



INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICO PÚBLICO

“FRANCISCO DE PAULA GONZALES VIGIL”

TACNA

Revalidado por el Ministerio de Educación R.D. N° 0668-2006-ED y R.D. N° 0025-2007-ED



# LABORATORIO DE MECANISMOS DE TRANSMISIÓN



Ing. Juan J. Nina Charaja

CIP 99002

[jjinch2015@gmail.com](mailto:jjinch2015@gmail.com)

Docente de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica Automotriz



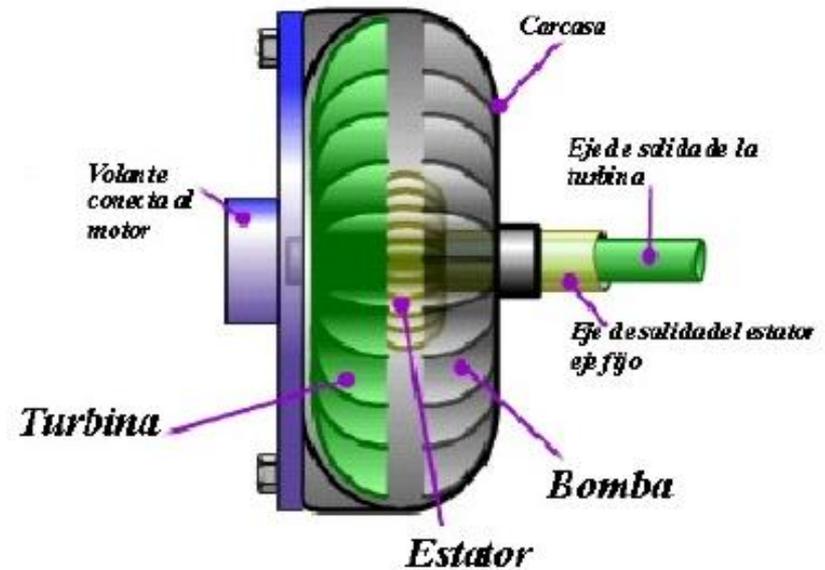
03/05/2018

# CAJAS AUTOMÁTICAS

## CONVERTIDOR DE TORQUE



a)



b)

# Cambio automático de 5 marchas Tiptronic

Esta caja de cambios de 5 marchas, esta adaptada para vehículos con el motor montado en posición transversal. En el árbol de salida del convertidor de par están dispuestos directamente los engranajes planetarios I y II. Debajo se encuentra el engranaje planetario III en un árbol por separado.

Los engranajes planetarios I y II están comunicados con el engranaje planetario III a través de los piñones cilíndricos A y B. La salida de par se realiza siempre a través del piñón de salida sobre el árbol del engranaje planetario III. A partir del piñón de salida, el par se transmite hacia el grupo diferencial y los semiejes.

Este cambio se caracteriza por los siguientes componentes y funciones:

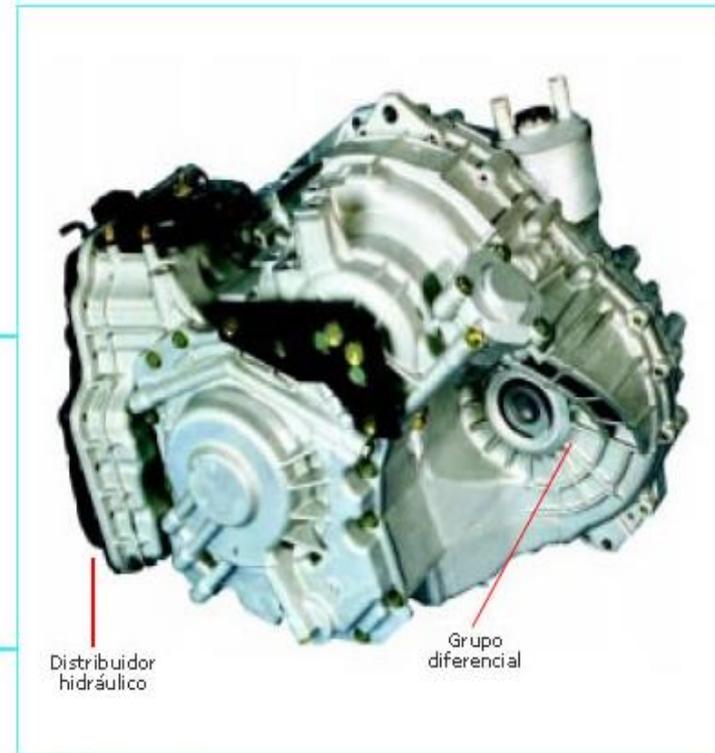
- Cambio automático de las cinco marchas mediante programas de conducción supeditados al conductor y a las condiciones de la marcha.
- Un programa de conducción en función de la resistencia que se opone a la marcha (detecta resistencias a la marcha, tales como subidas y bajadas, conducción con remolque y viento contrario)
- Tiptronic
- Indicador de las marchas en el cuadro de instrumentos
- Bloqueo anti-extracción de la llave de contacto
- Convertidor de par con embrague anulador del convertidor de par
- Desacoplamiento en parado



Palanca selectora



Unidad electrónica de cambio



Distribuidor hidráulico

Grupo diferencial

Caja de cambios

# CAJA AUTOMÁTICA TRIPTONIC

## Selección de marchas

### Pista de cambios automáticos

En la posición «D», la transmisión selecciona de forma automática las marchas de 1 a 5, en función de las cargas momentáneas.

Sin embargo, el conductor no puede seleccionar directamente la primera marcha, sino que es seleccionada por la unidad de control en función de la carga momentánea del vehículo.

La I marcha sólo puede ser engranada de forma directa teniendo la palanca en la pista de selección Tiptronic. En ese caso trabaja con freno motor.

### Pista de selección Tiptronic

Si se lleva la palanca selectora a la pista de selección de la derecha, la transmisión pasa al programa Tiptronic. Si con este programa se pulsa brevemente la palanca selectora hacia delante o hacia atrás, la transmisión cambia respectivamente hacia una marcha superior o inferior.

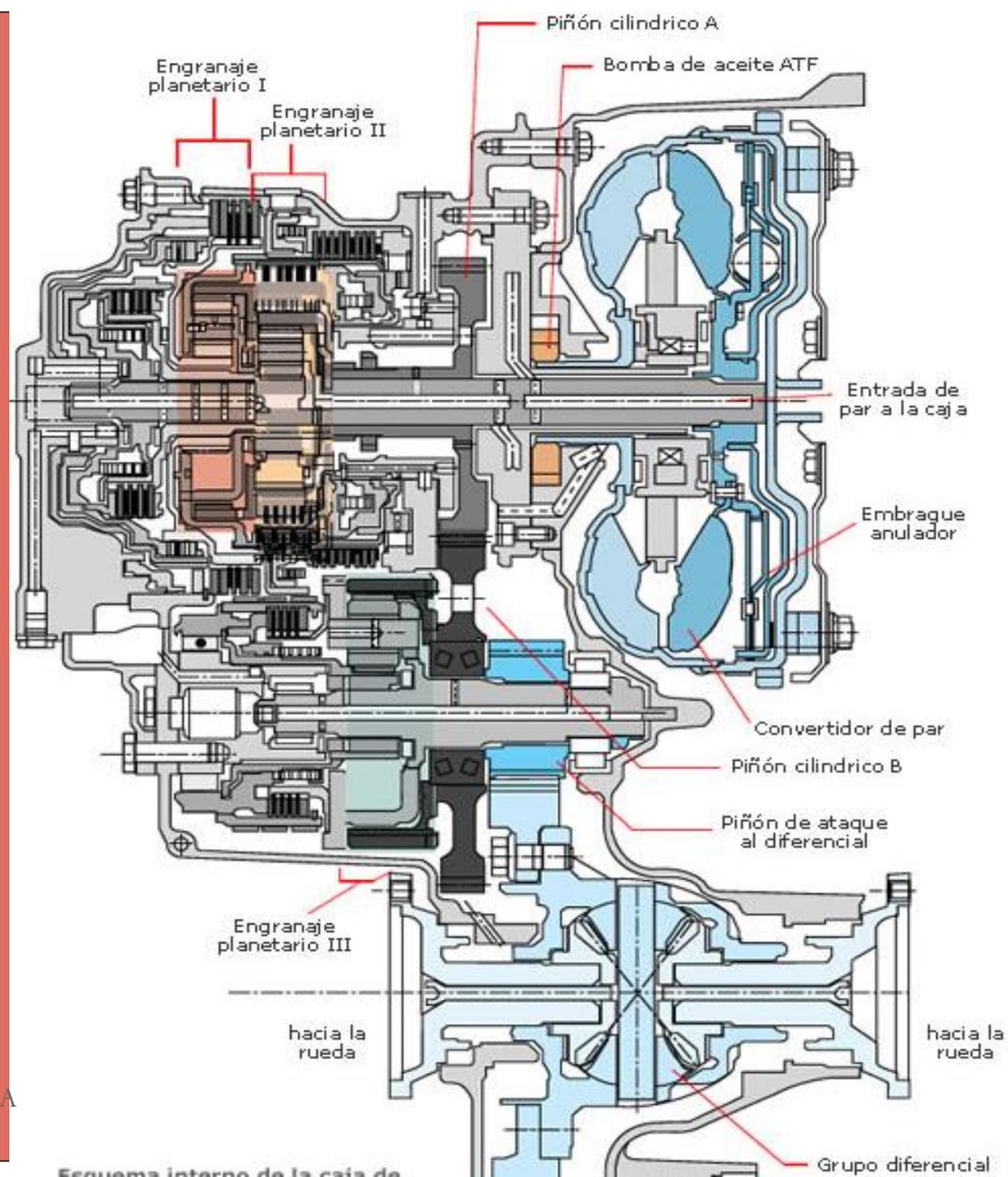
Breve pulsación en dirección «+»: La transmisión cambia una marcha a mayor.

Breve pulsación en dirección «-»: La transmisión cambia una marcha a menor.

En el cuadro de instrumentos se visualiza la marcha que se encuentra engranada momentáneamente.



# ESQUEMA INTERNO DE LA CAJA AUTOMÁTICA TIPTRONIC DE 5 MARCHAS

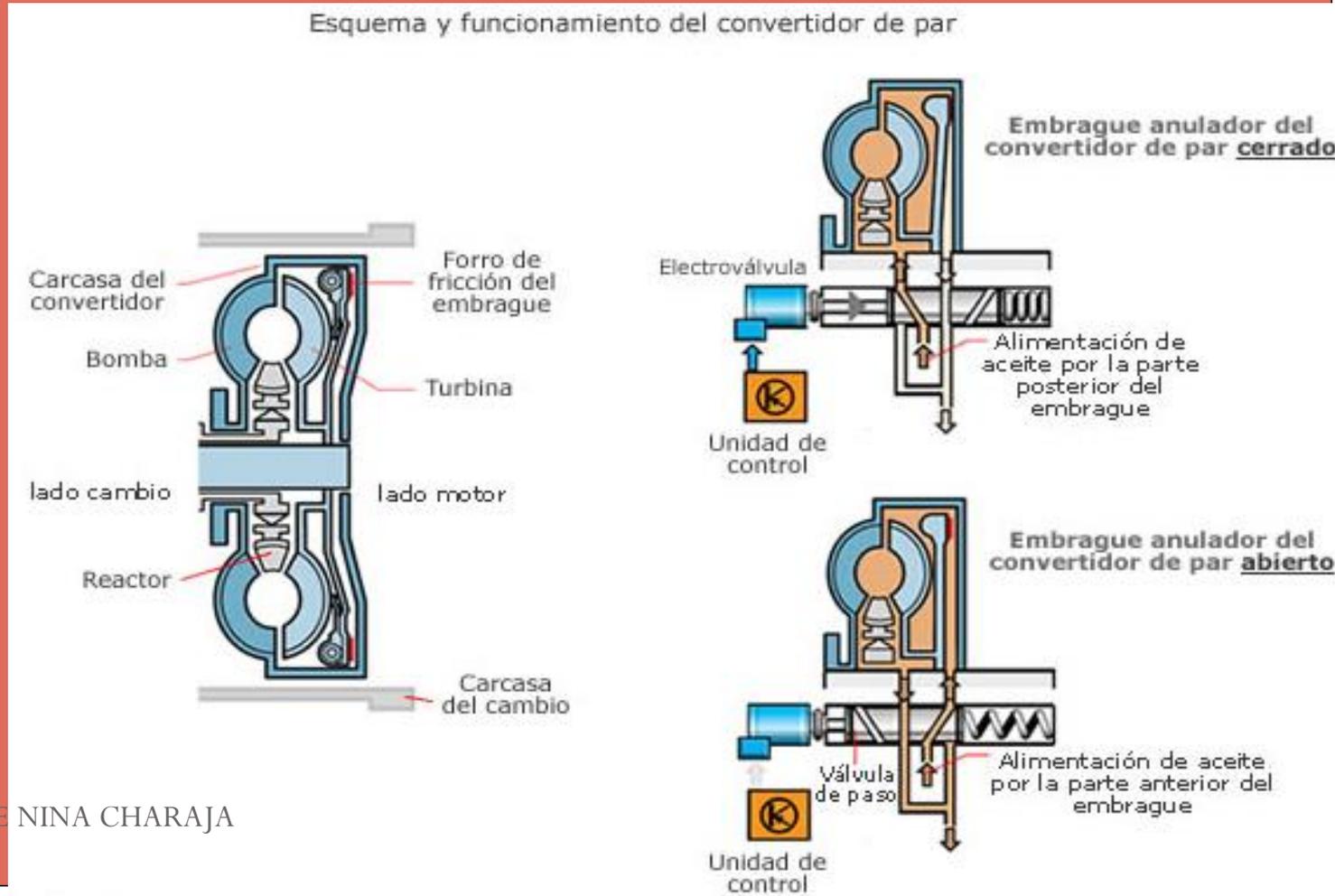


# Convertidor de par

El convertidor de par está equipado con un embrague anulador, que a regímenes superiores transmite el par del motor directamente al árbol primario del cambio sin resbalamiento por parte del convertidor. El embrague anulador del convertidor de par cierra de forma regulada por la unidad de control de cambio. Teniendo en cuenta el régimen y el par del motor, la unidad de control del cambio decide que resulta más económico cerrar el embrague anulador, lo efectúa excitando la electroválvula. La electroválvula abre la cámara de aceite ante el embrague anulador, de modo que se pueda descargar la presión del aceite.

Debido a ello predomina la presión de aceite detrás del embrague, haciendo que éste cierre.

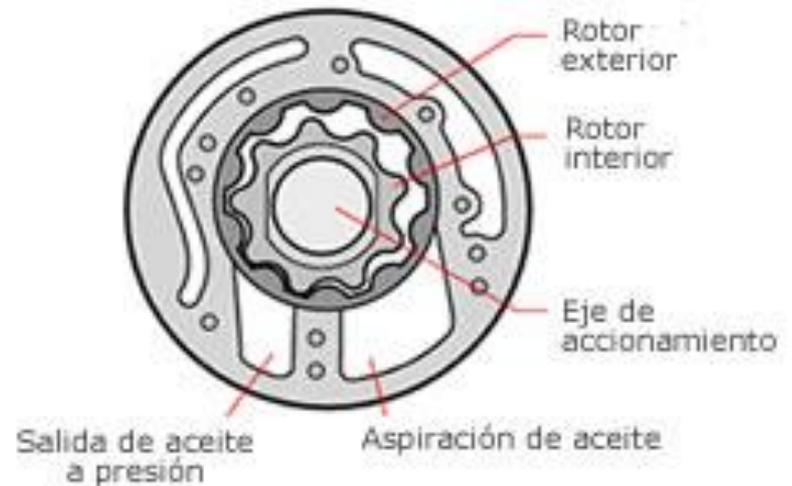
Si la electroválvula cierra el caudal de paso se vuelve a presurizar el aceite ante el embrague, haciendo que abra.



## **Bomba de aceite ATF** (Automatic Transmission Fluid)

La bomba de aceite ATF es impulsada por la rueda de bomba del convertidor de par. Asume la función de aspirar el aceite ATF del depósito, generar presión de aceite y suministrar el aceite a presión a la caja de cambios. El aceite además de producir trabajo para impulsar los distintos elementos del cambio también sirve para lubricar la caja de cambios y el el grupo diferencial. El aceite ATF está previsto para toda la vida útil del cambio, esta caja en concreto lleva una cantidad de 9 litros

Esquema interno de la bomba de aceite

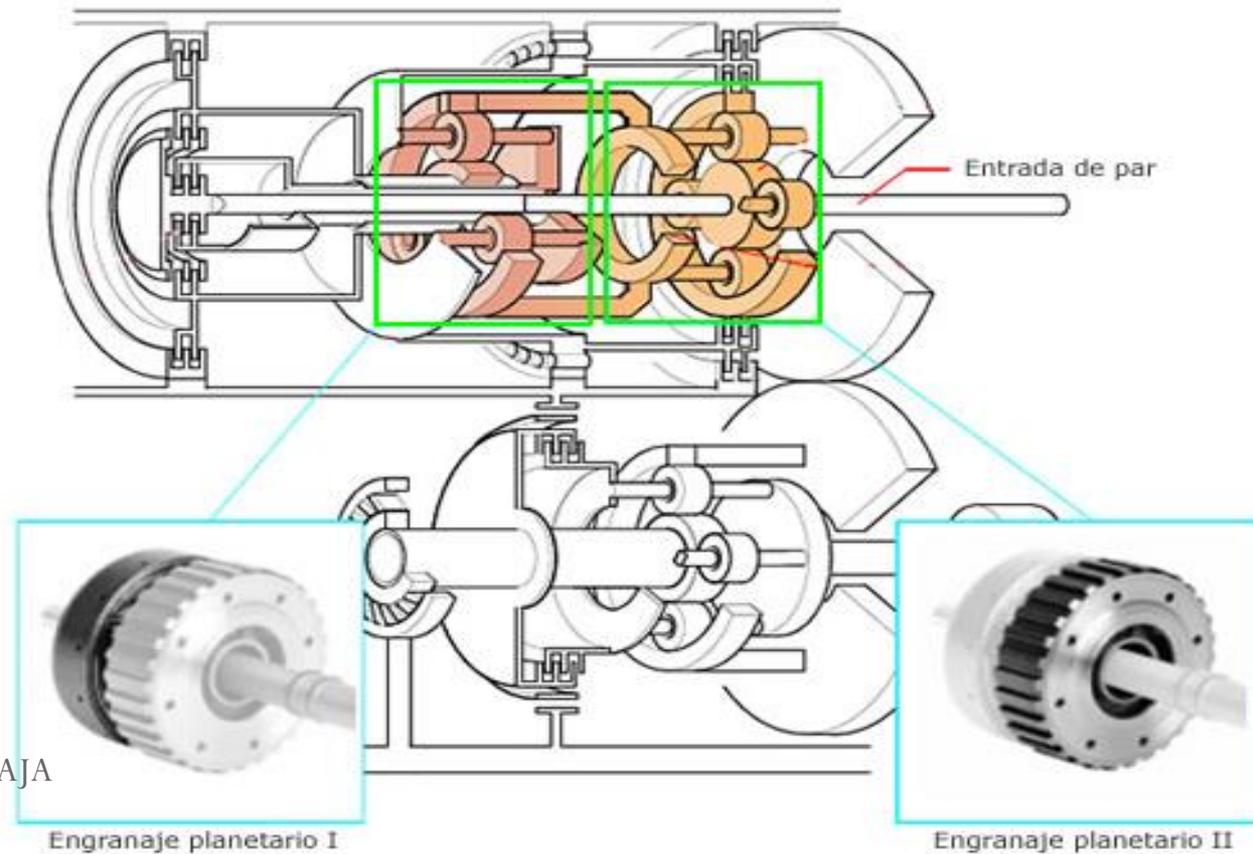


## El engranaje planetario

También llamado engranaje epicicloidal consta de tres conjuntos planetarios parciales, a través de los cuales se conectan las cinco marchas adelante y la marcha atrás.

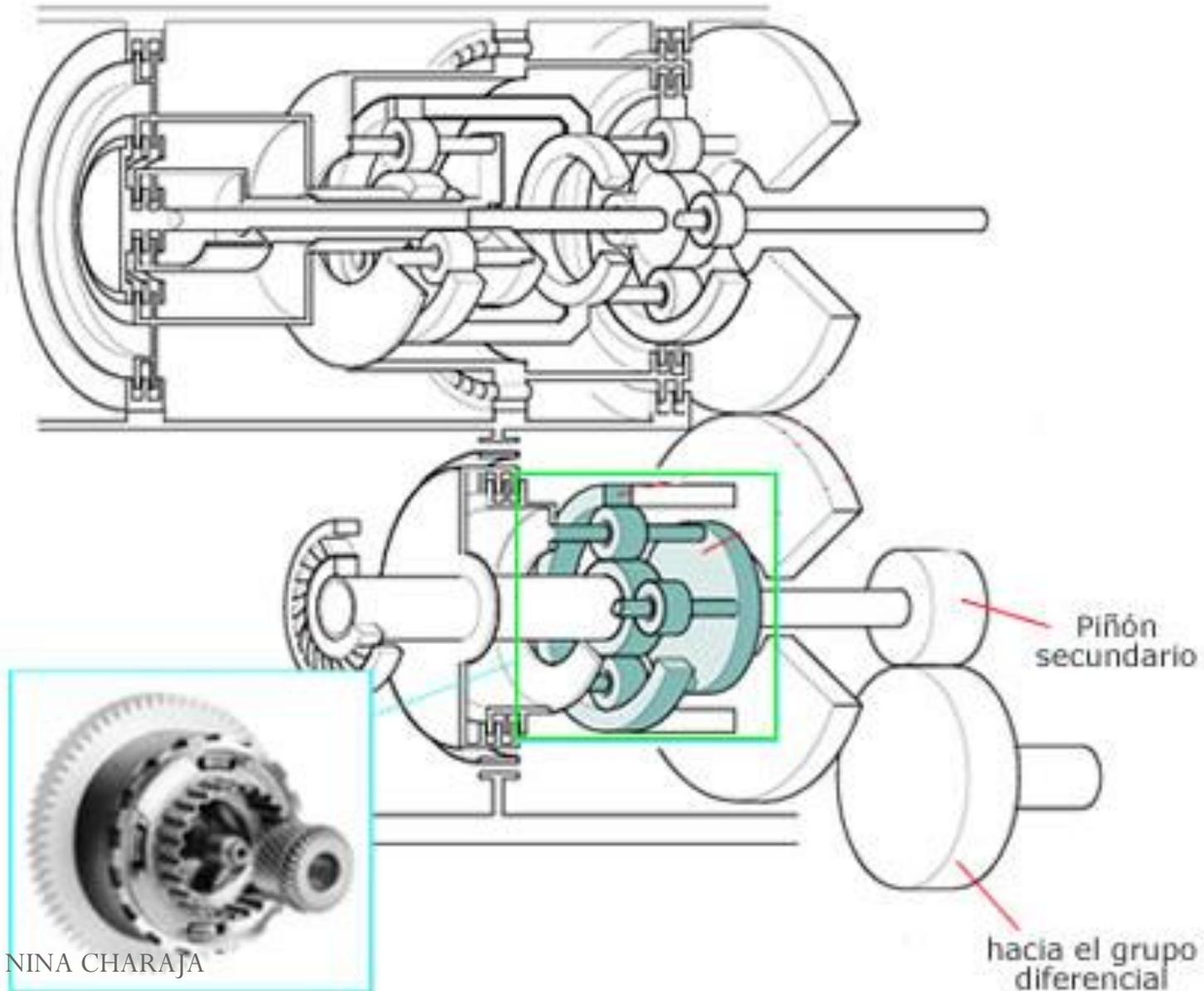
Los engranajes planetarios I y II: están comunicados con el árbol de turbina del convertidor de par. La entrada del par en el engranaje planetario I se realiza a través del embrague K3 (comunicación indirecta). El par sólo puede ser transmitido al engranaje planetario I estando cerrado el embrague K3. El engranaje planetario II está comunicado fijamente (directamente) con el árbol de turbina a través del planeta. La entrega de par se realiza siempre desde el portasatélites del engranaje planetario II hacia el piñón cilíndrico A.

Situación de los engranajes planetarios en la caja



El engranaje planetario III: recibe el par a través de los piñones cilíndricos A y B sobre la corona interior. La salida de par se realiza a través del portasatélites sobre el piñón secundario hacia el grupo diferencial.

### Situación del "engranaje planetario III" en la caja



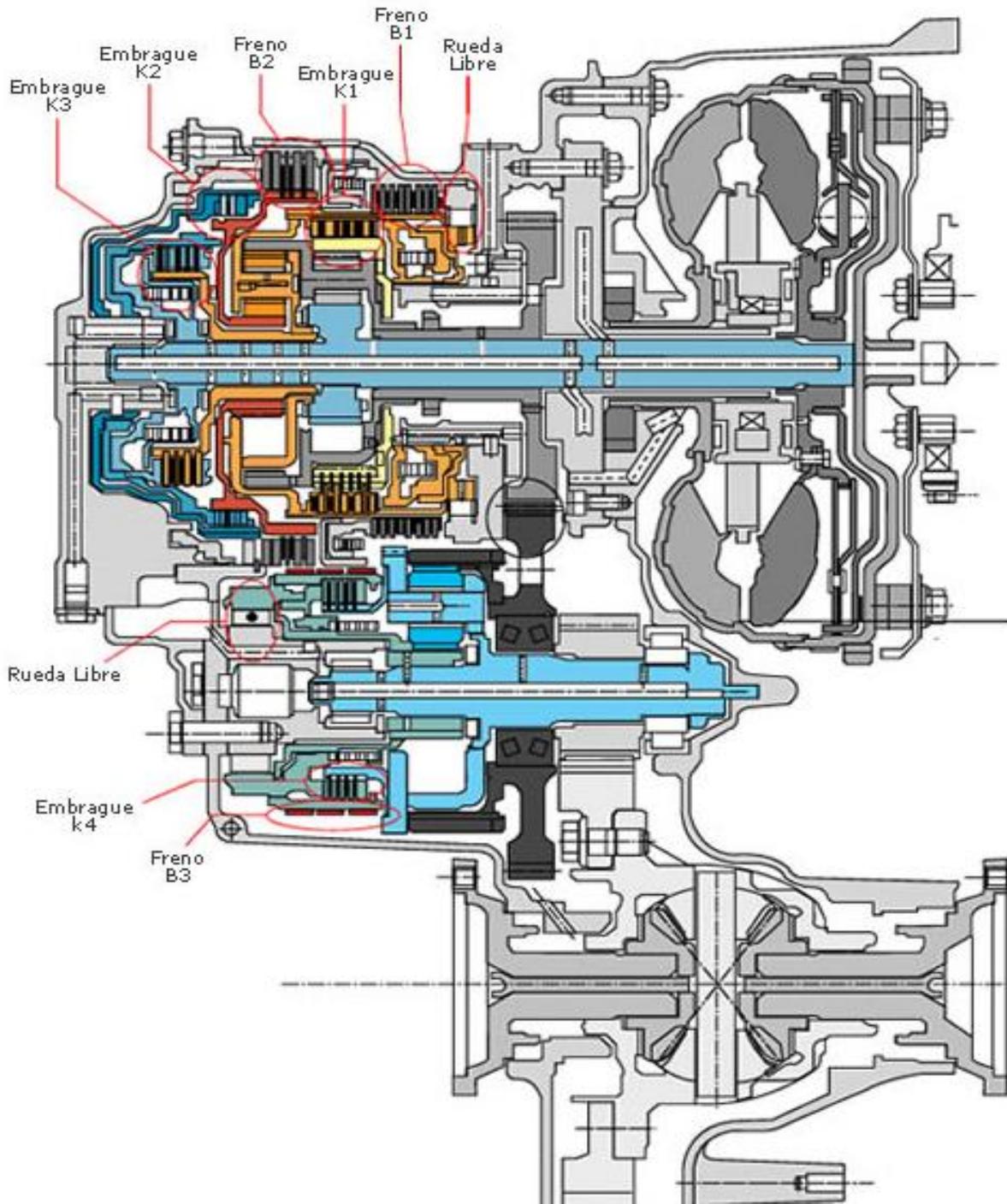
Engranaje planetario III

# ACTUADORES

Abriendo y cerrando los embragues y frenos se impulsan o retienen componentes del engranaje planetario, conectándose así las diferentes marchas. A través de los embragues K1, K2 y K3 y los frenos B1 y B2 se conectan las marchas de 1ª a 4ª y la marcha atrás.

