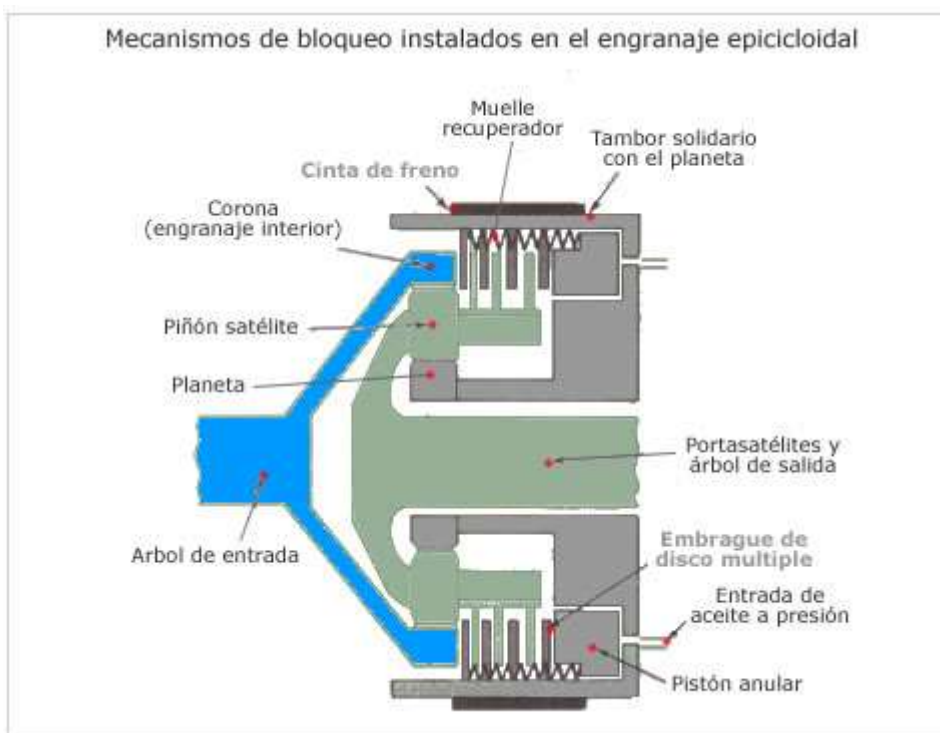
Hemos visto el funcionamiento del convertidor de par y de los trenes epicicloidales, ahora veremos como funcionan los elementos que controlan el cambio de velocidades. El sistema de control del cambio automático en la caja de cambios Hidramatic está formado por un circuito hidráulico y una serie de elementos, situados en el interior del cárter de la caja de cambios, que realizan las operaciones de cambio automático para las distintas velocidades, sin que tenga que intervenir el conductor.

Hay dos elementos principales que se encargan de frenar uno o varios de los componentes del tren epicicloidal para conseguir las diferentes reducciones de velocidad. Estos elementos son: la cinta de freno y el embrague.

