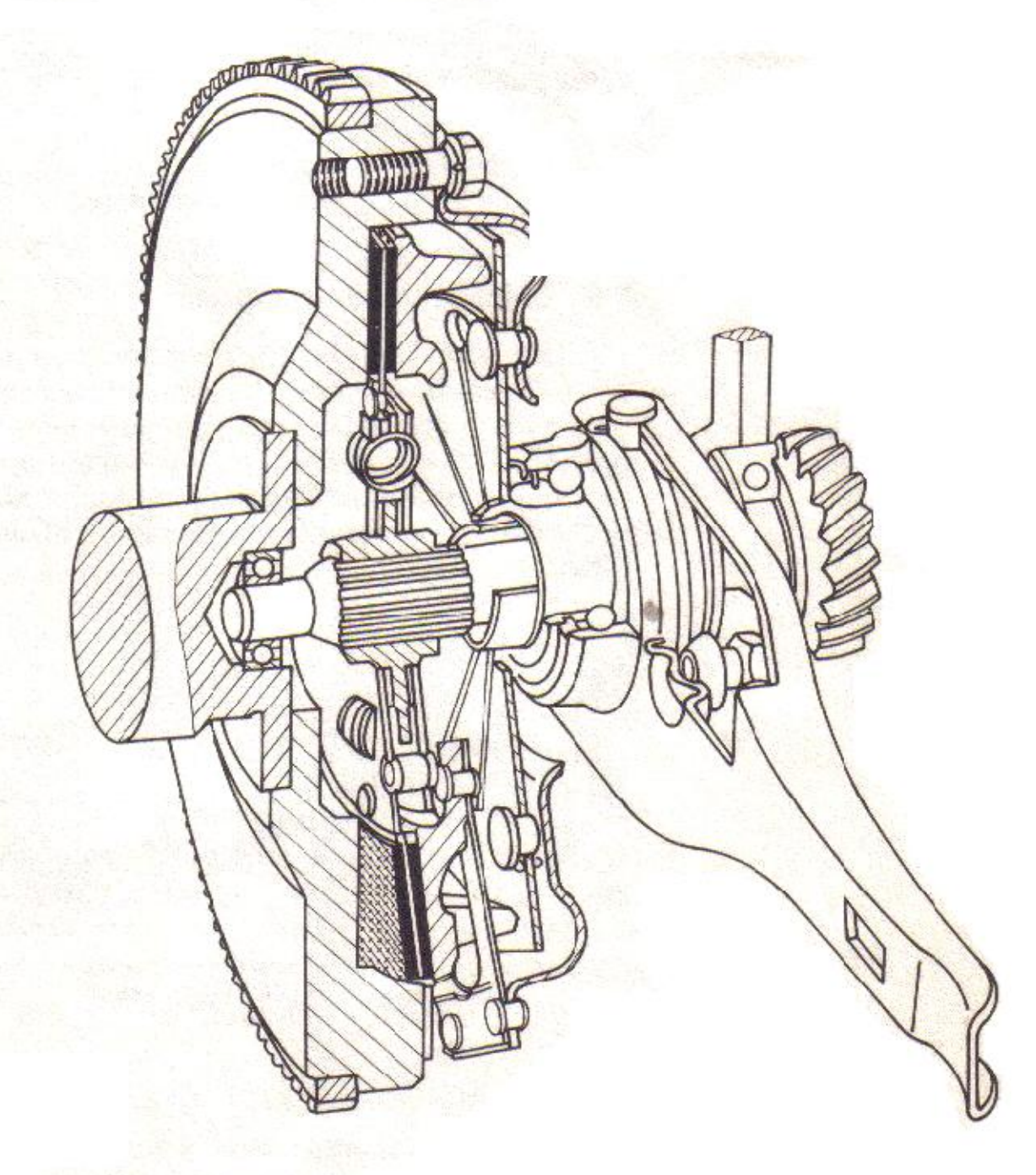
www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

1. Estudio del embrague



www.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

OBJETIVOS

— *Conocer la misión y comportamiento del embrague como transmisor de movimiento y par motor.*
— *Familiarizar al alumno con los distintos tipos de embragues empleados en la actualidad.*
— *Estudiar la constitución y funcionamiento de los embragues.*
— *Analizar las averías que pueden producirse en los embragues.*

EXPOSICIÓN DEL TEMA

1.1 Misión del embrague

El *embrague* en un vehículo (fig. 1.0) es el elemento encargado de transmitir el esfuerzo y movimiento del motor, que se obtiene en el volante del mismo, a las ruedas, a voluntad del conductor. El embrague se puede considerar, por tanto, como un *transmisor de par motor.*

Todo embrague debe estar diseñado de forma que sea *progresivo* y *elástico,* para que el movimiento no se transmita bruscamente o a *tirones* con el vehículo parado, o cuando varía el régimen de revoluciones del motor.

El embrague va colocado entre el *volante del motor* y *la caja de cambios,* a la cual transmite el movimiento. Su puesta en funcionamiento puede ser automática, en función del régimen de funcionamiento del motor, por medio de un embrague automático, o bien, directamente controlada por el conductor por medio de una palanca de pedal.

1.2 Clasificación de los embragues

Según la forma adoptada para transmitir el movimiento del motor, los embragues pueden clasificarse en los siguientes grupos:

— Embragues de fricción.
— Embragues hidráulicos.
— Embragues electromagnéticos.

1.3 Embragues de fricción

Este tipo de embrague consiste en uno o varios *discos de fricción* intercalados entre el *volante motor* y el *primario* de la caja de cambios (fig. 1.1) que transmiten el movimiento al quedar acoplados al volante motor por medio de un mecanismo de presión. Cuando el disco está sometido a presión, acoplado al volante motor, se dice que el motor está *embragado* (pedal libre en los controlados directamente por el conductor) y *desembragado* cuando el disco queda libre de presión (pedal pisado a fondo).

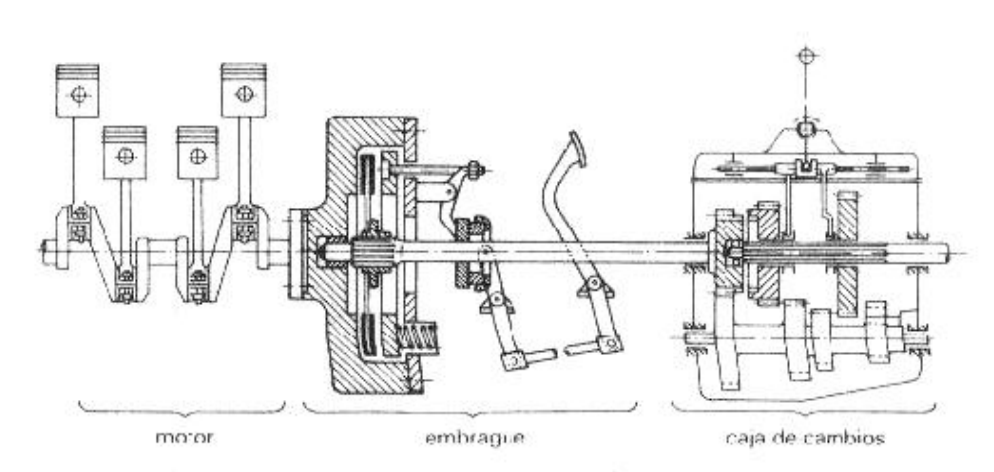


Fig. 1.1 Posición del embrague.

1.3.1 *Constitución de estos embragues*

Los *embragues de fricción* están constituidos por dos elementos claramente definidos e independientes, cumpliendo cada uno de ellos su misión específica dentro del conjunto; estos dos elementos son:

— El disco de embrague.
— El plato de presión.

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

1.3.1.1 *Disco de embrague*

Este disco está formado por un *disco de acero* (1) (fig. 1.2A) con unos cortes radiales (2) en su periferia que forman una especie de lengüetas que pueden doblarse en ambos sentidos de giro por la inercia de la fricción (fig. 1.2B). Va unido al *platillo* (3) con interposición de los *muelles* (4) que hacen de amortiguadores a la inercia de contacto. Este disco lleva un *manguito estriado* (5) para su acoplamiento al árbol primario de la caja de cambios. En la figura 1.2C puede verse la forma real de las dos caras del disco.

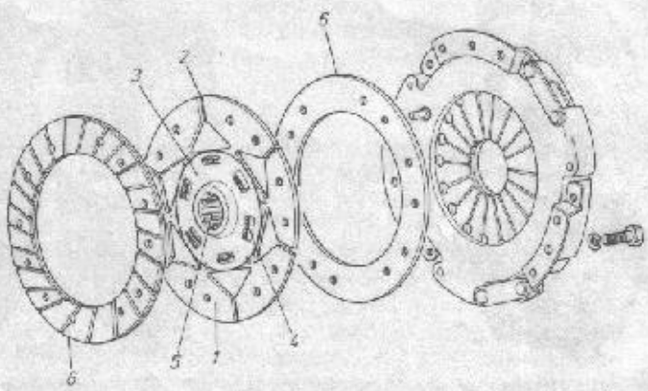


Fig. 1.2A Partes del disco de embrague.

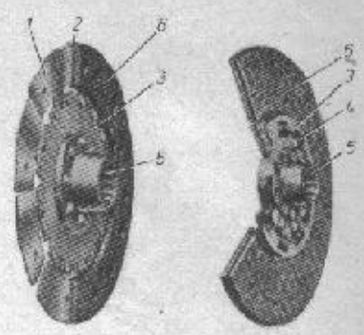


Fig. 1.2B Conjunto montado del disco de embrague.

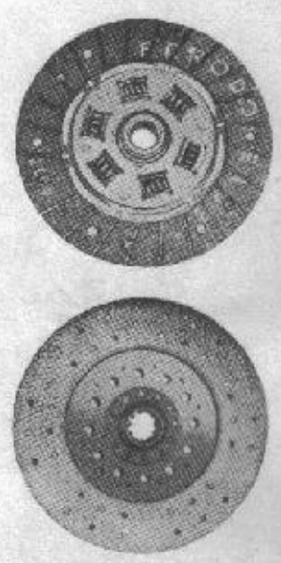


Fig. 1.2C Forma de las guarniciones vistas por ambos lados.

Al disco (1), por medio de remaches o bien pegados, van sujetos los *ferodos* (6) (fig. 1.2D), que son lisos por la cara de acoplamiento a las lengüetas y estriados por la cara exterior o zona de fricción. Las cabezas de los remaches van embutidas dentro del ferodo para evitar que rocen contra la superficie de asiento en el volante y plato de presión. En platillos pequeños, de hasta 180 mm de diámetro, la corona está dividida en segmentos circulares (figs. 1.2B y 1.2D-1) recíprocamente curvados y arqueados hacia afuera. Ceden bajo la presión del embrague y, al embragar, su posición es casi plana.

Para diámetros superiores a 200 mm se emplea el perfil del platillo de la figura 1.2D-2, que lleva capas intermedias de resortes remachados con el disco de acero y con la guarnición.

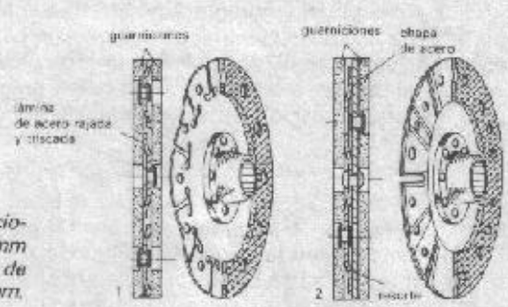


Fig. 1.2D Remachado de las guarniciones: 1, para platillos menores de 180 mm de diámetro; 2, para platillos mayores de 200 mm.

Estos ferodos, por contacto a presión con el volante, son los encargados de transmitir el movimiento sin que se produzcan resbalamientos, por lo que su material debe ser fuertemente adherente, muy resistente al desgaste por rozamiento y al calor. Están fabricados a base de amianto impregnado en resinas sintéticas y prensado en armazón de hilos de cobre o latón, que le dan las características apropiadas a la misión que tienen que cumplir.