El par del motor se apoya contra las ruedas libres de los engranajes planetarios I y III al iniciar la marcha.

La V marcha se conecta por medio del embrague K4 en el engranaje planetario III. El freno B3 está cerrado en todas las marchas, excepto en la V.



## Esquema completo de engranajes planetarios y actuadores

### Actuadores

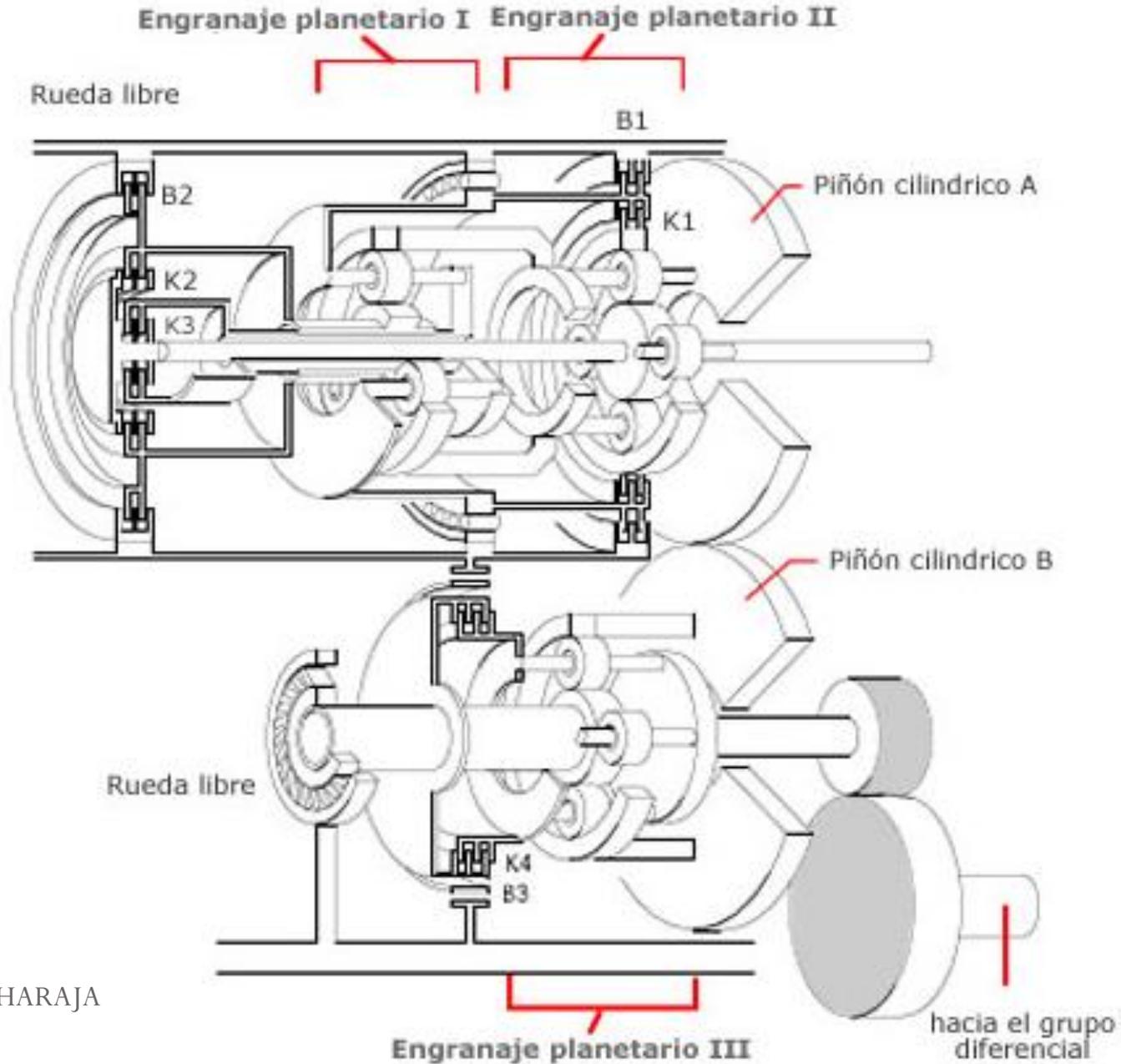
Abriendo y cerrando los embragues y frenos se impulsan o retienen componentes del engranaje planetario, conectándose así las diferentes marchas. A través de los embragues K1, K2 y K3 y los frenos B1 y B2 se conectan las marchas de 1ª a 4ª y la marcha atrás.

El par del motor se apoya contra las ruedas libres de los engranajes planetarios I y III al iniciar la marcha.

La V marcha se conecta por medio del embrague K4 en el engranaje planetario III.

El freno B3 está cerrado en todas las marchas, excepto en la V.

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

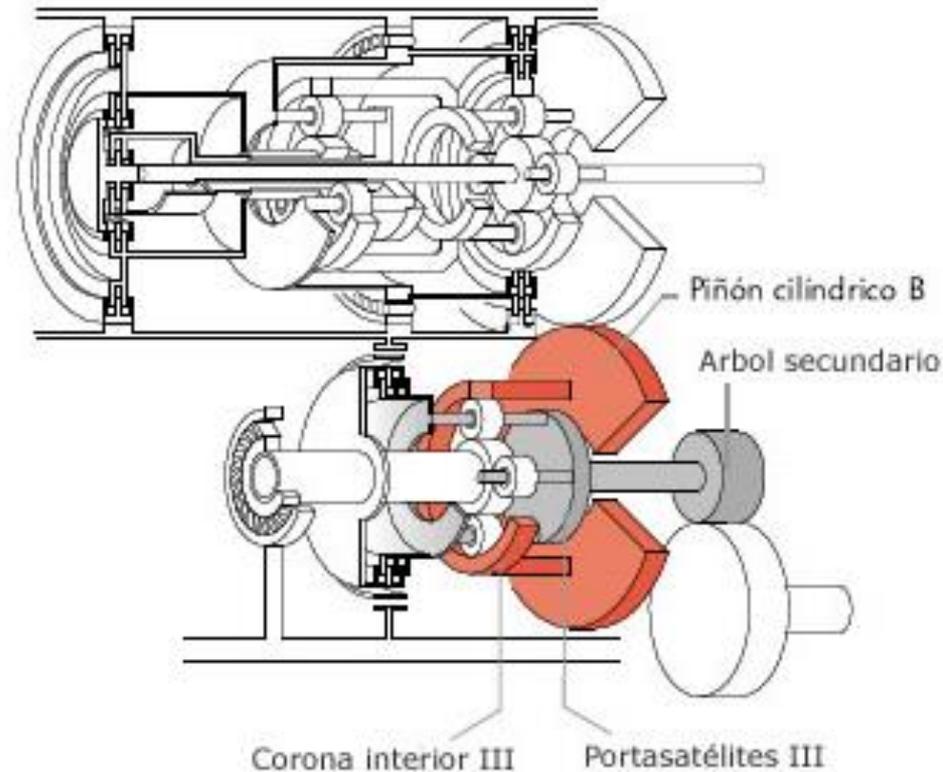
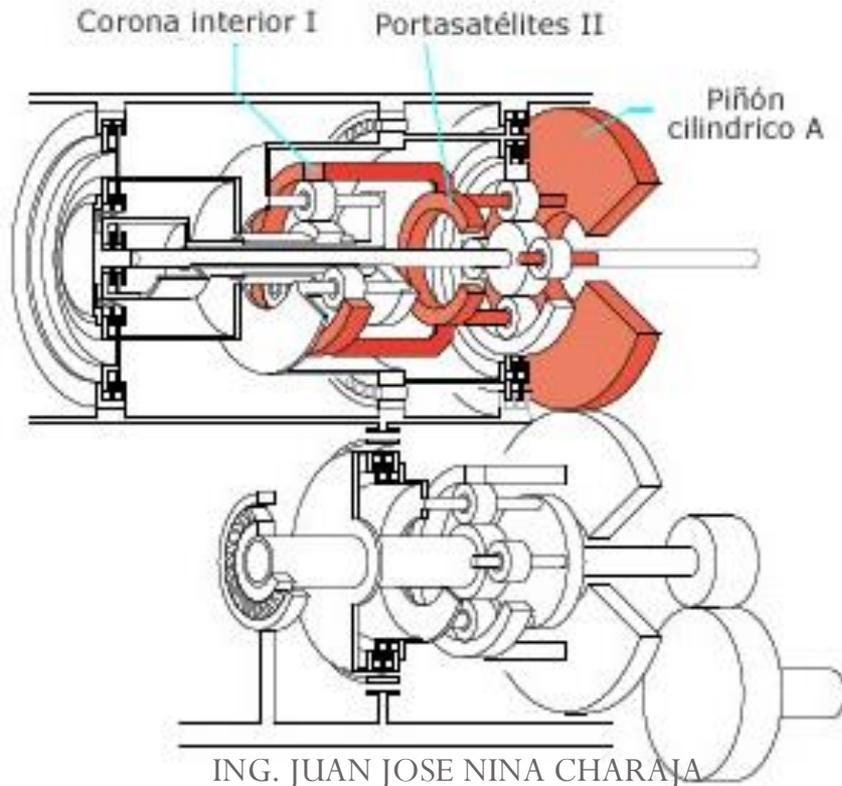


## Uniones solidarias

Los engranajes planetarios I y II están unidos mecánicamente a través de la corona interior perteneciente al conjunto planetario I y el portasatélites del conjunto planetario II. A través del portasatélites II también se realiza la entrega de par hacia el piñón cilíndrico A.

En el engranaje planetario III también existen uniones mecánicas fijas. El piñón cilíndrico B está unido solidariamente a la corona interior del conjunto planetario y el portasatélites gira a su vez solidariamente con el árbol secundario.

Uniones solidarias



# Embragues

Los embragues reciben el aceite ATF a presión procedente del distribuidor hidráulico. Estando cerrados impulsan componentes específicos del engranaje planetario, transmitiendo así el par del motor hacia el grupo diferencial.

El embrague K2: impulsa el planeta del conjunto planetario I. Trabaja con una válvula de bola y cierra en segunda marcha.

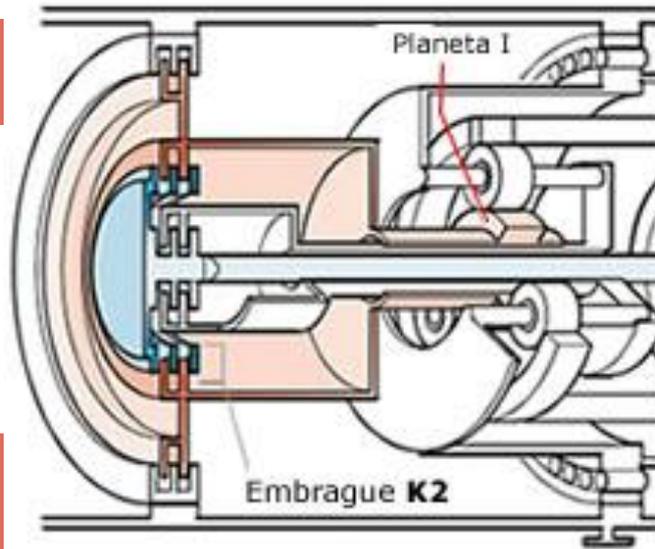


Foto real

Embrague K1

El embrague K1: estando cerrado, impulsa la corona interior del conjunto planetario II y el portasatélites del conjunto planetario I. Cierra en la primera, segunda y tercera marchas y posee un elemento de compensación para las fuerzas centrífugas.

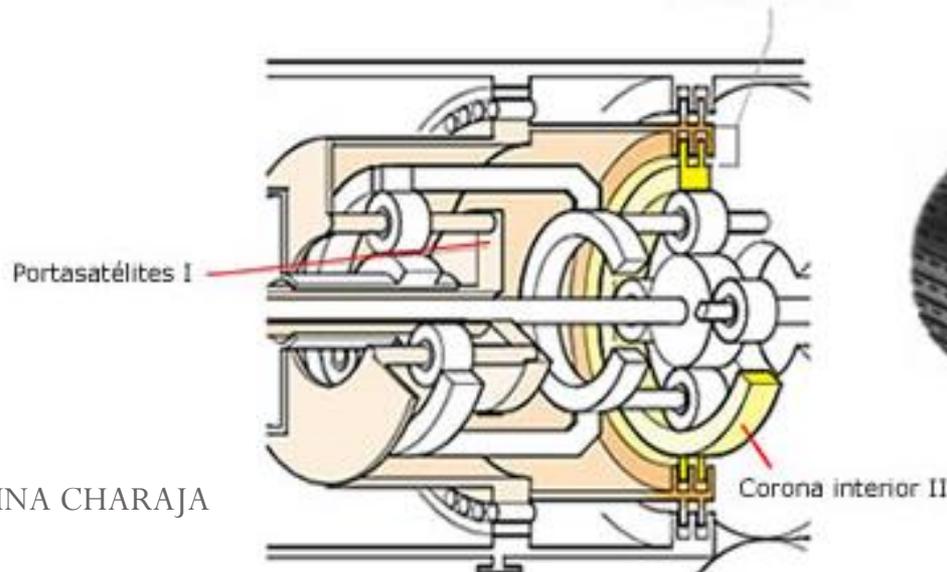


Foto real

El embrague K3: impulsa al portasatélites del conjunto planetario I. A través del K3 se conecta la tercera, cuarta y quinta marchas. Este embrague también tiene compensadas las fuerzas centrífugas.

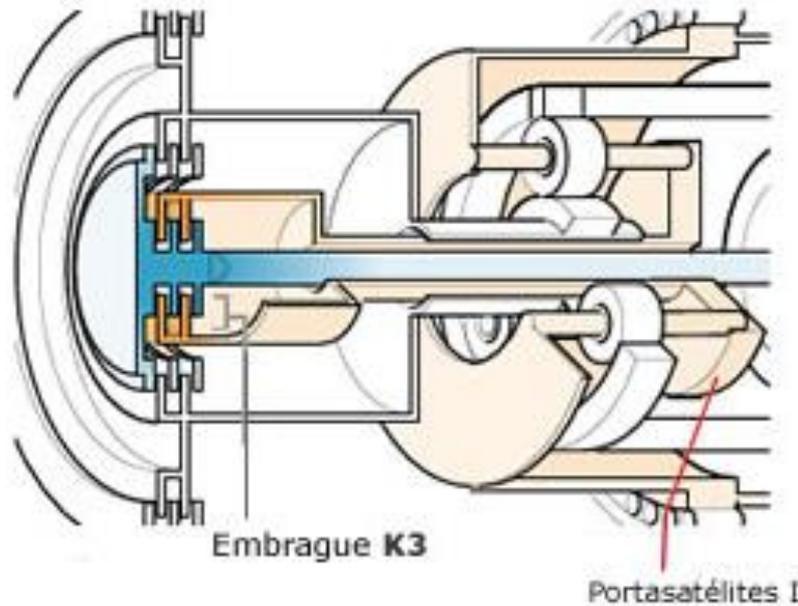


Foto real

El embrague K4: en la quinta marcha, se encarga de impulsar el planeta del conjunto planetario III. Es un embrague de válvula de bola.

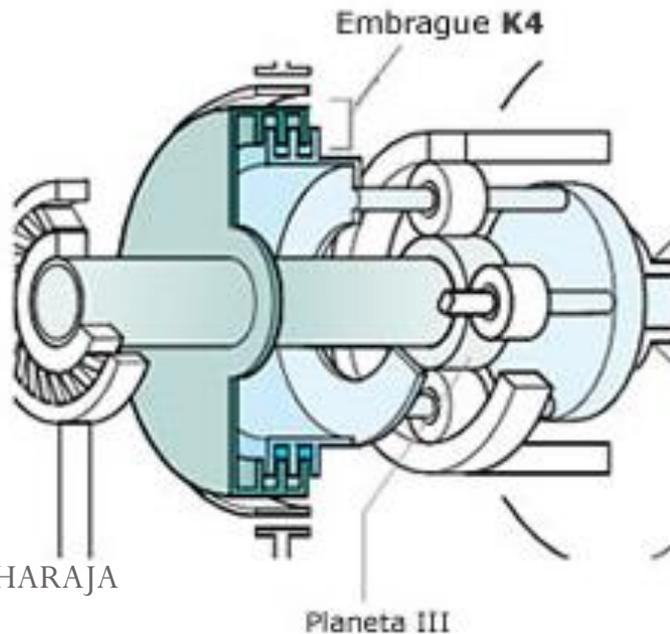


Foto real

# FRENOS EN CAJA AUTOMÁTICA TRIPTONIC

## Los frenos

En el cambio automático asumen la función de establecer las transmisiones de las marchas a base de retener componentes específicos en el conjunto planetario. En el cambio automático de 5 marchas se implantan diversos tipos de frenos:

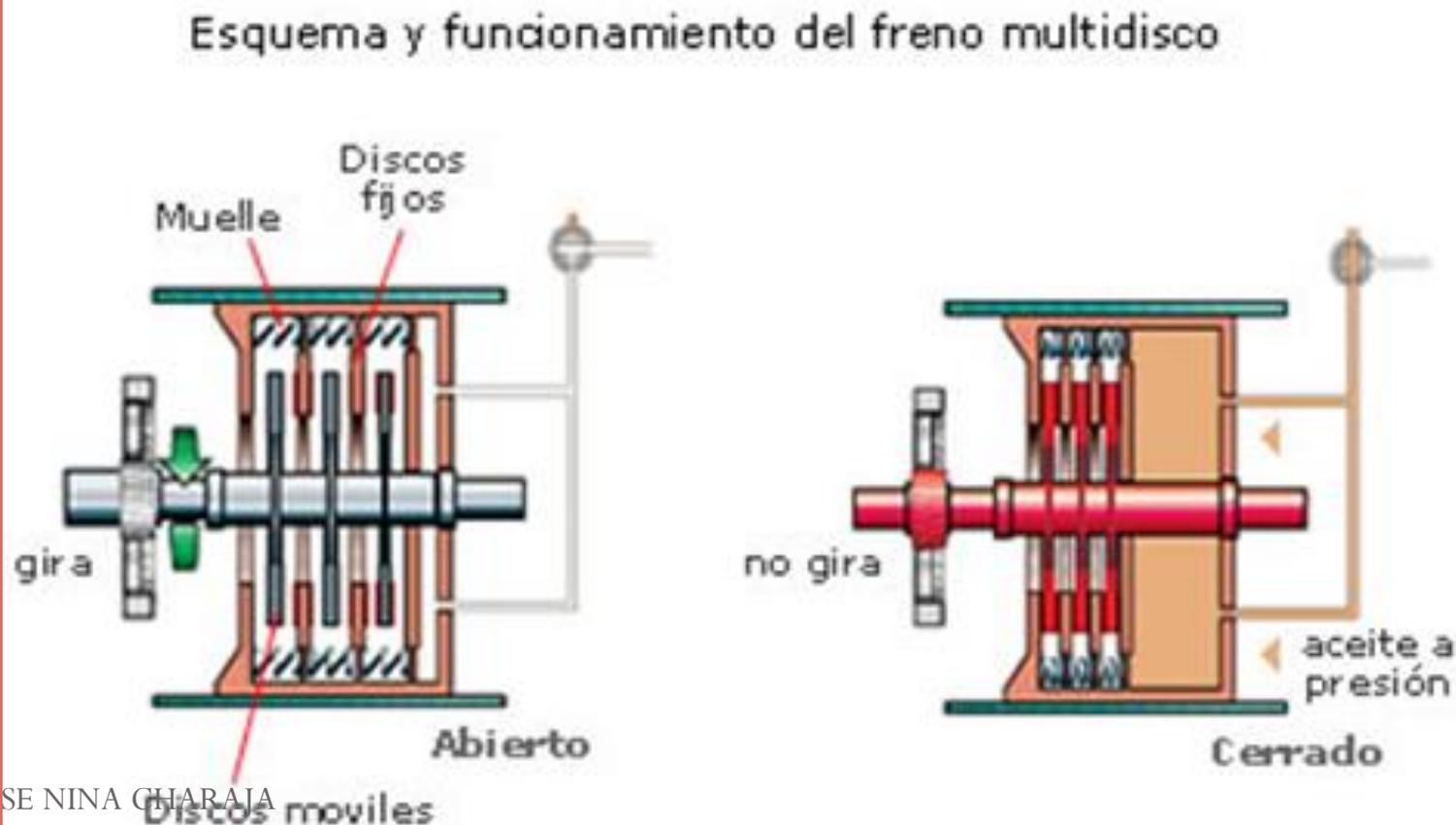
- dos frenos multidisco y
- un freno de cinta.

**Los frenos de cinta:** en el cambio automático asumen la misma función que los frenos de discos múltiples. Sin embargo, en este caso no se comprimen los paquetes de discos múltiples, sino que se aprieta una cinta de freno por la acción de un cilindro hidráulico. En la figura se puede apreciar, que al estar apretada la cinta de freno se retiene el planeta del engranaje planetario



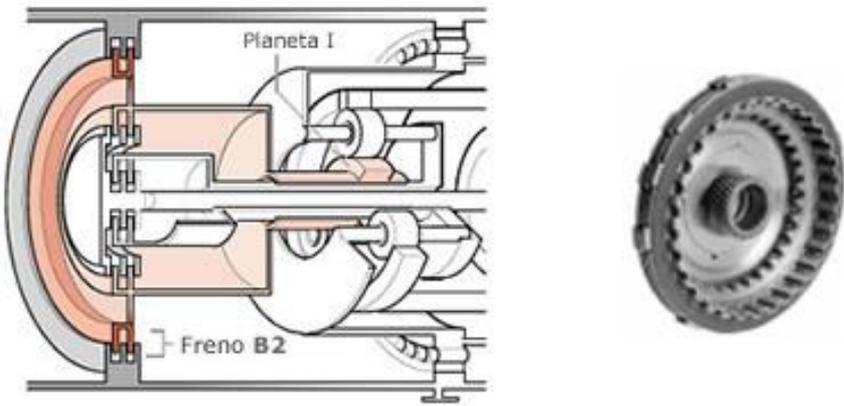
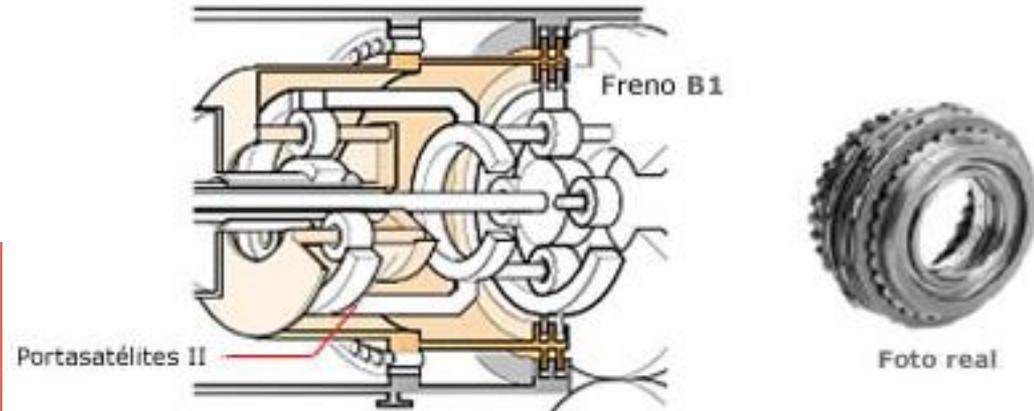
**Los frenos multidisco:** funcionan básicamente igual que los embragues de discos múltiples. Constan asimismo de dos paquetes de discos, que se comprimen por fuerza hidráulica. Contrariamente a los embragues, que impulsan componentes móviles del conjunto planetario, los frenos multidisco frenan estos componentes.

Su funcionamiento se basa: en el caso del freno B1, un paquete de discos se encuentra comunicado con la carcasa del cambio y el otro con el portasatélites del grupo planetario I. Si el freno ha de retener al portasatélites, la unidad de control envía aceite ATF a presión a través del distribuidor hidráulico hacia el paquete de discos múltiples.

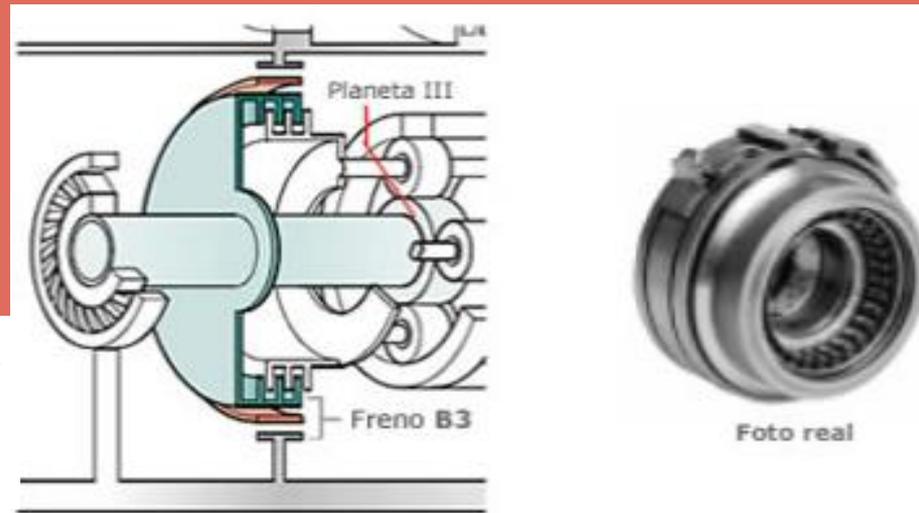


# Los frenos multidisco que participan en el funcionamiento del cambio son los siguientes:

El freno multidisco B1: retiene al portasatélites del engranaje planetario II en la marcha atrás y en la primera marcha de Tiptronic al frenar con el motor.



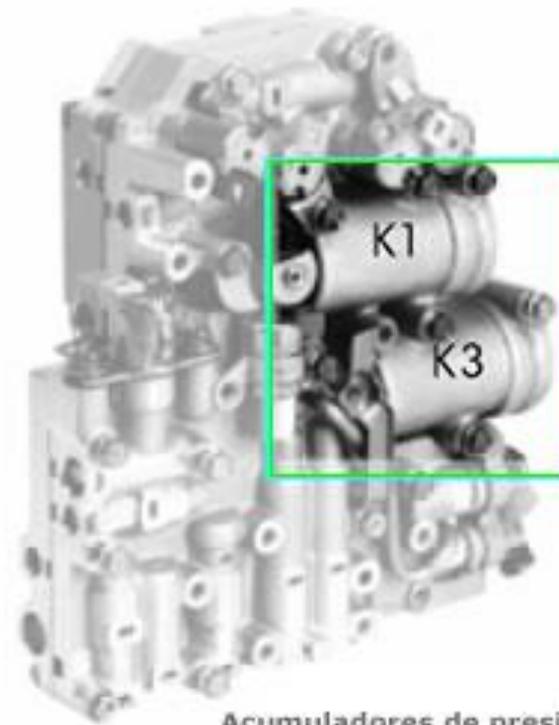
El freno multidisco B2: retiene el planeta del engranaje planetario I en segunda, cuarta y quinta marchas.



El freno de cinta B3: retiene el planeta del engranaje planetario III. Está cerrado en todas las marchas, excepto en la quinta.

## Acumuladores de presión

En los circuitos hidráulicos de los embragues K1, K3 y K4, así como del freno multidisco B2 se encuentra respectivamente un acumulador de presión. Hay otros dos acumuladores de presión instalados en la caja de selección y dos en la carcasa del cambio. Asumen la función de conferir características suaves al cierre de los embragues y del freno mencionados.



