

CAJAS DE CAMBIO

ROBOTIZADAS



C. S. FCO. JAVIER LA SALLE - VIRLECHA (Antequera)

ALUMNOS: Tomás Luis Morales Pérez

Juan José Quintana Piedra

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	Pág.1
2.- CONVERTIDORES DE PAR.....	Pág.2
2.1.- EMBRAGUE HIDRÁULICO.....	Pág.3
2.2.- CONVERTIDOR DE PAR.....	Pág.4
3.- LA PALANCA DE MANDO	Pág.6
4.- TRENES EPICICLOIDALES.....	Pág.8
5.- ELEMENTOS MECÁNICOS DE MANDO.....	Pág.11
5.1.- EMBRAGUES	Pág.11
5.2.- FRENOS	Pág.12
5.3.- RUEDA LIBRE.....	Pág.12
5.4.- RUEDA DE APARCAMIENTO.....	Pág.13
6.- SISTEMA HIDRÁULICO.....	Pág.13
6.1.- ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE MANDO.....	Pág.13
7.- ANÁLISIS DE CAJAS DE CAMBIO COMERCIALES.....	Pág.15
7.1.- TENDENCIAS ACTUALES EN CAJAS DE CAMBIO AUTOMÁTICAS.....	Pág.16
7.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS CAJAS DE CAMBIO COMERCIALES.....	Pág.16
7.2.1 <i>Audi Multitronic</i>	Pág.18
7.2.2 <i>Fiat Stilo Selespeed</i>	Pág.19
8.- BIBLIOGRAFÍA.....	Pág.26

RESUMEN

Este trabajo explica el funcionamiento mecánico e hidráulico de las cajas de cambios Automáticas o robotizadas, sin profundizar en la electrónica que es la que controla todo. Para empezar la introducción justifica la necesidad de la caja de cambios en cualquier automóvil de motor térmico. En el siguiente se explica el funcionamiento del convertidor de par, elemento característico de las cajas de cambio automáticas que hace la función análoga a la del embrague de las cajas manuales. Los próximos tres apartados (3-5) tratan de los elementos mecánicos que intervienen en las cajas de cambio automáticas. Así los frenos epicicloidales (4) que tienen un giro redundante son la clave para conseguir distintas relaciones de cambio mediante frenos (5.2) que actúan para eliminar el giro sobrante y embragues (5.1) que sirven para conectar el eje de salida del convertidor de par a la entrada a la caja adecuada.

Parte de los elementos mecánicos comentados son controlados mediante un controlador electrónico que actúa gracias a un sistema hidráulico. Los elementos de dicho sistema así como su funcionamiento son el objeto del sexto apartado.

Una vez analizada la caja de cambios automática se continúa comentando otras cajas no manuales como son las cajas de cambio semiautomáticas (7) y el cambio por variador continuo CVT (7.1).

Finalmente, en el noveno apartado, tras exponer las tendencias actuales de las cajas automáticas, se realiza una clasificación de las cajas de cambio comerciales y se analizan dos casos concretos.

1.- INTRODUCCIÓN DE CAJAS DE CAMBIOS

¿Por qué los automóviles necesitan una caja de cambio de velocidades?

La potencia y el par desarrollados por los motores térmicos varían en función del régimen de giro.

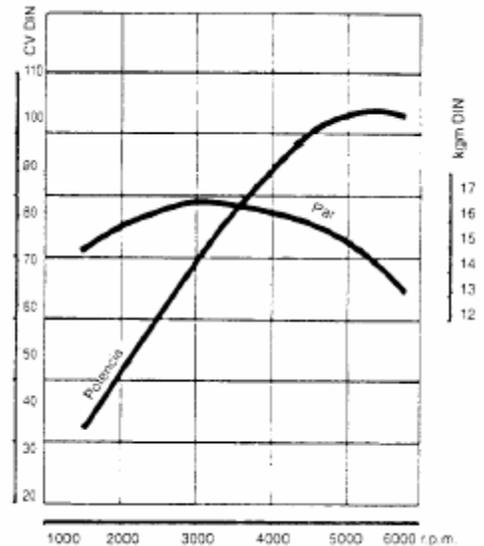
Normalmente el mayor par motor se obtiene a un régimen inferior al de la mayor potencia. La potencia de un motor varía fundamentalmente con el régimen.

En la figura se representan las curvas características de potencia y par motor en función del régimen de giro.

Se observa que el par motor máximo se obtiene a 3000 rpm, mientras que la potencia máxima a 5400 rpm.