1.3.1.2 *Plato o disco de presión*

Es la pieza que va montada entre el *disco de fricción* y la *cubierta* o carcasa. El *plato de presión* sirve para el acoplamiento del conjunto al volante de inercia del motor por medio del *disco de fricción*.

El mecanismo de presión está formado por un disco de acero, en forma de corona circular, que va unido elásticamente a la carcasa para su desplazamiento axial.

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

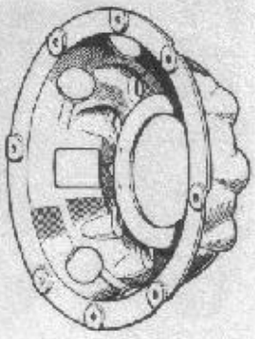


Fig. 1.4 Cubierta o carcasa de embrague.

Entre el disco y la carcasa van situados unos elementos de presión —que pueden ser unos muelles (fig. 1.3A) o un diafragma (fig. 1.3B)— que transmiten la suficiente fuerza a la maza para que el disco quede oprimido entre ella y el volante, de forma que reciba todo el par motor sin resbalamientos, por lo que deben estar calculados para soportar todo el esfuerzo tangencial transmitido por el motor.

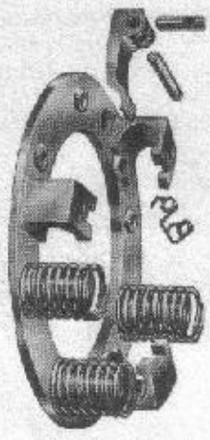


Fig. 1.3A Plato de presión accionado por resortes helicoidales.

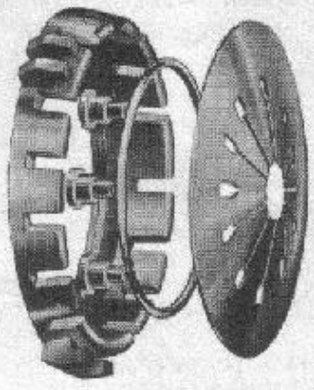
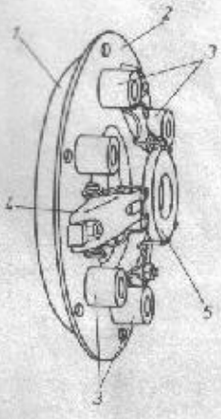


Fig. 1.3B Plato de presión accionado por diafragma.



1 plato de presión
2 cubierta
3 alojamientos de los muelles de presión
4 palanca de presión
5 anillo de presión

Fig. 1.5 Maza de embrague.

1.3.1.3 *Cubierta*

La *cubierta* o carcasa (fig. 1.4) es la pieza exterior que, además de servir de protección a todo el conjunto del embrague, aloja y sujeta los mecanismos de *presión* y *accionamiento*.

1.3.1.4 *Maza de embrague*

La *maza* de embrague (fig. 1.5) está formada por el conjunto constituido por el *plato de presión* (1), la carcasa y los mecanismos de unión con la cubierta, como son: los *muelles de presión*, las *palancas de presión* o patillas de embrague (4), *anillo de presión* (5) y demás piezas complementarias (tornillos, arandelas, anillos, muelles de retención, etc.) (figs. 1.8 y 1.9).

La cubierta del embrague está atornillada al cuerpo del volante. Todas las superficies de acción del embrague deben estar en planos paralelos, para evitar que el esfuerzo sea desequilibrado. Por esta razón, cada vez que se desmonta, se debe verificar el paralelismo entre el anillo de embrague (1) y el disco de presión (2) (figura 1.6); la desviación permisible máxima no debe ser superior a 0,04 mm.

1.3.2 *Montaje y funcionamiento del conjunto*

Como puede verse en la figura 1.7 el disco de embrague (1) va acoplado en el árbol del primario de la caja de cambios (2) por mediación de su casquillo estriado (3). El árbol primario se apoya en el cigüeñal (4) por medio de un casquillo de bronce (5) sobre el cual se desliza. Los ferodos del disco (1), por una de sus caras se acoplan al volante motor (6), y por la otra al plato de presión (7) que va solidario al volante a través de la carcasa (8).

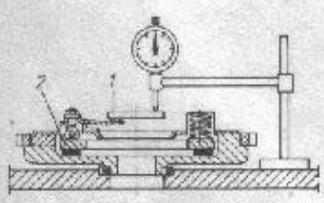


Fig. 1.6 Verificación de la superficie de ataque.

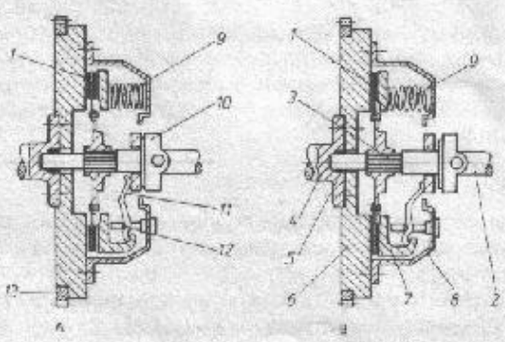


Fig. 1.7 Esquema de un embrague: A, desembragado; B, embragado.

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

La presión que ejercen los resortes (9) sobre la carcasa hace que el disco quede fuertemente aprisionado contra el volante por la adherencia de los ferodos. En este momento, el *volante transmite el movimiento al disco* que, a su vez, por mediación del manguito estriado, lo transmite al primario de la caja de cambios.

— *Posición de desembragado.*

Cuando se pisa el pedal de embrague (fig. 1.7A) se desplaza el collarín (10) hacia el interior, presionando sobre las patillas (11); éstas, al girar sobre la articulación (12), desplazan a su vez al plato de presión, que libera el disco de fricción (1) al vencer la resistencia de los muelles (9). En esta posición, el embrague gira en vacío, sin transmitir el movimiento del motor a la caja de cambios.

— *Posición de embragado.*

Al soltar el pedal (fig. 1.7B), la fuerza de los resortes hace retroceder el plato de presión que actúa sobre el disco de fricción y éste se acopla entonces al volante. La disposición del disco, con sus lengüetas y muelles de absorción, hace que el acoplamiento no sea brusco, sino progresivo. No obstante, el acoplamiento del embrague por parte del conductor no debe hacerse de una forma rápida y brusca, sobre todo con el vehículo parado, con el objeto de no *calar* el motor al tener que vencer la enorme inercia debida a su peso.

1.3.3 *Tipos de embragues de fricción*

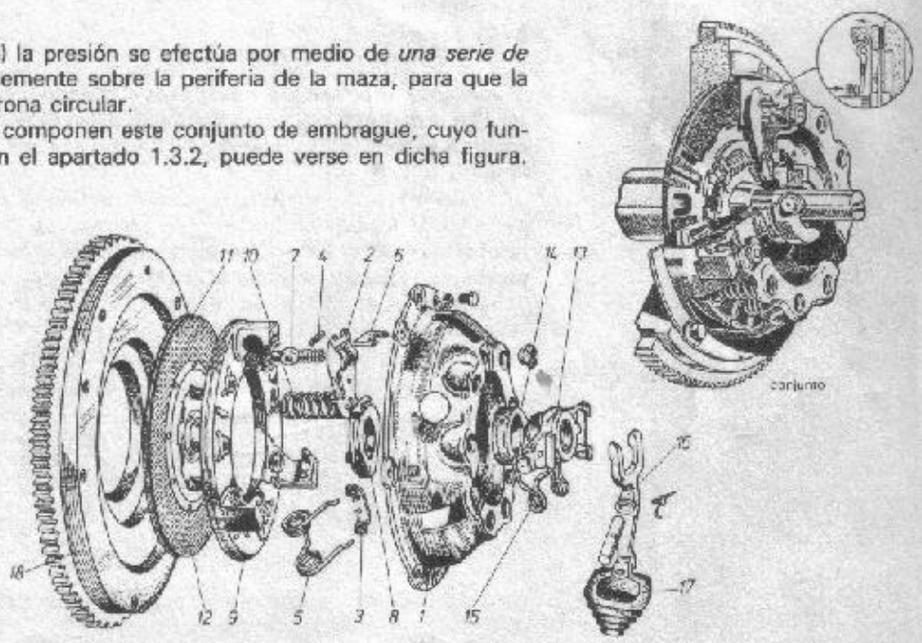
Según los elementos o dispositivos empleados para efectuar la presión sobre la maza para su acoplamiento con el disco, se clasifican en los siguientes tipos:

- Embrague de muelles.
- Embrague de diafragma.
- Embrague automático.
- Embrague semiautomático.
- Embrague de discos múltiples.

1.3.3.1 *Embrague de muelles*

En este embrague (fig. 1.8) la presión se efectúa por medio de *una serie de muelles* (10) repartidos uniformemente sobre la periferia de la maza, para que la presión sea igual en toda la corona circular.

La forma y elementos que componen este conjunto de embrague, cuyo funcionamiento se ha explicado en el apartado 1.3.2, puede verse en dicha figura.



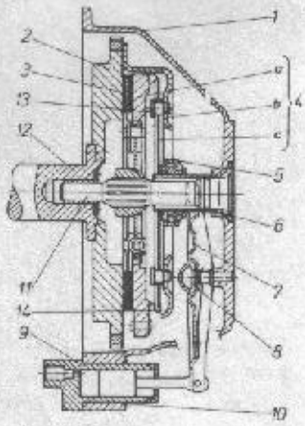
1 carcasa
2 patilla de desembrague
3 muelle de fijación de la placa de apoyo y collarín
4 bulón de articulación de la patilla
5 muelle antivibrador
6 placa de apoyo de patilla
7 espárragos de reglaje con tuercas
8 placa de apoyo del collarín
9 plato de presión
10 muelle del plato de presión
11 conjunto de disco del embrague
12 forro del disco de embrague
13 collarín
14 rodamiento
15 muelle de retención de la horquilla
16 palanca accionamiento
17 fuelle guardapolvo
18 volante

Fig. 1.8 Embrague de muelles.

1.3.3.2 *Embrague de diafragma*

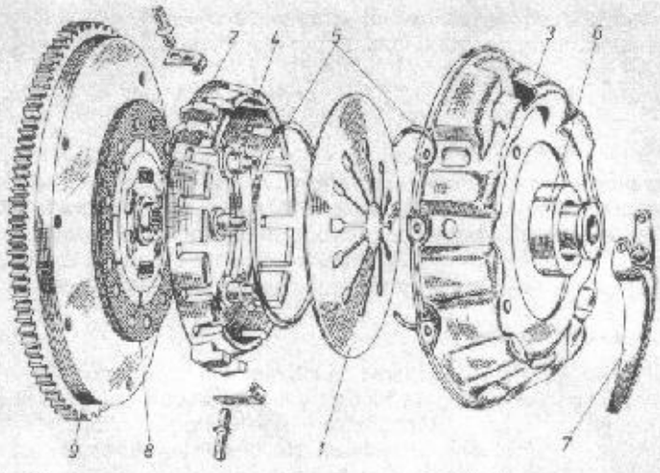
En este tipo de embrague (fig. 1.9A y B) los muelles son sustituidos por un *diafragma elástico* de acero especial (1) que se comporta como un muelle, encajado en la periferia del plato de presión (2), que oprime dicho plato contra el disco de embrague. El diafragma tiene forma cónica y lleva unos cortes radiales (2) que parten del centro, cuyos extremos sirven para su sujeción a la carcasa (3). El montaje y funcionamiento de este embrague (fig. 1.9B) es similar al anterior.

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG



1 carcasa
2 volante motor
3 disco de embrague
4 mecanismo de presión { a plato, b carcasa, c diafragma }
5 tope de bolas
6 casquillo guía
7 horquilla de desembrague
8 rótula
9 cilindro de accionamiento
10 círculo de sujeción
11 árbol primario
12 cigüeñal del motor
13 pernos de fijación
14 resorte de retorno

Fig. 1.9B Embrague de diafragma seccionado.