Acumuladores de presión en el distribuidor hidráulico para los embragues K1 y K3

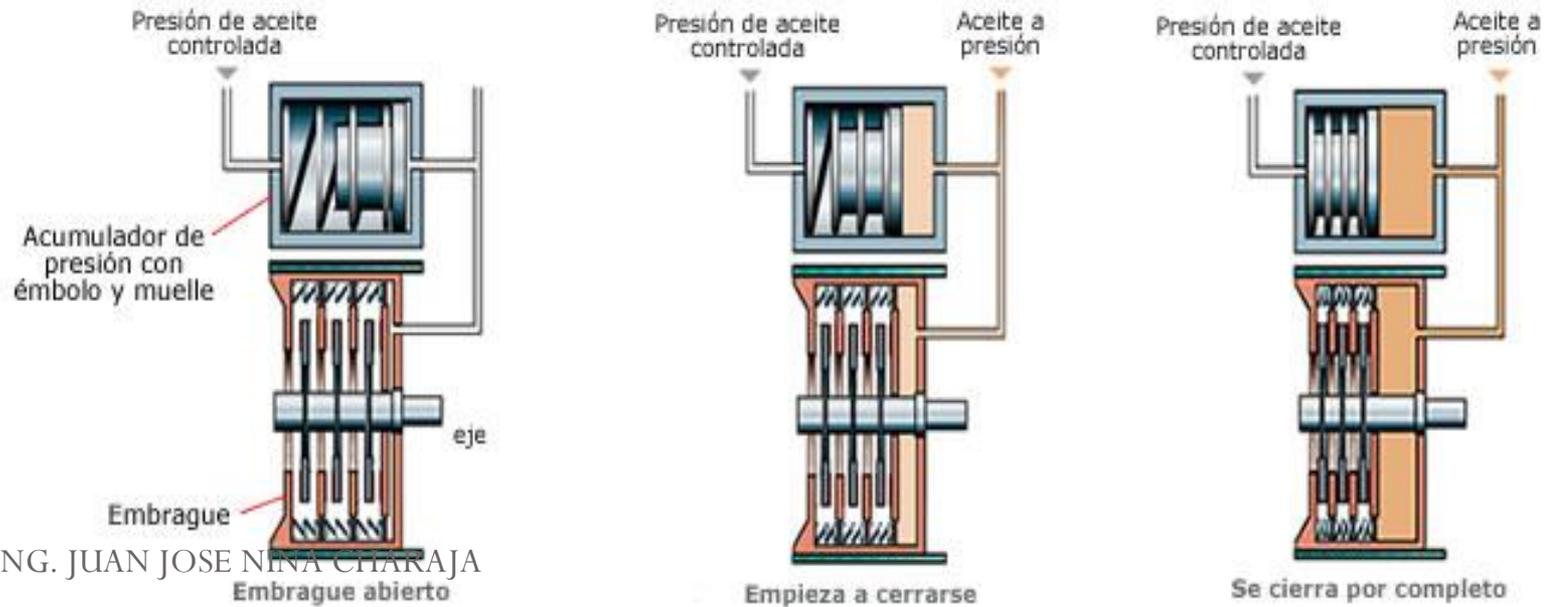
# Funcionamiento de los acumuladores de presión

Como ejemplo teniendo las siguientes condiciones: primera marcha, palanca selectora en posición «D». Si ha de cerrar uno de los embragues mencionados en la introducción a este tema o si ha de cerrar el freno, fluye aceite ATF a presión simultáneamente desde el distribuidor hidráulico hacia el acumulador de presión y hacia el embrague o freno que ha de cerrar.

En el acumulador de presión, el aceite oprime en contra de un émbolo sometido a presión de aceite y fuerza de muelle. De esa forma, una parte de la presión del aceite se «consume» para trabajar contra la fuerza del muelle y la presión del aceite que se opone, de modo que en el embrague no quede aplicada la plena presión del aceite. El embrague no cierra todavía por completo.

Sólo cuando el émbolo ha alcanzado su posición final, es cuando actúa toda la presión sobre el embrague, haciendo que cierre por completo. Esta operación se desarrolla en la misma forma en el caso de los embragues K3 y K4, así como del freno B2 y se repite con cada cambio de marcha.

Funcionamiento del embrague y acumulador de presión



# El control hidráulico la caja Tiptronic

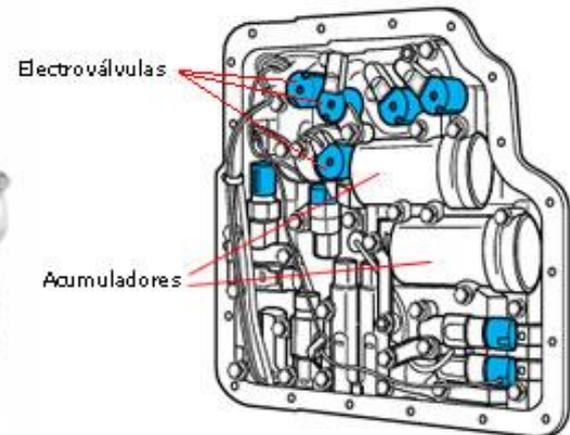
Desempeña la función de gestionar al momento preciso de activar los cambios automáticos para subir o bajar de marchas según sea la necesidad. Consta de los siguientes componentes:

- el distribuidor hidráulico con válvulas conmutadoras y dos acumuladores de presión
- las electroválvulas y
- el selector manual.

El distribuidor hidráulico: asume la función de adaptar la presión de la bomba del aceite ATF a la presión de conmutación y distribuirla hacia todos los órganos de conmutación o cambio.

Las electroválvulas: están dispuestas en el distribuidor hidráulico. Sus funciones son gestionadas por la unidad de control. A través de ellas se realizan todas las modificaciones de la presión del aceite en sus conductos y se suministra el aceite a presión para los embragues y frenos.

El selector manual: se acciona por medio de la palanca de cambios. Con su ayuda selecciona el conductor la gama de marchas que desea poner en vigor. La cuarta marcha y la marcha atrás las conecta directamente sin intervención de la unidad de control.



Distribuidor hidráulico

# FUNCIONAMIENTO DE LA CAJA AUTOMÁTICA TRIPTONIC (1ra y 2da)

Nota: En la I marcha del modo Tiptronic se cierra adicionalmente el freno B1. De esa forma se puede utilizar el freno motor.

**1ª velocidad**

- Entrada de par
- Flujo de par
- Salida de par
- Componentes retenidos

Rueda libre bloqueada Embrague K1

Planeta II

Rueda libre bloqueada

Freno B3

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

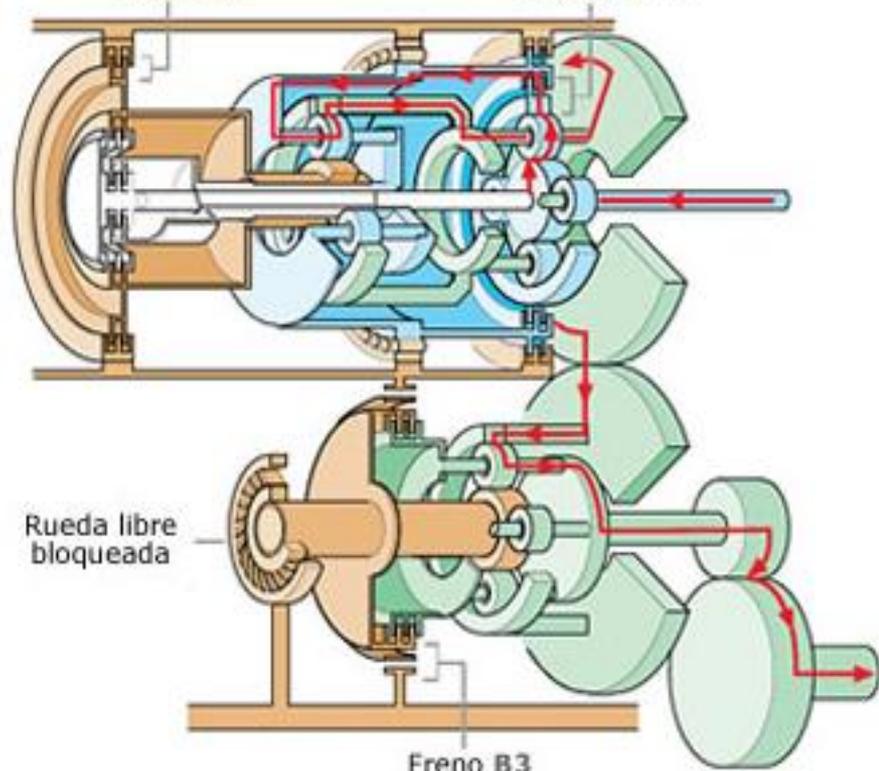
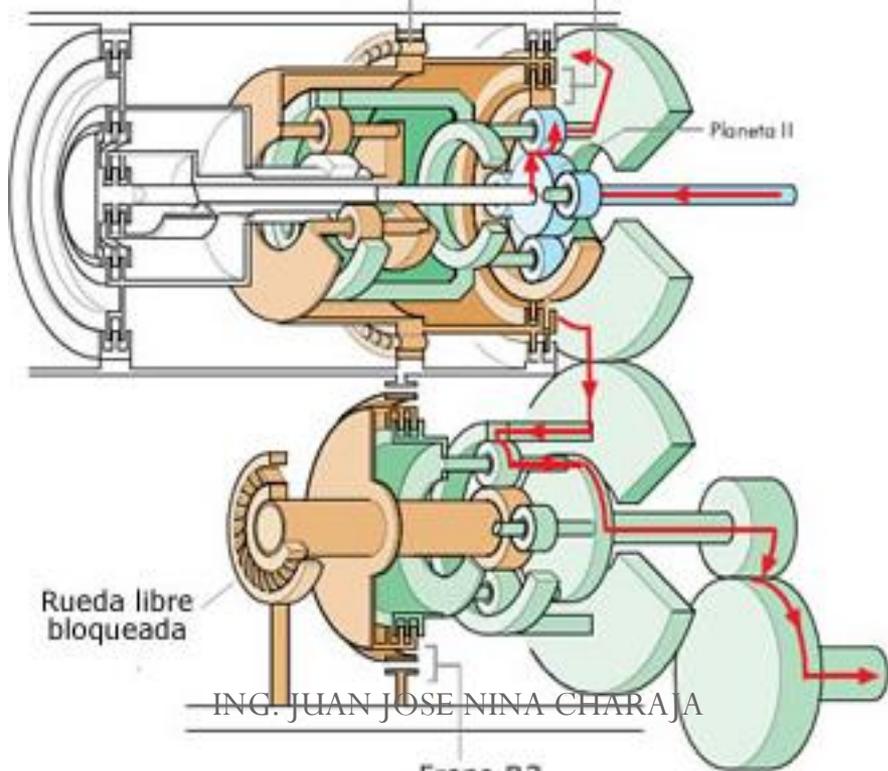
**2ª velocidad**

Freno B2

Embrague K1

Rueda libre bloqueada

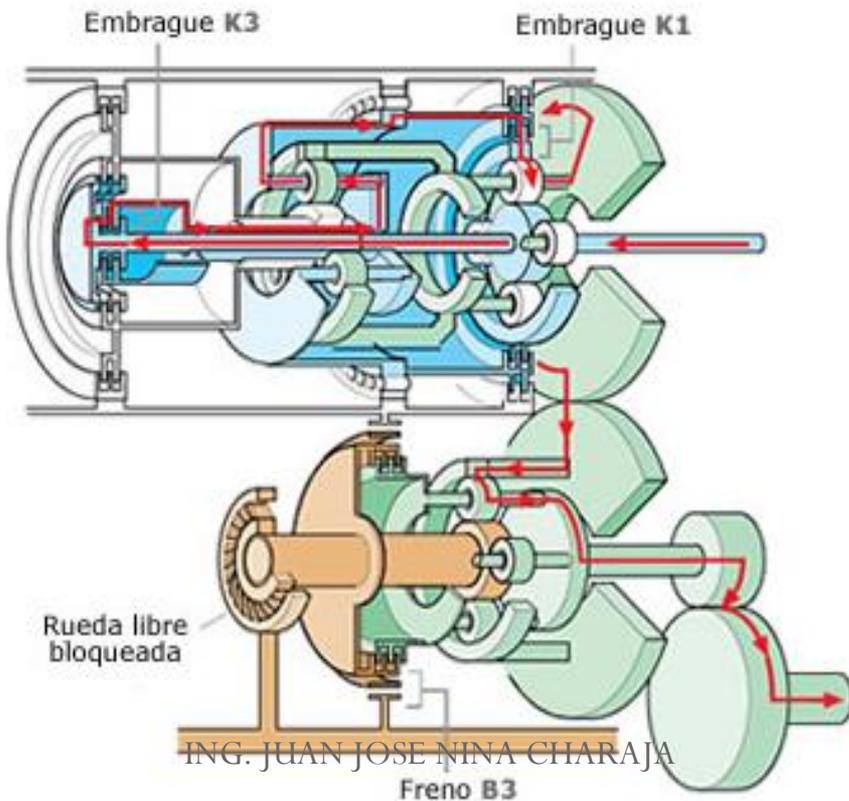
Freno B3



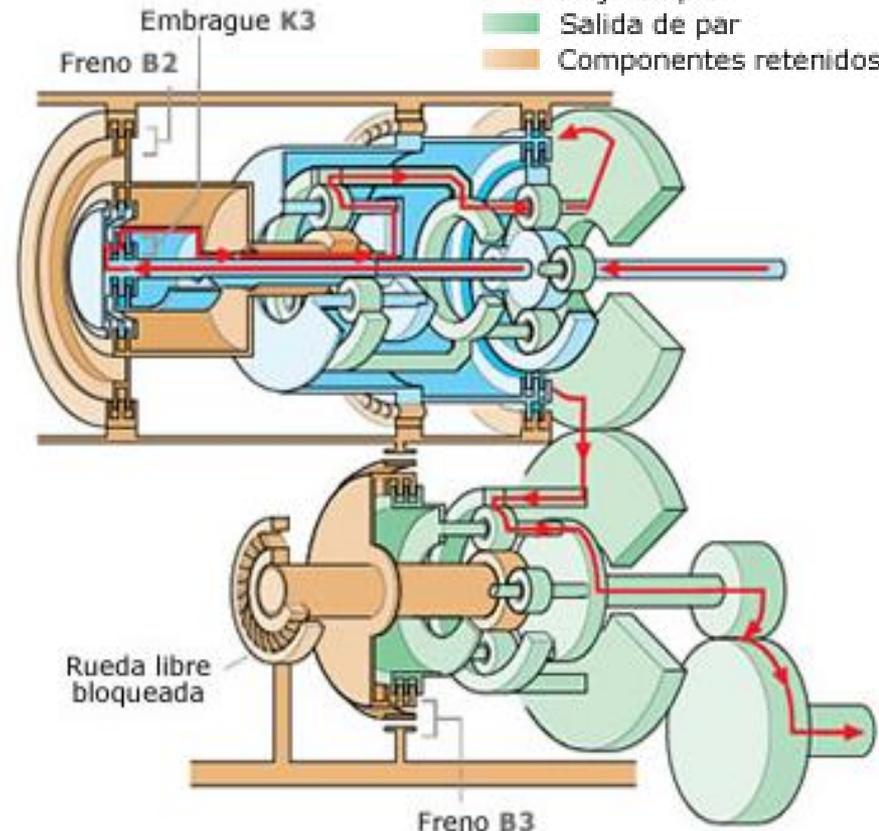
# FUNCIONAMIENTO DE LA CAJA AUTOMÁTICA TRIPTONIC (3ra y 4ta)

Componentes retenidos

**3ª velocidad**



**4ª velocidad**

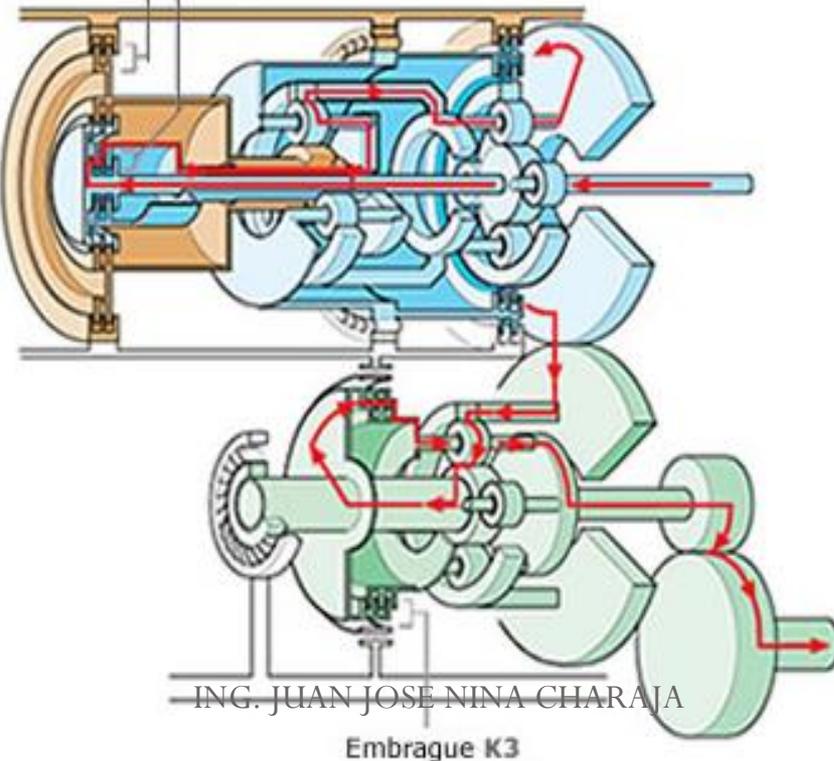


# FUNCIONAMIENTO DE LA CAJA AUTOMÁTICA TRIPTONIC (5ta y Reversa)

**5ª velocidad**

- Entrada de par
- Flujo de par
- Salida de par
- Componentes retenidos

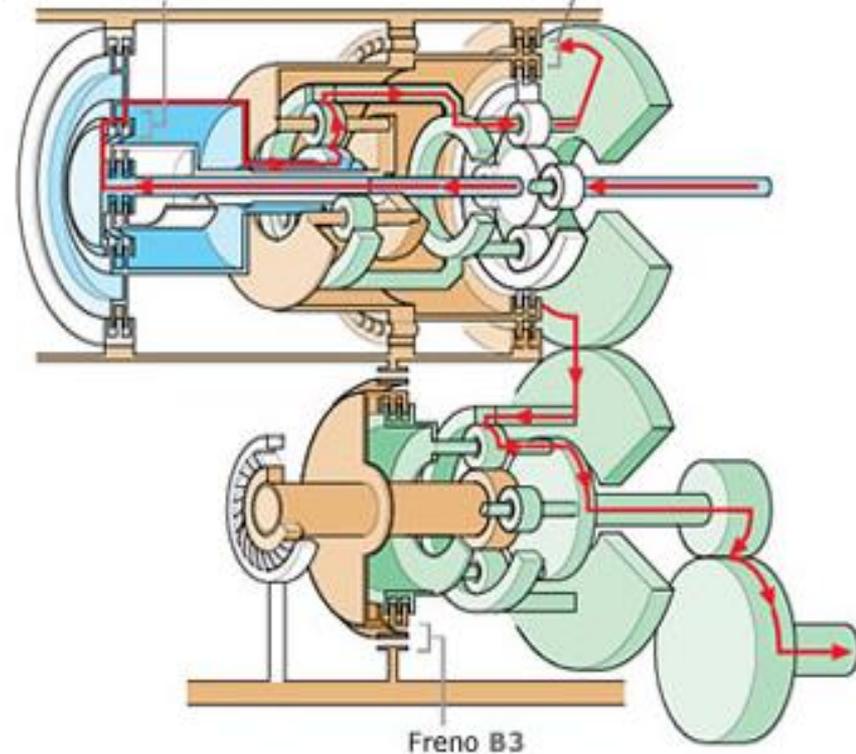
Freno B2  
Embrague K3



ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

**Marcha atrás**

Embrague K3  
Freno B1



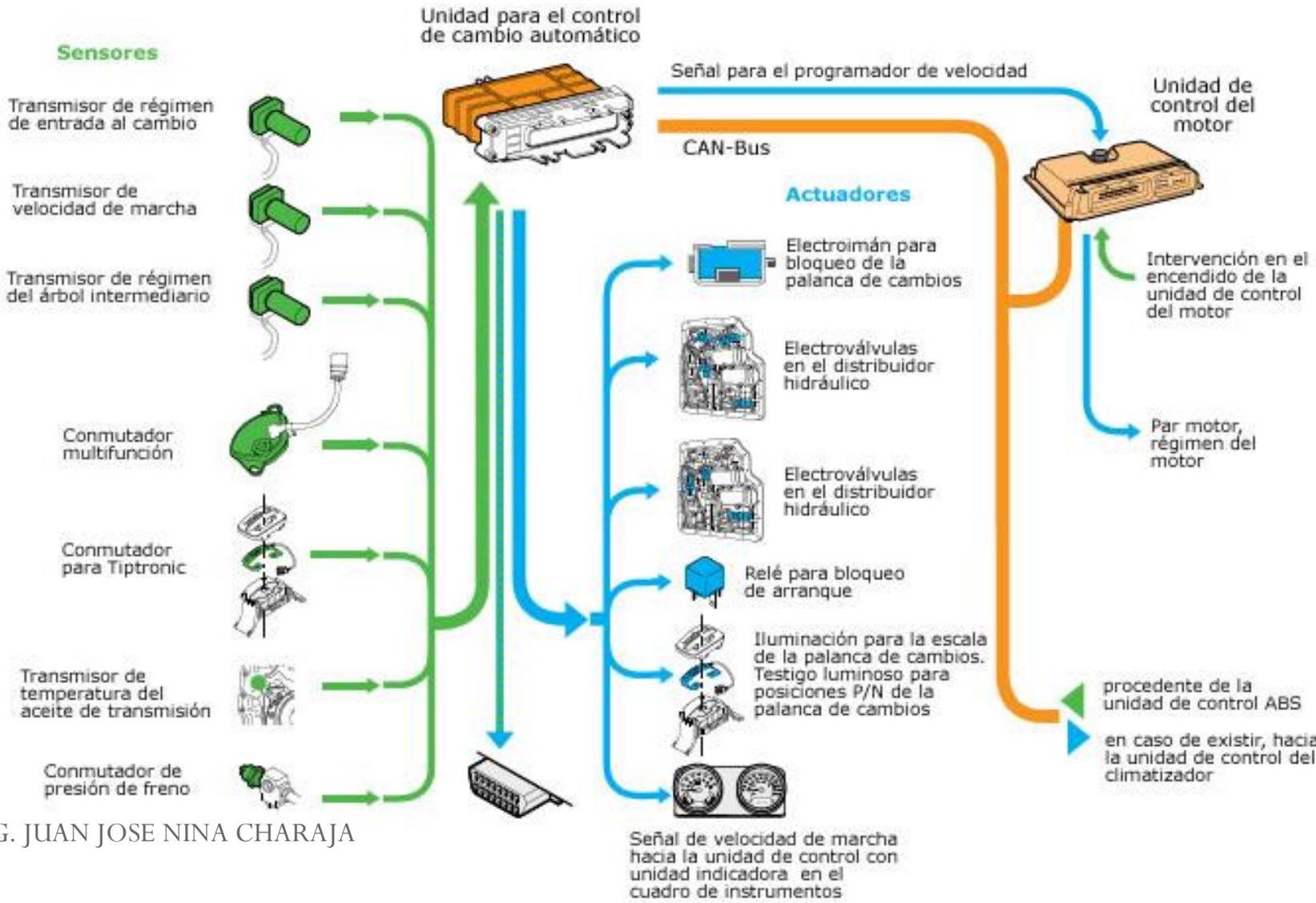
Freno B3

# Unidad de control

La unidad de control para cambio automático es el cerebro del cambio. Previo análisis de la información de entrada procedente de los sensores, gestiona las señales de salida para las funciones de los actuadores.

Marcha de emergencia  
Si se avería la unidad de control del cambio, sigue siendo posible conectar la cuarta marcha y la marcha atrás. Estas marchas se conectan mecánicamente en la caja de selección por medio de la palanca selectora y el selector manual.

Estructura del sistema de control de la caja de cambios Tiptronic

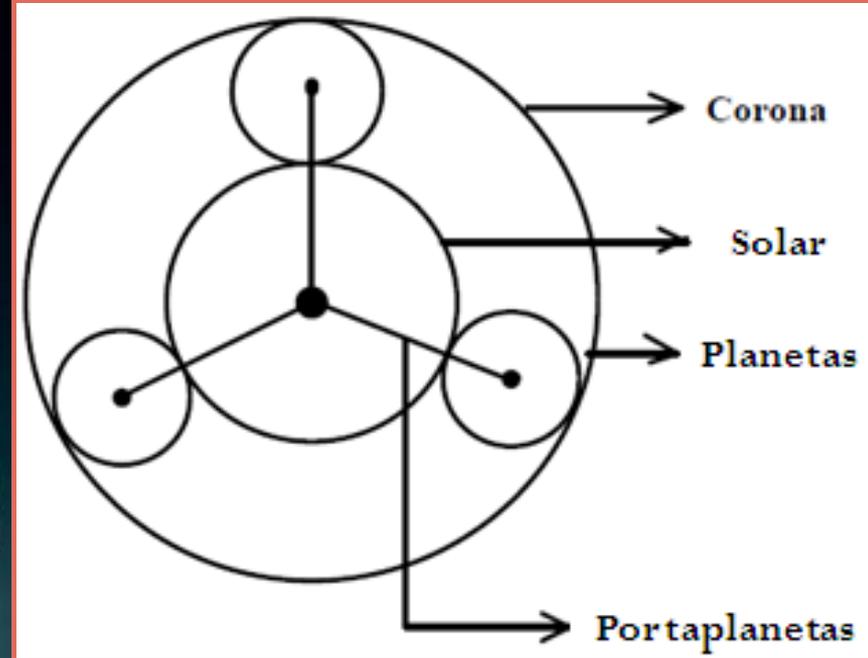


ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

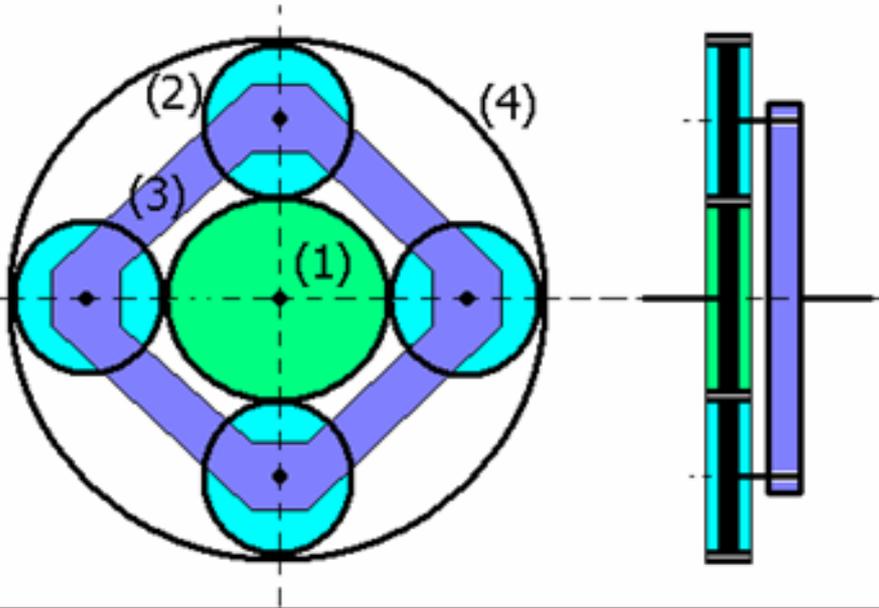
# TREN DE ENGRANES PLANETARIOS

NOTA:

En la caja de cambios secuencial, se requieren hacer los cambios uno tras otro (en secuencia) tanto para subir como para bajar, a diferencia de la caja de cambios convencional en la cual se puede pasar de cualquier cambio a cualquier otro.