Si el motor está trabajando en el intervalo fijado por esas dos velocidades de giro y aumenta la resistencia a vencer en la marcha del vehículo (ejemplo: subir una cuesta), se provoca una disminución de la velocidad de régimen, pero también un aumento del par motor

desarrollado. Esto lleva a una nueva condición de equilibrio a un régimen más bajo, por lo que se dice que el funcionamiento del motor es estable en el intervalo 3000-5400 rpm. La velocidad de 3000 rpm es el límite inferior de estabilidad de este motor. Si el motor está trabajando a un régimen inferior y aumenta la resistencia a vencer en la marcha del vehículo, el régimen del motor cae, esto hará disminuir el par y la potencia desarrollados. Por ello el motor se irá decelerando poco a poco hasta calarse. Resulta evidente que hay que conseguir que el motor trabaje en el intervalo de velocidades estable independientemente de la resistencia encontrada por el vehículo durante la marcha. La caja de velocidades es el medio para conseguir dicho funcionamiento: es un transformador de velocidad y par motor que altera par motor y velocidad de régimen, pero

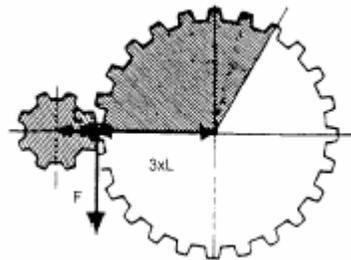


respetando el producto de ambas (la potencia se conserva si despreciamos las pérdidas).

$$P = T_1 \times \omega_1 = T_2 \times \omega_2$$

$$\omega_2 = \frac{T_1 \times \omega_1}{T_2} = \omega_1 \times \frac{R_1}{R_2}$$

El par queda multiplicado por la relación de radios R_2/R_1 y la velocidad de giro por la inversa de dicha relación. Si la de radios fuese 3 el dibujo sería el de la derecha. Esta

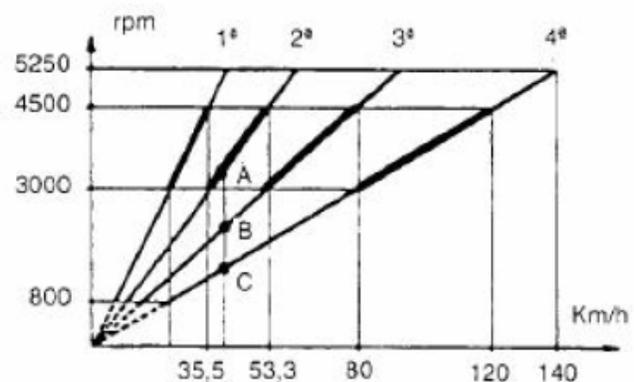


y la relación

posibilidad se aprovecha para transformar el par proporcionado por el motor, que es prácticamente constante en el intervalo de funcionamiento estable, en otro par mayor capaz de vencer la resistencia que se oponga a la marcha del vehículo. Para ello se montan entre el árbol motor y el eje de las ruedas, parejas de engranajes con distintas relaciones de transmisión, de manera que quedan acopladas las parejas de piñones más apropiadas a cada una de las condiciones de marcha del vehículo.

La relación más corta de una caja de velocidades ha de ser tal, que el par motor resulte multiplicado lo suficiente para que el vehículo:

1. Supere una pendiente determinada, de un 25% generalmente.
2. Sea capaz de arrancar en una rampa del 15% con una aceleración de 0.5 m/s².



2.- CONVERTIDORES DE PAR

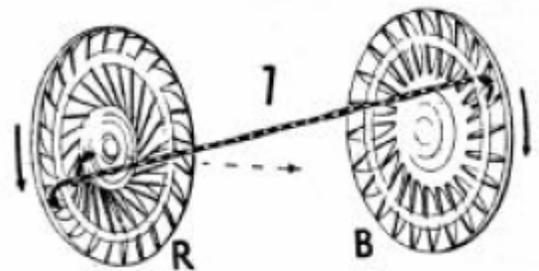
Como se ha comentado en la introducción, los motores térmicos empleados en los automóviles tienen un rango de velocidades de giro en los que pueden funcionar. Por ello, para poder arrancar desde el reposo es necesario independizar el giro del eje motor del giro del eje que proporciona movimiento a las ruedas del vehículo. El elemento que hace esto posible es el embrague.

En los coches con caja de cambios manual el embrague es mecánico y se acciona mediante un pedal que hace que los ejes motor y tractor se desconecten. En los automóviles dotados de transmisión automática la operación de embrague es hidráulica.

2.1.- Embrague hidráulico.

El embrague hidráulico basa su funcionamiento en la transformación de energía mecánica en energía hidráulica y viceversa. Se emplea por lo tanto un fluido para transmitir la potencia.