1 diafragma elástico
2 plato de presión
3 carcasa
4 perno de fijación del conjunto de diafragma y anillos de apoyo a la carcasa
5 anillos de apoyo
6 collarín
7 palanca accionadora
8 disco de embrague
9 volante

Fig. 1.9A Embrague de diafragma.

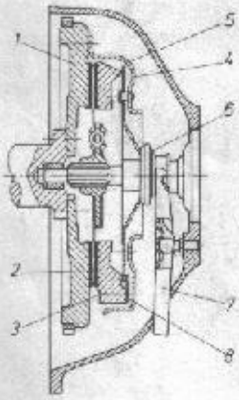
Existe otro modelo de embrague de resorte de diafragma en que la parte de menor diámetro está inclinada hacia afuera en forma de cono (fig. 1.9C).

— *Posición de embrague.*

En su posición de reposo (fig. 1.9D-1) la conicidad del diafragma es hacia afuera y, en ella, ejerce presión sobre el plato que, por esta razón, se ajusta al disco fuertemente.

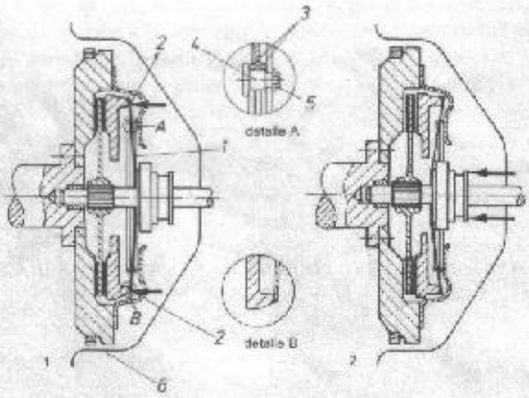
— *Posición de desembrague.*

Al pisar el embrague y desplazar el collarín hacia el interior (fig. 1.9D-2), el diafragma invierte su conicidad y arrastra hacia afuera a la maza, que así queda separada del disco.



1 volante
2 disco del embrague
3 plato de presión
4 resorte de diafragma
5 collarín
6 cojinete de desembrague
7 horquilla
8 resorte de retorno

Fig. 1.9C Embrague de resorte de diafragma con los dedos inclinados.



1 muelle de diafragma
2 presión del diafragma
3 anillos basculantes
4 perno de fijación
5 remache de retención de los aros flotantes
6 carcasa

Fig. 1.9D Fuerzas y posiciones extremas de un embrague de diafragma: 1, embragado; 2, desembragado.

— *Ventajas del embrague de diafragma.*

Las características diferenciadoras que presenta este embrague con respecto al de muelles son las siguientes:

— Reducción de frotamientos internos.
— Mejor equilibrado.
— Tamaño más reducido.
— Menor esfuerzo de desembragado.
— Menor sensibilidad a los efectos de la fuerza centrífuga.
— Posibilidad de utilizar un volante plano.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.org

— *Comparación de esfuerzos en ambos sistemas de embrague.*

En el diagrama de la figura 1.10 se puede observar la diferencia de esfuerzos aplicados al pedal en uno y otro sistema y en un embrague de las mismas dimensiones. En el de diafragma el *mayor esfuerzo* se obtiene en la fase de *semidesembragado,* hasta el momento de vencer la fuerza inicial de inversión en la conicidad del diafragma. A continuación, disminuye el valor del esfuerzo hasta la fase final de desembrague, aunque se mantiene ligeramente constante en el recorrido del pedal. Sin embargo, en los embragues de muelles el esfuerzo es creciente a medida que se van comprimiendo los muelles.

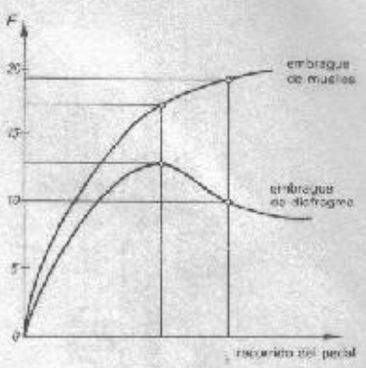


Fig. 1.10 Diagrama comparativo de esfuerzos en el desembrague.

1.3.3.3 *Embrague automático de tipo mecánico*

El *embrague automático* efectúa todo el proceso en el arranque y en el cambio de marchas de forma automática; es decir, el conductor del vehículo no necesita accionar la palanca de pie.

Este embrague no lleva collarín ni mando de accionamiento; la acción de embragado y desembragado se confía a unos contrapesos (4) (fig. 1.11) que funcionan por la acción de la *fuerza centrífuga del giro del motor.*

1 volante
2 disco de embrague
3 plato de presión
4 contrapesos
5 resortes
6 árbol primario de la caja de cambio
7 eje de giro
8 árbol del cigüeñal

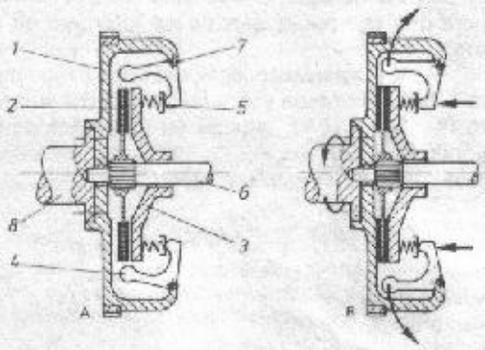


Fig. 1.11 Esquema de un embrague centrífugo automático de contrapesos: A, desembragado; B, embragado.

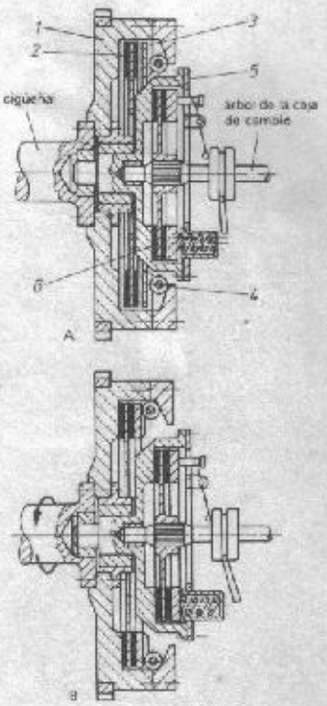
— *Posición de desembragado.*

El embrague está calculado (fig. 1.11A) para que, cuando el motor gire a ralentí, los contrapesos no ejerzan presión sobre la maza (3), quedando por tanto el disco (2) libre, es decir, *desembragado.*

— *Posición de embragado.*

Al pisar el acelerador y aumentar el número de revoluciones del motor, la fuerza centrífuga hace desplazar los contrapesos hacia la periferia (fig. 1.11B), con lo que, al bascular sobre su eje de montaje (7), empujan al plato de presión hacia su acoplamiento con el disco, quedando así *embragado.* Como puede observarse, el proceso es totalmente progresivo, ya que la presión de acoplamiento ejercida por los contrapesos está en función del régimen de giro del motor.

Existe una gran variedad de estos tipos de embrague, en que el elemento centrífugo puede ser también unos rodillos que se deslizan por un cono (fig. 1.12) u otros sistemas. Aquí se han descrito dos de los modelos más empleados. Estos embragues suelen montarse generalmente con caja de cambios automática.



1 volante
2 disco de embrague
3 disco de presión
4 rodillo centrífugo
5 eje de accionamiento
6 disco conducido

Fig. 1.12 Embrague centrífugo automático de cono y rodillos: A, desembragado; B, embragado.

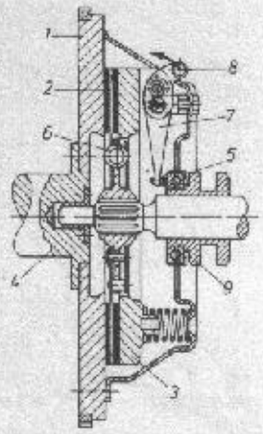
1.3.3.4 *Embrague semiautomático*

Existe un modelo intermedio de embrague, denominado *semiautomático* (fig. 1.13), que emplea el mismo sistema de avance centrífugo, pero lleva un sistema de presión a base de muelles o diafragma. También lleva incorporado un collarín (9) para su accionamiento por pedal o para poder efectuar el cambio de velocidades. En este modelo el esfuerzo centrífugo de los contrapesos (8) ayuda a los resortes en su acoplamiento de embragado. Sin embargo, para el desembragado se necesita efectuar un mayor esfuerzo sobre el collarín.

1.3.3.5 *Embrague de discos múltiples*

Este embrague se instala cuando lo exigen las características del volante del motor, ya que el mayor tamaño del disco que se puede colocar no es suficiente

WWW.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG



1 volante
2 disco de embrague
3 plato de presión
4 cigüeñal
5 rodamiento topes
6 resorte amortiguador
7 eje de desembrague
8 contrapeso
9 collarín

Fig. 1.13 Embrague centrífugo semiautomático.

para transmitir todo el par motor. Entonces se emplea el embrague de varios discos, cuya superficie total de adherencia sea equivalente a la que se necesitaría con un solo disco.

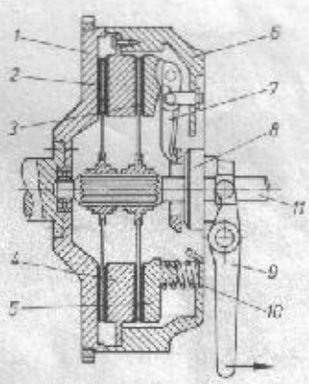
Uno de los más empleados para turismos de gran potencia es el que lleva dos discos (2) y (3) (fig. 1.14). Este modelo emplea un plato de arrastre adicional (4) que va intercalado entre ellos y se desplaza con el volante motor (1). La unión de este plato a la carcasa (6) del embrague se realiza por medio de unas placas elásticas que permiten su desplazamiento axial, durante el embragado y desembragado, para unir o dejar libres los discos.

El funcionamiento del mismo es idéntico a los embragues normales. La presión se transmite igualmente por medio de muelles o diafragma, aunque el recorrido del collarín es mayor y el sistema de presión más potente, con el fin de que el desembragado se realice en ambos discos.

1.3.4 *Mandos del embrague*

El desplazamiento de las patillas o del diafragma para desacoplar el embrague se realiza por medio de un cojinete de empuje (1), llamado collarín (fig. 1.15A), montado sobre el árbol primario (2) de la caja de cambios y accionado por la palanca de desembrague (3). En este collarín va montado un cojinete axial (5) (fig. 1.13) para que el empuje ejercido no interfiera en el giro de las partes móviles del embrague.

Para el desplazamiento del collarín se emplea un dispositivo de horquilla (figura 1.15C), montada sobre la carcasa del embrague, y una palanca de accionamiento (4) (fig. 1.15A), situada en el interior de la carrocería y al alcance del pie del conductor.



1 volante
2 disco primario
3 disco secundario
4 plato intermedio
5 plato de presión
6 carcasa
7 patilla
8 collarín
9 palanca de desembrague
10 muelles
11 árbol primario de la caja de cambios

Fig. 1.14 Embrague de dos discos.

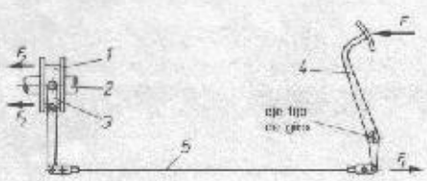
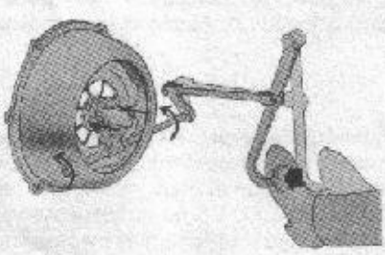


Fig. 1.15A Esquema de mando mecánico.