# 1º LEY DE ENGRANAJES PLANETARIOS



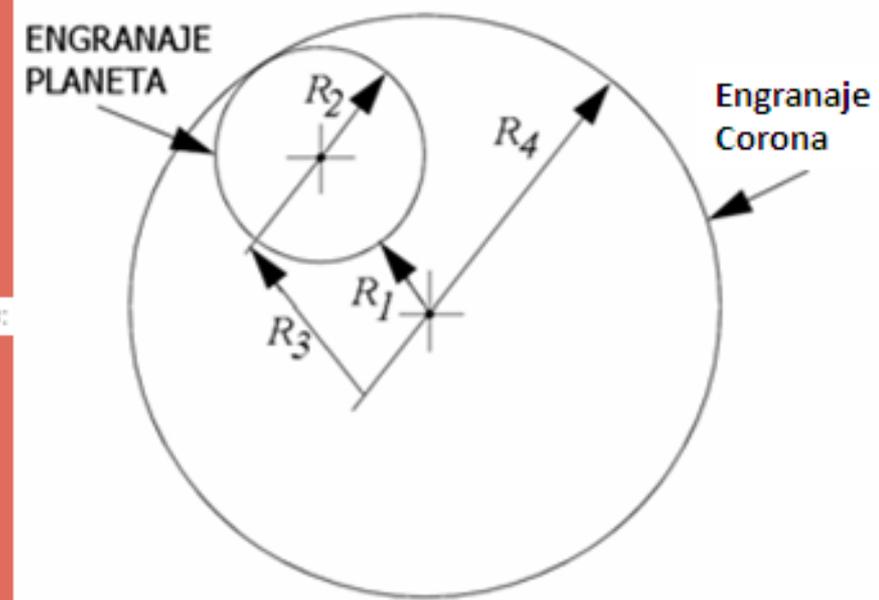
- (1) Engranaje Solar
- (2) Engranaje Planeta
- (3) Porta Planetas
- (4) Engranaje Corona

$$R_3 = R_1 + R_2 = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{Z_1 + Z_2}{2p_d} = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$$

$$R_3 = R_4 - R_2 = \frac{D_4 - D_2}{2} = \frac{Z_4 - Z_2}{2p_d} = \frac{m(Z_4 - Z_2)}{2}$$

Estas dos expresiones conducen a la *Primera ley de los engranajes planetarios*:

$$\frac{Z_1 + Z_2}{2p_d} = \frac{Z_4 - Z_2}{2p_d} \Rightarrow \boxed{Z_4 = Z_1 + 2Z_2} \quad (9.83)$$



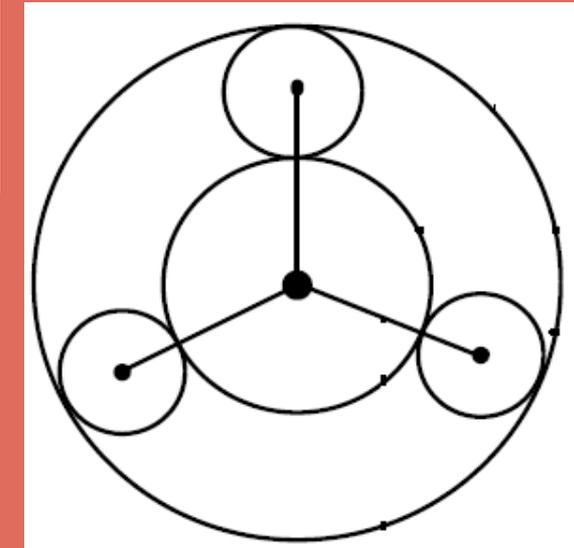
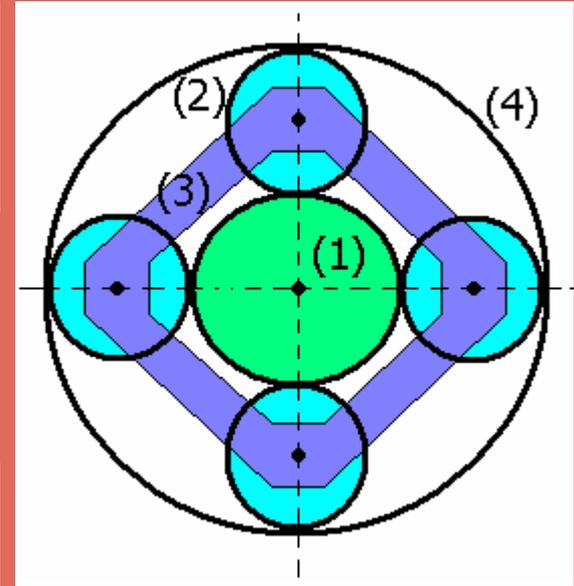
## 2° LEY DE ENGRANAJES PLANETARIOS

Para que los engranajes planetarios puedan engranar en forma simultánea, se debe verificar la *Segunda ley de los engranajes planetarios*, que se define según la siguiente expresión:

$$\frac{Z_1 + Z_4}{N_p} = n_I \quad \forall n_I \in \mathbb{N}^+ \quad (9.84)$$

Siendo  $N_p$  el número de engranajes planetarios (por lo general 3 o 4). La expresión (9.84) significa que  $n_I$  debe ser un número entero y positivo.

Debe recalcar que la ecuación (9.84) no es una ley estricta e inalterable, y existen casos en los cuales no se cumple.



# RELACIONES DE TRANSMISIÓN EN ENGRANES PLANETARIOS

Para el análisis de velocidades y de las relaciones de transmisión en un tren de engranajes planetarios, lo más sencillo es idealizar el movimiento como si se tratara de ruedas de contacto que rotan sin deslizar. El engranaje solar sirve como elemento de entrada y los engranajes planetas están condicionados a moverse entre el engranaje solar y el engranaje corona y son en definitiva el movimiento de salida. El engranaje corona puede estar fijo o girando o siendo conducido a una velocidad dada.

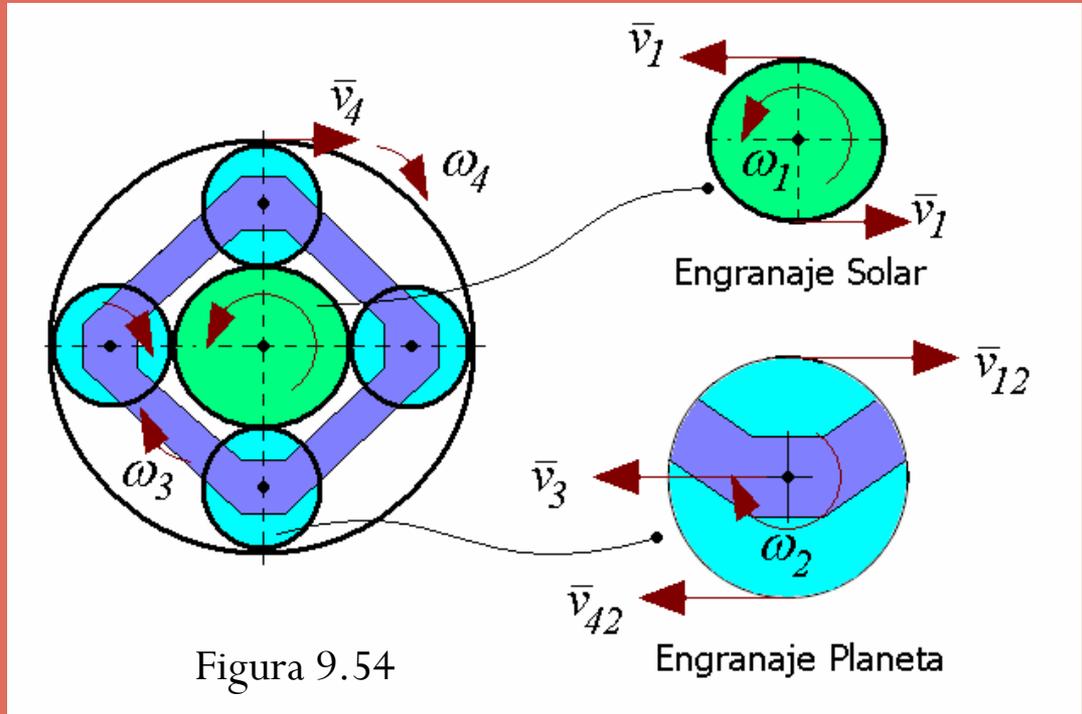


Figura 9.54

Entonces si se supone que el engranaje solar tiene una velocidad determinada  $\omega_1$  (positiva en sentido anti-horario, ver Figura 9.54), la velocidad tangencial de un punto sobre la circunferencia de paso del engranaje solar vendrá dada por:

$$\bar{v}_1 = (\omega_1 \hat{i}_z) \times (R_1 \hat{i}_r) = \frac{Z_1 \omega_1}{2p_d} \hat{i}_t \tag{9.85}$$

# RELACIONES DE TRANSMISIÓN EN ENGRANES PLANETARIOS

De forma análoga, la velocidad tangencial de un punto de la circunferencia de paso del engranaje corona viene dada por:

$$\bar{v}_4 = (-\omega_4 \hat{i}_z) \times (R_4 \hat{i}_r) = \frac{Z_4 \omega_4}{2 p_d} \hat{i}_t \quad (9.86)$$

El signo de la ecuación precedente está asociado al sentido de giro del engranaje corona (ver Figura 9.54).

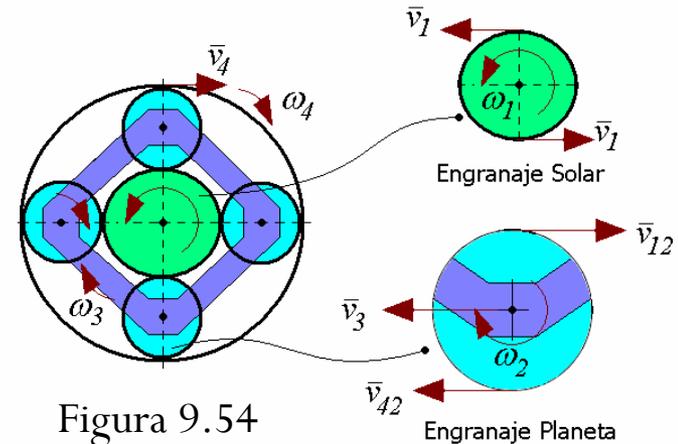


Figura 9.54

La velocidad de rotación de los engranajes planetas es un poco más complicada de obtener pues se trata de un movimiento de rotación alrededor de su propio eje y de traslación sobre una órbita circular de radio  $R_3$  (ver Figuras 9.53 a 9.54). Si el cuerpo porta-planetas rota a una velocidad  $\omega_3$ , entonces la velocidad tangencial de uno cualquiera de los centros de los engranajes planeta viene dada por:

$$\bar{v}_3 = (-\omega_3 \hat{i}_z) \times (R_3 \hat{i}_r) = -\frac{(Z_1 + Z_2) \omega_3}{2 p_d} \hat{i}_t \quad (9.87)$$

Las velocidades tangenciales  $\bar{v}_{12}$  y  $\bar{v}_{42}$  del engranaje planeta se obtienen como:

$$\bar{v}_{12} = -\frac{Z_2 \omega_2}{2 p_d} \hat{i}_t \quad \bar{v}_{42} = -\frac{Z_2 \omega_2}{2 p_d} \hat{i}_t \quad (9.88)$$

## RELACIONES DE TRANSMISIÓN EN ENGRANES PLANETARIOS

Ahora bien, la velocidad tangencial en el punto de contacto de las circunferencias de paso debe ser la misma tanto para el par Solar/Planetas ( $\bar{v}_1$ ) como para el par Planetas/Corona ( $\bar{v}_4$ ).

Esto se debe a la continuidad del movimiento de rotación y roto-translación (recordar la hipótesis). Entonces los módulos de las velocidades tangenciales vienen dadas por:

$$|\bar{v}_1| = \frac{Z_1 \omega_1}{2p_d} = \frac{(Z_1 + Z_2) \omega_3}{2p_d} - \frac{Z_2 \omega_2}{2p_d} \Rightarrow Z_1 \omega_1 = (Z_1 + Z_2) \omega_3 - Z_2 \omega_2 \quad (9.89.a)$$

$$|\bar{v}_4| = \frac{Z_4 \omega_4}{2p_d} = \frac{(Z_1 + Z_2) \omega_3}{2p_d} + \frac{Z_2 \omega_2}{2p_d} \Rightarrow Z_4 \omega_4 = (Z_1 + Z_2) \omega_3 + Z_2 \omega_2 \quad (9.89.b)$$

Si se elimina  $\omega_2$  de entre las dos ecuaciones anteriores se tiene:

$$\boxed{Z_4 \omega_4 + Z_1 \omega_1 = 2(Z_1 + Z_2) \omega_3} \quad (9.90)$$

Teniendo presente la condición (9.83), la ecuación (9.90) se transforma en:

$$\boxed{Z_4 \omega_4 + Z_1 \omega_1 = (Z_1 + Z_4) \omega_3} \quad (9.91)$$

Las ecuaciones (9.90) y (9.91) son las expresiones genéricas de la relación de velocidades de rotación del tren de engranajes planetarios.

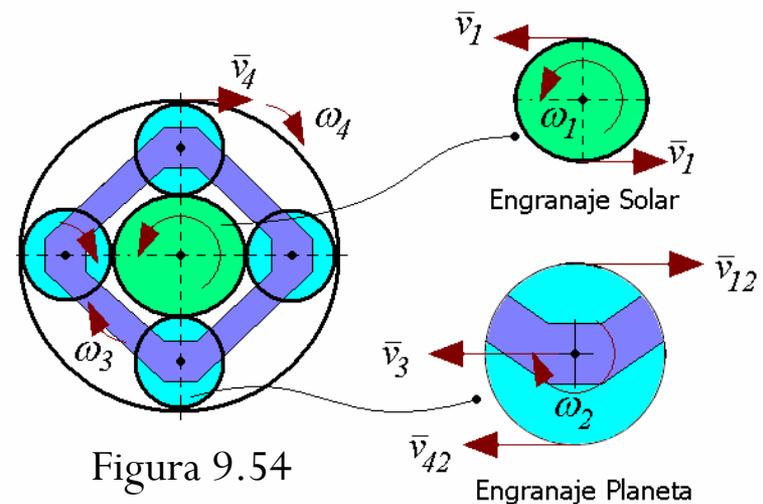


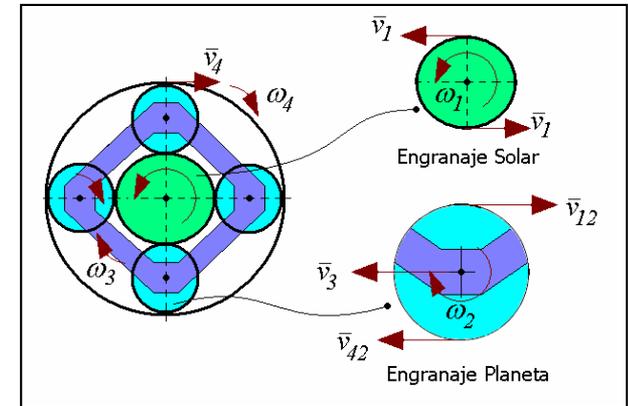
Figura 9.54

# RELACIONES DE TRANSMISIÓN EN ENGRANES PLANETARIOS

Las ecuaciones (9.90) y (9.91) son las expresiones genéricas de la relación de velocidades de rotación del tren de engranajes planetarios.

Ahora bien, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- a) El engranaje corona esta fijo ( $\omega_4 = 0$ )
- b) El engranaje solar esta fijo ( $\omega_1 = 0$ )
- c) El porta-planetas esta fijo ( $\omega_3 = 0$ )
- d) Que se pueda fijar una relación entre las velocidades del engranaje solar y del engranaje corona ( $\omega_4 = \kappa_r \omega_1$ )



Para el caso a) empleando las ecuaciones (9.90) o (9.91) se puede obtener:

$$\frac{\omega_1}{\omega_3} = 2 \left( 1 + \frac{Z_2}{Z_1} \right) \quad \text{o} \quad \frac{\omega_1}{\omega_3} = \left( 1 + \frac{Z_4}{Z_1} \right) \quad (9.92.a)$$

Para el caso b) empleando las ecuaciones (9.90) o (9.91) se puede obtener:

$$\frac{\omega_4}{\omega_3} = 2 \left( \frac{Z_1}{Z_4} + \frac{Z_2}{Z_4} \right) \quad \text{o} \quad \frac{\omega_4}{\omega_3} = \left( 1 + \frac{Z_1}{Z_4} \right) \quad (9.92.b)$$

Para el caso c) empleando las ecuaciones (9.90) o (9.91) se puede obtener:

$$\frac{\omega_4}{\omega_1} = - \frac{Z_1}{Z_4} \quad (9.92.c)$$

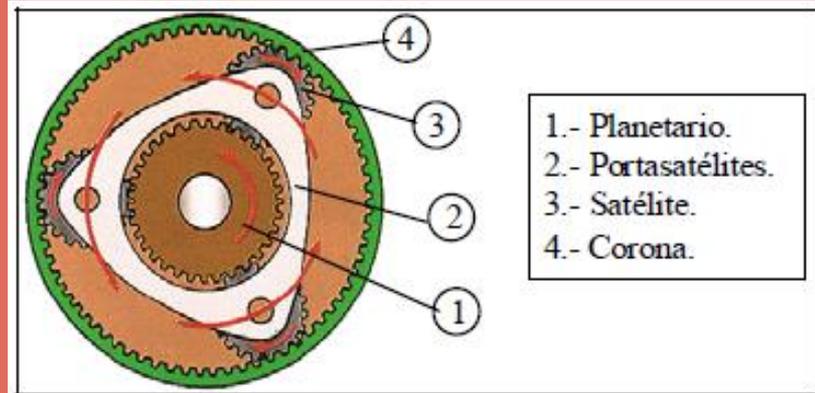
Para el caso d) empleando la (9.91) se tiene:

$$\frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{(Z_1 + Z_4) \left( 1 + \frac{Z_4}{Z_1} \right)}{(Z_1 + \kappa_r Z_4) \left( 1 + \kappa_r \frac{Z_4}{Z_1} \right)} \quad \kappa_r \in [0,1] \quad (9.92.d)$$

Nótese que el caso d) es bastante general y contiene al caso a) como caso particular. Este caso permite efectuar un control de velocidad de salida (la del porta planetas) mediante una variación en la constante  $\kappa_r$ , es decir de la velocidad de engranaje anillo.

# RELACIONES DE TRANSMISIÓN EN ENGRANES PLANETARIOS

En las cajas de cambios de engranajes planetarios se puede cambiar de marcha frenando y liberando los distintos elementos. Los trenes de engranajes planetarios o en *epihipocicloide*, tienen unas relaciones de transmisión que se calculan como sigue:



## • Parte epicycloidal:

Considerando la velocidad del punto de contacto se obtiene:

$$\omega_s \cdot r_s + \omega_p \cdot r_p = \omega_{ps} \cdot r_{ps}$$

Como  $r_{ps} = r_p + r_s \Rightarrow$

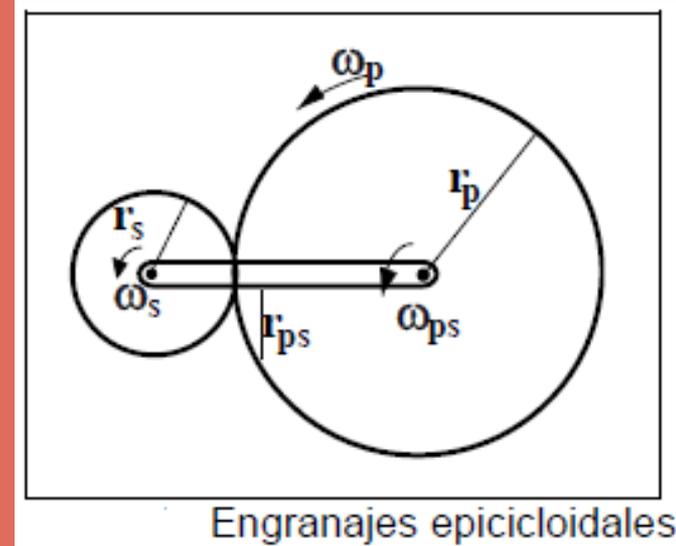
$$\omega_s \cdot r_s + \omega_p \cdot r_p = \omega_{ps} \cdot (r_{ps} + r_s)$$

Operando se tiene:

$$\begin{aligned} \omega_s \cdot r_s + \omega_p \cdot r_p &= \omega_{ps} \cdot r_p + \omega_{ps} \cdot r_s \\ (\omega_s - \omega_{ps}) \cdot r_s &= (\omega_{ps} - \omega_p) \cdot r_p \Rightarrow (\omega_s - \omega_{ps}) \cdot r_s = -(\omega_p - \omega_{ps}) \cdot r_p \end{aligned}$$

$$\frac{\omega_p - \omega_{ps}}{\omega_s - \omega_{ps}} = -\frac{r_s}{r_p} \quad (I)$$

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA



Engranajes epicycloidales

# RELACIONES DE TRANSMISIÓN EN ENGRANES PLANETARIOS

## • Parte hipocicloidal:

Considerando la velocidad de punto de contacto se obtiene:

$$\omega_{ps} \cdot r_{ps} + \omega_s \cdot r_s = \omega_c \cdot r_c$$

Como  $r_{ps} = r_c - r_s \Rightarrow$

$$\omega_{ps} \cdot (r_c - r_s) + \omega_s \cdot r_s = \omega_c \cdot r_c \Rightarrow$$

$$\omega_{ps} \cdot r_c - \omega_{ps} \cdot r_s + \omega_s \cdot r_s = \omega_c \cdot r_c$$

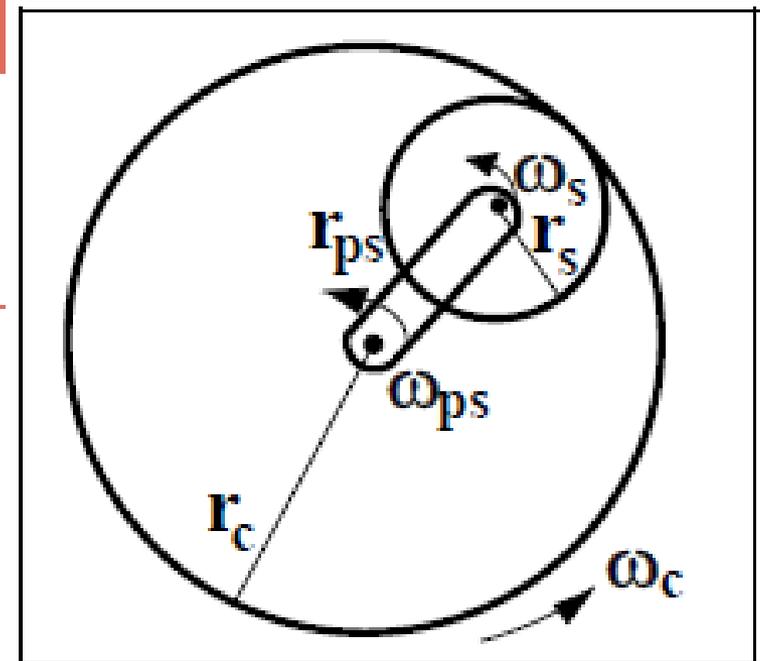
$$(\omega_s - \omega_{ps}) \cdot r_s = (\omega_c - \omega_{ps}) \cdot r_c \Rightarrow$$

$$\frac{\omega_s - \omega_{ps}}{\omega_c - \omega_{ps}} = \frac{r_c}{r_s} \quad (II)$$

Multiplicando (I) y (II) se obtiene:

$$\frac{\omega_p - \omega_{ps}}{\omega_s - \omega_{ps}} \cdot \frac{\omega_s - \omega_{ps}}{\omega_c - \omega_{ps}} = -\frac{r_c}{r_p} \Rightarrow$$

$$\frac{\omega_p - \omega_{ps}}{\omega_c - \omega_{ps}} = \frac{r_c}{r_p} \quad (III)$$



Engranajes hipocicloidales

Las ecuaciones (I), (II) y (III) relacionan las velocidades de giro de corona, satélite, portasatélites y planetario en función de sus radios.

# ECUACIONES PARA TREN DE ENGRANES PLANETARIOS

Relación de transmisión:

$$i_t = \frac{n_{\text{entrada relativo al brazo}}}{n_{\text{salida relativo al brazo}}} = \frac{n_e - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = \frac{\text{producto de } n^{\circ} \text{ de dientes eng. conducidos}}{\text{producto de } n^{\circ} \text{ de dientes eng. conductores}}$$

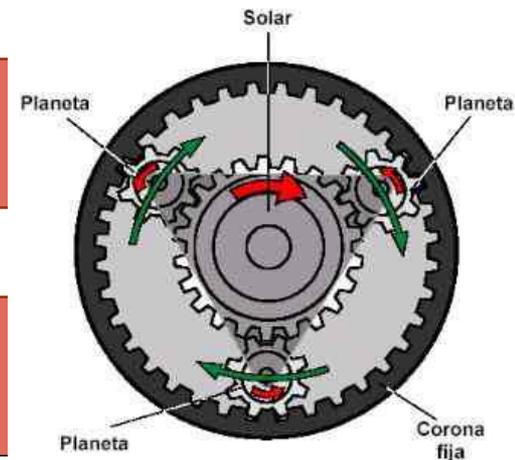
Los dientes en los engranajes solar, planetario y corona deben tener el mismo paso diametral y el número de dientes está relacionado por:

$$z_{\text{corona}} = z_{\text{solar}} + 2 \cdot z_{\text{planetario}}$$

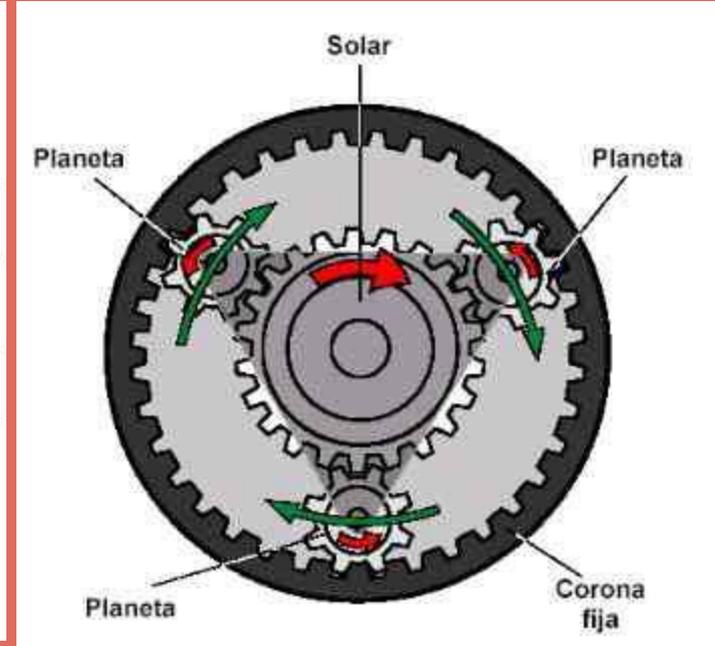
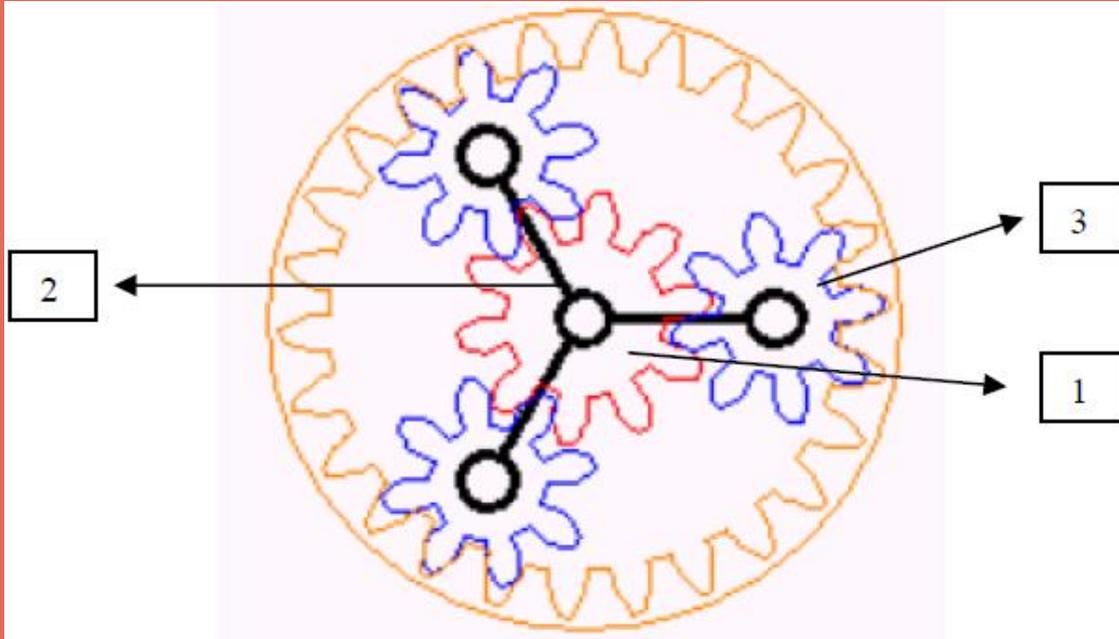
Las energías/Potencias de entrada y salida del tren deben ser iguales.

$$T_{\text{entrada}} \cdot n_{\text{entrada}} = T_{\text{salida}} \cdot n_{\text{salida}}$$

ING. JUAN JOSE MINA CHARAJA



# ECUACIONES PARA TREN DE ENGRANES PLANETARIOS



1. Solar ó Planetario
2. Brazo ó Portasatélite ó Portaplanetas
3. Planetas ó Satélites

## Nomenclatura

$n'_s$  = velocidad angular de la rueda de salida del tren fijo

$n'_e$  = velocidad angular de la rueda de entrada del tren fijo

$n_s$  = velocidad angular de la rueda de salida del tren epicicloidal

$n_e$  = velocidad angular de la rueda de entrada del tren epicicloidal

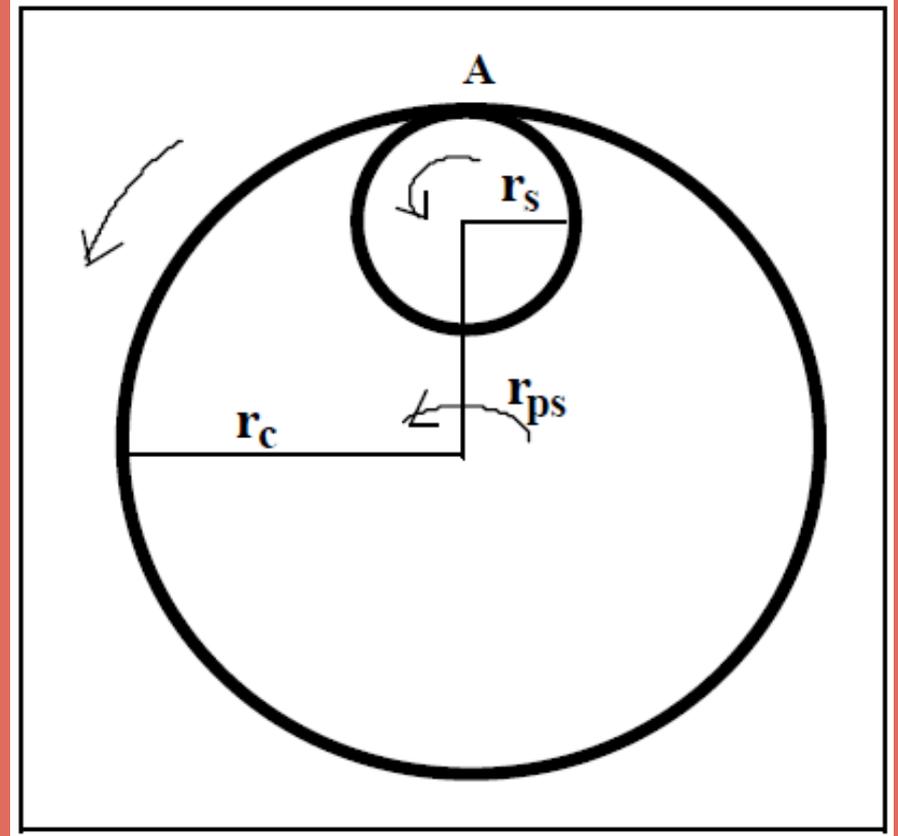
$n_b$  = velocidad del brazo

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

En los trenes de engranajes a la relación de transmisión se le atribuye signo positivo si los sentidos de giro de entrada y de salida son iguales, y negativo si son opuestos.