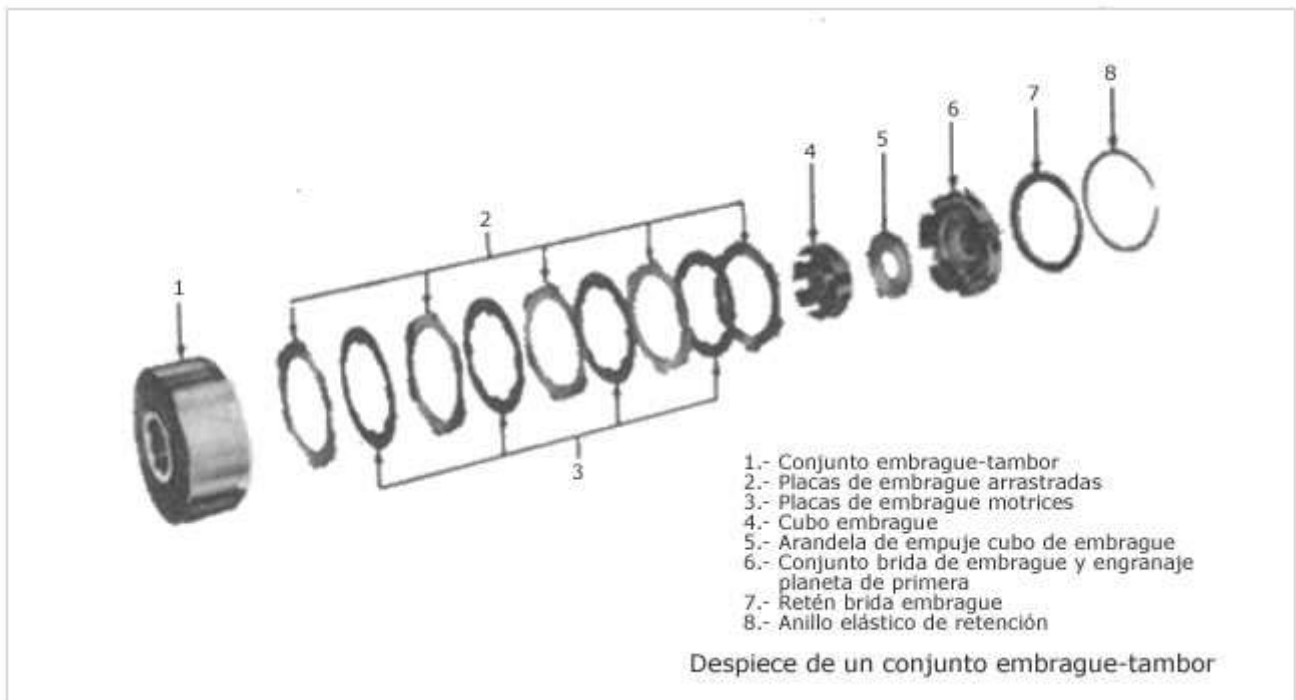
- La cinta de freno: consiste en una cinta que rodea un tambor metálico. Este tambor puede estar fijado al piñón planeta tal como se muestra en la figura, o puede ser la superficie exterior de la corona de engrane interior. Cuando la cinta de freno esta aplicada, queda inmovilizado el piñón planeta y el engranaje epicicloidal actúa como un reductor de velocidad. La corona interior estará girando, pues esta montada sobre el eje de entrada. Esta disposición hacen que giren los piñones satélites, a la vez que circunden el piñón planeta, arrastrando consigo al portasatélites, el cual girara animado de una velocidad de rotación inferior a la de la corona interior.



- El embrague:** consiste en una serie de placas la mitad de las cuales están fijadas en el anillo exterior, llamado tambor de embrague que es solidario con el planeta y la otra mitad lo están al portasatélites. Cuando la presión del aceite aprieta entre si los dos juegos de placas del embrague, éste estará conectado. Cuando actúa el embrague diremos que el engranaje epicicloidal esta "bloqueado" ya que hacemos solidarios dos de sus componentes y el engranaje epicicloidal girara al completo sin ningún tipo de reducción. El aceite a presión que entra a través del tubo de aceite produce la aplicación o acoplamiento del embrague. El aceite a presión empuja hacia la izquierda al pistón anular dispuesto en el tambor del piñón planeta, de manera que las placas del embrague son apretadas las unas contra las otras, quedando así aplicado el embrague. En esta situación, el portasatélites y el piñón planeta son solidarios. El juego de engranaje epicicloidal esta ahora en transmisión o marcha directa.



