



FACULTAD
DE INGENIERÍA

ACOPLAMIENTO NO CONVENCIONAL

MECÁNICA APLICADA
MECÁNICA Y MECANISMOS

Ing. Carlos Barrera-2025



ACOPLAMIENTOS

Se clasifica a los acoplamientos en tres:

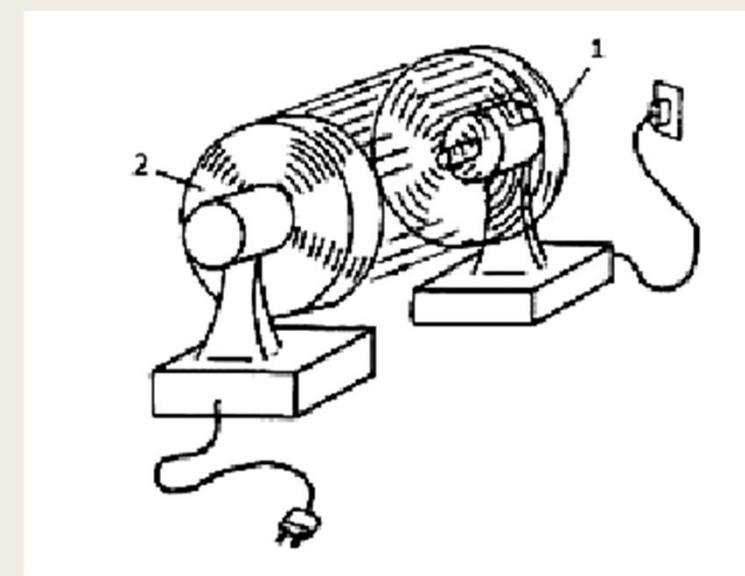
- **Acoplamientos permanentes**
- **Acoplamientos temporarios**
- **Acoplamientos que transmiten sin contacto sólido**

Incluimos dentro de este grupo de acoplamientos a aquellos en que el momento transmitido no lo es por rozamiento sino por otros efectos (hidráulicos, inducción magnética, etc)