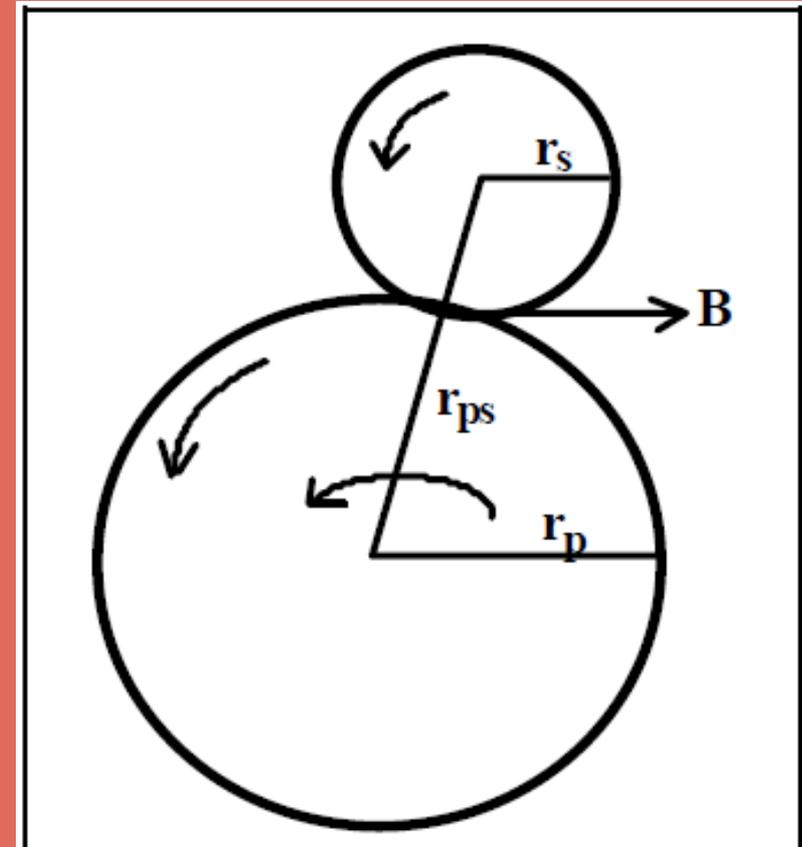
# TREN HIPOCICLOIDAL

$$i = \frac{n_c - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = \frac{z_s}{z_c} = \frac{r_s}{r_c}$$



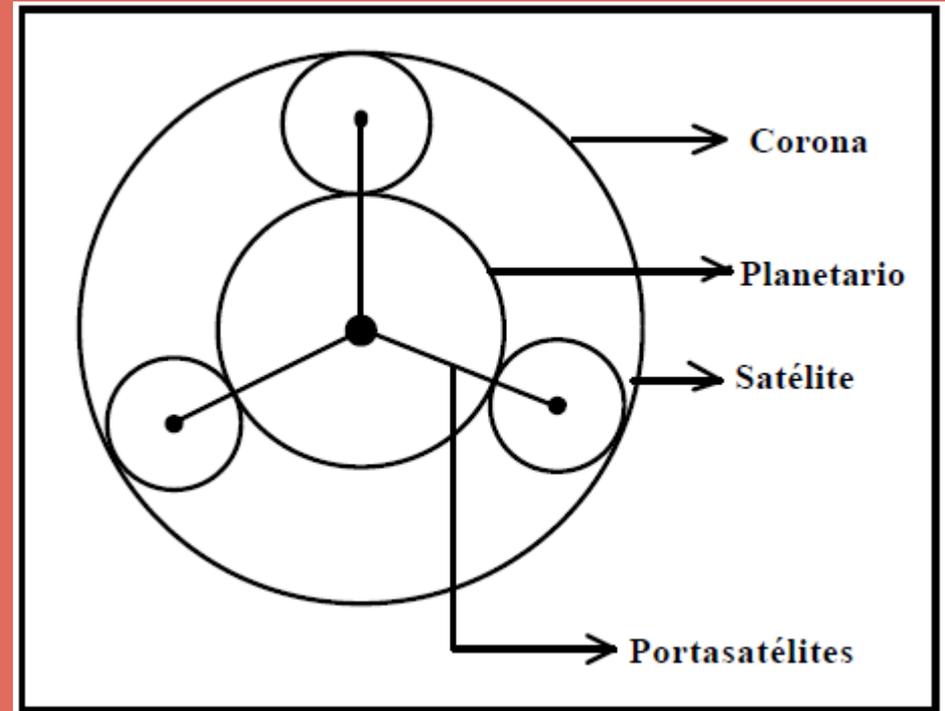
# TREN HEPICICLOIDAL

$$i = \frac{n_p - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = -\frac{z_s}{z_p} = -\frac{r_s}{r_p}$$

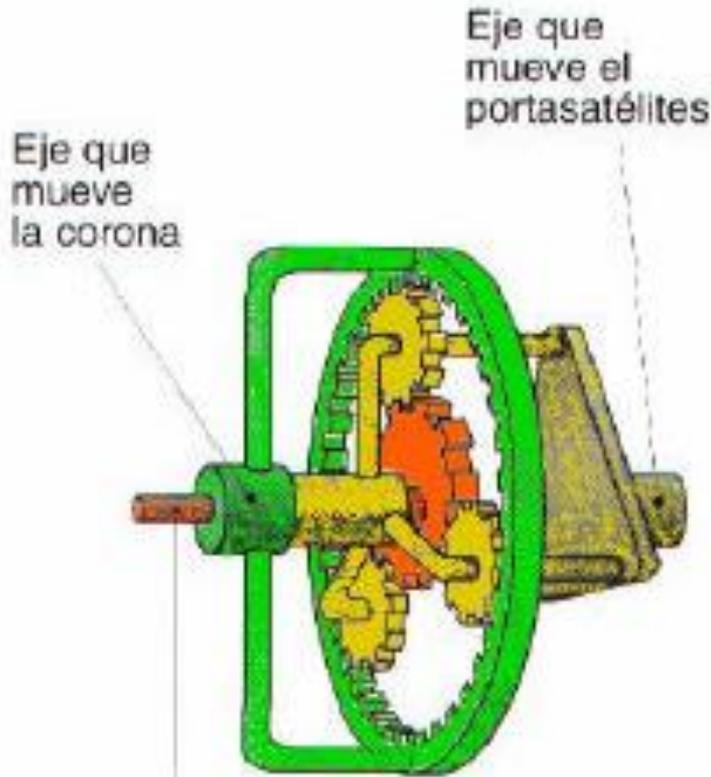


# TREN DE ENGRANES PLANETARIOS

$$i = \frac{n_p - n_{\text{brazo}}}{n_c - n_{\text{brazo}}} = -\frac{z_c}{z_p} = -\frac{r_c}{r_p}$$



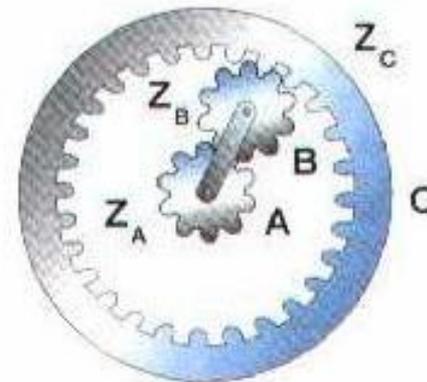
# TREN DE ENGRANAJES PLANETARIOS



Eje que mueve el planetario

ING. HUAN JOSE NINA CHARAJA

En la ilustración se representa un ejemplo de tren planetario, en el que la rueda B es una rueda satélite, puesto que su eje de rotación se puede mover gracias a una barra fijada entre su centro y el de la rueda A. Un tren de engranajes ofrece varias posibilidades en lo que respecta a la relación de transmisión. Por ejemplo, en el tren de la figura se puede fijar la rueda A al bastidor y considerar la relación de transmisión entre el giro de la rueda C y el de la barra que sujeta a la rueda B. O se puede anclar la rueda C al bastidor, y considerar la relación de transmisión entre el giro del engranaje A y el de la barra que sujeta a la rueda B. Si se anda el eje de giro del engranaje B al bastidor, el tren de engranajes pasa a ser ordinario. O incluso se puede proporcionar al tren dos movimientos de rotación en los engranajes A y C, y tener la salida en la barra; de esta forma, se dispone de un mecanismo de ligazón libre.



# TRENES EPICICLOIDALES

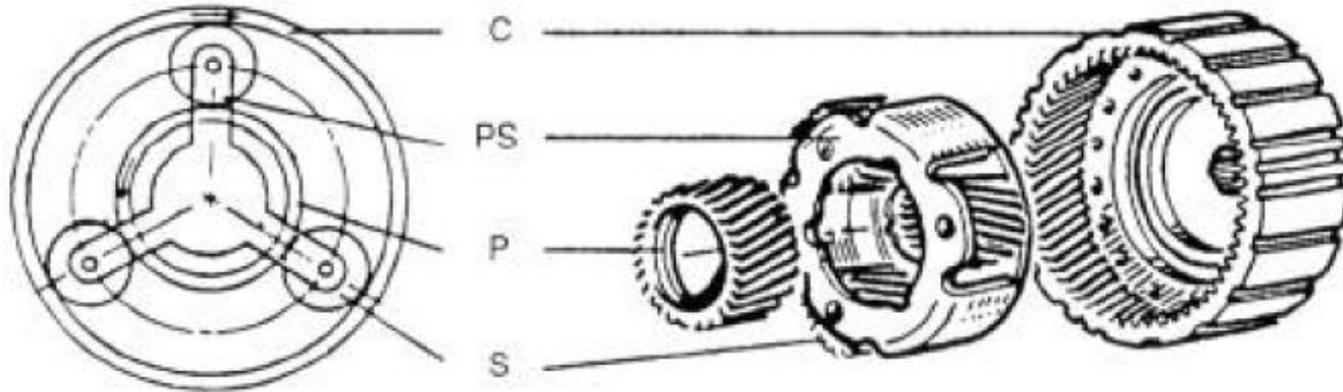
El juego de engranajes realiza varias funciones:

- Incrementar la velocidad y reducir el par.
- Reducir la velocidad e incrementar el par.
- Invertir el sentido de rotación ( marcha atrás)
- Actuar como un único eje.
- Acoplamiento entre el eje conducido y el conductor.

Si mantenemos fijo uno de los elementos de engrane y se hace girar otro puede haber un aumento de velocidad, una disminución de velocidad ó una inversión de giro en función de la combinación que realicemos.

Si se mantiene fijo entre si ó solidarios dos elementos el equipo de engrane actúa como un eje único. Si no se mantiene fijo ninguno de los elementos, no se produce transmisión de potencia. Analicemos cada caso:

# TRENES EPICICLOIDALES

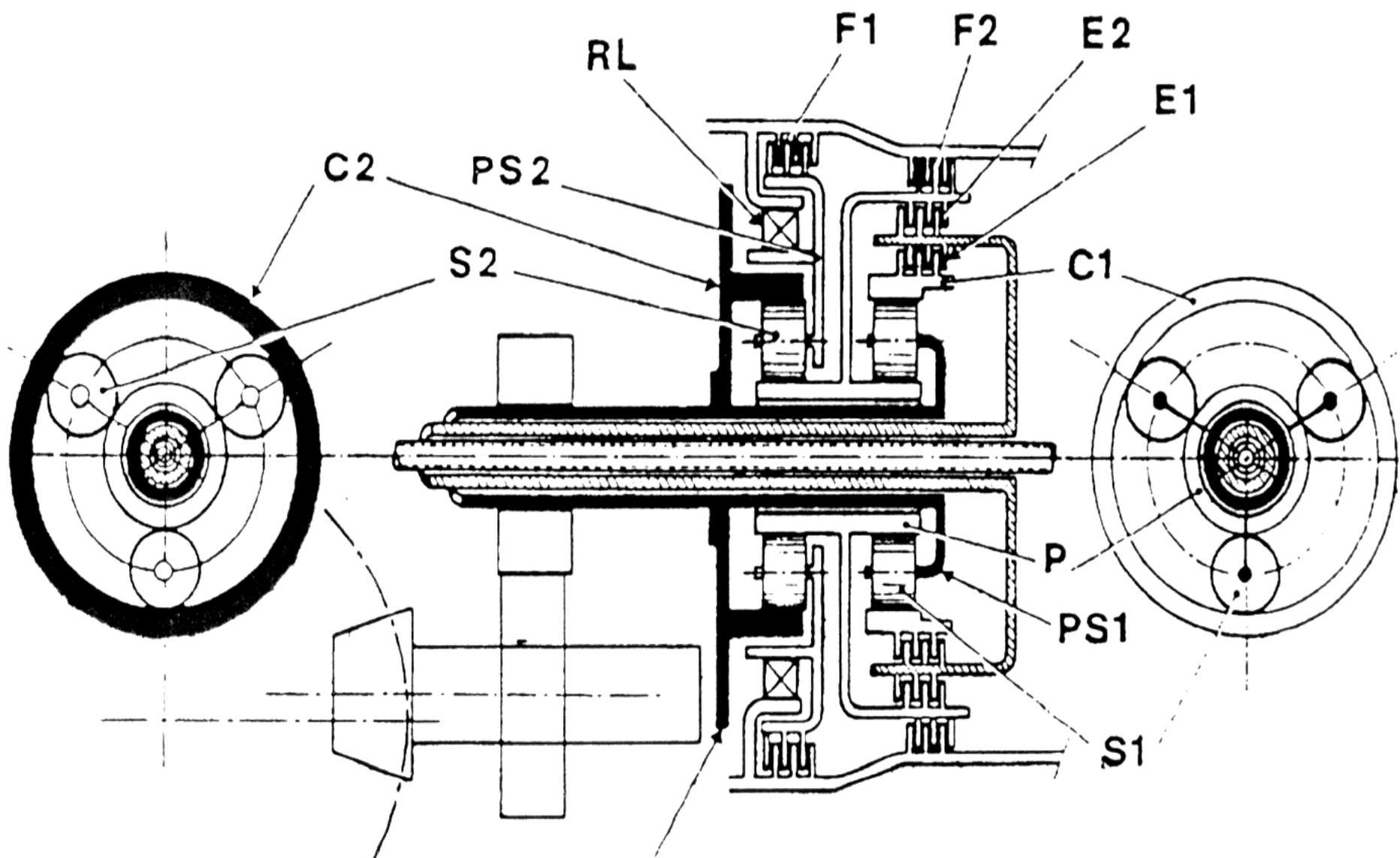


C: corona  
 P: piñón planetario  
 PS: portasatélites  
 S: satélite

Este mecanismo ofrece tres movimientos de giro concéntrico (C, p, PS). Sin embargo, en una caja de velocidades los ejes de entrada y salida son Únicos, por lo que uno de los tres giros parece redundante. De hecho, las diferentes relaciones de marcha se obtendrán eliminando ese giro redundante de diferentes maneras mediante frenos y embragues.

para conseguir una reducción unidad o transmisión directa basta impedir el movimiento relativo de todos los elementos y comunicar el giro al piñón planetario, ya que así el conjunto gira solidariamente.

$$i = \frac{n_{\text{último relativo al brazo}}}{n_{\text{primero relativo al brazo}}} = \frac{n_{\text{último}} - n_{\text{brazo}}}{n_{\text{primero}} - n_{\text{brazo}}}$$



RUEDA DE PARKING

# CAJA PLANETARIO RAVIGNEAUX

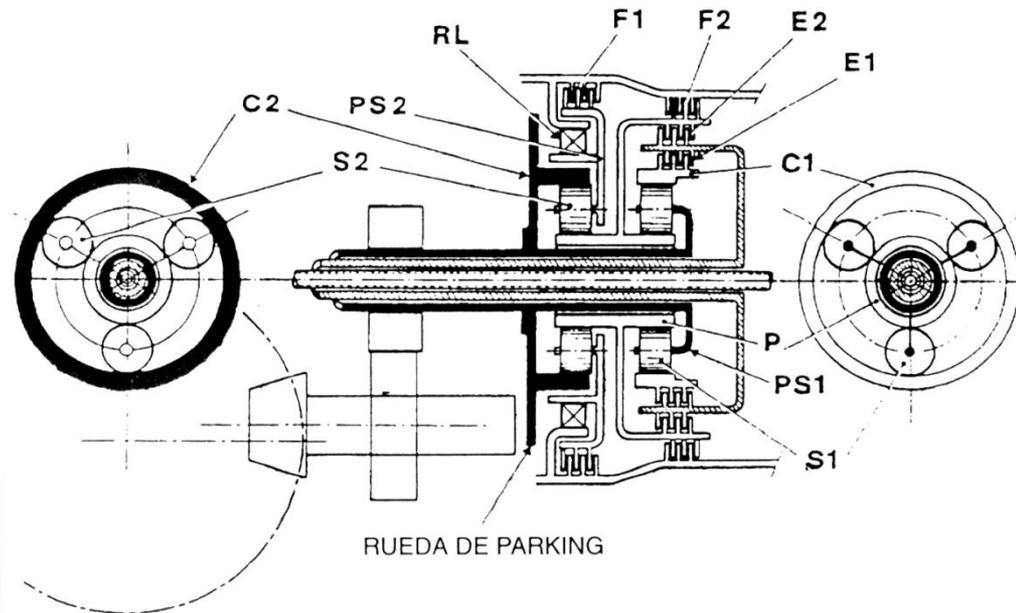
Elemento fijo	Entrada	Salida	Relación de giro <sup>1</sup>
Portasatélites (PS)	Planetario (P)	Corona (C)	$r = -R_p/R_C$
Corona (C)	Planetario (P)	Portasatélites (PS)	$r = R_p/2R_{PS}$
Planetario (P)	Corona (C)	Portasatélites (PS)	$r = R_C/2R_{PS}$

Se observa que detener el porta satélites supone una inversión del sentido de giro, efecto que puede aprovecharse en la marcha atrás.

Lo que se hace en la práctica es incluir más de un tren en la caja de velocidades para conseguir las relaciones de velocidad deseadas.

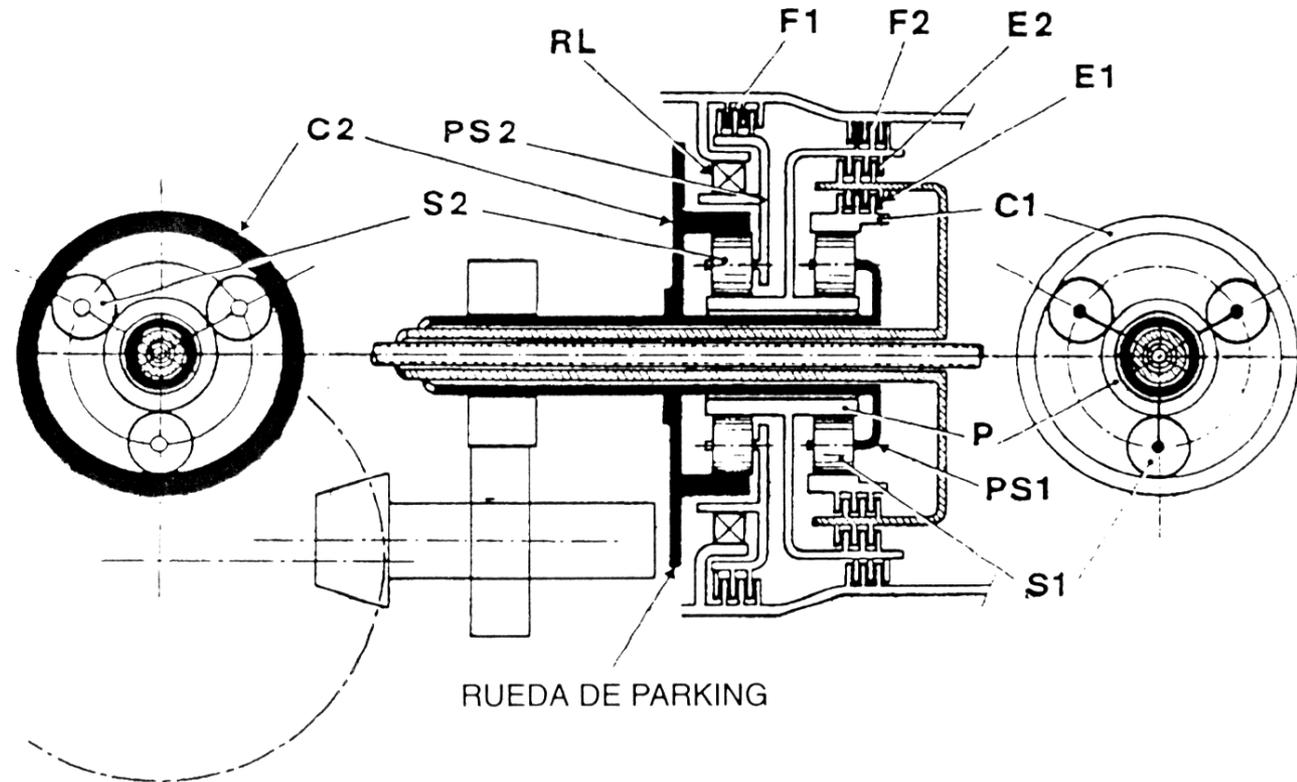
Así, la siguiente figura muestra una solución con dos trenes que comparten piñón planetario; además el portasatélites PS1 y la corona C2 están rígidamente unidos.

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA



# CAJA PLANETARIO RAVIGNEAUX

En esta caja de velocidades la salida es el eje del portasatélites PS1 (C2), el cual es hueco y permite alojar en su interior el eje de entrada. Éste termina en un tambor que puede ser embragado al tambor del piñón planetario común o bien al de la corona C1. La figura muestra también los embragues y frenos disponibles para obtener las distintas relaciones de marcha. Analicemos éstas para la arquitectura de la caja de la figura.



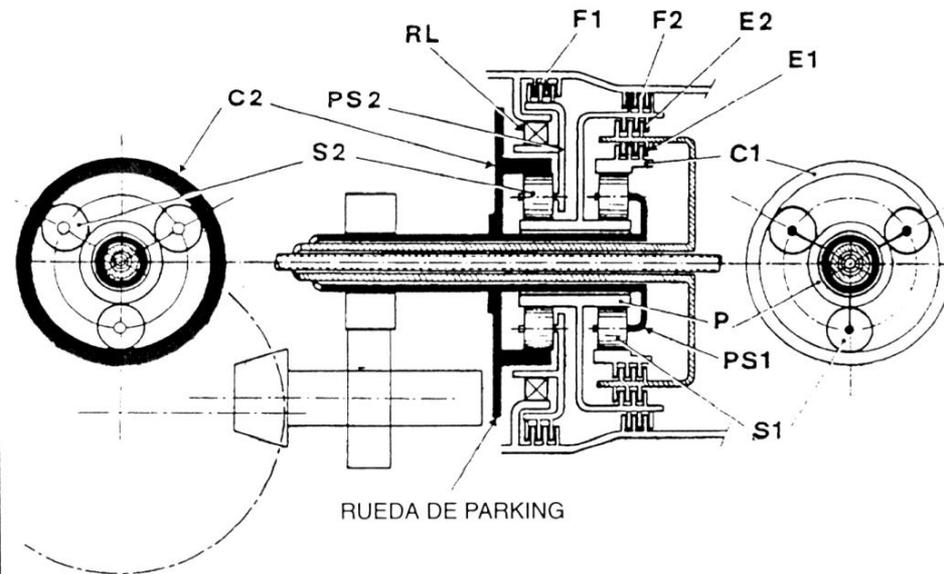
Quizá la primera velocidad merece algún comentario adicional. Si el elemento embragado al motor es C1, es obvio que los satélites S1 girarán, pero no es tan inmediato que PS1 también gire. De hecho, si el piñón planetario adquiriera una velocidad suficiente los S1 podrían girar sin mover PS1. De ser así, ni PS1 ni C2 girarían. Pero, si C2 no gira, PS2 está frenado y P2 está girando los S2 se romperían, por lo que es necesario que, en efecto, exista un giro en la salida C2-PS1.