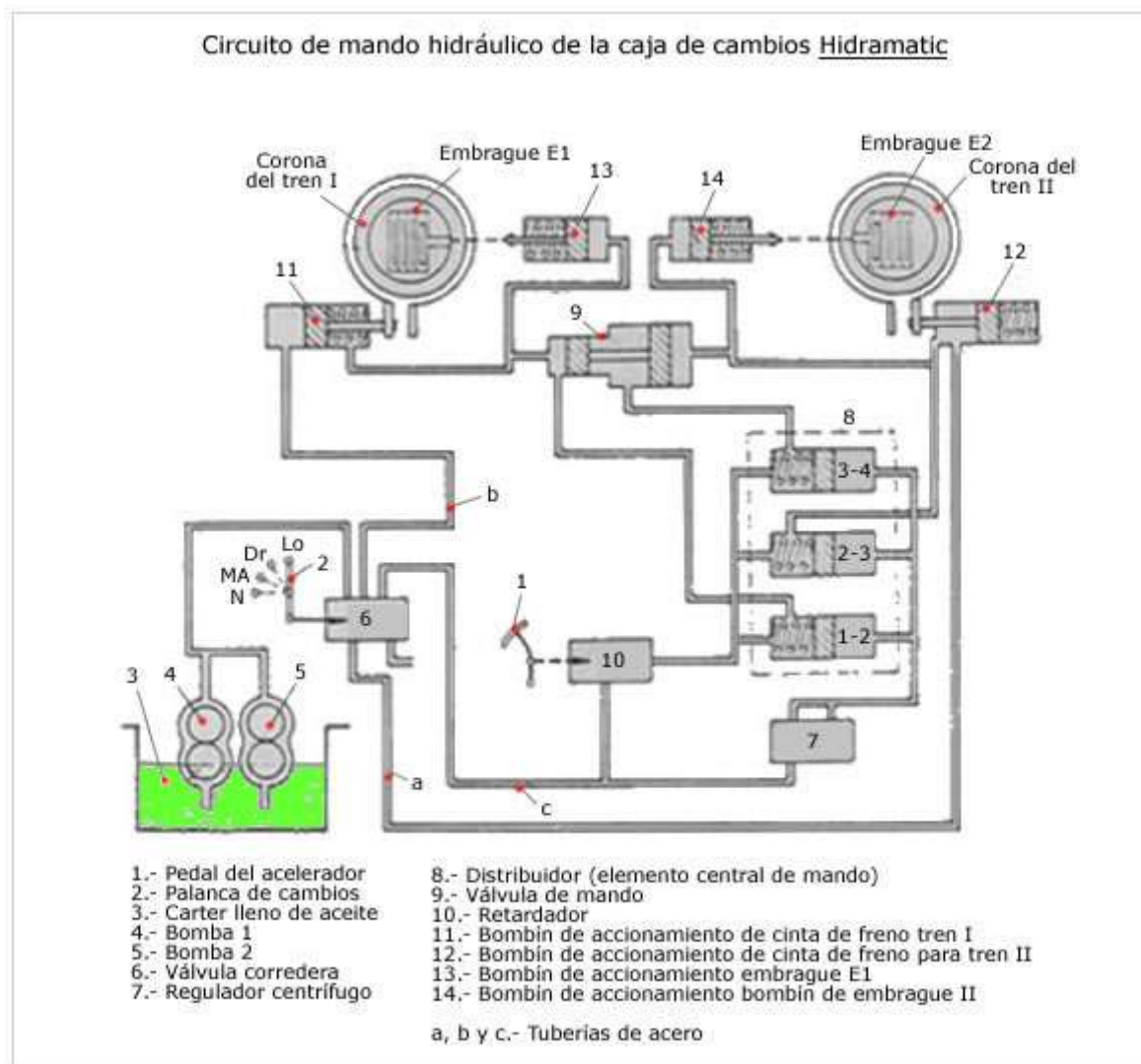
El dispositivo de la figura superior es solo uno de los varios que se usan en las cajas de cambios automáticas. En algunas de éstas, cuando la cinta esta aplicada, permanece inmobilizada la corona interior o el portasatélites. Las diferentes cajas de cambio pueden, sin embargo, inmobilizar diferentes miembros conjuntamente cuando está aplicado el embrague. No obstante, en todas las cajas de cambios automáticas el principio es el mismo. Hay reducción de marcha cuando está aplicada la cinta y hay transmisión en directa cuando está aplicado al embrague.



### Circuito de mando hidráulico

El sistema es gobernado por el pedal del acelerador (1) (figura inferior) y la velocidad del vehículo, seleccionando la marcha más adecuada de forma automática, sin que el conductor tenga que preocuparse del cambio de velocidades ni de accionar el embrague.

Estas cajas suelen llevar una palanca de cambios (2) con tres posiciones: una para la marcha atrás (MA): otra (Lo) para cuando el vehículo rueda por terreno malo o con trafico congestionado, en la que sólo se seleccionan las marchas más cortas; y la tercera posición (Dr) para el automatismo total en que se seleccionan todas las marchas hacia adelante en función de la velocidad del vehículo. El punto muerto se encuentra (N). Esta nomenclatura varía según los fabricantes del mecanismo.



Los elementos que componen este circuito de mando son los siguientes:

- Cárter y bombas de aceite

El fluido para el mando hidráulico es a base de aceite especial para este tipo de cajas de cambio y se aloja en el cárter (3) de la misma. Este aceite es utilizado para la lubricación de los engranajes, para llenar el embrague hidráulico o convertidor de par y para el circuito de mando.

El aceite es distribuido en el circuito por dos bombas de engranajes (4 y 5), que aspiran el aceite del cárter y lo envían a presión a los elementos de mando a través de tuberías (a, b y c) de acero estirado en frío sin soldadura, capaces de soportar la presión con que circula el aceite por ellos.