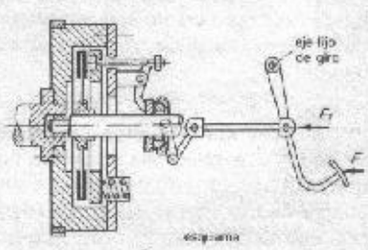


Fig. 1.15B Dispositivo mecánico de articulación por varillas.

1.3.5 *Sistemas de mando*

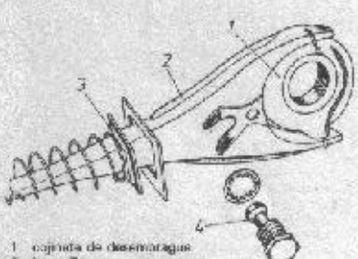
Los sistemas de mando empleados para el accionamiento del embrague pueden ser de tres tipos:

- Accionamiento por articulación mecánica.
- Sistema de accionamiento hidráulico.
- Sistema de accionamiento neumático.

1.3.5.1 *Accionamiento mecánico*

Se emplea generalmente para pequeños turismos. Utiliza como elemento de unión entre el pedal de embrague (4) y la palanca de desembrague (3), un cable (5) (fig. 1.15A) o un sistema articulado de varillas (fig. 1.15B) que transmiten la fuerza aplicada en el pedal al collarín.

Esta fuerza —necesaria para desacoplar la maza del embrague— depende de la disposición de las palancas, ya que las fuerzas que actúan son inversamente proporcionales a los brazos de palanca correspondientes. Según esto, en la disposición de la figura 1.16A se tiene:



1 cojinete de desembrague
2 horquilla
3 protector antipolvo
4 prisionero del pivote de la horquilla

Fig. 1.15C Horquilla de articulación.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

En la palanca de desembrague:

$$F \cdot a = F_1 \cdot b$$

En las patillas de embrague:

$$F_1 \cdot a_1 = F_2 \cdot b_1$$

$$F_1 = F_2 \cdot \frac{b_1}{a_1}$$

Sustituyendo el valor de *(F_1)* en la primera fórmula y despejando *(F)* a continuación, se tiene:

$$F \cdot a = F_2 \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot b$$

$$\boxed{F = F_2 \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot \frac{b}{a}} \qquad [1.1]$$

EJERCICIOS RESUELTOS

Problema 1

Un embrague monodisco dispone de unos brazos de palanca articulados como los de la figura 1.16A, con las siguientes dimensiones: a = 400 mm; b = 50 mm; a_1 = 70 mm y b_1 = 16 mm. ¿Cuál es la presión que hay que ejercer sobre la palanca de pie, si la presión de contacto que se necesita ejercer sobre el disco de embrague es de 250 kgf?

Solución:

Aplicando la fórmula [1.1] resulta:

$$F = F_2 \cdot \frac{b \cdot b_1}{a \cdot a_1} = 250 \times \frac{50 \times 16}{400 \times 70} = 7{,}14 \text{ kgf}$$

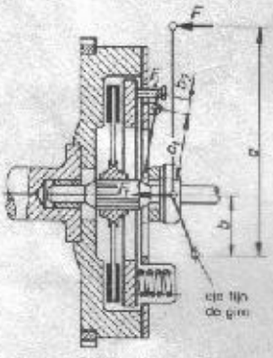


Fig. 1.16A Mecanismo de palanca.

Problema 2

Calcular la fuerza que hay que ejercer en el pedal de un embrague, que es accionado por un sistema de palancas y de varilla tal y como está representado en el esquema de la figura 1.16B, sabiendo que se tiene que vencer una fuerza de acoplamiento en dicho embrague de 100 kgf.

Solución:

Aplicando la fórmula [1.1]:

$$F = F_2 \cdot \frac{b \cdot b_1}{a \cdot a_1} = 100 \times \frac{5 \times 5}{25 \times 15} = 6{,}66 \text{ kgf}$$

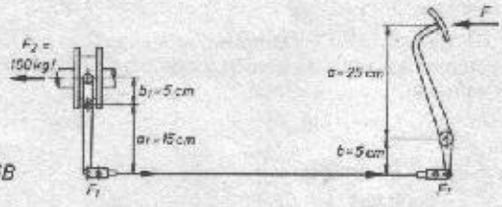


Fig. 1.16B

1.3.5.2 *Accionamiento hidráulico*

Para embragues de gran presión o en el embrague semiautomático, con el fin de aminorar el esfuerzo a transmitir en el pedal y para que el accionamiento sea más suave, se intercala entre el pedal y la palanca de desembrague un *sistema hidráulico,* que consiste (figs. 1.17A y B y 1.9B) en un bombín (1) y una bomba multiplicadora de esfuerzos (2).

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

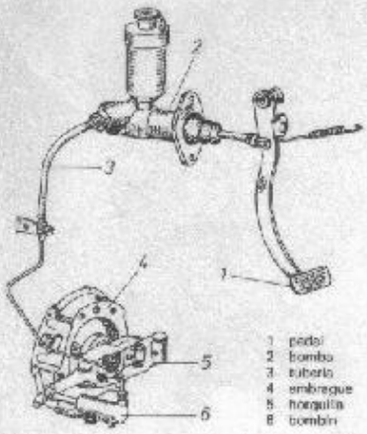


Fig. 1.17B Esquema de la instalación de un embrague hidráulico.

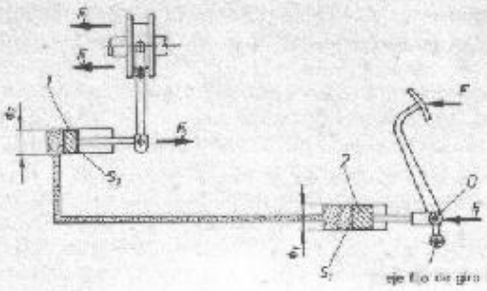


Fig. 1.17A Esquema de mando hidráulico.

Al pisar el pedal, el pistón de la bomba transmite el líquido al bombín, el cual desplaza su pistón haciendo accionar la palanca de desembrague. Como el esfuerzo multiplicador está en función de los diámetros de la bomba y del bombín, se tiene:

$$\text{Presión en la bomba} = \frac{\text{fuerza en el pedal en la articulación (O)}}{\text{superficie del pistón}}$$

$$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot \varnothing_1^2}{4}} = \frac{4\,F_1}{\pi \cdot \varnothing_1^2}$$

y como la presión del líquido se transmite íntegramente al bombín:

$$F_2 = p \cdot S_2 = p \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing_2^2}{4} = \frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot \varnothing_1^2} \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing_2^2}{4}$$

con lo que resulta:

$$\boxed{F_2 = F_1 \cdot \frac{\varnothing_2^2}{\varnothing_1^2}} \qquad [1.2]$$

Para calcular el esfuerzo inicial *(F)* y el final *(F_3)* hay que tener en cuenta también la desmultiplicación de las palancas de accionamiento, como en los casos anteriores.

EJERCICIO RESUELTO

Problema 3

Calcular, con los datos del problema 2, el esfuerzo a realizar en el pedal intercalando un sistema hidráulico de bomba y bombín (fig. 1.18), cuyos diámetros son 5 y 10 cm, respectivamente.

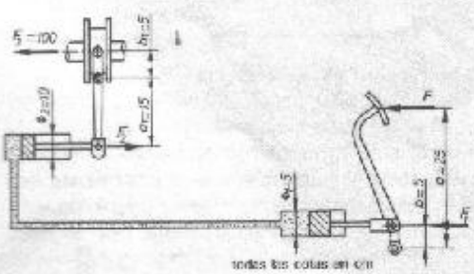


Fig. 1.18

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

Solución:

A partir de la fórmula [1.2] se establece fácilmente que:

$$F_1 = F_2 \cdot \frac{\varnothing_1^2}{\varnothing_2^2}$$

Debido a la articulación de la palanca situada entre el bombín y el collarín, la fuerza que tiene que realizar el émbolo del bombín es:

$$F_2 = \frac{F_3 \cdot 5}{15} = \frac{F_3}{3} = \frac{100}{3}$$

Sustituyendo en la fórmula primera el valor de *(F_2)*, resulta:

$$F_1 = F_2 \cdot \frac{\varnothing_1^2}{\varnothing_2^2} = \frac{100}{3} \times \frac{5^2}{10^2} = \frac{25}{3}$$

Siendo la fuerza *(F)* aplicada al pedal:

$$F = \frac{F_1 \cdot b}{a} = \frac{\frac{25}{3} \times 5}{30} = \frac{25 \times 5}{3 \times 30} = 1{,}388 \text{ kgf}$$

Estos elementos de mando (bomba y bombín), cuyo despiece puede verse en las figuras 1.19 y 1.20, van montados: el primero sobre el soporte de pedales y, el segundo, sobre el envolvente de volante (fig. 1.9B). Están unidos por una canalización y alimentados por líquido de frenos procedente de un depósito (fig. 1.21). En la figura 1.17A puede verse un esquema de la forma de funcionamiento del conjunto.

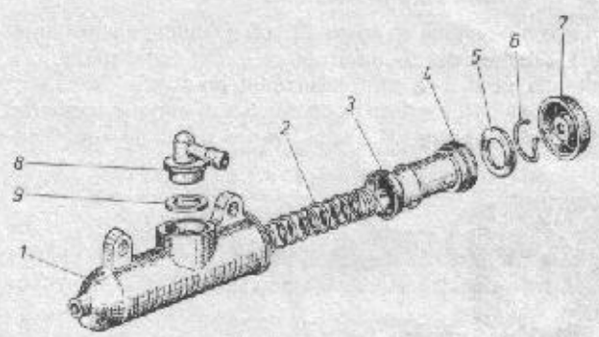


Fig. 1.19 Despiece de la bomba de embrague.

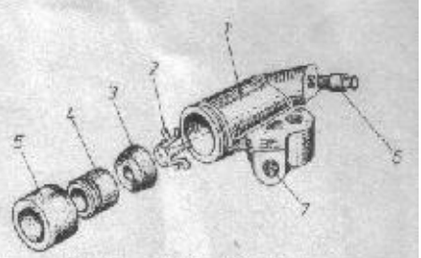


Fig. 1.20 Despiece del bombín de embrague.

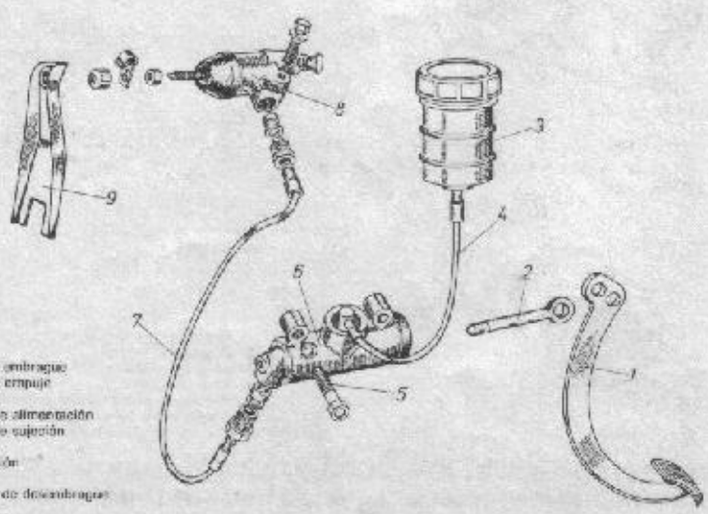


Fig. 1.21 Circuito hidráulico.

WWW.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

1.3.5.3 *Sistema neumático*

Este sistema es poco empleado en la actualidad. Para que se tenga una idea de su funcionamiento se explica, a continuación, uno de los sistemas más sencillos.

Consiste la instalación (fig. 1.22A) en un depósito (1) que envía el aire a un *servo-embrague* (2) a través de una tubería flexible (3). El servo-embrague sirve para distribuir el aire en la operación de embrague y desembrague. Del servo sale una tubería (4) que envía aire al cilindro de mando (5), cuyo émbolo (6) actúa sobre el balancín de embrague (7).