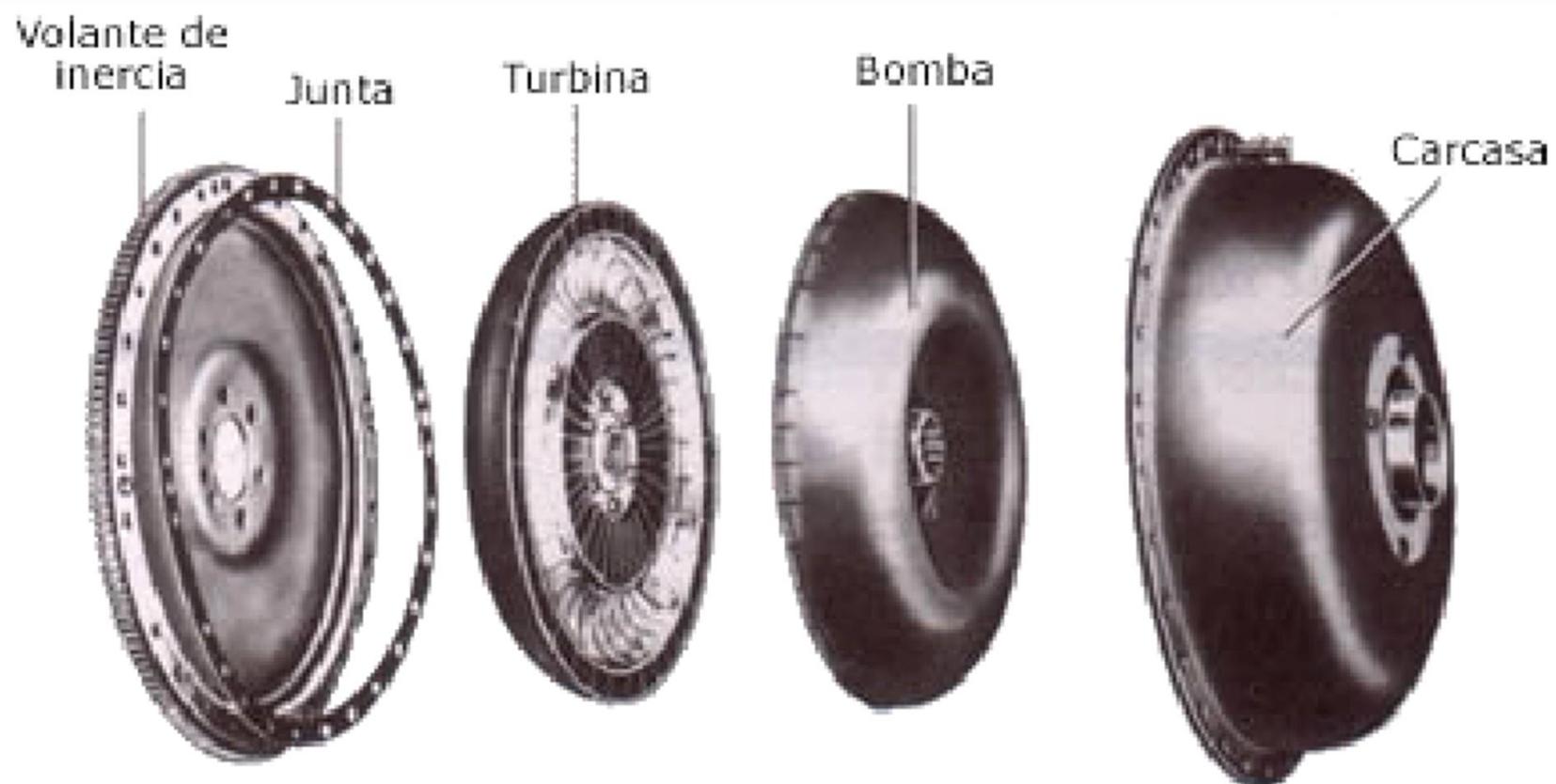
EMBRAGUE HIDRÁULICO

Está constituido por dos rotores idénticos, colocados frontalmente sobre los ejes motriz y conducido, a los que se les denomina **bomba o impulsor** y **turbina o conducido**. No existe vinculación mecánica entre ambos elementos. Por ello la cupla se transmite por efectos de impulsión de líquido.

Para entender el principio de funcionamiento, usemos el ejemplo de dos ventiladores enfrentados. El ventilador 1 conectado a la red, mueve el aire y lo proyecta como impulsor sobre el otro ventilador , que está sin conectar, éste último al recibir el aire se pone a girar



Ambos rotores van alojados en una carcasa y están separadas por un pequeño espacio para que no haya rozamiento entre ellos.



Despiece de un embrague hidráulico

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.

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 costo económico, así como la necesidad de tener que acoplar una caja de cambios automática.

VENTAJAS

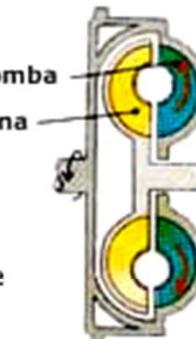
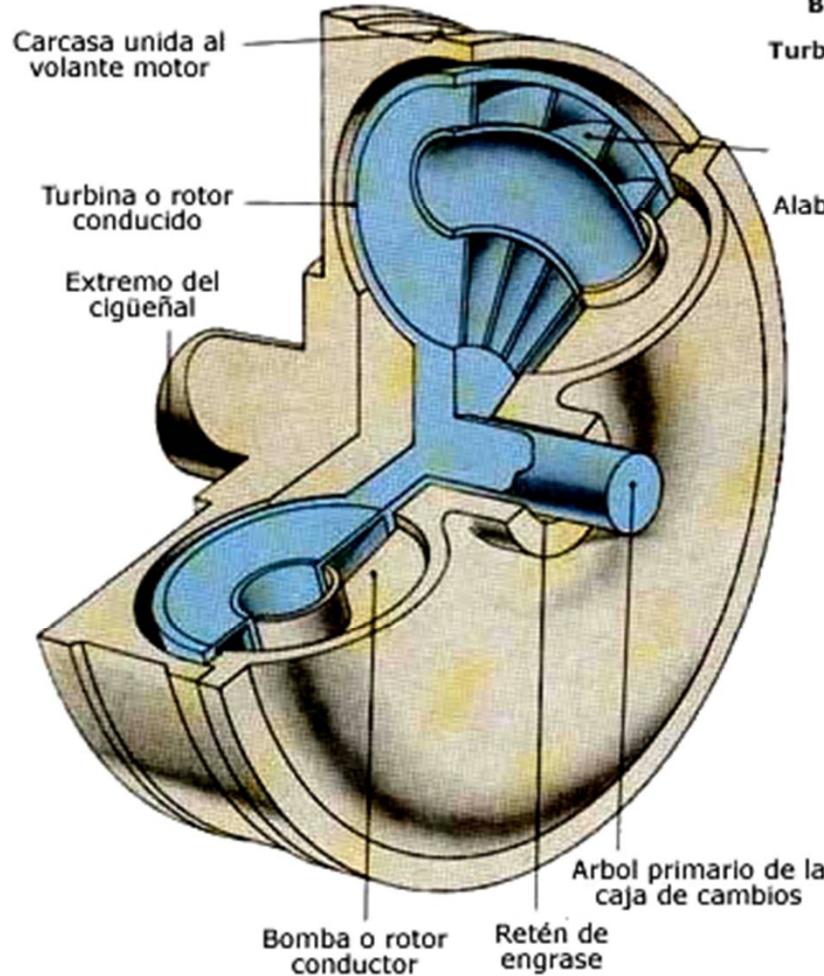
- ✓ No hay contacto metálico entre los elementos motriz y conducido, por ello no hay desgaste. Circunstancialmente puede haber necesidad de cambio de un rodamiento o reten y reposición de aceite.
- ✓ Permite el arranque gradual de la máquina conducida, ya que en el inicio el deslizamiento entre los árboles motriz y conducido es del 100% y se va reduciendo gradualmente.
- ✓ Si se trabaja con un motor eléctrico el arranque puede ser directo, sin necesidad de sistemas de arranque.
- ✓ Se eliminan las vibraciones torsionales
- ✓ En caso de que el arranque fuera brusco, se puede regular el tiempo de arranque colocando en el interior del conjunto una cantidad de aceite menor hasta lograr la suavidad deseada.
- ✓ El costo de estos acoplamientos es moderado.
- ✓ Al no haber desgaste no requieren mayores gastos de mantenimiento ni paradas de reparación.