La bomba (4) recibe movimiento del árbol motor y realiza la lubricación de los mecanismos, el llenado del embrague hidráulico y suministra aceite con la suficiente presión al circuito de mando para accionar la primera velocidad.

La bomba (5) recibe el movimiento del árbol de transmisión y añade su flujo de aceite al circuito de mando para el accionamiento del resto de las velocidades. Una válvula limitadora de presión mantiene constante la presión en el circuito a unos 6 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Corredera

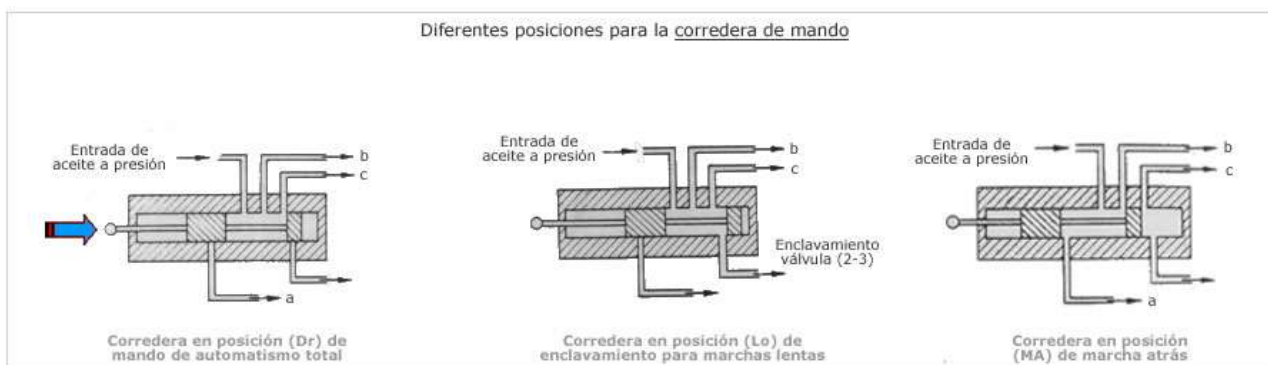
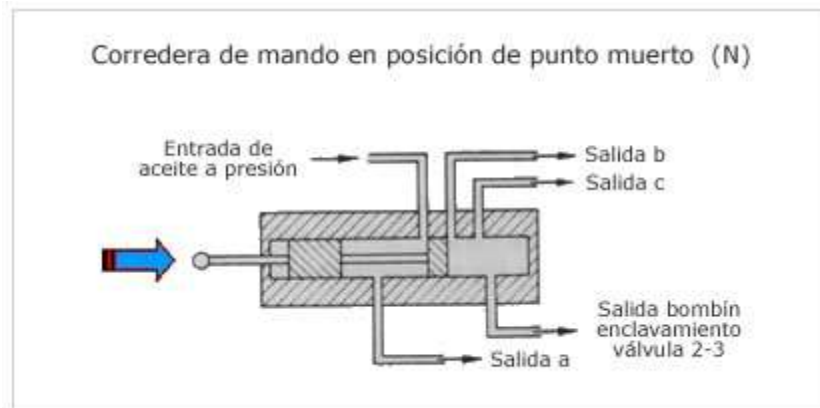
Este mecanismo de accionamiento mecánico (fig. inferior) consiste en una válvula corredera (6) accionada por una palanca (2) situada al alcance del conductor.

En la posición (N) correspondiente al punto muerto, deja pasar la presión de aceite por la

salida (a), dejando libres los frenos y embragues, con lo cual, los trenes giran en vacío sin transmitir movimiento alguno, cortando además el suministro de fluido al regulador centrífugo (7) y al distribuidor (8).

En la posición (Dr), correspondiente al cambio automático (fig. inferior), la válvula deja pasar el aceite por las canalizaciones (b y c) hacia el regulador centrífugo (7) y al bombín del freno (11). La posición (Lo) da paso de aceite a un circuito de bloqueo en el distribuidor, de forma que sólo se seleccionan las velocidades más cortas.