# CAJA PLANETARIO RAVIGNEAUX

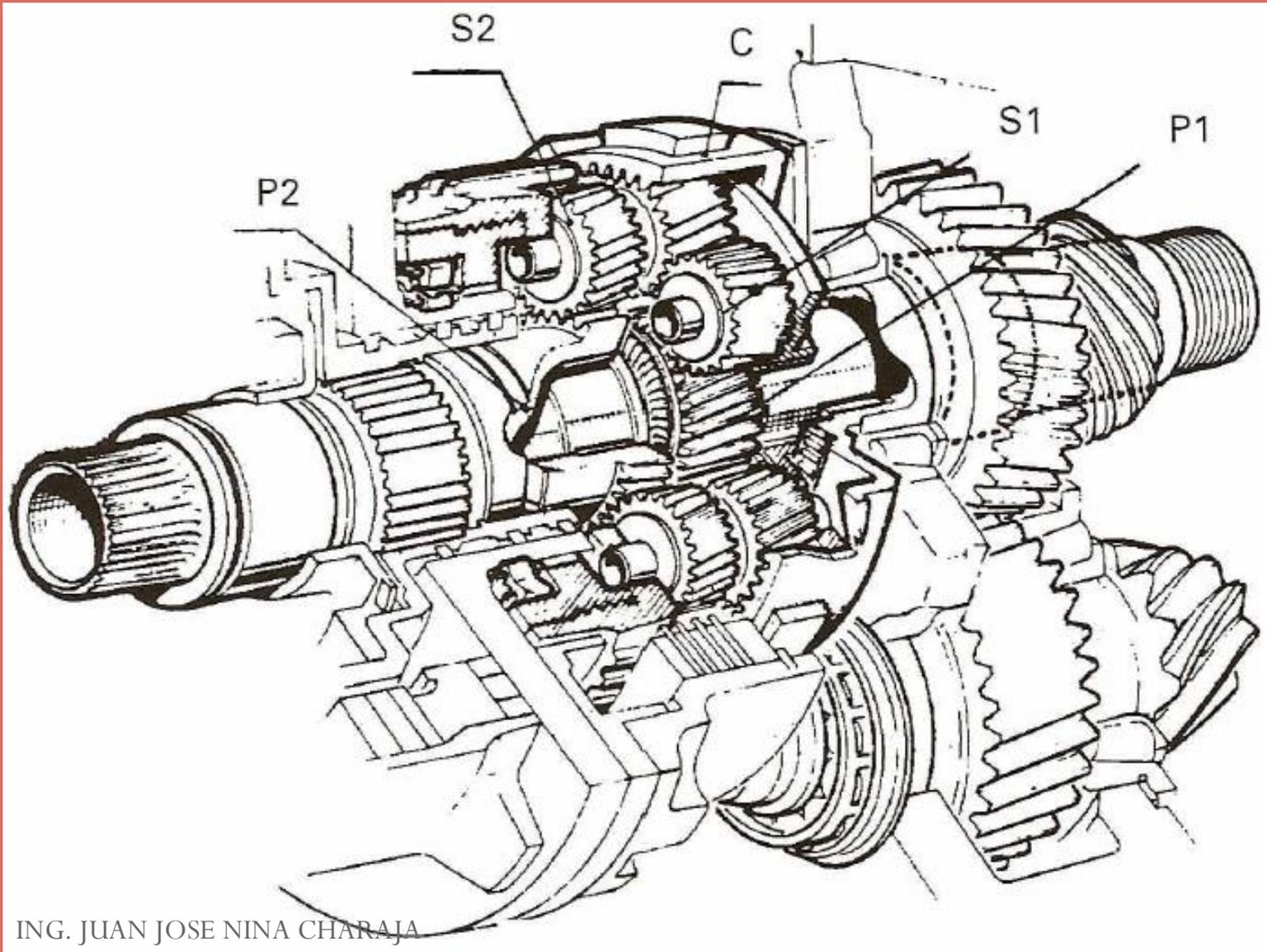
La construcción aquí presentada para las cajas de velocidades automáticas no es la única. También podemos encontrarnos con soluciones como las cajas con tren planetario

**Ravigneaux,** En ellas los dos trenes comparten corona, tienen piñones planetarios independientes y los satélites engranan directamente (ver figura).

Velocidad	Elemento fijo <sup>2</sup>	Entrada <sup>3</sup>	Salida <sup>4</sup>	Transmisión del movimiento
Marcha atrás	PS2 (F1)	P (E2)	C2(-)	P → S2 → C2 P y PS1 → C1 (en vacío)
Primera	PS2 (F1)	C1 (E1)	C2(+)	C1 → S1 → (PS1-C2)
Segunda	P (F2)	C1 (E1)	C2(+)	C1 → S1 → (PS1-C2) C2 → S2 → PS2 (en vacío)
Tercera	Ninguno	C1 (E1) P (E2)	C2(+)	C1 y P → (PS1-C2), Bloqueo del tren 1. Transmisión directa.

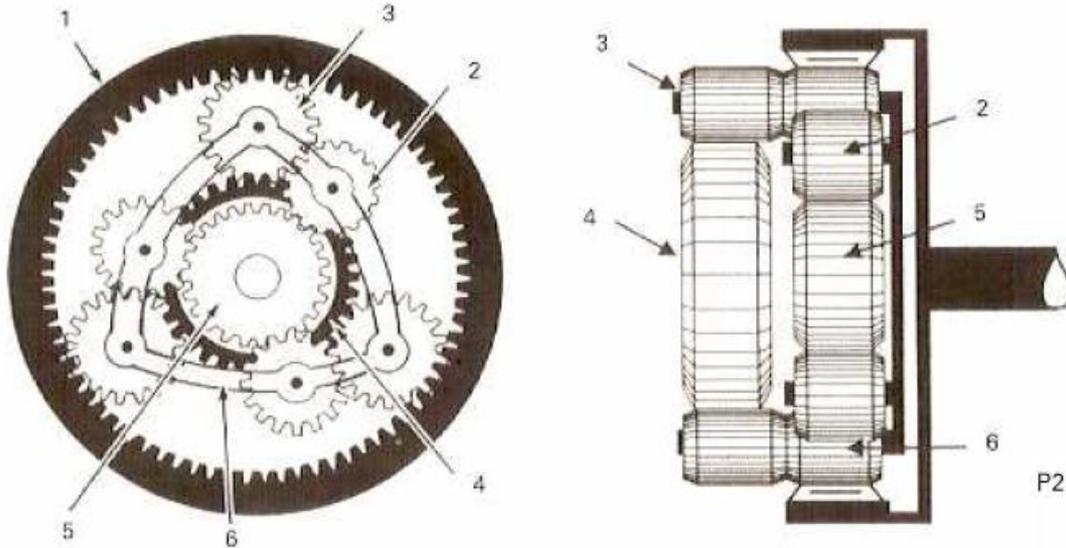


# TRANSMISIÓN BORG - WARNER

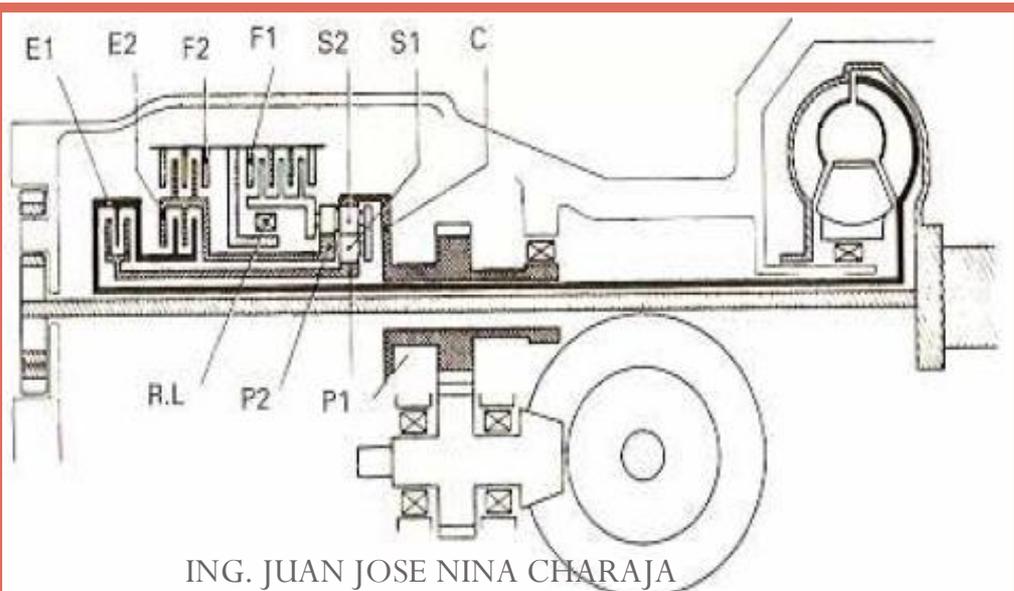


ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

# TRANSMISIÓN BORG - WARNER

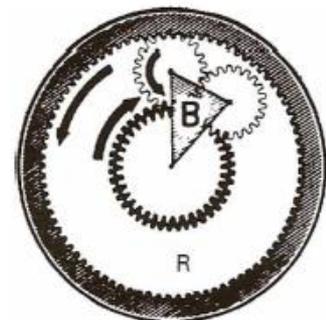
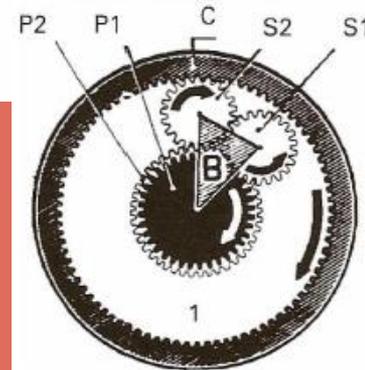


- 5. Solar delantero
- 4. Solar trasero
- 6. Piñón transportador

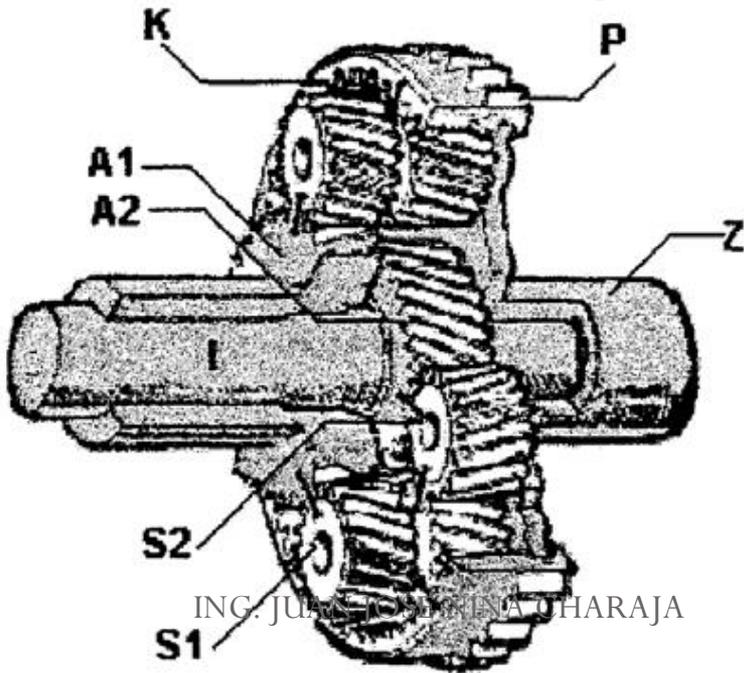
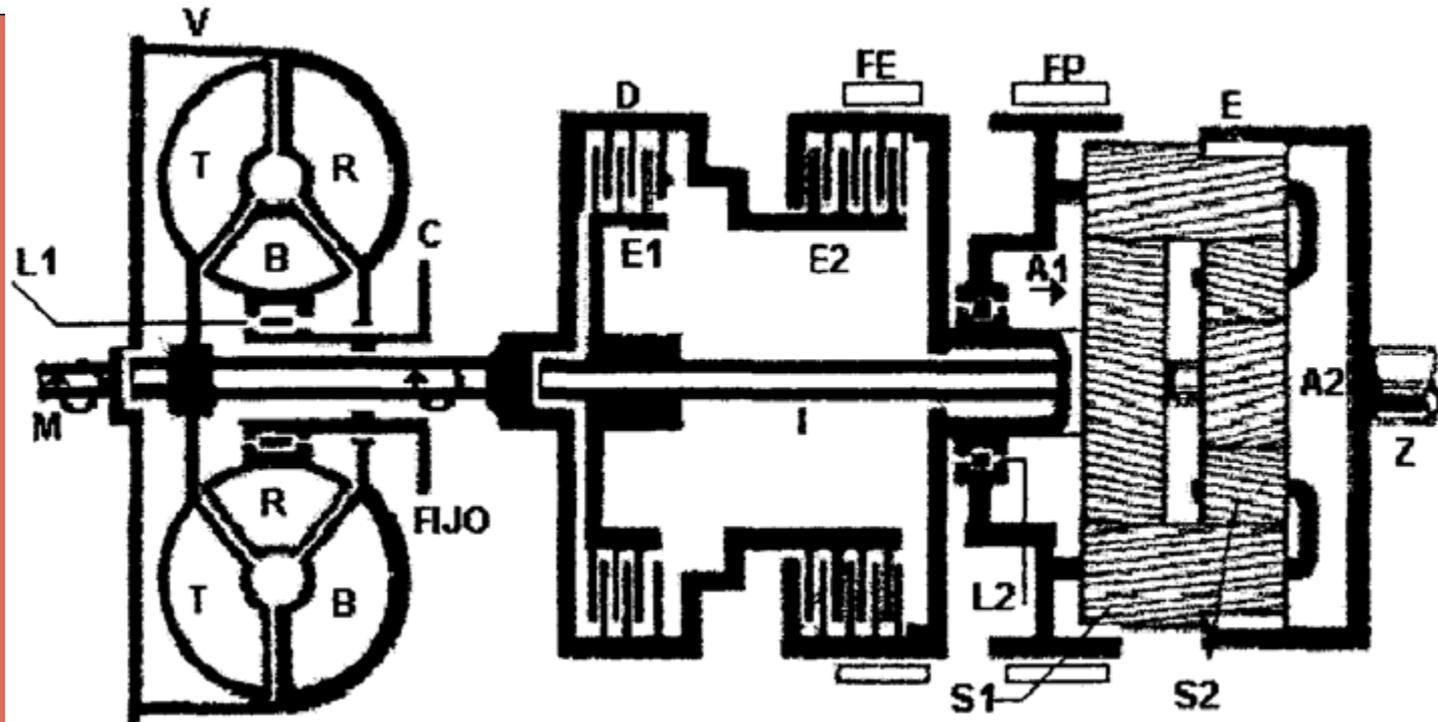


ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

Figura 2.58. Esquema de un sistema planetario Ravigneaux para cambio automático



# TRANSMISIÓN BORG - WARNER

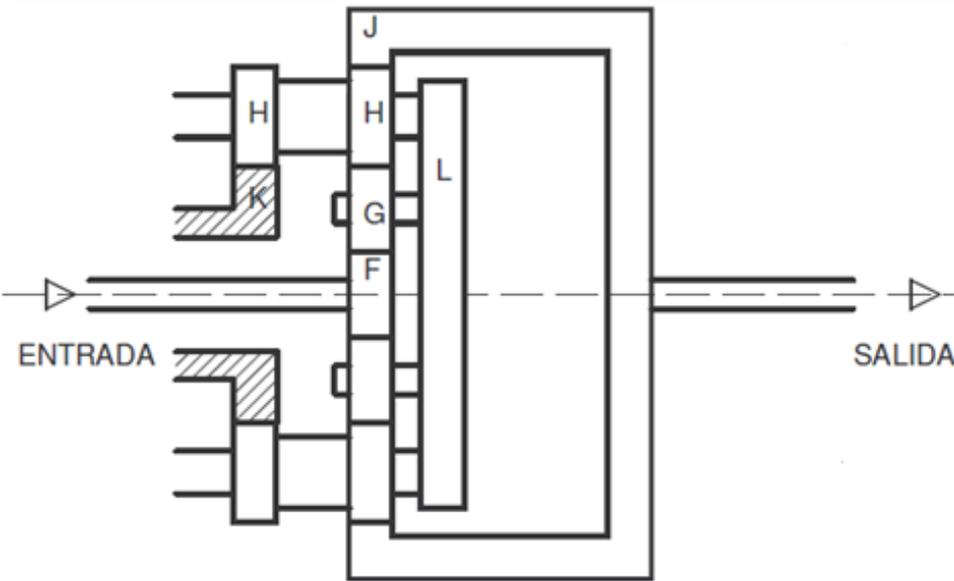


$$i = \frac{n_{\text{último relativo al brazo}}}{n_{\text{primero relativo al brazo}}} = \frac{n_{\text{último}} - n_{\text{brazo}}}{n_{\text{primero}} - n_{\text{brazo}}}$$

M= Motor  
V= Convertidor hidráulico  
B= Bomba  
R= Reactor  
L1= Rueda libre 1  
L2=Rueda libre 2  
C= Carter fijo  
T= Turbina  
D= Campana  
E1= Primer embrague

E2= Segundo embrague  
A1= Planeta primario  
A2= Planeta secundario  
FF= Freno frontal  
FP= Freno posterior  
K= Corona  
S1= Satélite del tren primario  
S2 = Satélite del tren secundario  
Z= Árbol de transmisión (Eje)  
L= Brazo portasatélites

# CÁLCULO CAJA AUTOMÁTICA BORG-WARNER MOEDELO 35



La potencia ingresa al juego de engranajes a través de los engranajes solares. Para las marchas delanteras ingresará por el engranaje solar delantero y para las de reversa por el posterior. La potencia sale por el engrane corona, y los piñones son usados para transmitir la potencia desde los engranajes solares hacia la corona. Para la reversa se usa un solo juego de piñones, los que hacen que el engrane corona rote en dirección opuesta al solar. Para marchas delanteras se usa un doble juego de piñones lo que provoca que el engrane corona rote en la misma dirección del solar. El piñón transportador localiza los piñones relativos a los dos engranes solares y a la corona.

$$i = \frac{n_g - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = \frac{\text{producto de } n^{\circ} \text{ de dientes eng. conducidos}}{\text{producto de } n^{\circ} \text{ de dientes eng. conductores}}$$

1º Se supone el brazo L, fijo:

Para el tren FGHK  $\rightarrow i_{fk} = \frac{Z_g \cdot Z_h \cdot Z_k}{Z_f \cdot Z_g \cdot Z_h} = -\frac{Z_k}{Z_f}$

Para el tren FGJ  $\rightarrow i_{jj} = \frac{Z_g \cdot Z_h \cdot Z_j}{Z_f \cdot Z_g \cdot Z_h} = +\frac{Z_j}{Z_f}$

2º Se supone el brazo L, móvil:

Para el tren FGHK  $\rightarrow \frac{n_f - n_l}{n_k - n_l} = -\frac{Z_k}{Z_f}$

Para el tren FGJ  $\rightarrow \frac{n_f - n_l}{n_j - n_l} = \frac{Z_j}{Z_f}$

A:

# FLUJO DE FUERZA PARA 1a MARCHA

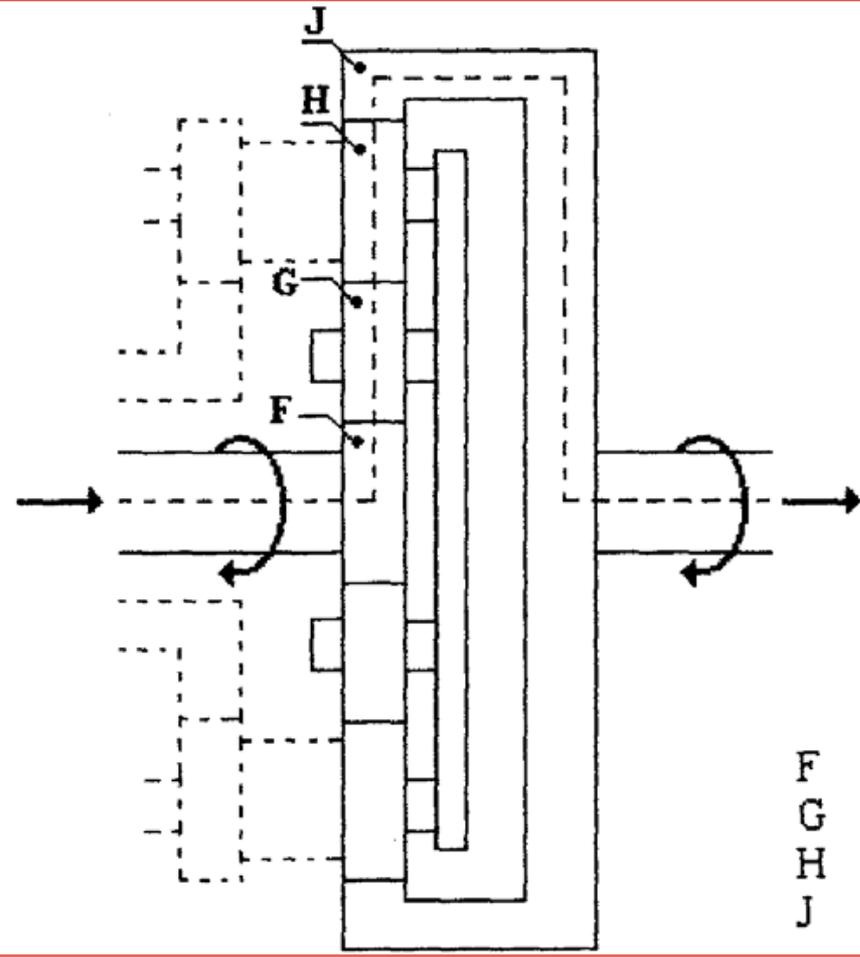
Se aplica el embrague frontal, conectando la turbina convertidora al engranaje solar delantero. El portasatélite se mantiene estacionario para que el tren de engranes operen como un tren simple.  $n_{BRAZO} = 0$

$$i \geq 1$$

$$i = \frac{\text{CONDUCIDOS}}{\text{CONDUCTORES}} = \frac{Z_G \cdot Z_{H1} \cdot Z_J}{Z_F \cdot Z_G \cdot Z_{H1}}$$

$$i = + \frac{Z_J}{Z_F} = \frac{67}{28}$$

$$i_{primera} = 2.39$$



F	28 dientes
G	16 dientes
H	17 dientes
J	67 dientes

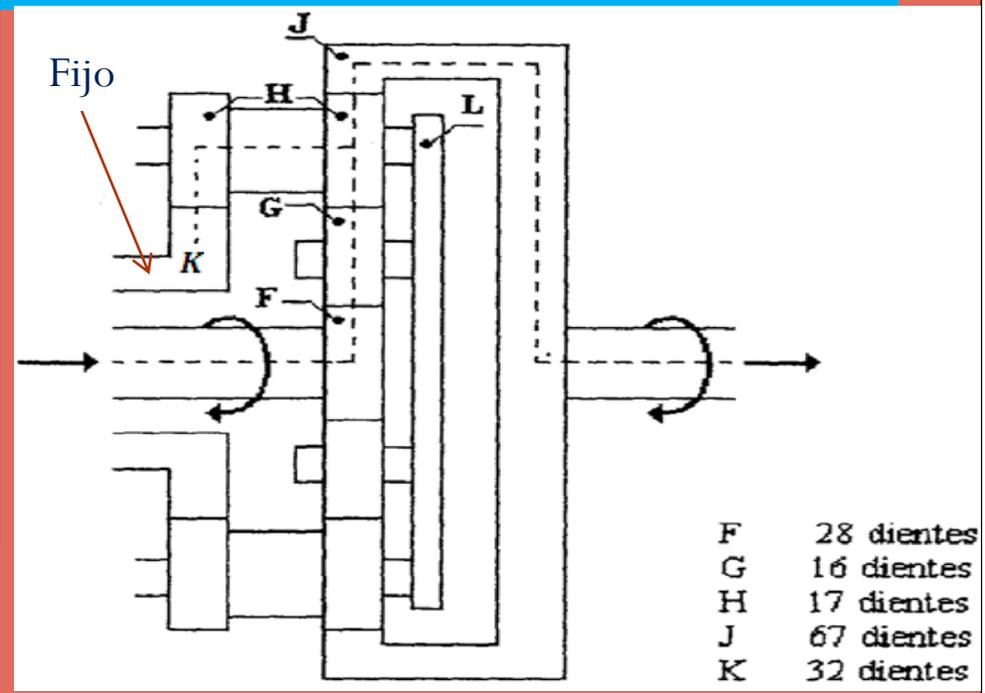
Fórmula general:

$$i_t = \frac{n_{\text{entrada relativo al brazo}}}{n_{\text{salida relativo al brazo}}} = \frac{n_e - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = \frac{\text{producto de } n^{\circ} \text{ de dientes eng. conducidos}}{\text{producto de } n^{\circ} \text{ de dientes eng. conductores}}$$

# B1: FLUJO DE FUERZA PARA 2da MARCHA

Se aplica el engranaje frontal, conectando la turbina convertidora al engranaje solar delantero. También se acciona la banda frontal, manteniendo al engranaje solar de reversa estacionario; en este momento el piñón “camina” alrededor del engranaje solar estacionario

El engranaje solar de reversa se mantiene de tal manera que el juego de engranes operan como un tren epicíclico.