Pueden aplicarse contramarchas al equipo.

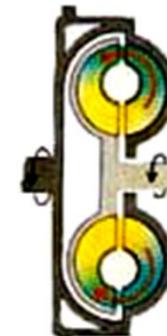
INCONVENIENTES

- ✓ No permite un desacople directo.
- ✓ Son voluminosos.
- ✓ La velocidad del árbol conducido es un 2 a 4% menor que la del motriz, esto origina una pérdida de potencia.
- ✓ En su funcionamiento normal, existe una fuerza axial que tiende a separar la bomba de la turbina.
- ✓ No son adecuados para velocidades moderadas o reducidas.

Esquema y funcionamiento de un embrague hidráulico



Marcha lenta o ralenti: A esta velocidad el volante motor mueve la bomba o rotor conductor impulsando el aceite con tan poca fuerza que es incapaz de mover la turbina o rotor conductor por lo que el vehículo no se mueve.



Regímenes bajo y medios: A medida que el motor va aumentando de revoluciones, aumenta la fuerza del aceite impulsado por la bomba, contra los alabes de la turbina, por lo que esta empieza a moverse y a cojer velocidad. La velocidad de la bomba sigue siendo superior al de la turbina

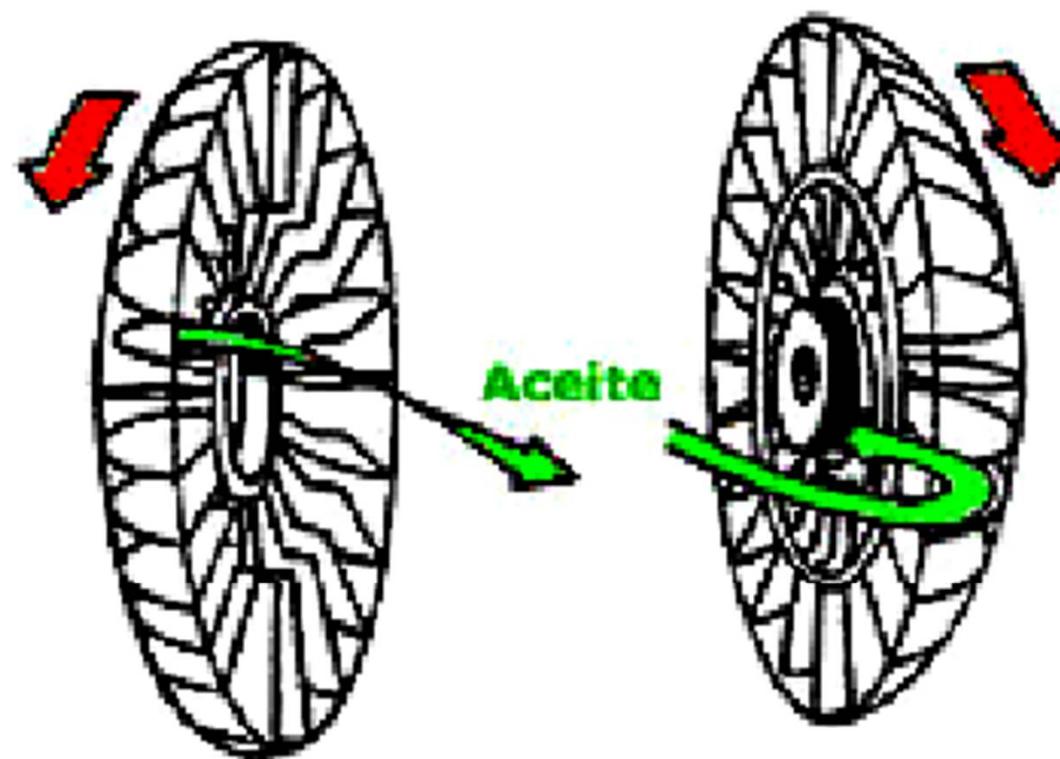


Regímenes medios y altos: a partir de un nº de revoluciones alto, la velocidad de la bomba y la turbina se igualan por lo que se transmite todo el régimen del motor a la caja de cambios





Voith Turbo Fluid Coupling Hydrodynamicsavi.wmv



Coronas de un embrague hidráulico

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Cuando el motor comienza a girar, el aceite contenido en la carcasa es impulsado por la bomba, proyectándose hacia la turbina. Dicho aceite es arrastrado por la propia rotación de la bomba, formándose un torbellino.

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

Cuando el motor gira en ralentí, la energía cinética del aceite es pequeña y a la turbina se transmite una fuerza que es insuficiente para vencer el par resistente.

Hay un resbalamiento entre bomba y turbina con lo que la turbina permanece sin movimiento.

A medida que aumentan las revoluciones del motor, el torbellino de aceite va incidiendo con más fuerza sobre los álabes de la turbina.

Esta acción vence al par resistente y la turbina comienza a girar, mientras que se verifica un resbalamiento de aceite entre bomba y turbina debido al 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, existiendo un pequeño resbalamiento entre ambas (del orden del 2 al 4 % aproximadamente con par de transmisión máximo).

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

El deslizamiento está dado por la siguiente expresión:

$$S = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = \frac{\Delta\omega}{\omega_1} = \frac{\Delta n}{n_1}$$

Ш1: Velocidad angular del impulsor

Ш2 : Velocidad angular de la turbina.