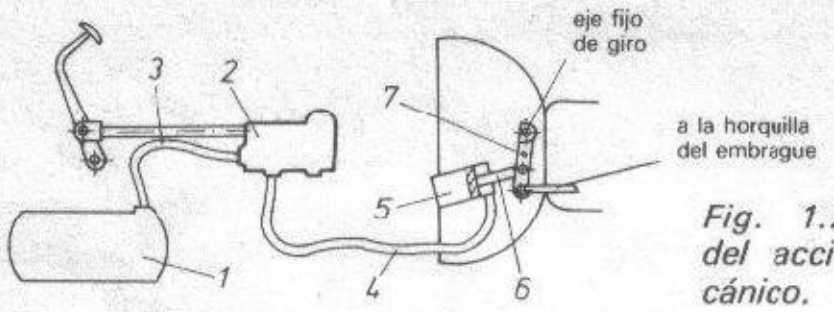


Fig. 1.22A Esquema del accionamiento mecánico.

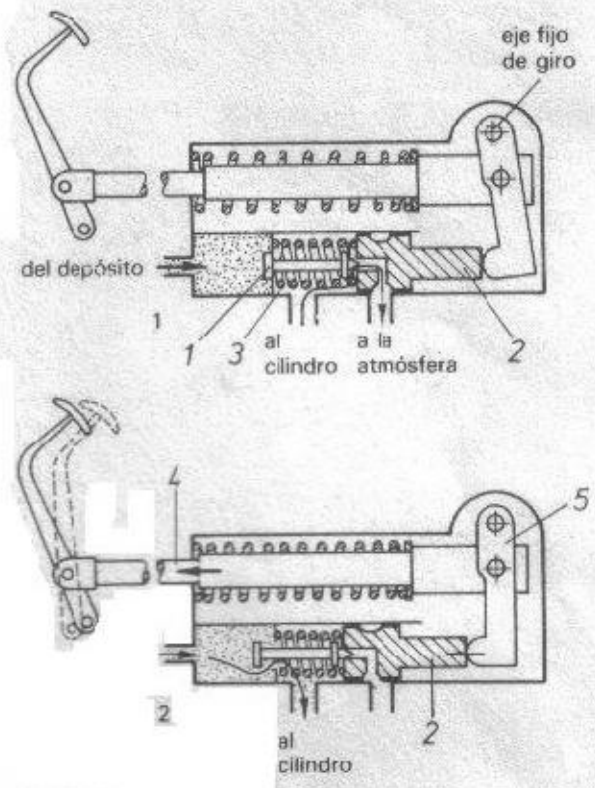


Fig. 1.22B Posiciones del servo-embrague: 1, embragado; 2, desembragado.

— *Posición de embragado*

El aire del depósito (fig. 1.22B) no puede dirigirse hacia el cilindro, pues se lo impide la válvula doble (1). Por el contrario, la misma válvula en esta posición pone en comunicación el cilindro y la atmósfera por medio del pistón (2) que es desplazado axialmente por la acción del resorte (3).

— *Posición de desembragado*

La acción sobre el pedal obliga al desplazamiento de la varilla (4) en el sentido que indica la flecha y, por consiguiente, de la palanca (5), que en su giro impulsa el pistón (2), cerrando así la comunicación con la atmósfera y dejando paso libre al aire en dirección al cilindro.

1.3.6 *Embrague para motocicleta*

En motocicletas se emplean con frecuencia embragues de discos múltiples (figura 1.23). Los discos intermedios están constituidos por láminas de acero. Con frecuencia los discos giran lubricados en aceite. Estos embragues *húmedos* trabajan con suavidad y sufren poco desgaste, aunque requieren, debido al poco esfuerzo de fricción, entre los discos, varios pares de superficies de fricción.

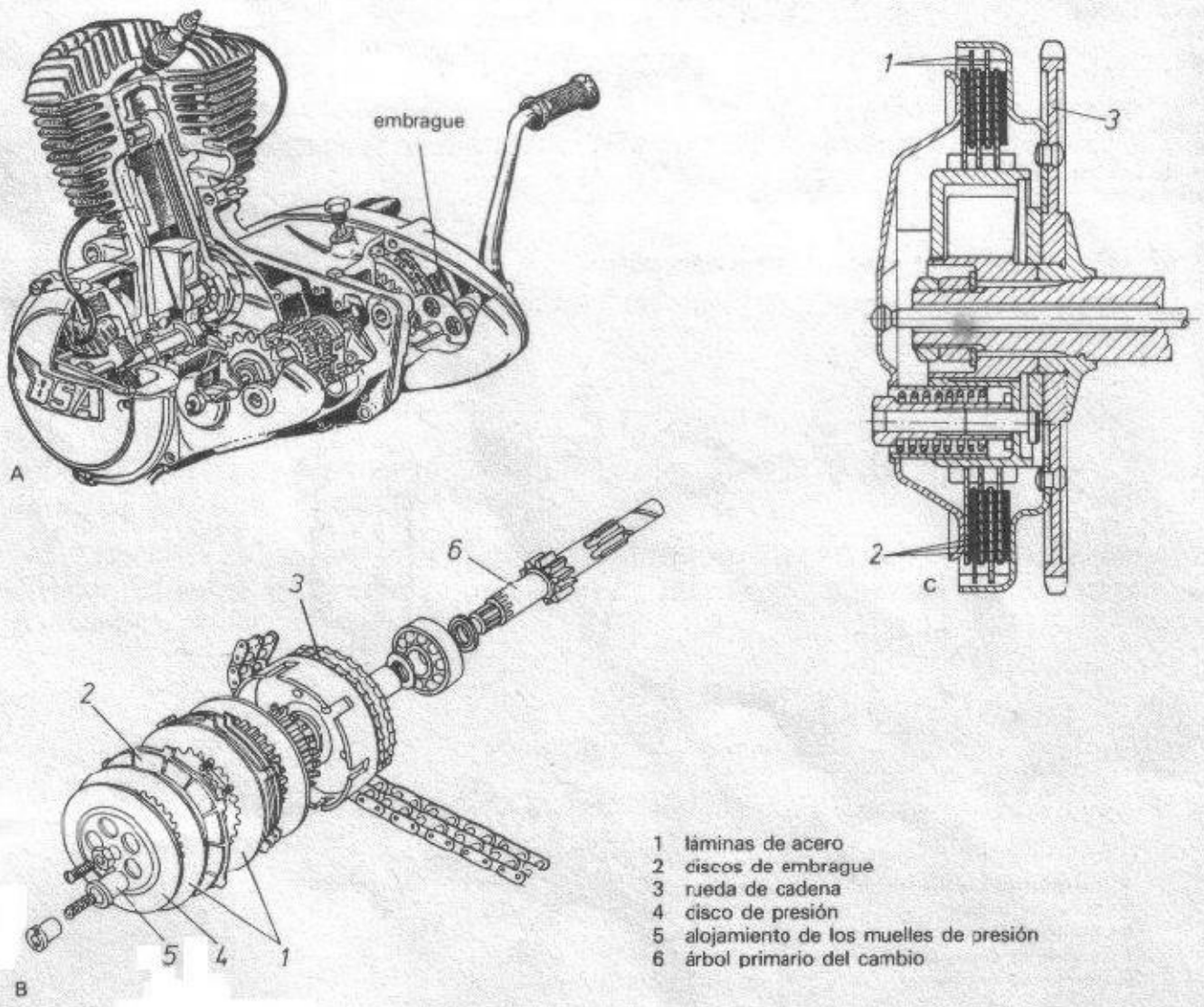
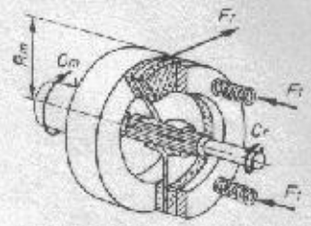


Fig. 1.23 Embrague de discos y láminas múltiples, empleado en motocicletas: A, posición de montaje en el motor de dos tiempos; B, despiece; C, sección del conjunto.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.org

1.3.7 *Esfuerzos desarrollados en el acoplamiento de un embrague*

Todo embrague, como transmisor de movimiento, tiene que ser capaz de transmitir todo el esfuerzo motor a la transmisión del vehículo. En todo acoplamiento o embrague los esfuerzos de torsión se *transmiten por fricción*. Esta función se denomina rozamiento adherente y la magnitud del esfuerzo transmitido depende del estado y de la carga de las superficies en contacto.



F_1 = fuerza de cada muelle
F_t = fuerza total

Fig. 1.24A

— *Coeficiente de adherencia.*

Este valor depende del revestimiento o guarnición empleado en una de las superficies en contacto, y su valor oscila entre 0,3 y 0,5. El *coeficiente de adherencia* μ se obtiene mediante ensayos, y su valor se encuentra en las tablas que facilitan los fabricantes de estos productos. Cuanto mayor es la carga *(F_t)* que se ejerce sobre dos superficies en contacto, mayor es el coeficiente de adherencia.

— *Fuerza de acoplamiento.*

De lo dicho anteriormente se deduce que la magnitud del esfuerzo de acoplamiento *(F_r)* (fig. 1.24A) es directamente proporcional al coeficiente de adherencia y a la carga de contacto.

La fuerza total de contacto es igual a la fuerza que ejerce cada muelle por el número de muelles:

$$F_t = F_1 \cdot \text{número de muelles}$$

luego:

$$\boxed{F_r = \mu \cdot F_t} \qquad [1.3]$$

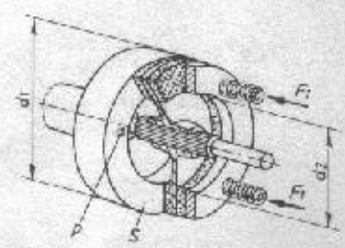


Fig. 1.24B Representación de la carga de la superficie.

— *Presión superficial específica.*

El *grado de adherencia* depende también de la constitución molecular del material empleado. Es indudable que los materiales blandos se ajustan mejor que los duros a las desigualdades superficiales, si bien tienen una menor resistencia y pueden ser motivo de no poder admitir tanta carga.

Las guarniciones empleadas en vehículos deben soportar cargas de 2 a 3 kgf/cm². Esta carga (fig. 1.24B) se denomina *carga superficial específica p*, que depende de la fuerza de contacto de los muelles *(F_t)* y del área *(S)* de dicha superficie.

Por tanto:

$$\boxed{p = \frac{F_t}{S}} \qquad [1.4]$$

Estos dos factores tienen que estar relacionados para no sobrepasar el valor de *p* previamente determinado.

— *Valor de la fuerza de desplazamiento.*

Sustituyendo en la fórmula [1.3] el valor de *(F_t)* en la fórmula [1.4], resulta:

$$F_r = \mu \cdot F_t = \mu \cdot p \cdot S$$

Luego:

$$\boxed{F_r = \mu \cdot p \cdot S} \qquad [1.5]$$

μ = coeficiente de adherencia
p = presión superficial específica en kgf/cm²
S = superficie total de contacto en cm²

1.3.7.1 *Variación de la fuerza de adherencia*

La fórmula [1.5] determina los defectos de transmisión en los embragues, ya que al estar la *fuerza de acoplamiento* en función de las tres variables constructivas

WWW.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

del mismo, al variar una de ellas se obtiene una menor fuerza de embragado, como ocurre cuando:

1.º *Disminuye la fuerza en los muelles.* Por fatiga de los mismos, o al montar muelles más débiles después de una reparación del embrague.

2.º *Existe una menor superficie de contacto.* Cuando se monta un disco inadecuado que no corresponde al diseño calculado para ese motor.

3.º *Disminuye el coeficiente de adherencia en los ferodos.* Por desgaste en los mismos durante su funcionamiento o al montar el disco sucio y engrasado.

No obstante, en las debidas condiciones de diseño y montaje de los embragues de fricción, existe un desgaste normal del disco por el uso y una pérdida de presión en los muelles, que producen las averías en los embragues, las cuales se deben comprobar y reparar.