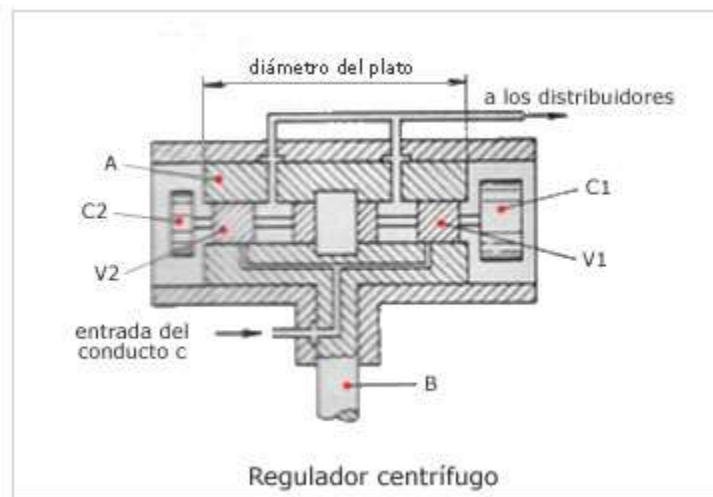
En la posición de marcha atrás (MA), se bloquea mecánicamente la corona del tercer tren y se deja paso de aceite para el funcionamiento del circuito en posición de marcha atrás.



- Regulador centrífugo

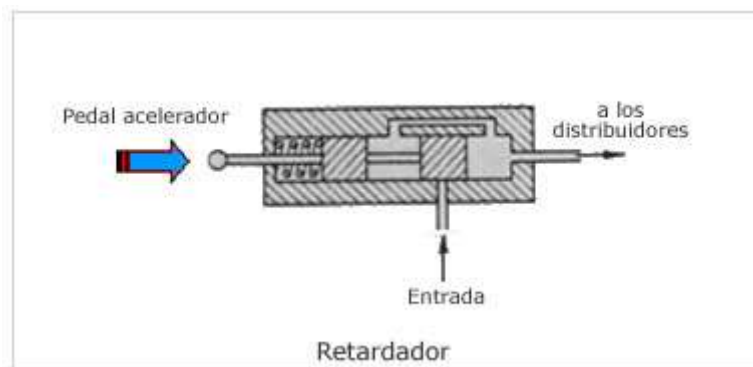
Este mecanismo (7) (fig. inferior) recibe movimiento en su eje (B) del árbol de transmisión, de la misma toma que la bomba de aceite (5). Está formado por un grueso plato (A) que recibe movimiento por su árbol (B). En el interior de este plato o volante centrífugo van montadas dos válvulas desplazables (V1 y V2) unidas a los contrapesos (C1 y C2) de distinto tamaño y peso que, por la acción centrífuga, se desplazan hacia afuera abriendo paso al aceite que llega por el conducto (c) hacia el distribuidor.

La válvula (V1), por la acción del contrapeso (C1), se abre aproximadamente a las 1 300 r. p. m., dando paso al aceite con la presión suficiente para accionar la válvula (1-2) del distribuidor (8) y pasar de 1ª a 2ª velocidad. La válvula (V2), por la acción del contrapeso (C2), se abre a las 3 000 r. p. m., dejando pasar el aceite a mayor presión, que se suma al anterior para accionar las válvulas (2-3) y (3-4) del distribuidor, para los cambios de 3ª y 4ª velocidad.



- Retardador

Este elemento, señalado con la marca (10) en el conjunto general, consiste (fig. inferior) en una válvula accionada por el pedal acelerador que tiene la misión de aumentar la presión en la cara opuesta de las válvulas del distribuidor. Esta presión refuerza la acción de los muelles de las válvulas, consiguiendo que la presión mandada por el regulador sea mayor, para actuar los cambios de marcha. Con ello se consigue apurar más las velocidades, sobre todo en caso de pendientes, donde interesa mantener una velocidad más corta.



- Distribuidor

Este elemento (8) (fig. esquema principal) constituye el cerebro del mando automático y se compone de tres válvulas (1-2), (2-3) y (3-4) reguladas a distinta presión de funcionamiento, las cuales reciben el aceite a presión del regulador (7) en función de la velocidad del vehículo.

Según la presión que llegue a las válvulas, actúa una u otra, mandando el aceite a presión a los mecanismos que actúan los frenos de cinta o embragues de los trenes epicicloidales.

- Válvula de mando y bombines de accionamiento

La válvula de mando (9) (fig. esquema principal) ejecuta las maniobras de cambio según reciba el aceite a presión por uno u otro lado de sus pistones. Los bombines de accionamiento (11, 12, 13 y 14) realizan las maniobras de apertura y cierre de las cintas de freno y embragues de acuerdo a la marcha seleccionada.