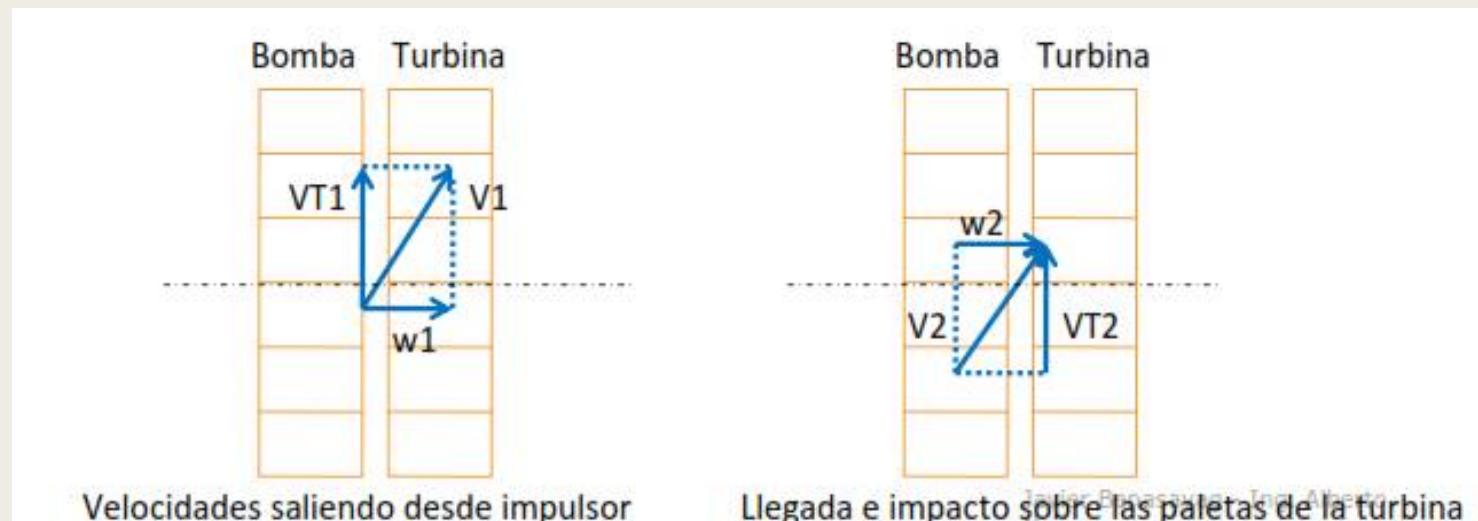
Sobre la carcasa hay tapones para el vaciado y el relleno de líquido, y en algunos casos un tapón con metal de bajo punto de fusión, que en caso de sobrtemperatura evite el estallido del embrague.

La temperatura normal de trabajo es del orden de 80°

Tomando el filete de corriente medio, tenemos dos velocidades componentes:

- 1) Una velocidad relativa w_1 con la dirección axial que le imprimen las paletas.
- 2) Una velocidad de dirección tangencial

La velocidad absoluta es la suma vectorial de dichas velocidades.



La cupla entregada por la máquina motriz se puede expresar por la siguiente ecuación:

$$Mt = k * s * D^5 * n_1^2$$

k: depende de las proporciones geométricas del diseño.

La potencia absorbida es:

$$N_1 = K_1 * s^*$$

El rendimiento:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\eta = 100 - s (\%)$$

Los rendimientos están comprendidos entre el 96 y 98 %

Potencia perdida en el acoplamiento:

$$\Delta N = N_1 - N_2$$

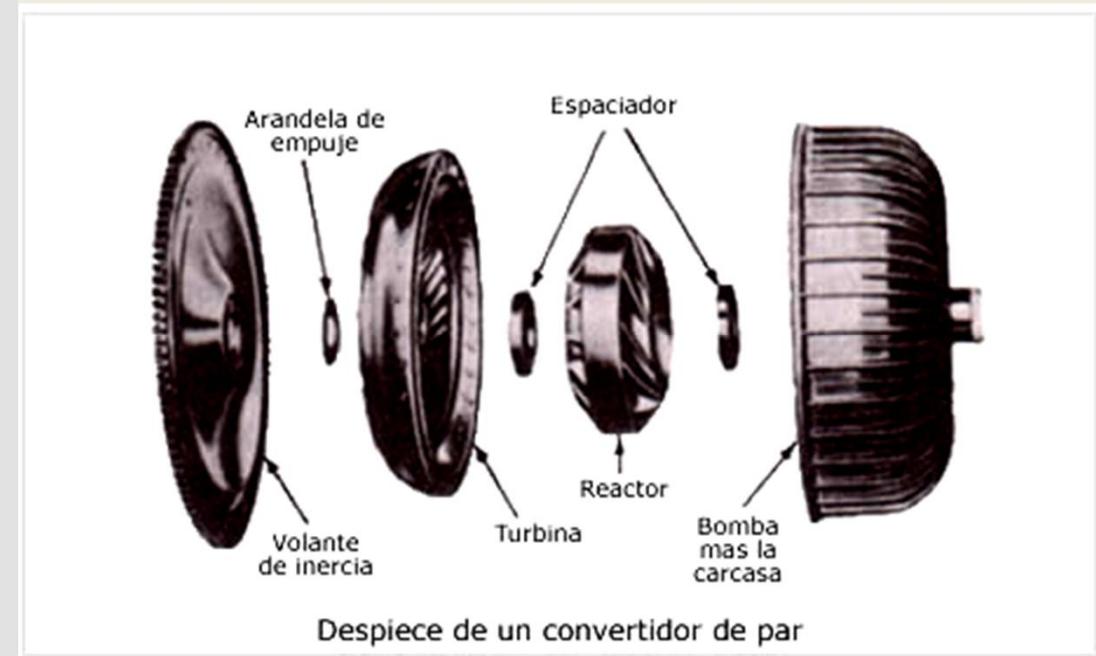
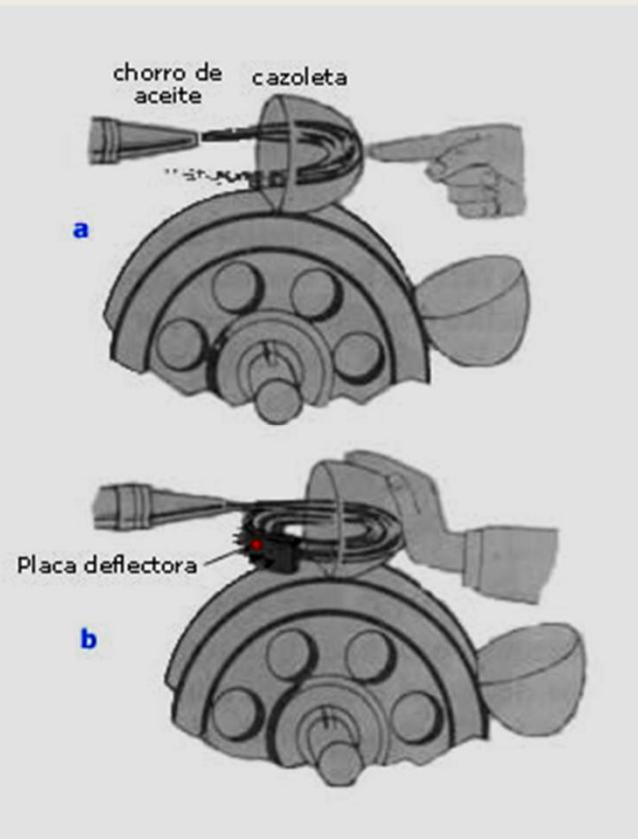
Calor generado en el acoplamiento:

- En régimen, la potencia que se transforma en calor será:

$$Q_{GEN} = 632 \cdot \Delta N = 632 \cdot \lambda \cdot N_1$$

CONVERTIDOR DE PAR O CUPLA

Son elementos de transmisión hidráulica que permiten que el árbol de salida pueda tener una cupla superior a la de entrada.