1.3.7.2 *Esfuerzos de torsión*

La fuerza de impulsión en el volante, determinada por su *par motor* C_m, tiene que ser equilibrada por la fuerza de acoplamiento del disco, ocasionando un *par resistente* C_r en el volante (fig. 1.24A).

El momento o par motor se determina por la fórmula:

$$C_m = 716{,}20 \frac{W_f}{n} \qquad [1.6]$$

W_f = potencia al freno en CV
n = número de revoluciones por minuto del cigüeñal

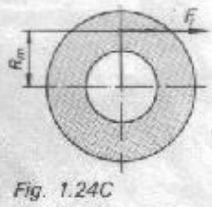


Fig. 1.24C

El par motor (fig. 1.24C) vale:

$$C_m = F_r \cdot R_m \qquad [1.7]$$

La desigualdad de estos momentos hace que el disco patine, con deterioro de los ferodos o, por el contrario, produce un efecto de frenado en el volante, haciendo trabajar más al motor.

Según esto, se comprueba que los esfuerzos de torsión actúan sobre una superficie circular anular y determinan en ella un momento de torsión, que depende de la fuerza de acoplamiento y del radio eficaz o radio medio R_m del disco.

Por tanto, se debe cumplir:

$$C_m = C_r = F_r \cdot R_m = \mu \cdot p \cdot S \cdot R_m \qquad [1.8A]$$

$$F_r = \frac{C_m}{R_m} \qquad [1.8B]$$

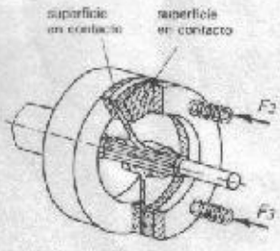


Fig. 1.25

1.3.7.3 *Influencia del número de superficies en contacto*

Las fórmulas anteriores corresponden a una sola superficie de contacto, pero este caso, normalmente, no se presenta en automoción. Los embragues más sencillos empleados en vehículos de poca potencia suelen tener como mínimo un disco de embrague, es decir, dos superficies de contacto (fig. 1.25). Por tanto, el número de superficies en contacto depende del número de discos que lleve el embrague. Las fórmulas anteriores, quedarán así:

— *Para un embrague monodisco* (fig. 1.27A):

$$F_r = \mu \cdot p \cdot 2 \cdot S \qquad [1.9A]$$

$$F_r = \frac{C_m}{2 \cdot R_m} \qquad [1.9B]$$

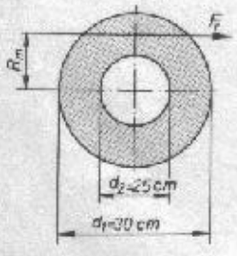


Fig. 1.26

WWW.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

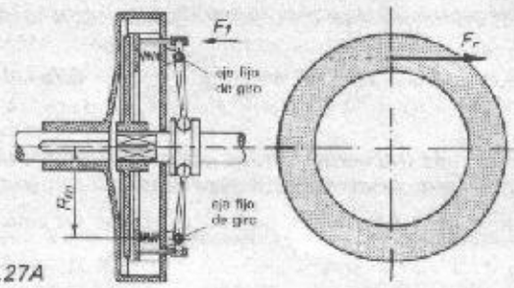


Fig. 1.27A

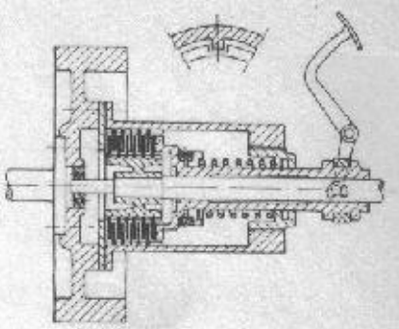


Fig. 1.27B

— *Para un embrague multidisco* (fig. 1.27B):

$$\boxed{F_r = \mu \cdot p \cdot n \cdot S} \qquad [1.10A]$$

$$\boxed{F_r = \frac{C_m}{n \cdot R_m}} \qquad [1.10B]$$

n = número de superficies en contacto

EJERCICIO RESUELTO

Problema 4

A un motor que proporciona un par en el volante de 45 kgf · m se le acopla un embrague monodisco cuyo ferodo está formado por una corona circular de 30 y 25 cm de diámetro (fig. 1.26). Suponiendo que la guarnición tiene un coeficiente de adherencia de 0,5 y que se colocan seis muelles para ejercer el esfuerzo sobre las superficies de contacto, calcular:

1.º La fuerza total de acoplamiento a transmitir por los muelles.
2.º La fuerza que desarrolla cada muelle.
3.º La presión por unidad de superficie (presión superficial específica) que soporte la guarnición.

Solución:

Primera pregunta:

$$d_m = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{30 + 25}{2} = 27{,}5 \text{ cm}$$

$$R_m = \frac{27{,}5}{2} = 13{,}75 \text{ cm} = 0{,}1375 \text{ m}$$

$$F_r = \frac{C_m}{2 \cdot R_m} = \frac{45}{2 \times 0{,}1375} = 163{,}6 \text{ kgf}$$

Esta fuerza actúa sobre las dos superficies de contacto (fig. 1.25).

Segunda pregunta:

$$F_t = \frac{F_r}{\mu} = \frac{163{,}6}{0{,}5} = 327{,}2 \text{ kgf}$$

$$F_1 = \frac{F_t}{6} = \frac{327{,}2}{6} = 54{,}5 \text{ kgf}$$

Tercera pregunta:

Como la superficie total del disco en este caso es $S_t = 2 \cdot S$, resulta:

$$S_t = 2 \cdot S = 2\,\frac{\pi}{4}\,(d_1^2 - d_2^2) = \frac{3{,}14}{2}\,(30^2 - 25^2) = 431{,}75 \text{ cm}^2$$

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.org

La presión superficial específica se deduce de la fórmula [1.5]:

$$p = \frac{F_f}{S_r \cdot \mu} = \frac{163,6}{431,75 \times 0,5} = 0,75 \text{ kgf/cm}^2$$

1.3.8 *Averías más frecuentes en los embragues de fricción. Normas para su detección y reparación*

Las averías más frecuentes que suelen darse en este mecanismo, son las siguientes:

1. *El embrague patina.*

Puede suceder por las siguientes causas:

— Reglaje defectuoso. Comprobar y hacer reglaje.
— Disco engrasado o sucio. Desmontar el embrague y comprobar el disco, realizando una limpieza del mismo con aguarrás.
— Ferodos desgastados. Sustituir el disco.
— Falta de presión en los muelles. Desmontar la maza y comprobar los muelles.

2. *Trepidación del vehículo al embragar.*

Indica que el disco no asienta bien sobre el volante por estar deformado; o bien se debe a falta de progresividad, al no actuar los muelles amortiguadores del mismo. Comprobar el alabeo y cambiar el disco.

3. *Las velocidades rascan al cambiar.*

Indica un mal reglaje del embrague, de forma que al pisar el pedal a fondo, no se suelta el disco por completo. Hacer un reglaje correcto para remediarlo.

4. *Ruidos al pisar el pedal.*

Indican falta de grasa en el collarín, o que el cojinete axial está en mal estado. Engrasar o cambiar el collarín.

5. *Golpeteo en su funcionamiento.*

Puede ser motivado, entre otras, por las siguientes causas:

— Por desgaste en el casquillo del árbol primario. Cambiar el casquillo.
— Platillo de apoyo del collarín desencajado. Hacer reglaje de la maza.
— Volante de inercia flojo. Comprobar y apretar el mismo.

1.3.9 *Reglaje y comprobaciones en el embrague*

El *reglaje* y *comprobación* del embrague debe realizarse como ejercicio práctico de taller, teniendo en cuenta las siguientes instrucciones:

1. Para efectuar el reglaje se actúa sobre la varilla o cable de mando que une la palanca de desembrague con el pedal, de forma que el recorrido libre del pedal sea de 2 a 4 cm (fig. 1.28), empezando a partir de ahí a notarse la presión de los muelles. Si el recorrido libre es nulo, la distensión de los muelles puede ser incompleta, lo que haría patinar al disco. Si el recorrido libre es grande, no se realiza un desembragado completo, lo que hace que las velocidades rasquen al entrar.

2. Al desmontar un embrague para su reparación, hay que tener en cuenta el marcar su posición sobre el volante, ya que en esta posición están compensados los desequilibrios antivibratorios de ambos elementos; así como para el desmontaje de la maza, es conveniente marcar todas sus piezas para volverlas a montar en el mismo lugar, ya que este elemento está equilibrado en conjunto.

3. Para comprobar los muelles hay que comparar su altura libre con uno nuevo de las mismas características. Esta comprobación se puede realizar también midiendo la carga de los muelles en una máquina comprobadora, para lo cual se deben conocer previamente las características del mismo, facilitadas por el fabricante. De haber algún muelle en mal estado, deben cambiarse todos éstos, para evitar la acción de distintas cargas axiales que desequilibren el embrague.

— Comprobar que las superficies de asiento en el volante y en la maza no presentan deformaciones ni rayaduras; en caso contrario, es conveniente rectificar estas superficies.

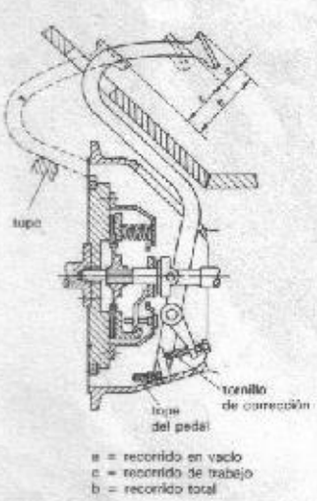


Fig. 1.28 Recorrido del pedal.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

— Comprobar la holgura del árbol primario de la caja de cambios con el casquillo del cigüeñal y, si ésta es excesiva, cambiar el casquillo.

1.4 Embrague hidráulico

El *embrague hidráulico* 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.

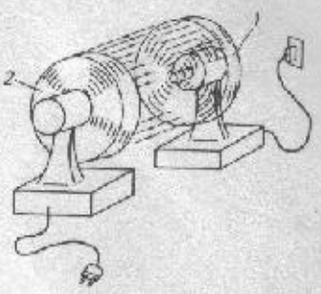


Fig. 1.29

Para comprender bien este principio se puede poner el ejemplo de dos ventiladores (figura 1.29) 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.

1.4.1 *Constitución del embrague hidráulico*

Está constituido, como puede verse en la figura 1.30A y B, por dos coronas giratorias (3) y (5) que tienen forma de semitoroide geométrico y están provistas de unos tabiques planos (4), llamados álabes. Una de ellas, llamada *corona motriz* (5), va unida al árbol motor (1) por medio de tornillos y constituye la bomba centrífuga; la otra (3), unida al primario de la caja de cambios (7) 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.

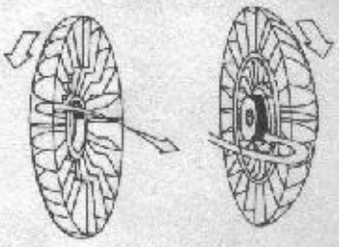


Fig. 1.30B Coronas de un embrague hidráulico.

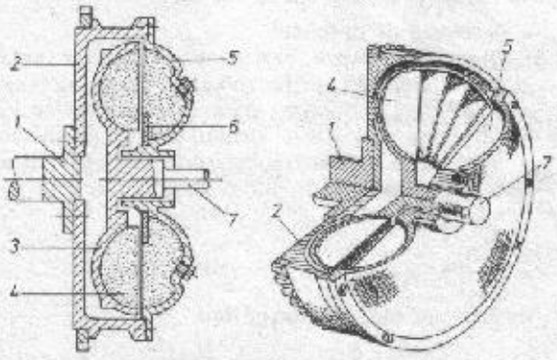


Fig. 1.30A Embrague hidráulico.