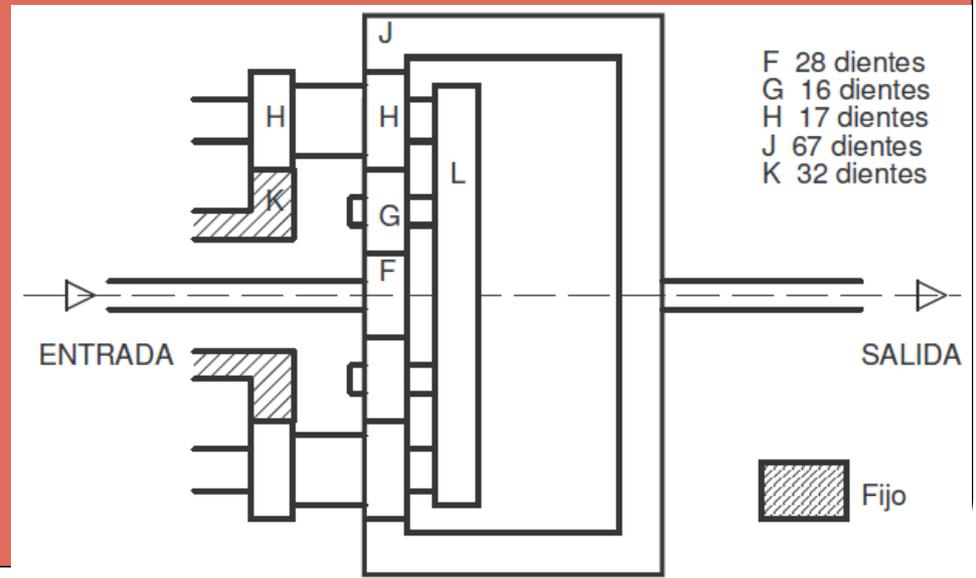


## Fórmula general:

$$i_t = \frac{n_{\text{entrada relativo al brazo}}}{n_{\text{salida relativo al brazo}}} = \frac{n_e - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}}$$

$w = n = \text{velocidad angular}$

$$\frac{n_{\text{entrada relativo al brazo}}}{n_{\text{salida relativo al brazo}}} = \frac{n_F - n_L}{n_J - n_L}$$



# B2: CÁLCULO DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN EN 2da Marcha

Fórmula general:

$$i_t = \frac{n_{\text{entrada relativo al brazo}}}{n_{\text{salida relativo al brazo}}} = \frac{n_e - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = \frac{\text{Producto de } n^\circ \text{ de dientes de engranes de salida}}{\text{Producto de } n^\circ \text{ de dientes de engranes de entrada}}$$

CONSIDERANDO

F: Primero en contacto con planetarios

J: Último en contacto con planetarios

$$\frac{n_{eF}}{n_{sJ}} = \frac{n_F - n_L}{n_J - n_L} \quad (1)$$

Considerando L detenido, Entonces:

$$\frac{n_{eF}}{n_{sJ}} = \frac{n_F - n_L}{n_J - n_L} = \frac{Z_G \cdot Z_{H1} \cdot Z_J}{Z_F \cdot Z_G \cdot Z_{H1}} \rightarrow \frac{n_{eF}}{n_{sJ}} = \frac{Z_J}{Z_F} = \frac{67}{28} \rightarrow \frac{n_{eF}}{n_{sJ}} = \frac{67}{28} \quad (2)$$

Igualando (1) y (2) y considerando  $n_F = 1000 \text{ rpm}$

$$\frac{67}{28} = \frac{1000 - n_L}{n_J - n_L}$$

$$67 \cdot n_J - 39 \cdot n_L = 28000 \quad (3)$$

# B3: CÁLCULO DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN EN 2da Marcha

Fórmula general:

$$i_t = \frac{n_{\text{entrada relativo al brazo}}}{n_{\text{salida relativo al brazo}}} = \frac{n_e - n_{\text{brazo}}}{n_s - n_{\text{brazo}}} = \frac{\text{Producto de } n^\circ \text{ de dientes de engranes de salida}}{\text{Producto de } n^\circ \text{ de dientes de engranes de entrada}}$$

CONSIDERANDO L detenido, Entonces:

F: Primero en contacto con planetarios

K: Último en contacto con planetarios

$$\frac{n_{eF}}{n_{sK}} = \frac{n_F - n_L}{n_K - n_L} \quad (4)$$

$$\frac{n_{eF}}{n_{sK}} = \frac{n_F - n_L}{n_K - n_L} = \frac{Z_G \cdot Z_{H1} \cdot Z_K}{Z_F \cdot Z_G \cdot Z_{H2}} \rightarrow \frac{n_{eF}}{n_{sK}} = \frac{Z_K}{Z_F} = \frac{32}{28} \rightarrow \frac{n_{eF}}{n_{sK}} = \frac{32}{28} \quad (5)$$

Igualando (4) y (5) y considerando  $n_F = 1000$  y  $n_K = 0$ , por estar fijo el solar de reversa

$$\frac{32}{28} = \frac{1000 - n_L}{0 - n_L} \rightarrow n_L = 466.66 \text{ rpm} \quad (6)$$

Reemplazando (6) en (3) tenemos:

$$n_J = 689.5 \text{ rpm} \rightarrow i_{II} = \frac{n_{\text{entrada}}}{n_{\text{salida}}} = \frac{n_F}{n_J} = \frac{1000 \text{ rpm}}{689.5 \text{ rpm}} = 1,45:1$$

**C:**

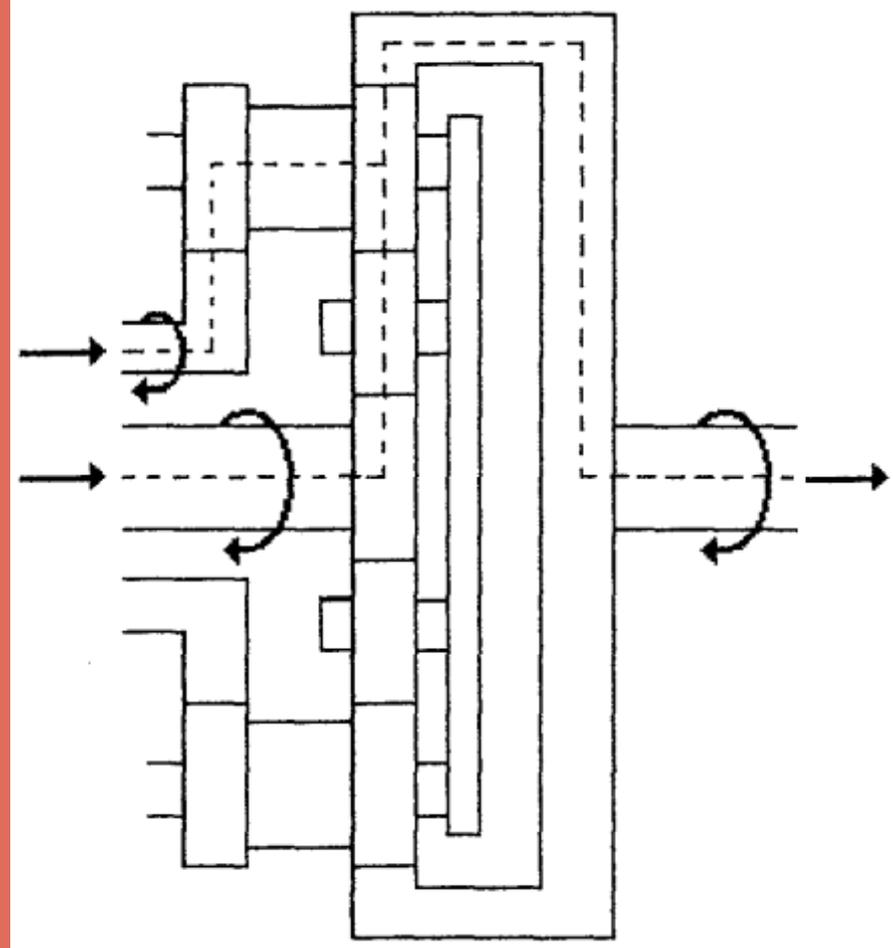
# FLUJO DE FUERZA PARA 3ra MARCHA

Se aplica el embrague frontal, conectando la turbina convertidora al engranaje solar delantero. El embrague posterior es aplicado conectando la turbina al engranaje solar de reversa con esta combinación se traslada toda la velocidad y torque del motor hacia el eje de salida

Para el tercer conjunto de engranajes, ambos engranajes solares se ajustan conjuntamente el juego de engranajes rota como uno solo, por lo que el juego de engranajes proveerá una relación de 1:1

$$i_{\text{para tercera}} = 1:1$$

El conjunto tiene un comportamiento de eje de transmisión de movimiento.



**D:**

# FLUJO DE FUERZA PARA REVERSA

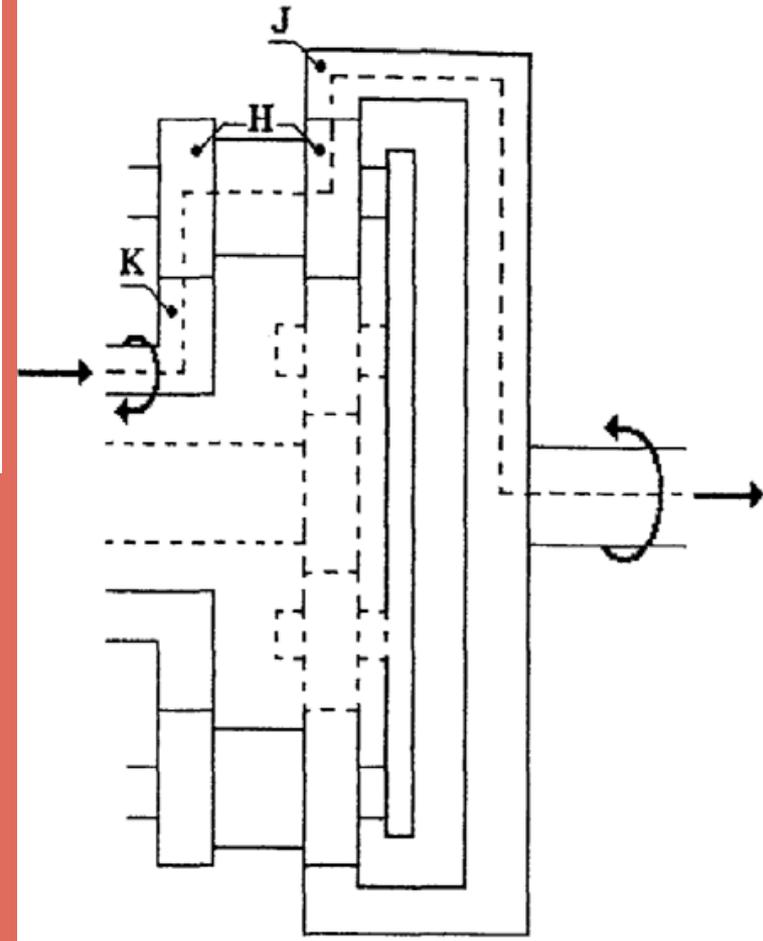
Se aplica el embrague posterior, conectando la turbina convertidora al engranaje solar de reversa. También se acciona la banda posterior, manteniendo al planeta secundario Con el engranaje de reversa engranando, la potencia es aplicada al engranaje solar de reversa. El Portaplanetas se mantiene estacionario para que estos roten el engranaje corona en dirección opuesta al engranaje solar de reversa.

$$i \geq 1$$

$$i = \frac{\text{CONDUCTIDOS}}{\text{CONDUCTORES}} = \frac{Z_{H2} \cdot Z_{H1} \cdot Z_J}{Z_K \cdot Z_{H2} \cdot Z_{H1}}$$

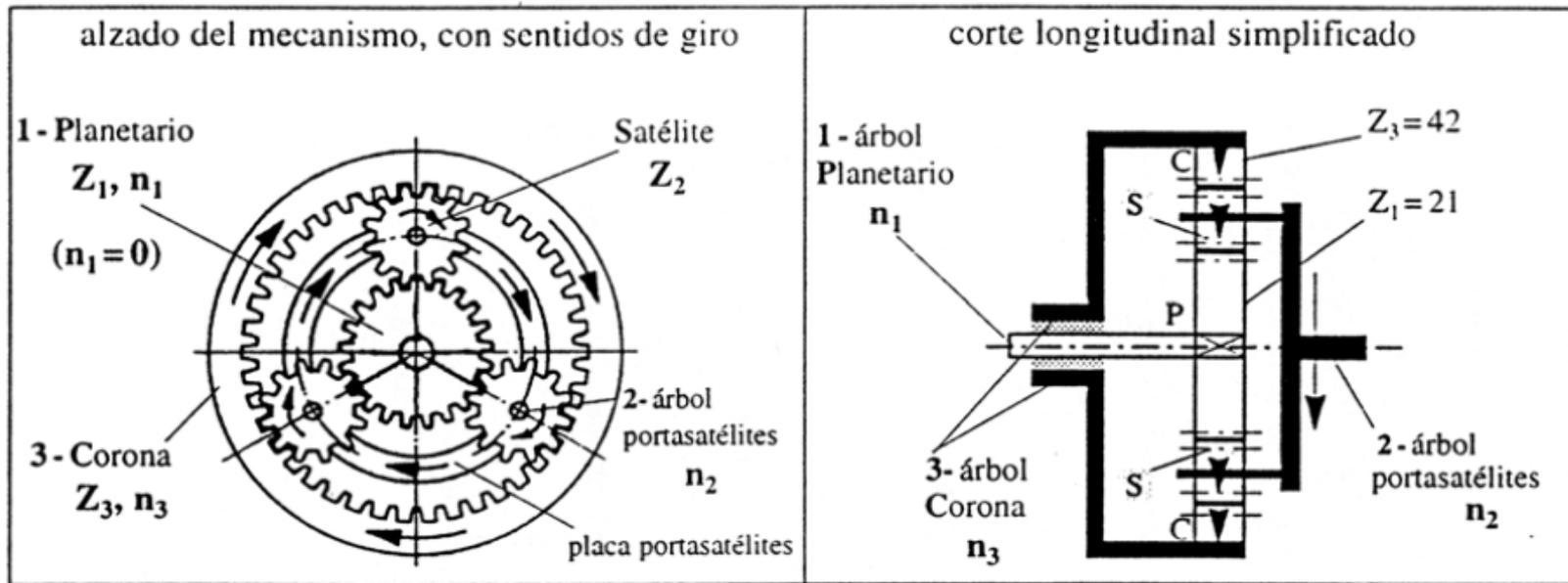
$$i = -\frac{Z_J}{Z_K} = -\frac{67}{32}$$

$$i = 2,093:1$$



# ejemplo

- 10.- Un tren de engranajes epicicloidales está constituido por: una corona de 42 dientes, tres satélites de 12 dientes y un planetario de 21 dientes. El planetario se ha bloqueado. Se pide:
- 1.- La velocidad de salida cuando se alimenta a 4000 r.p.m., al árbol de la corona.
  - 2.- La velocidad de salida cuando se alimenta a 4000 r.p.m., al árbol del portasatélites.

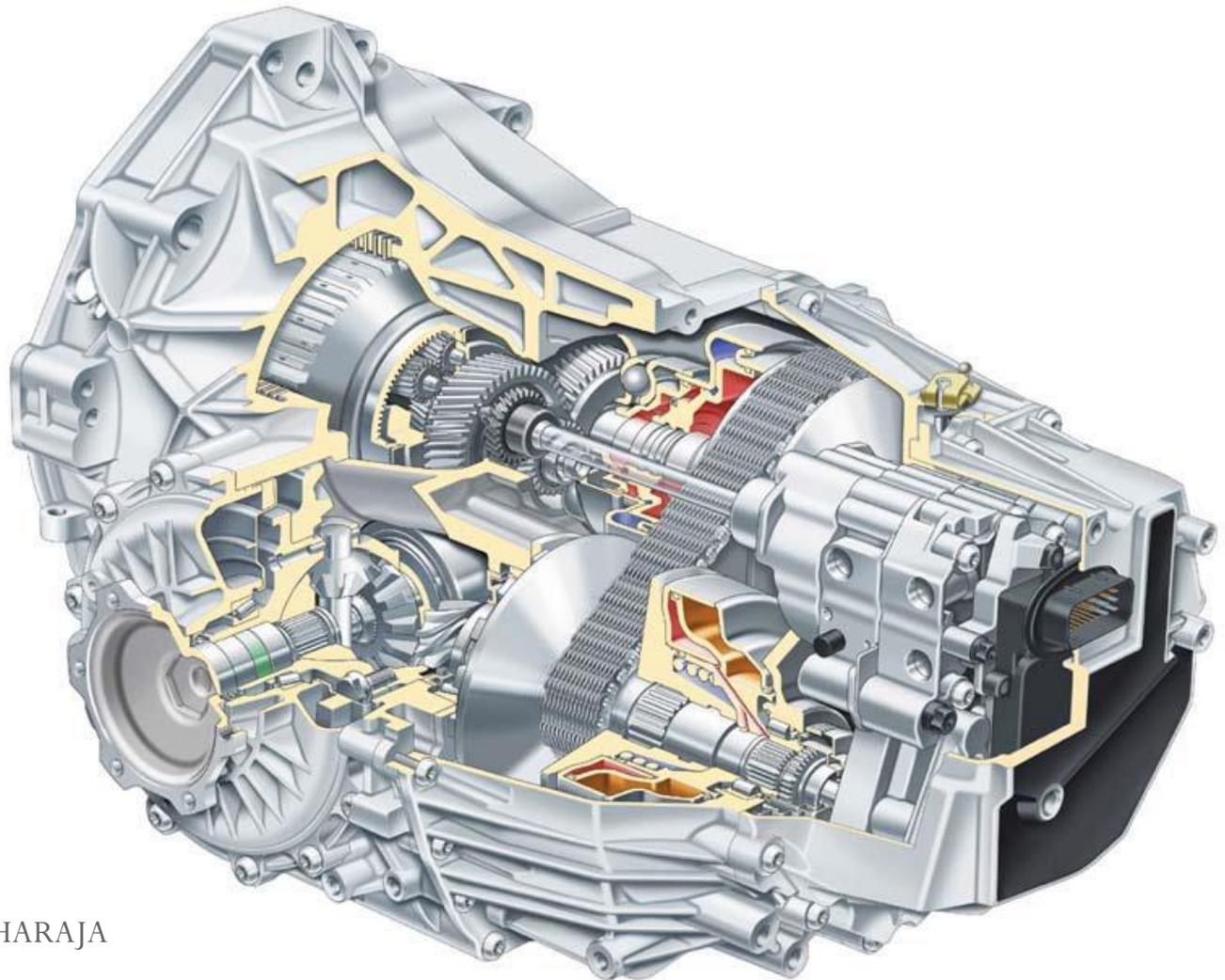


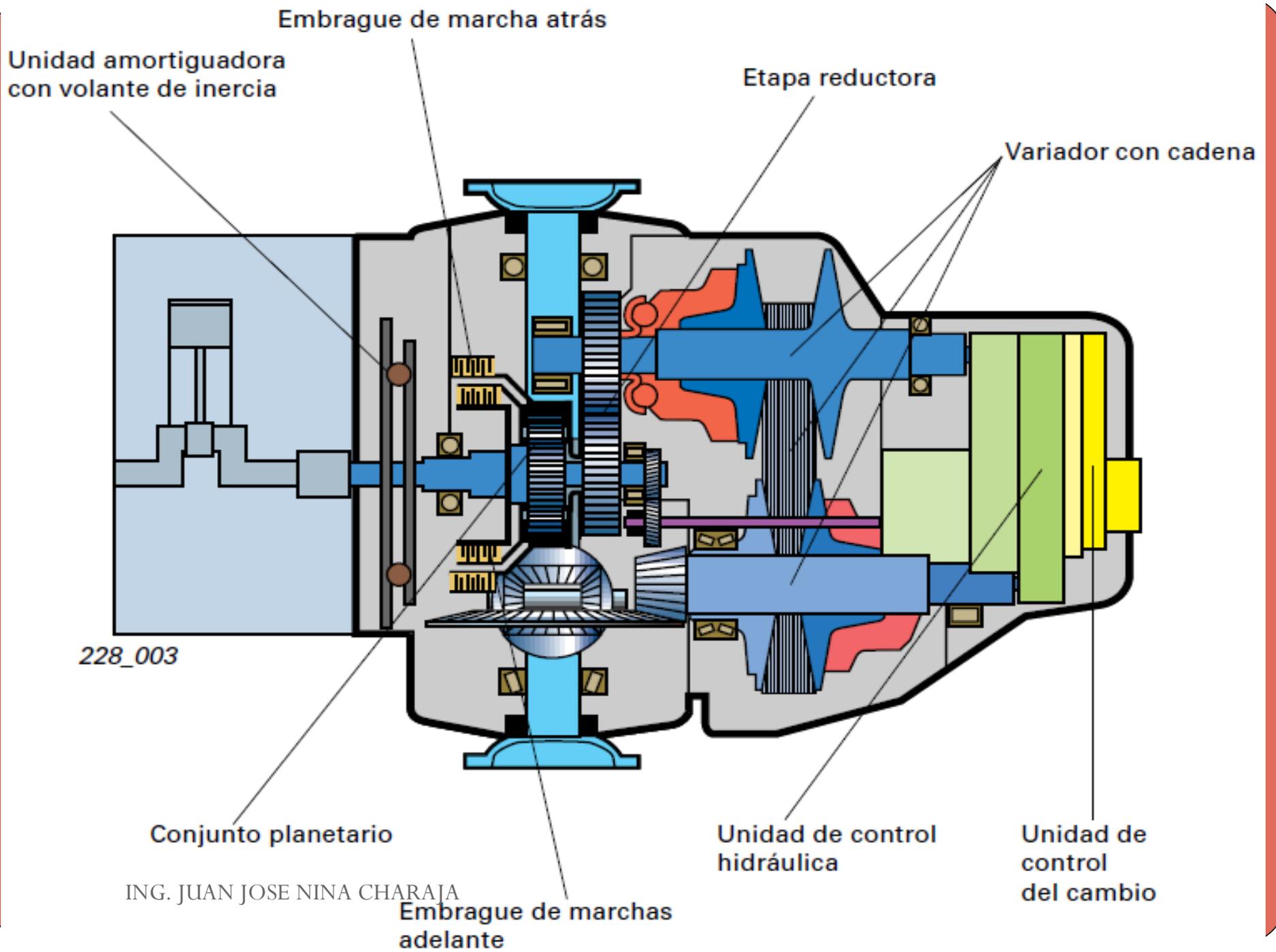
# CAJA AUTOMÁTICA CVT CON CADENA

Son cajas automáticas que tienen modo manual y se denominan CVT.

Sólo hay dos tipos de cajas: Manuales/mecánicas y Automáticas.

Dentro de esos dos rubros, existen diferentes variantes, pero una manual no deja de ser manual porque tenga modo automático, como una DSG, ni una automática deja de ser automática por que tenga modo "manual" como la CVT.





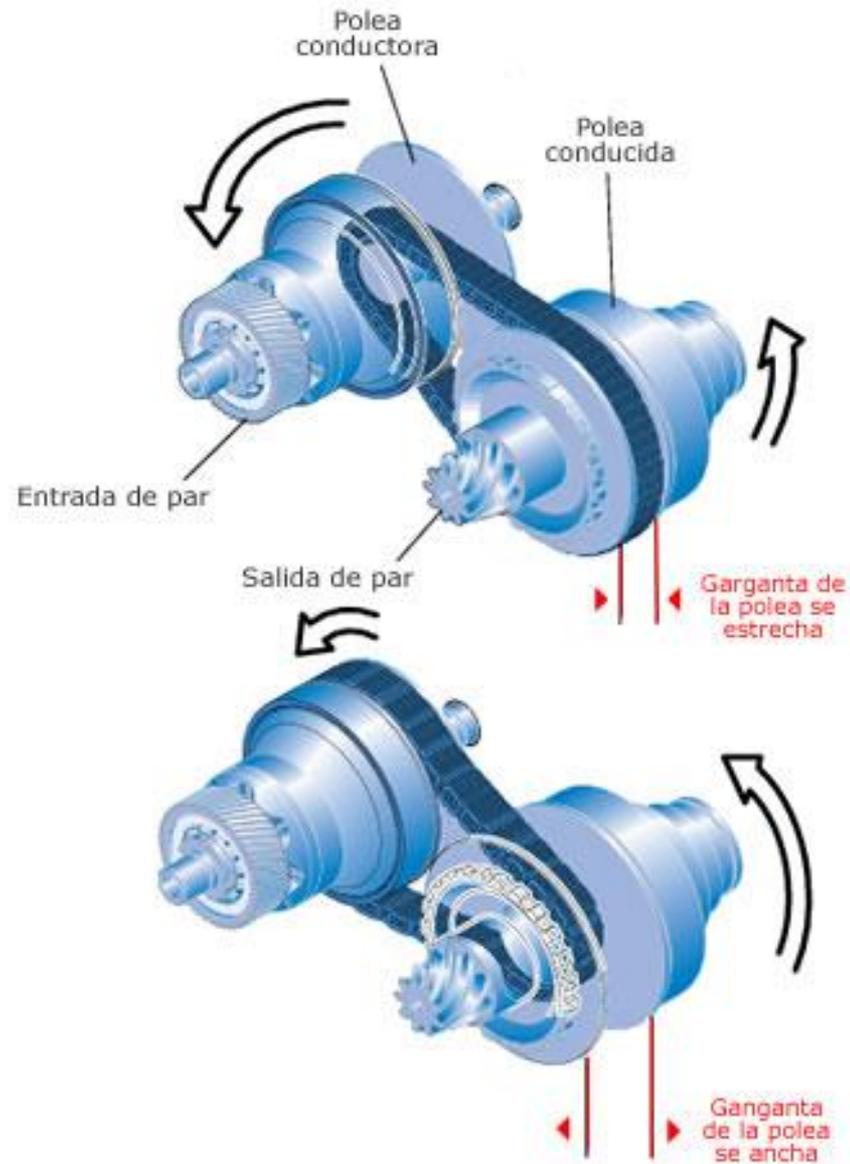
228\_003

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA

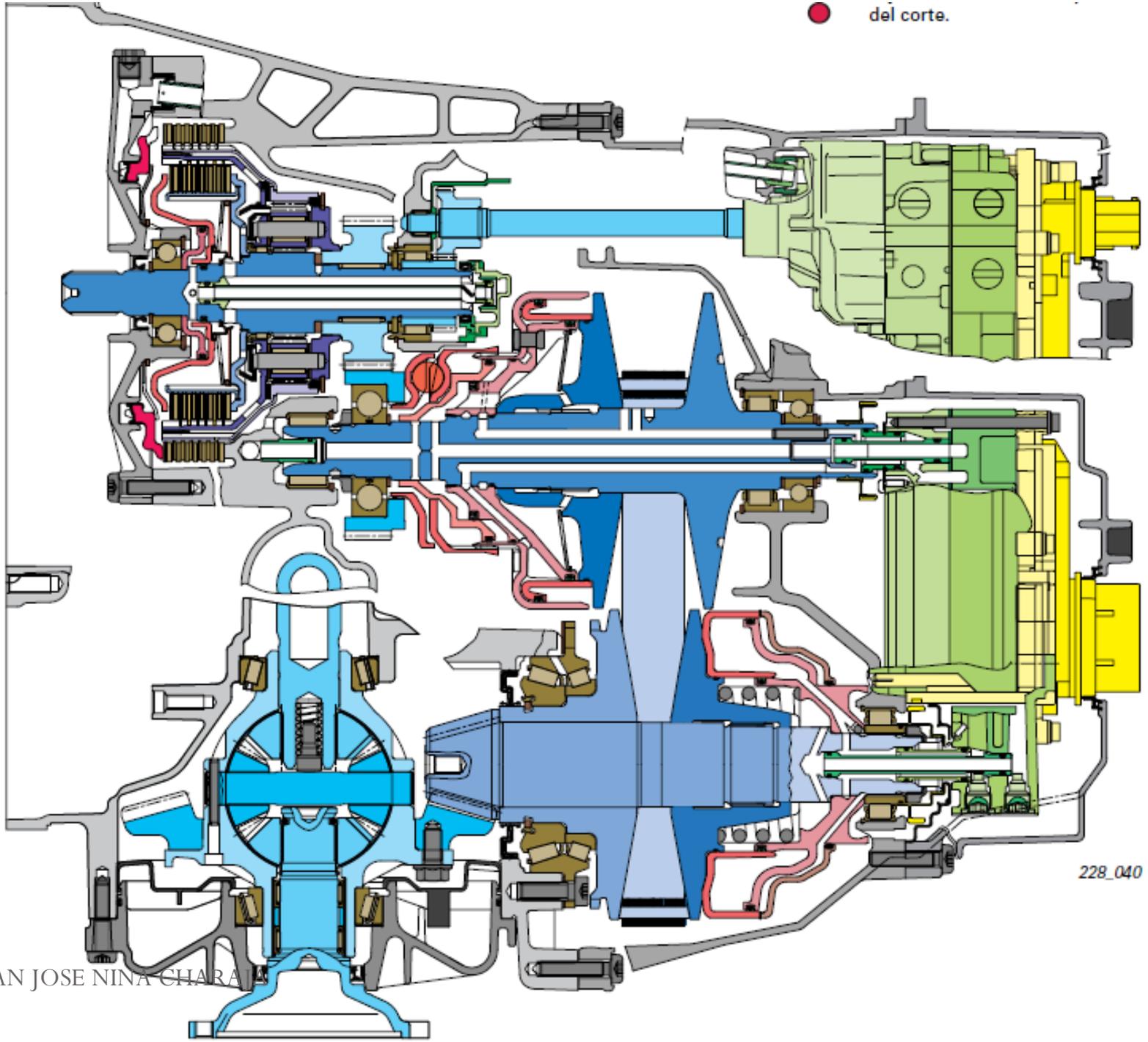
Embrague de marchas adelante

# CAJAS CVT CON CADENA

El nuevo cambio multitronic con función Tiptronic de Audi ofrece el efecto sinérgico de contar con las mejores condiciones dinámicas que se pueden alcanzar, un óptimo aprovechamiento energético del combustible y los máximos niveles posibles de confort de la tracción.



● del corte.