20:37

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

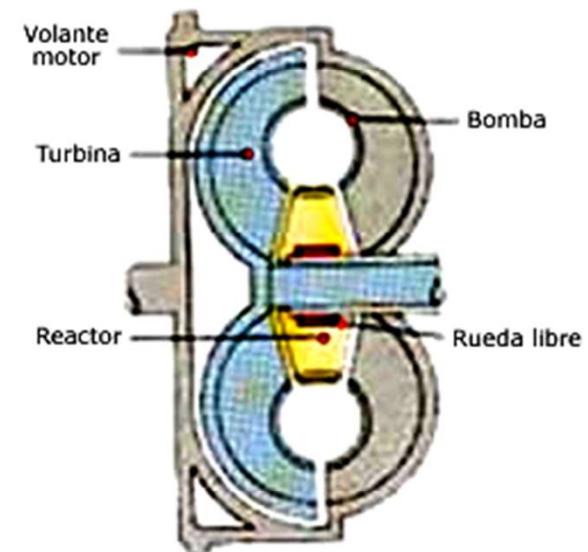
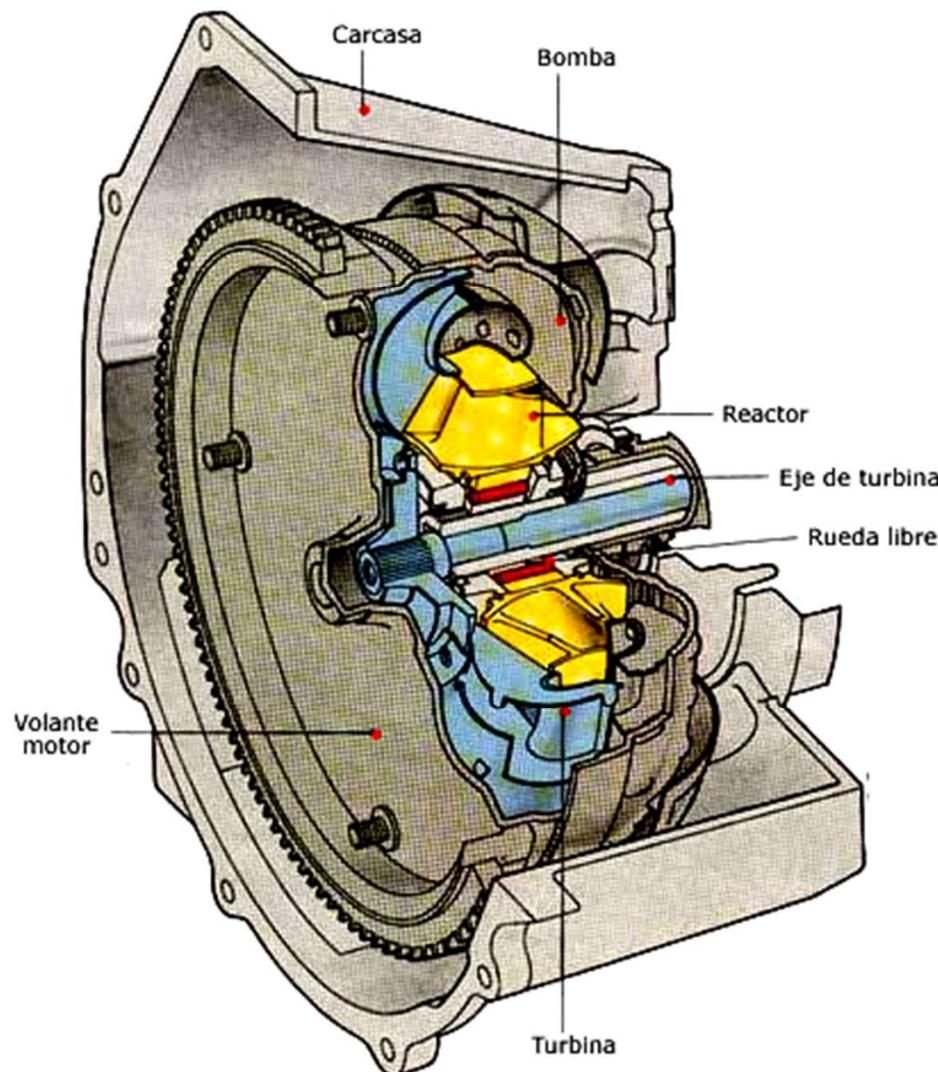
El convertidor de par tiene un funcionamiento que se asemeja al de un embrague hidráulico pero posee una diferencia fundamental, y es que el convertidor es capaz de aumentar por sí sólo el par del motor y transmitirlo. En la figura superior vemos el principio de funcionamiento tanto del embrague hidráulico y del convertidor. En a tenemos una rueda con unas tazas como si se tratara de una rueda de noria de las utilizadas para sacar agua de los pozos. Hacemos incidir un chorro de aceite a presión sobre la taza, 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 taza: Ahora el chorro de aceite empuja la taza pero en vez de perderse rebota en la placa deflectora que lo dirige otra vez contra la taza por lo que se refuerza el empuje del chorro. Vemos ahora que el empuje del chorro sobre la taza es mayor y necesitamos mas fuerza en la mano para evitar que gire la rueda

En la figura superior 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.

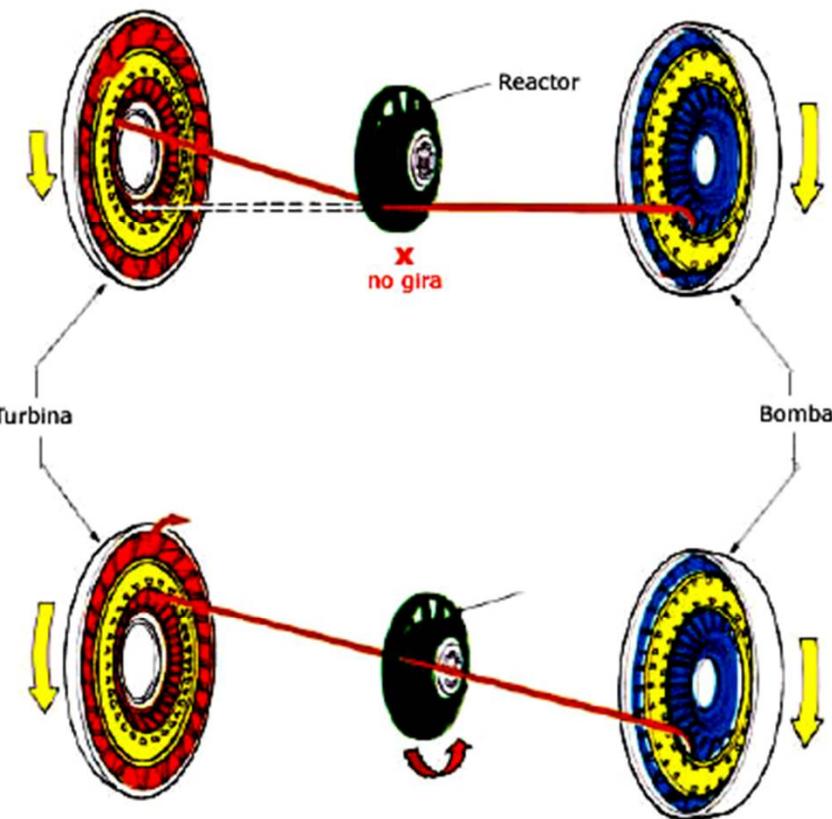
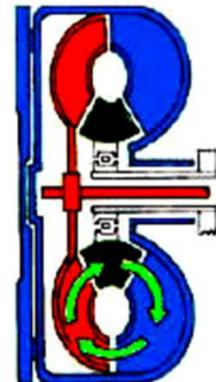
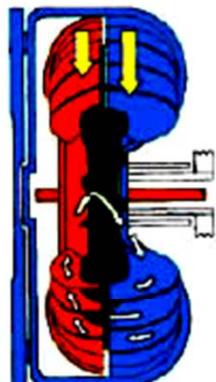
Esquema y sección de un convertidor de par