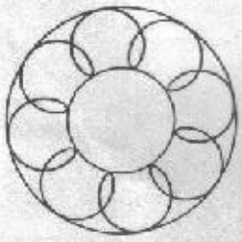


Fig. 1.31

1.4.2 *Funcionamiento*

Cuando el motor gira, el aceite contenido en la carcasa es impulsado por la bomba, proyectándose por su periferia hacia la turbina (3), en cuyos álabes (4) incide paralelamente al eje. Dicho aceite es arrastrado por la propia rotación de la bomba o corona motriz (5), formándose así un torbellino tórico (fig. 1.31).

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 a ralentí, la energía cinética del aceite es pequeña (figura 1.32A) 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 álabes 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 (fig. 1.32B), el torbellino de aceite se va haciendo más consistente, incidiendo con más fuerza sobre los álabes 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 (fig. 1.32C), 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).

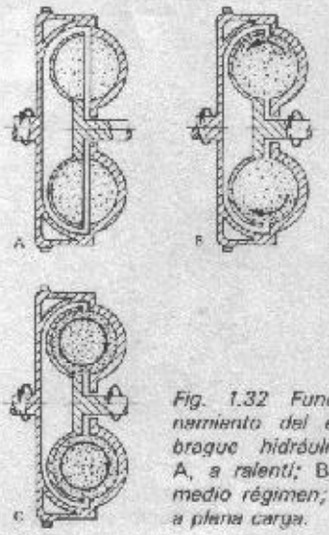


Fig. 1.32 Funcionamiento del embrague hidráulico: A, a ralentí; B, a medio régimen; C, a plena carga.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

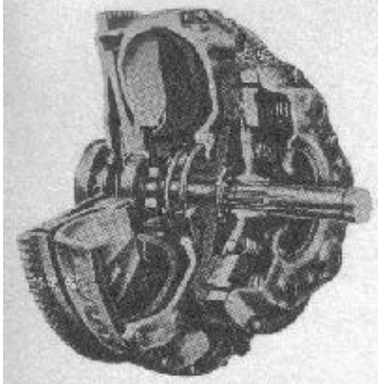


Fig. 1.33 Embrague hidráulico con embrague auxiliar de fricción.

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*.

1.4.3 *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 (figura 1.33).

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 entretenimiento, no exigiendo más atención que el cambio periódico de aceite cada 15 000 ó 20 000 km.

1.5 Embrague electromagnético

Este tipo de embrague (fig. 1.34) funciona por la *acción electromagnética de una masa polar* montada en el volante de inercia (2), que lleva una bobina interna (3) alimentada por una elevada corriente eléctrica y que sustituye al plato de presión de un embrague tradicional.

Dentro de este campo magnético hay una armadura de hierro dulce (4) solidaria al árbol primario de la caja de cambios (5) por un acoplamiento de casquillo estriado (6), que cumple la misión del disco de embrague tradicional.

Para reforzar la acción del campo, en el entrehierro lleva un polvo magnético (11), formado por granos de acero, a base de cromo y aluminio, que no se oxidan a temperaturas inferiores a 900 °C, y sirve a modo de unión entre el electroimán y la armadura.

1.5.1 *Constitución del embrague electromagnético*

El conjunto está formado por una corona circular magnética (1), compuesta de dos mitades que contiene el arrollamiento o bobina (3), fija al volante de inercia (2). En el interior de esta corona se mueve la armadura (4) que forma cuerpo con el casquillo de arrastre (6) que da movimiento al árbol primario (5) de la caja de cambios. Unidas a la corona lleva unas chapas deflectoras (7) para evitar que el polvo magnético (11) se derrame cuando no es atraído por la masa polar.

Los extremos de la bobina van conectados a dos anillos rozantes (8) montados sobre la corona aislante (9). Estos anillos reciben la corriente eléctrica a través de dos escobillas aisladas (12) montadas en un porta-escobillas (10) desde el cual salen al exterior los bornes de conexión *A* y *B*.

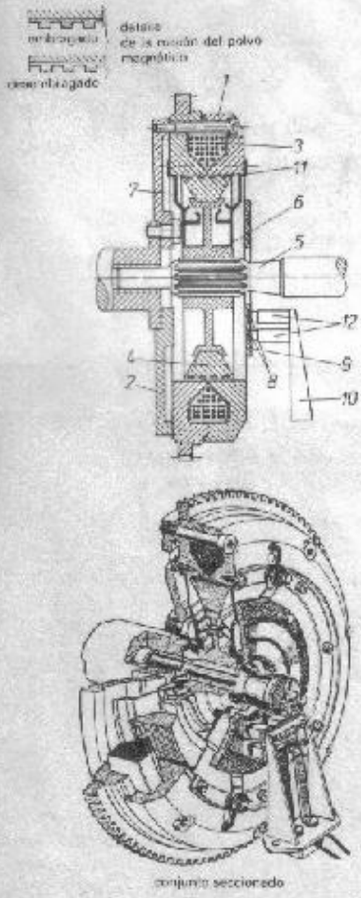


Fig. 1.34 Embrague electromagnético.

www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

1.5.2 *Esquema de mando y funcionamiento eléctrico*

En la figura 1.35A se muestra el circuito, en posición de parado, de un embrague electromagnético. Al cerrar el interruptor de encendido (1) (fig. 1.35B) la corriente procedente de la batería (2) acciona el *(C_1)*, con lo cual la corriente principal pasa a través de la resistencia *(R)* a la bobina (3) por la escobilla *A*, retornando la corriente por la escobilla *B* a través del contacto del relé *(C_3)* a masa.

Como se ve, en el ralentí la corriente que pasa a través de la bobina de embrague es pequeña, minorizada por la resistencia *(R)*. El campo magnético creado es insuficiente para atraer fuertemente a la armadura, que lo hace de una forma lenta y progresiva, concentrando el polvo magnético en el entrehierro.

Al pisar el acelerador (4) (fig. 1.35C) se conecta el relé *(C_2)* que anula la resistencia *(R)*, con lo cual toda la corriente procedente de la batería pasa directamente a la bobina. En este momento, el campo magnético es grande, con lo cual se hace solidaria la corona con la armadura, transmitiendo toda la potencia del volante al eje primario, produciéndose así el funcionamiento normal.

Para desembragar, cuando se necesita realizar un cambio de velocidad, basta pisar el pedal de embrague (5) (fig. 1.35D) que acciona el relé *(C_3)*. Esta acción interrumpe totalmente el paso de la corriente a la bobina y anula la acción magnética de la corona, que libera el acoplamiento de la armadura y, por tanto, la transmisión a la caja de cambios.

Como el consumo de este circuito es grande y con el fin de aliviar un poco el consumo de la batería, ésta es ayudada introduciendo corriente al circuito directamente desde el generador (6) sin interceptar el circuito de carga.

1.5.3 *Ventajas de este tipo de embrague*

Este embrague tiene la ventaja de que no tiene rozamientos y por tanto las falsas maniobras no tienen efecto destructor. No exige regulación posterior y su vida útil es muy superior a la del vehículo.

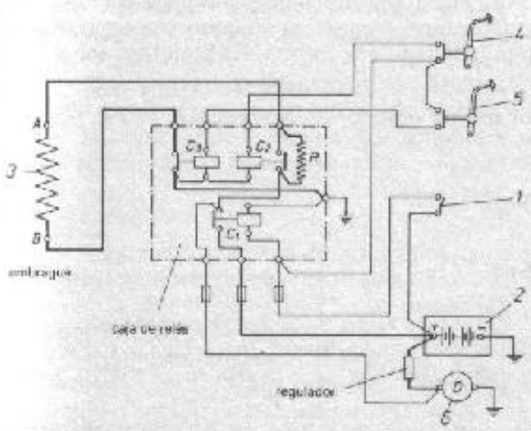


Fig. 1.35A Circuito de mando de un embrague electromagnético.

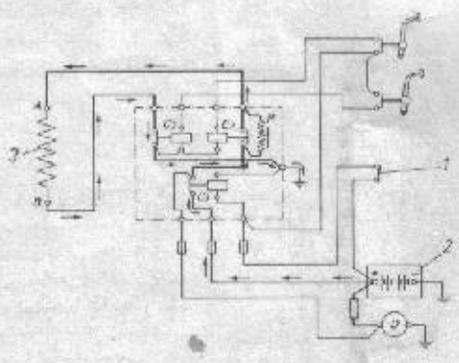


Fig. 1.35B Esquema del circuito funcionando a ralentí.

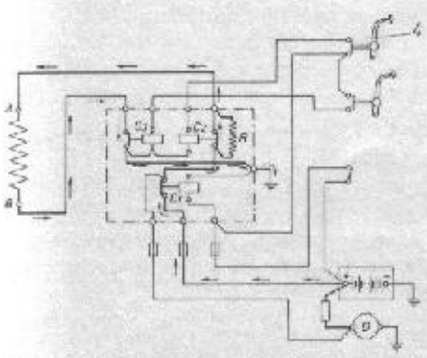


Fig. 1.35C Esquema del circuito funcionando a plena carga.

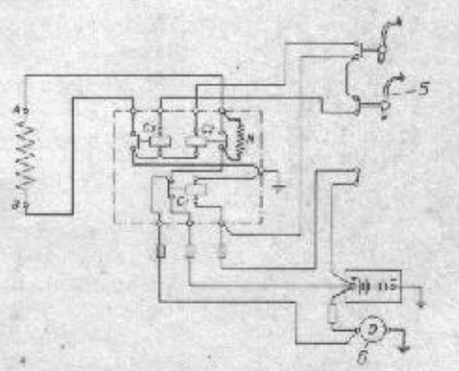


Fig. 1.35D Esquema del circuito al cambiar la velocidad.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

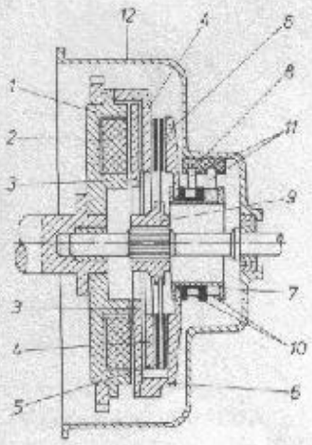


Fig. 1.36 Embrague de fricción con accionamiento electromagnético.

1.6 Embrague de fricción con accionamiento electromagnético

Este tipo de embrague funciona por el sistema tradicional de disco de fricción, pero *sustituye el mecanismo de presión a base de muelles o diafragma por la acción de un electroimán.*

1.6.1 *Constitución del embrague*

Esta constituido (fig. 1.36) por un volante (1), en cuyo interior se aloja la bobina de excitación (2); una armadura (3) es arrastrada por el volante gracias a tres lengüetas flexibles que permiten la aproximación de ambos cuando el electroimán está excitado. Unido al volante lleva un plato intermediario (4), cuya cara posterior sirve de apoyo al disco de fricción (5) montado sobre un casquillo ranurado (9) y acoplado al árbol primario de la caja de cambios. Un segundo plato (6), fijo sobre la armadura (3), se acopla a presión sobre la otra cara del disco cuando la armadura es atraída por el volante.

Este plato (6) lleva solidario un manguito (7) con dos anillos rozantes (10), por donde toma corriente la bobina a través de dos escobillas (11), montadas en un porta-escobillas (8) sujeto al soporte envolvente del volante (12).

1.6.2 *Esquema de mando y funcionamiento eléctrico*

La mayor o menor atracción del volante sobre la armadura depende de la corriente suministrada a la bobina del electroimán, permitiendo un acoplamiento progresivo del disco sobre las dos superficies de contacto.

Al cerrar el interruptor de encendido (1) (fig. 1.37), la corriente procedente de la batería (2) acciona el relé *(C_1)*, con lo que, a través del contacto del relé *(C_2)*, pasa a la bobina (3) del embrague, retornando a masa a través de la resistencia *(R)*. En este momento, la atracción magnética sobre la armadura es débil, correspondiendo al funcionamiento de ralentí del motor.