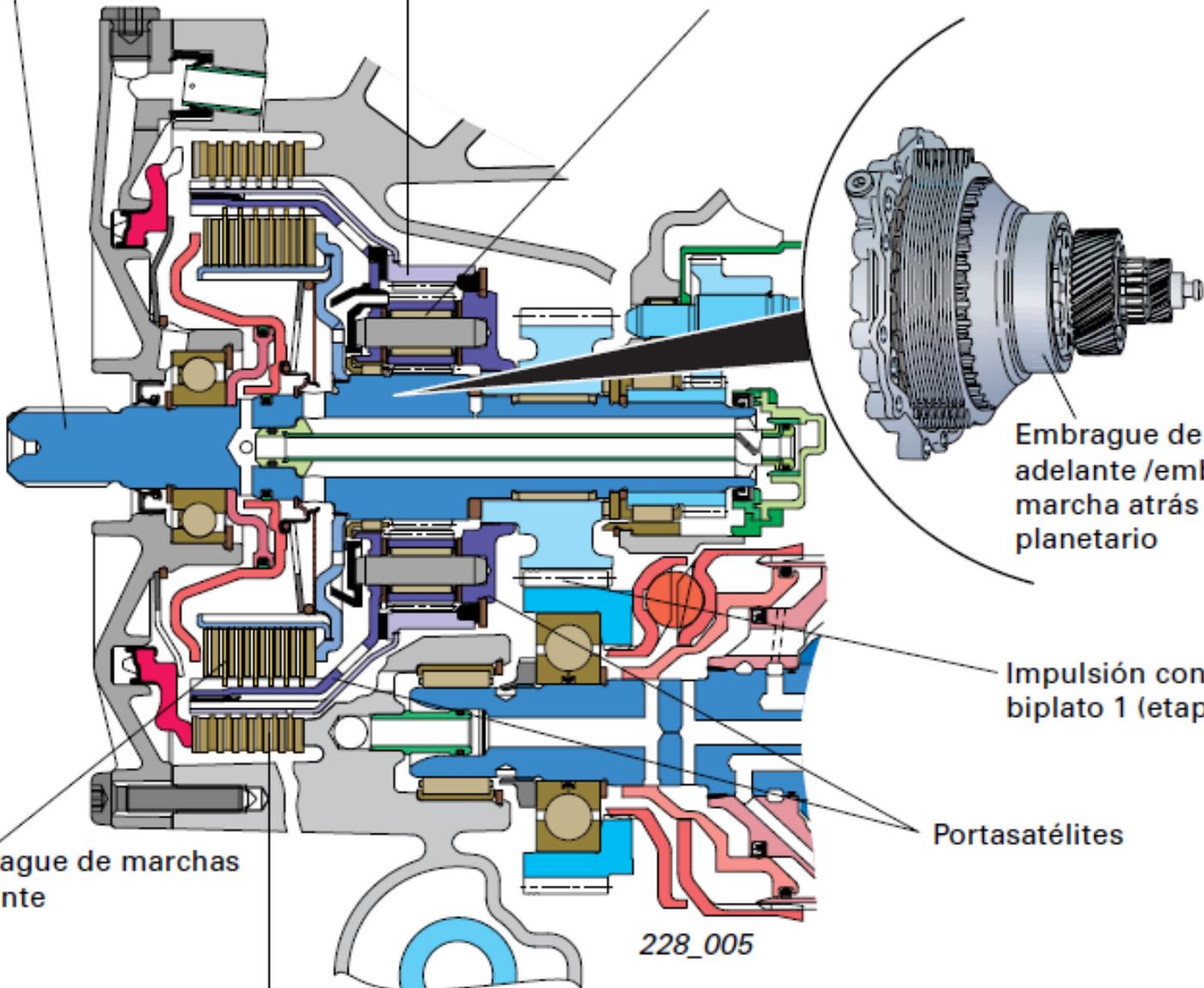
228\_040

ING. JUAN JOSE NINA CHARA

Árbol de entrada al cambio

Corona interior

Satélites



Embrague de marchas adelante /embrague de marcha atrás con conjunto planetario

Impulsión conjunto polea biplato 1 (etapa reductora)

Portasatélites

Embrague de marchas adelante

228\_005

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA  
Embrague de marcha atrás

# ASIGNACIÓN DE LOS COMPONENTES

## El planeta (lado primario)

está comunicado con el árbol de entrada al cambio y con los discos de acero del embrague para marcha adelante.

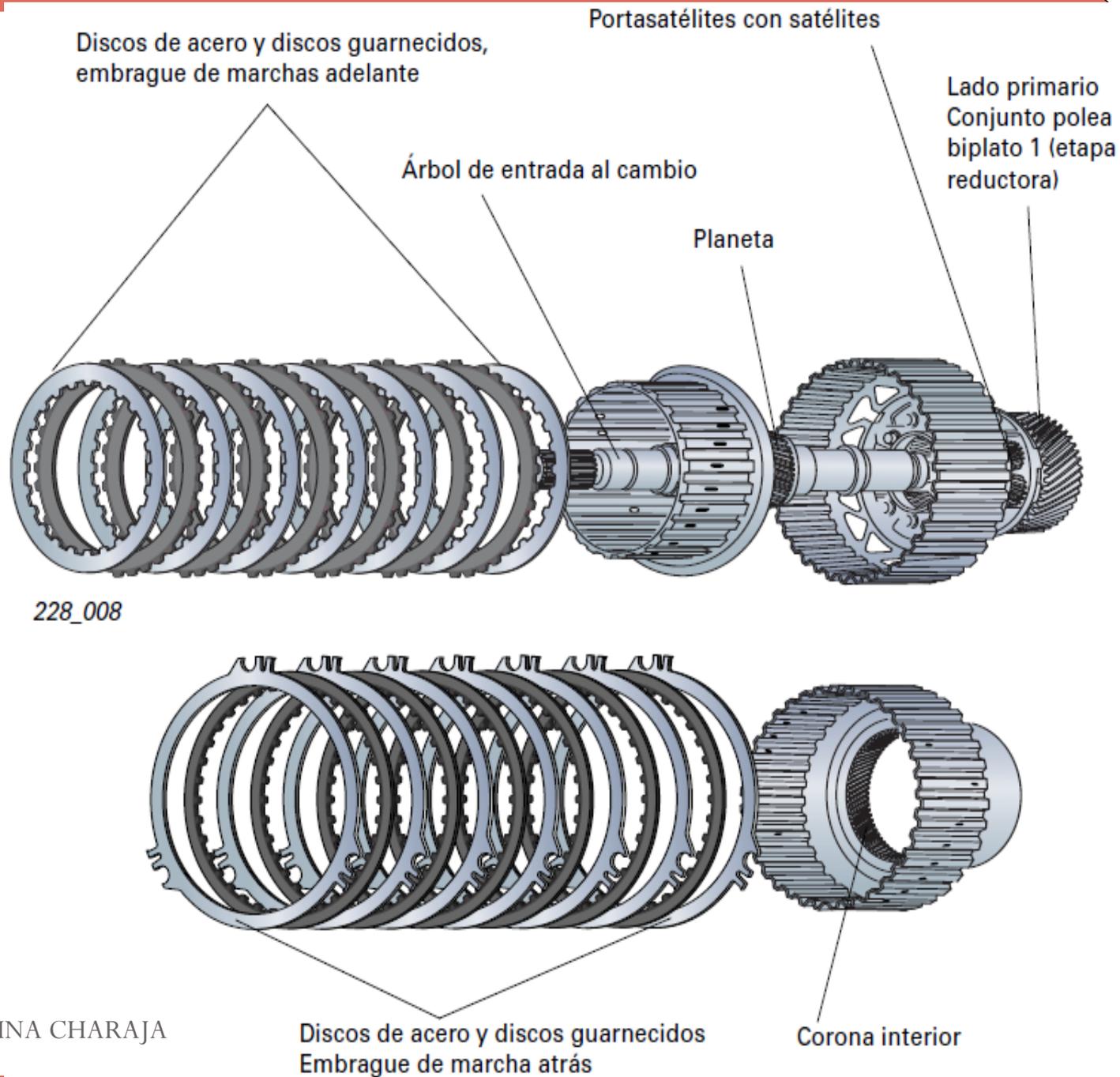
## El portasatélites (lado secundario)

Está comunicado con la rueda de impulsión de la etapa reductora y con los discos guarnecidos del embrague de marchas adelante.

## La corona interior

Está comunicada con los satélites y con los discos guarnecidos del embrague de marcha atrás.

ING. JUAN JOSE NINA CHARAJA



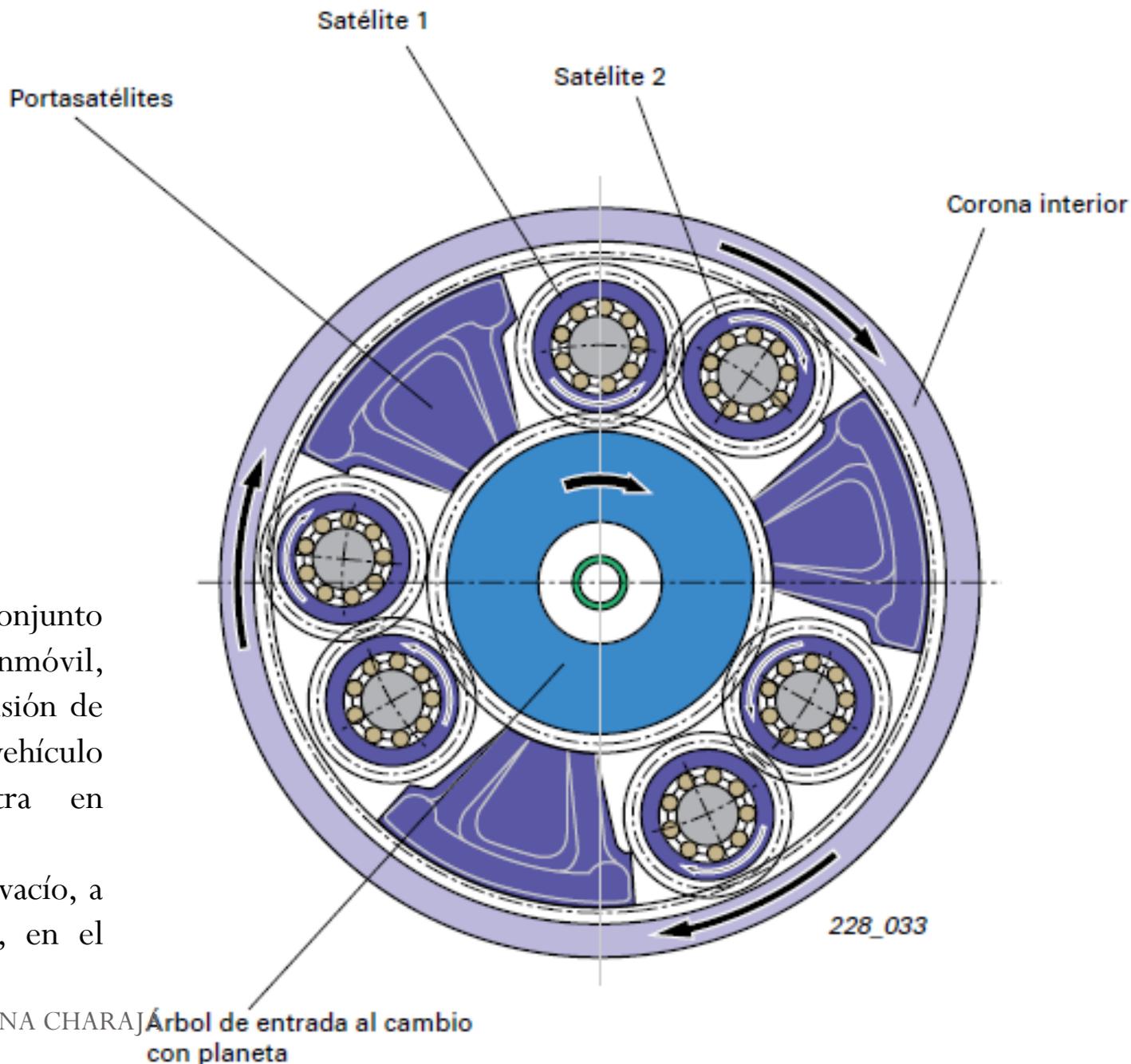
## Desarrollo de la fuerza en el conjunto planetario

El par se inscribe a través del planeta solidario del árbol de entrada, pasando hacia el conjunto planetario e impulsando a los satélites 1.

Los satélites 1 impulsan a los satélites 2, los cuales se hallan en ataque con la corona interior.

El portasatélites (conjunto planetario de salida) está inmóvil, porque constituye la impulsión de la etapa reductora y el vehículo todavía no se encuentra en movimiento.

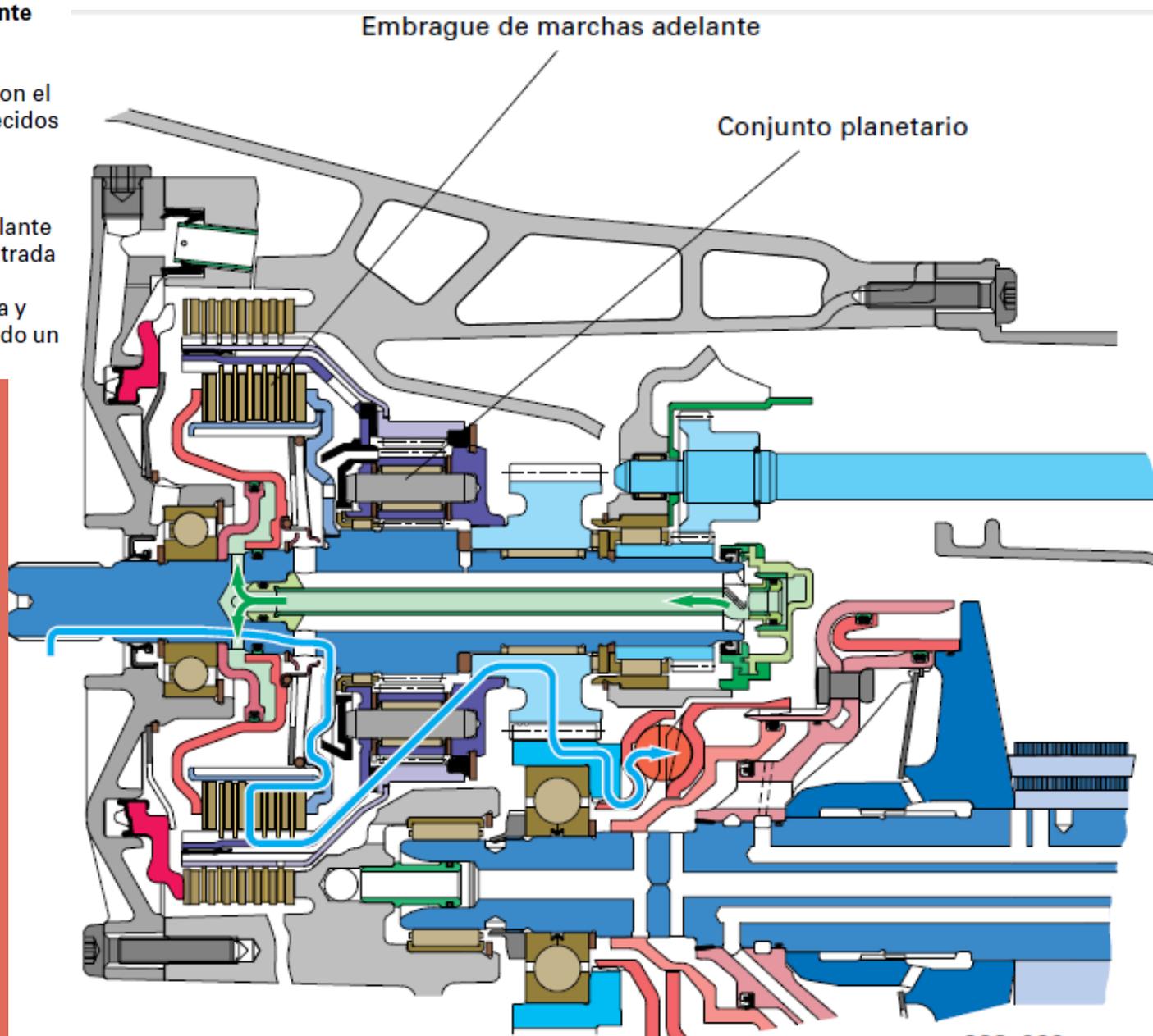
La corona interior gira en vacío, a medio régimen de motor, en el sentido de giro del motor



## Desarrollo de la fuerza en marcha adelante

Los discos de acero del embrague para marchas adelante están comunicados con el planeta, mientras que los discos guarnecidos van comunicados con el portasatélites.

En cuanto el embrague de marchas adelante arrastra fuerza, comunica el árbol de entrada al cambio con el portasatélites (lado secundario). El portasatélites se bloquea y gira en el sentido del motor, transmitiendo un par de 1:1.



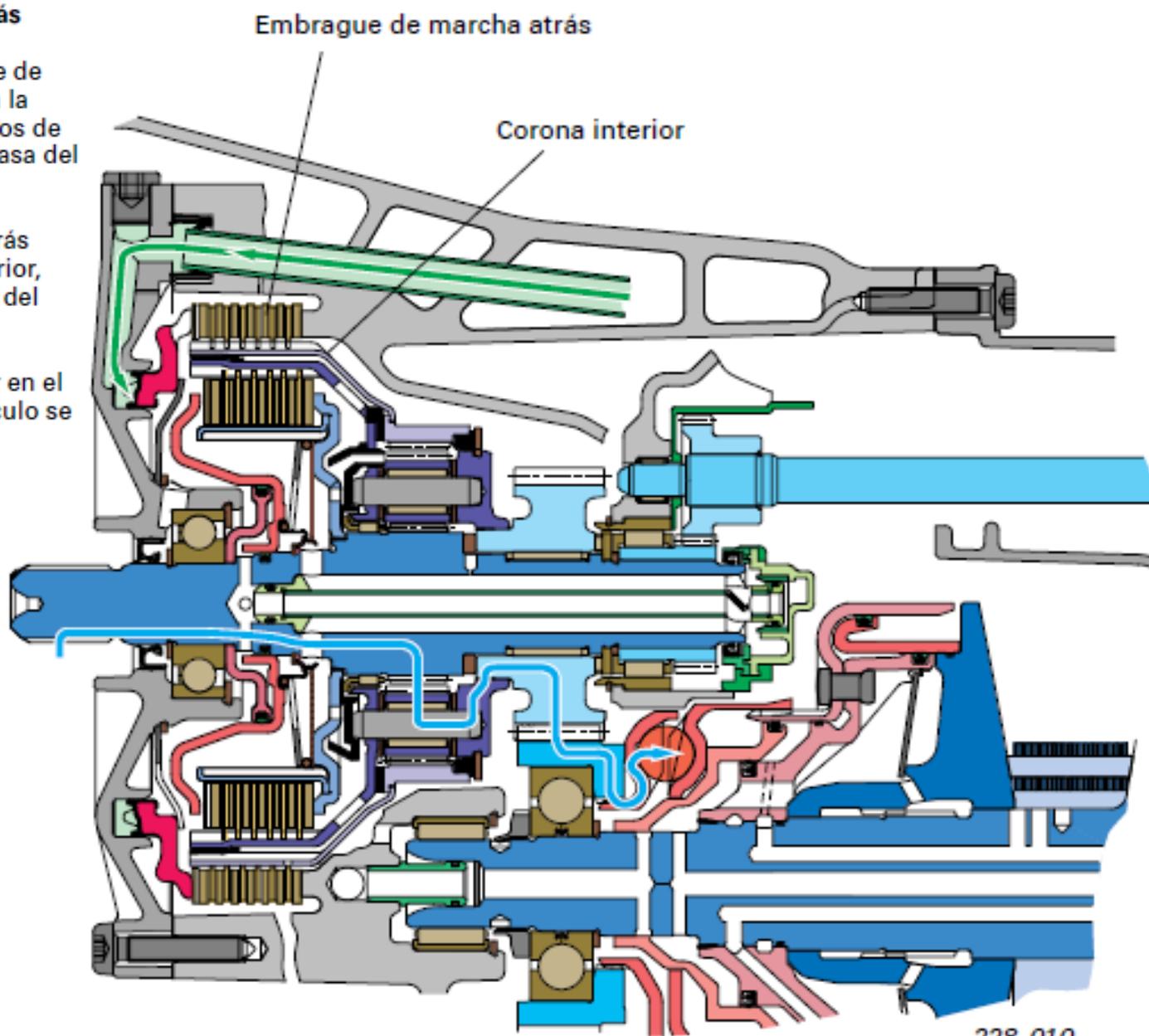
228\_009

## Desarrollo de la fuerza en marcha atrás

Los discos guarnecidos del embrague de marcha atrás están comunicados con la corona interior, mientras que los discos de acero están comunicados con la carcasa del cambio.

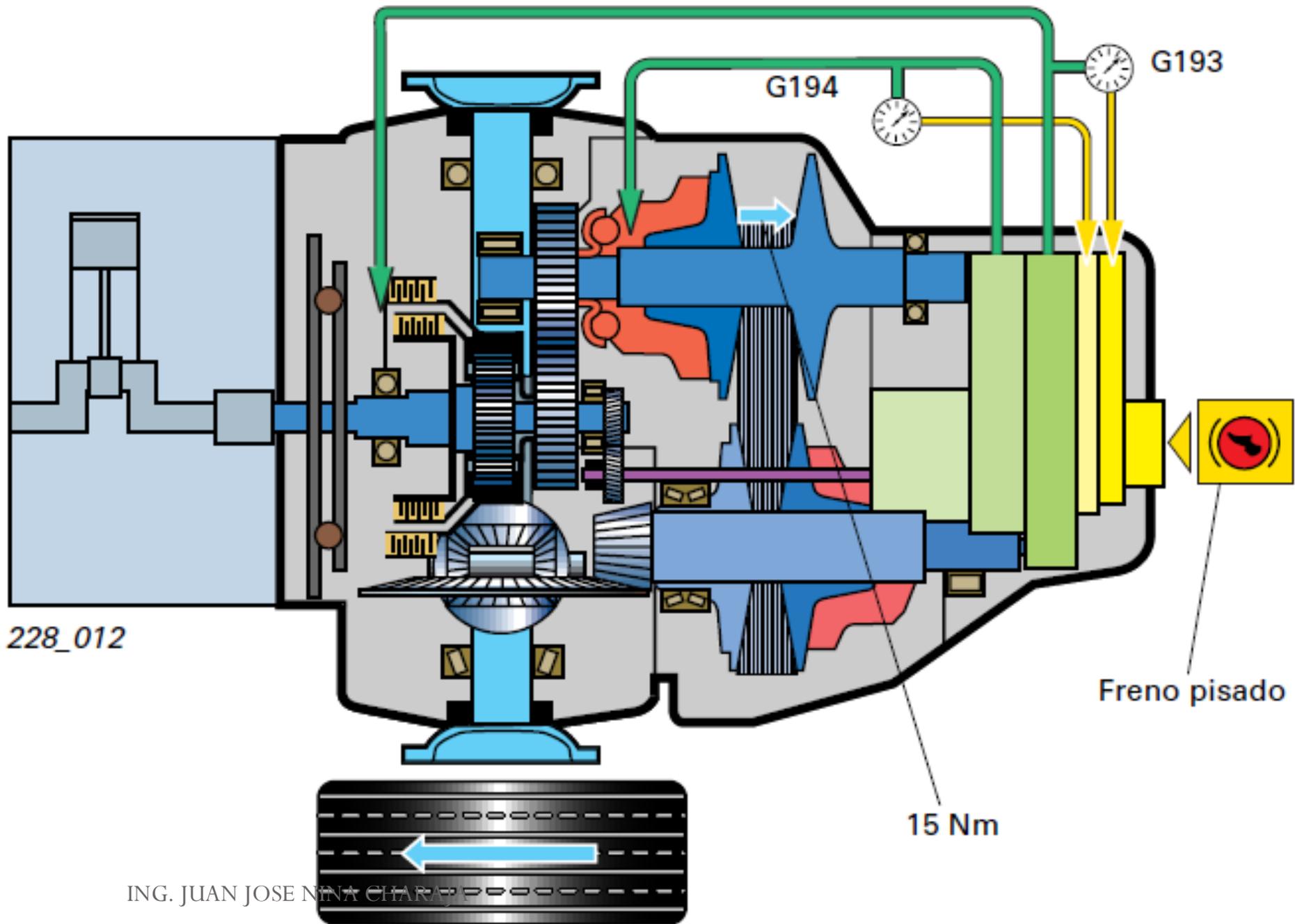
En cuanto el embrague de marcha atrás arrastra fuerza, retiene la corona interior, apoyando así el par contra la carcasa del cambio.

Ahora se transmite el par sobre el portasatélites, el cual empieza a girar en el sentido opuesto al del motor. El vehículo se desplaza hacia atrás.



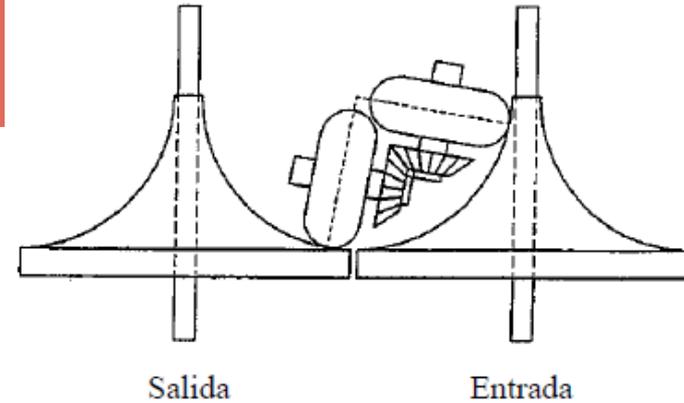
228\_010





# CAJAS CVT TOROIDAL

Convertidor de par

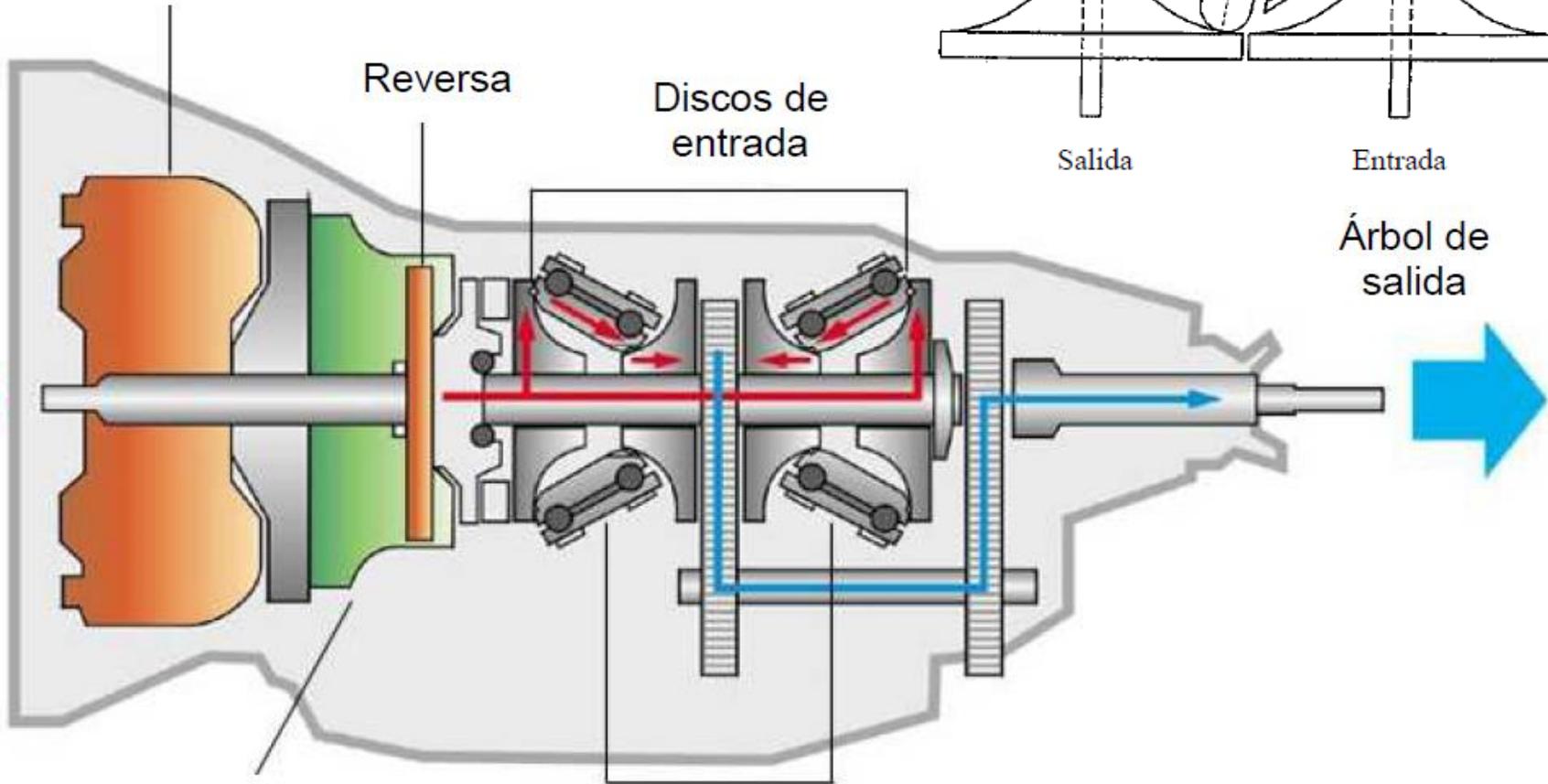
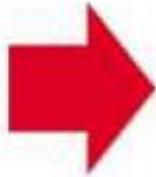


Reversa

Discos de entrada

Árbol de salida

Motor



ING. JUAN CARLOS BARRERA  
Bomba de aceite

Rodillos transmisores



# VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CVT TOROIDAL

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Ahorro de consumo del 10% con respecto a una automática secuencial	Más lenta que una caja manual
Admite pares más elevados que la de cadena	No admite bajas temperatura
Conducción suave y silenciosa	Desmultiplicación pequeña
	Precio elevado