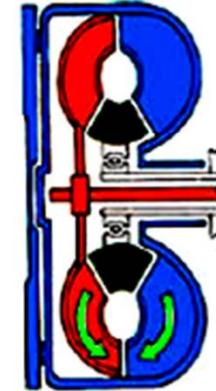
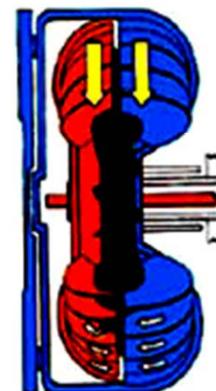
Al girar la bomba accionada directamente por el movimiento del cigüeñal, el aceite se impulsa desde la bomba hasta la turbina. A la salida de ésta el aceite tropieza con los álabes del reactor que tienen una curvatura opuesta a los de la bomba y turbina. Esta corriente de aceite empuja al reactor en 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 dos y media 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.

Funcionamiento del convertidor de par

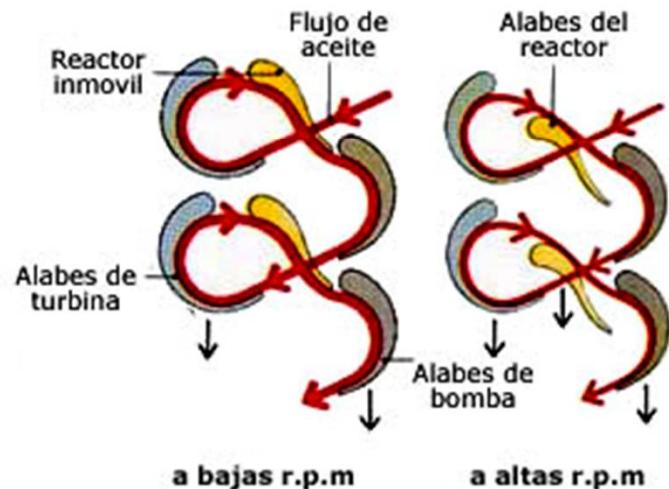
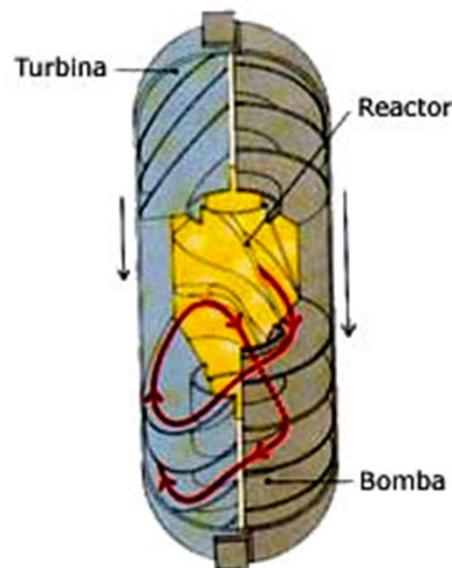


La bomba gira mas rápido que la turbina, existe resbalamiento, el reactor no gira y el par aumenta.



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.

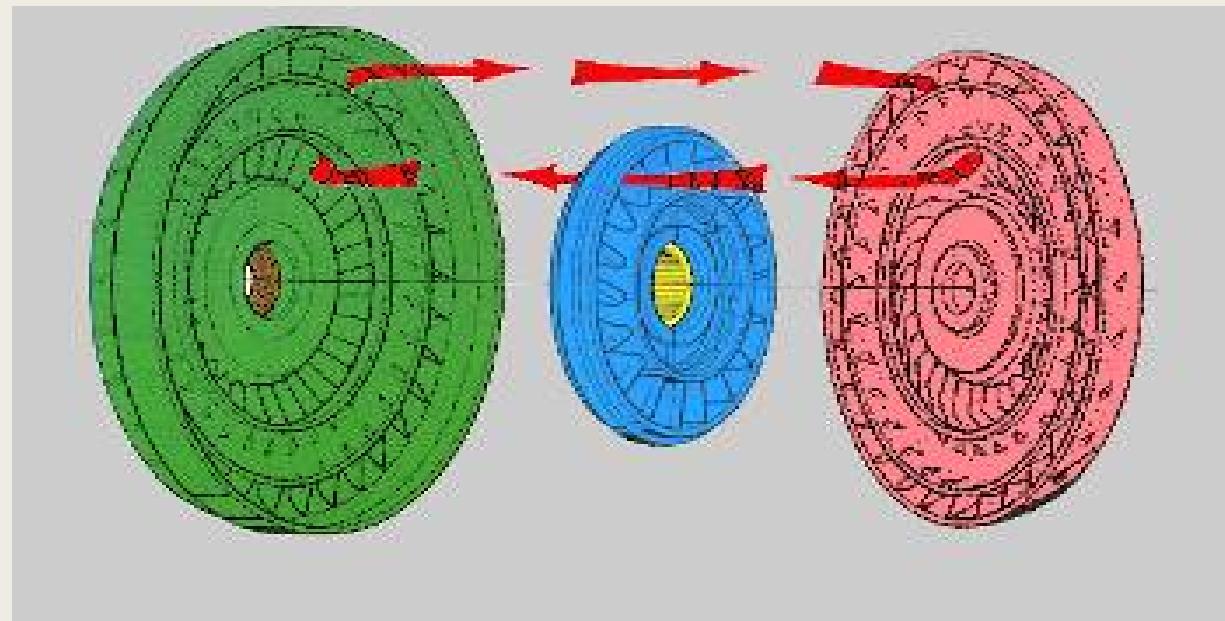
Funcionamiento interno del convertidor de par