Al pisar el acelerador (4) se excita el relé C_3, con lo que se elimina la resistencia del circuito, por lo cual la acción del campo magnético en la bobina es mayor, al ser mayor la intensidad de corriente que llega a la misma, realizándose así el acoplamiento total de embragado.

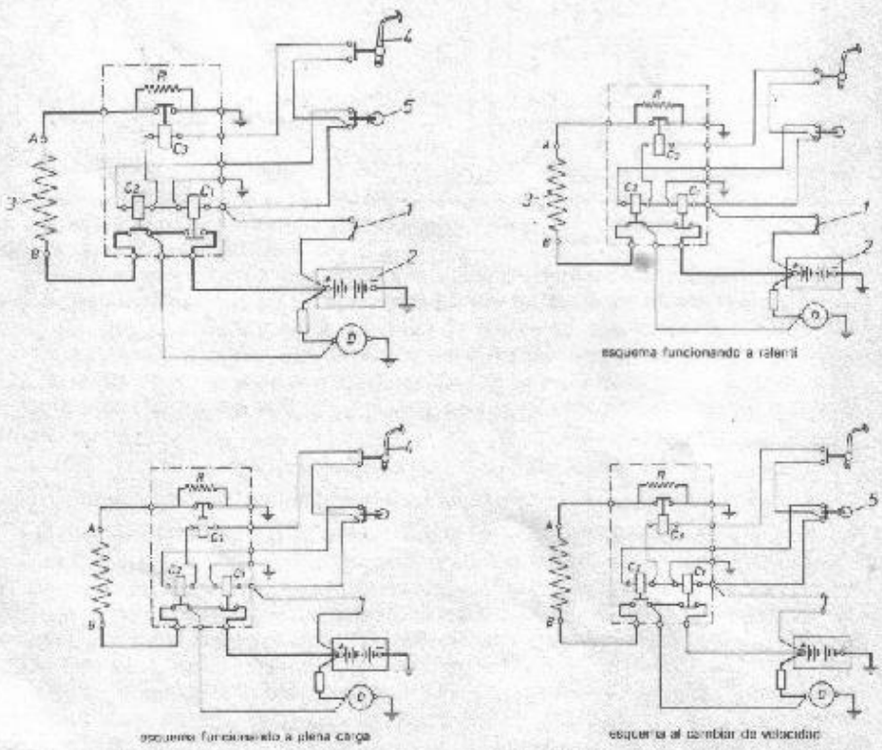


Fig. 1.37 Circuito de mando eléctrico de un embrague de fricción electromagnético.

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.ORG

Para efectuar el cambio de velocidades, al accionar la palanca de cambios, se cierra el interruptor (5) acoplado a ella, dando corriente al relé *(C_2)* que, al activarse, corta la corriente al electroimán quedando desembragado. Al soltar la palanca de cambios, se abre el interruptor (5) y se corta nuevamente la corriente al relé *(C_2)* que, al desactivarse, vuelve a dar corriente al circuito que alimenta a la bobina para el embragado.

Como en todos estos circuitos, la corriente de alimentación procedente de la batería es reforzada por corriente directa del generador para aliviar el gran consumo en la misma.

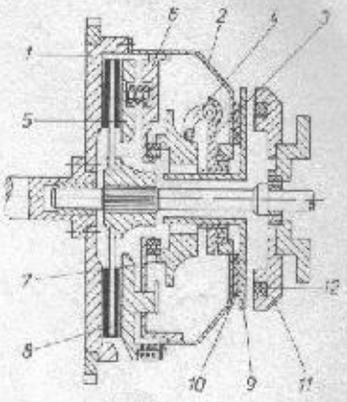


Fig. 1.38 Embrague mixto Grabina.

1.7 Embrague mixto

Este tipo de embrague es gobernado por dos mandos. Uno de ellos automático y de *accionamiento centrífugo,* que depende del régimen del motor, el cual queda desembragado cuando el motor funciona a ralentí y efectúa el arranque progresivo cuando se acelera el motor. El segundo mando de *accionamiento eléctrico* está subordinado a la voluntad del conductor, que permite el embragado y desembragado en cualquier circunstancia y a cualquier régimen del motor.

1.7.1 *Constitución del embrague*

El conjunto de *embrague automático* (fig. 1.38) con desembragado magnético, está formado por los siguientes elementos:

— *Una tapa soporte* (2), que se fija al volante de inercia (1) por medio de tornillos y que aloja al conjunto de mecanismos que componen el embrague.

— *Un conjunto de contrapesos de acción automática* (3), accionado por efecto de la fuerza centrífuga y montado sobre rodamientos a bolas, que desplaza a las *pesas y palancas (4).*

— *Un conjunto de presión,* compuesto por el plato de presión (5) y el plato de arrastre desplazable (6), sobre el que se apoya la leva de accionamiento (7). Entre el plato de presión (5) y el volante de inercia (1) va situado el disco de embrague (8) del tipo de fricción.

— *Un conjunto de desembrague compuesto por:* una armadura de desembragado (9) con una guarnición o forro de fricción (10) y un núcleo magnético (11), en el que va incorporada la bobina (12) alimentada por corriente de la batería a través de un interruptor situado en la palanca de cambios.

1.7.2 *Funcionamiento*

El conjunto permanece desembragado cuando el motor gira a ralentí y funciona automáticamente al pisar el acelerador, o sea cuando el motor va tomando revoluciones. La acción centrífuga de las masas (4), al actuar sobre la leva (7), hace el acoplamiento de embragado.

Para cambiar de velocidad basta accionar el interruptor, acoplado a la palanca de cambios, que facilita el paso de la corriente a la bobina a través de un relé. El electroimán creado en la armadura (11) atrae a la placa (9), dejando libre la acción centrífuga de los contrapesos y quedando por tanto desembragado. Al soltar la palanca de cambios y quedar sin corriente el electroimán, el soporte (9) vuelve a su sitio, con lo cual la acción centrífuga de las pesas acopla inmediatamente el embrague.

Cuando el conductor frena e, incluso, cuando detiene el vehículo sin sacar la velocidad, no hay riesgo de que el motor se cale, ya que la deceleración producida en el vehículo reduce el régimen del motor y, por tanto, la acción del conjunto centrífugo que, al quedar el motor a ralentí, queda desembragado.

CUESTIONARIO

1.1 ¿Qué misión cumple el embrague en un vehículo?
1.2 ¿Qué elementos básicos intervienen en un embrague de fricción?
1.3 Constitución y características de un disco de embrague.
1.4 ¿Cómo se transmite el movimiento en un embrague de fricción?
1.5 Tipos de embragues y diferencias esenciales entre ellos.
1.6 ¿Qué misión cumplen los muelles o diafragma en el embrague?
1.7 ¿Qué averías más frecuentes suelen producirse en los embragues de fricción y cómo se corrigen?

www.MECANICO AUTOMOTRIZ.org

1.8 ¿Por qué es necesario mantener el reglaje en el recorrido libre del pedal?
1.9 ¿Cómo se efectúa el reglaje del embrague sobre vehículos?
1.10 ¿Qué comprobaciones deben efectuarse en los embragues al desmontarlos?
1.11 ¿Cómo se comprueba que los ferodos de un disco están desgastados?
1.12 ¿En qué se basa el funcionamiento de un embrague hidráulico?
1.13 ¿Qué elementos componen un embrague hidráulico?
1.14 Diferencias esenciales entre un embrague hidráulico y un embrague de fricción.
1.15 Ventajas e inconvenientes que presentan los embragues hidráulicos.
1.16 Características esenciales de un embrague electromagnético.
1.17 Tipos de embragues de funcionamiento electromagnético y diferencias entre ellos.
1.18 Características de un embrague de fricción con mando electromagnético.
1.19 ¿Cómo se efectúa el embragado y desembragado en un embrague magnético?
1.20 ¿Cómo funciona el embrague mixto?

EJERCICIOS A REALIZAR

1.º En un sistema de mando hidráulico como el representado en la figura 1.39A, se aplica una fuerza en el pedal de 2 kgf. Calcular la fuerza de desembrague ejercida sobre la maza.

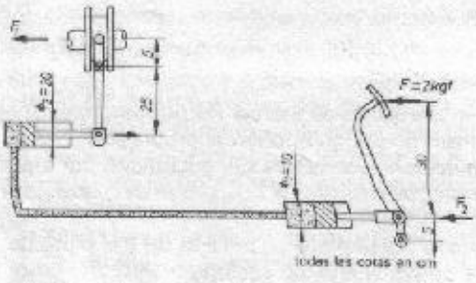


Fig. 1.39A

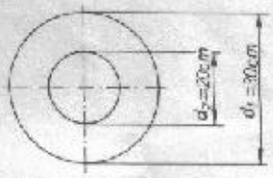


Fig. 1.39B

2.º Suponiendo, en el ejercicio anterior, que el disco de embrague (fig. 1.39B) tiene unas medidas de ferodos de 30 y 20 cm de diámetro respectivamente, con un coeficiente de adherencia de 0,7 y un reparto de cargas sobre 9 muelles, calcular la presión específica que ejerce cada muelle y el par motor que el embrague es capaz de transmitir.

3.º Un embrague de dos discos de fricción posee unas guarniciones de 380 y 200 mm de diámetro respectivamente. ¿Cuál es el par de torsión a transmitir, para una fuerza de contacto de 400 kgf y un coeficiente de adherencia de 0,6?

4.º Un motor capaz de desarrollar una potencia al freno de 60 CV a 4 000 r. p. m. se le aplica un disco de embrague que tiene un diámetro medio de 350 mm con una superficie de acoplamiento de 550 cm² y un coeficiente de adherencia de 0,85. Calcular:

1.º El número de muelles a colocar para que la presión específica en cada uno de ellos sea inferior a 0,02 kgf/cm².
2.º Siendo la reducción de palancas en el mando mecánico de 1/3 y 1/4 respectivamente, hallar la fuerza que hay que ejercer en el pedal para accionar el embrague.
3.º Calcular la relación de diámetros entre bomba y bombín que habría que colocar para reducir el esfuerzo en el pedal a 1 kgf.

5.º A un motor capaz de transmitir un par máximo en el volante de 15 kgf · m a 4 000 r. p. m., se le acopla un embrague hidráulico con un diámetro medio de giro en los álabes de 30 cm. Calcular:

1.º La cantidad de aceite que tiene que mover para desarrollar la energía necesaria (densidad del aceite 0,82).
2.º La pérdida de energía por resbalamiento en el arranque, suponiendo un ralentí de 800 r. p. m.

6.º Con la energía perdida en el ejercicio anterior por resbalamiento, calcular la temperatura alcanzada por el aceite, suponiendo éste a una temperatura inicial de 20 °C y un calor específico en el aceite de 0,85 calorías/g °C.

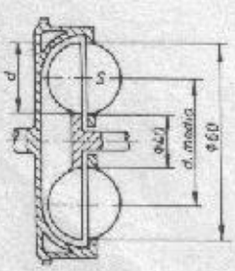


Fig. 1.40

7.º Un embrague hidráulico (fig. 1.40) está formado por dos semicoronas toroidales de 60 y 40 cm de diámetro respectivamente, está acoplado a un motor que gira a 3 000 r. p. m. Calcular:

1.º El volumen de líquido que desplaza.
2.º La energía capaz de transmitir, siendo la densidad del aceite de 0,95.
3.º La potencia al freno y par motor desarrollados a esas revoluciones.

www.MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG

8.º Dibujar el esquema de un circuito de mando eléctrico para un embrague electromagnético.

9.º Dibujar el esquema de un circuito de mando eléctrico, para un embrague de fricción con mando electromagnético.

10.º Un embrague electromagnético tiene que arrastrar un par resistente máximo de 30 kgf · m a 4 000 r. p. m. Calcular:

1.º La potencia que tiene que tener el electroimán en vatios.
2.º La corriente que tiene que suministrar la batería.
3.º La corriente consumida a ralentí suponiendo que este gira a 800 r. p. m.
4.º La resistencia que hay que intercalar en el circuito de mando, para reducir la corriente en el funcionamiento a ralentí.