Como ya se ha dicho la clave para que el par sea amplificado radica en el estator.

En el clásico embrague hidráulico, durante los períodos de alto deslizamiento, es decir cuando las velocidades de giro de la bomba y la turbina son muy diferentes, el flujo del fluido que regresan de la turbina a la bomba lo hace en una dirección que no es la de los álabes de esta última, por lo que de cierto modo obliga a la bomba a cambiar su dirección y dirigirlo de nuevo a la turbina para trasmitir el par, claro está que este efecto conlleva a una pérdida significativa de la eficiencia y una generación de calor residual considerable. En las mismas condiciones, en un convertidor de par, el líquido que regresa de la turbina por los álabes interiores será redirigido por el estator de modo que entrará a los álabes interiores de la bomba en una dirección muy próxima al perfil de los álabes de esta (Figura 2), así una buena parte de la energía del fluido de retorno se recupera y se añade a la energía que aplica a la bomba. Esta acción provoca un aumento sustancial de la masa de fluido que se dirige a la turbina, produciendo un aumento en el par de salida.

Fig. 2



En el convertidor de par, a diferencia de los álabes colocados radialmente en un embrague hidráulico normal, tanto la turbina como el estator tienen álabes en ángulo y curvos. La forma de los álabes del estator es lo que altera la trayectoria del fluido, y lo obliga a coincidir con la rotación de la bomba. La curvatura de los álabes de la turbina ayuda a dirigir correctamente el líquido de regreso al estator por lo que este último puede hacer su trabajo. La forma de los álabes es importante ya que pequeñas variaciones pueden resultar en cambios significativos en el desempeño del convertidor.

Durante el arranque y la etapa de aceleración, en las que se produce la amplificación del par, el estator permanece estacionario debido a la acción de su embrague unidireccional y porque recibe flujo de la turbina que lo tiende a hacer girar en contra de la bomba. Sin embargo, cuando el convertidor de par se aproxima a la fase de acoplamiento, la energía y el volumen del líquido que regresan de la turbina disminuirá gradualmente, todo el sistema girará como parte del torbellino rotatorio de fluido, el mecanismo de rueda libre se libera y las tres piezas giran en la misma dirección de la bomba como un conjunto.

Desafortunadamente, una parte de la energía cinética del fluido se perderá debido a la fricción y la turbulencia, lo que causa que en el convertidor se genere calor residual, y hace que la eficiencia nunca será del 100%. Este efecto, a menudo referido como pérdidas por bombeo, será más pronunciado cerca de condiciones de arranque. En los diseños modernos, la geometría de las aspas minimiza las pérdidas, lo que permite que la turbina se pueda quedar bloqueada durante largos períodos con poco peligro de sobrecalentamiento.

De todas formas, al igual que en los embragues hidráulicos, el convertidor de par necesitará de un sistema de enfriamiento del aceite para evitar que la temperatura llegue a valores peligrosos para el fluido y el sistema.

Lo mas común es que los convertidores de par utilizados en los automóviles tengan un rango de amplificación del par que oscila entre 1.8 a 2.5, durante el arranque, y en general hay un compromiso entre eficiencia y amplificación del par de forma que a mayor amplificación es menor la eficiencia.

Si sumamos los momentos torsores que actúan sobre el conjunto tendremos no solo los de la bomba y turbina, sino además el momento torsor del reactor.

Cátedra:

**MECÁNICA
APLICADA-
MECÁNICA Y
MECANISMOS**

Exigencias al líquido de servicio

- Clases de viscosidad ISO VG 32 nach DIN 51519 *)
- Viscosidad de arranque inferior a $15000 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ (cSt)
- Punto de fluidez 4 °C por debajo de la temperatura ambiental mín. existente o más abajo
- Punto de inflamación superior a 180°C y como mínimo 40°C por encima de la temperatura nominal de respuesta de los tornillos fusibles
- Punto de combustión por lo menos 50°C por encima de la temperatura máx. de superficie (ver **capítulo 1**)
(sólo importante para acopladores en ambiente potencialmente explosivo (Ex))
- Resistencia al envejecimiento producto refinado resistente al envejecimiento
- Compatibilidad con el material de la junta NBR (caucho de acrilonitrilo-butadieno), FPM/FKM (caucho fluorado)



Der Drehmomentwandler.wmv



ZF TTD.wmv



02 El Convertidor de Torque.wmv



Torque converter Catia V5.wmv

20:37

BIBLIOGRAFIA

Manual del Automóvil

• www.voith.com

Arias-Paz