Estos embragues están formados por una bomba centrífuga o impulsor y una turbina. El motor hace girar a la bomba con lo que la energía mecánica de giro del eje motor se transforma en la bomba en energía hidráulica. El fluido impulsado en la bomba incide en los alabes de la turbina que va fijada al eje de la caja de cambios. En la turbina el fluido transmite su energía hidráulica al eje haciéndolo girar y convirtiéndose por tanto de nuevo en energía mecánica. El fluido una vez atravesada la turbina es redireccionando a la bomba completando el ciclo. El camino que recorre el fluido se denomina torbellino tórico.



Cuando el vehículo se encuentra en reposo el motor gira lentamente. La energía que el impulsor transmite a la turbina es insuficiente para vencer el par resistente opuesto por el peso del coche. La turbina permanece sin girar y hay un resbalamiento total entre bomba y turbina por lo que la eficiencia es nula. A medida que las revoluciones del motor van subiendo, la energía suministrada a la turbina aumenta progresivamente hasta que se consigue vencer el par resistente y comienza a girar. En este proceso la eficiencia va subiendo puesto que el resbalamiento es cada vez menor. Siempre existe un resbalamiento entre el impulsor y la turbina, que cuando el motor gira muy rápido es aproximadamente del 2%. Sea cual sea el resbalamiento el par motor se transmite íntegro a la transmisión. Así aunque se acelere el motor muy rápido el coche se mueve progresivamente ya que gracias al resbalamiento no hay resistencia y el motor alcanza una velocidad suficientemente elevada, transmitiendo el par máximo. De forma análoga, al subir una pendiente pronunciada aumenta el par resistente bajando así la velocidad del automóvil. A pesar de todo, un aumento del resbalamiento hace posible que se transmita el par máximo pudiendo subir la cuesta en directa, aunque sea a costa de una eficiencia menor.

Este tipo de embragues no pueden ser empleados en transmisión manual puesto que, por poco que sea, siempre se está transmitiendo un par de un eje al otro y eso hace imposible la maniobra de cambio de marcha. Además, presentan la ventaja de que no hay desgaste y el inconveniente de que, debido al resbalamiento entre impulsor y turbina, se produce un calentamiento y eso reduce el rendimiento.

2.2.- Convertidor de par

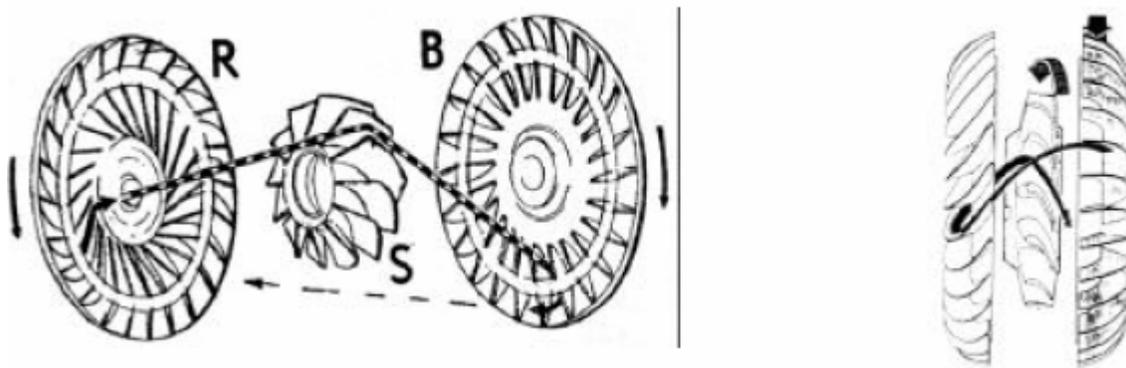
El convertidor de par es un embrague hidráulico con las siguientes variaciones:

- Se intercala un reactor (o estátor), ver "S" en la figura, entre la bomba y la turbina. El reactor está montado sobre el cárter de la caja de cambios a través de una rueda libre.

- Los álabes de turbina y bomba ya no son planos, sino que tienen unos ángulos de entrada y de salida.

El reactor recoge el aceite a la salida de la turbina y le da una orientación adecuada para que incida convenientemente en los alabes de la bomba. De esta forma se reutiliza una energía no transmitida a la turbina requiriendo así la bomba menor par del motor.

La suma del par cedido por el motor a la bomba y el transmitido por el reactor a la misma es el par que se transmite a la turbina. Por lo tanto la principal ventaja del convertidor frente al embrague es que cuando hay resbalamiento el par saliente es aumentado con relación al de entrada gracias a que el reactor reorienta el fluido a una dirección más favorable. Así en el arranque la relación entre el par saliente y el entrante es aproximadamente 3:1. Esto permite iniciar la marcha incluso con una relación de cambio alta, suavemente y sin tirones, aunque con menor reprís.



Si no existe resbalamiento el reactor no tiene utilidad, por lo que la conversión de par es la unidad. Este punto de servicio se denomina punto de embrague. Por encima de este punto el convertidor funciona como el embrague alcanzando un rendimiento máximo del 98%.

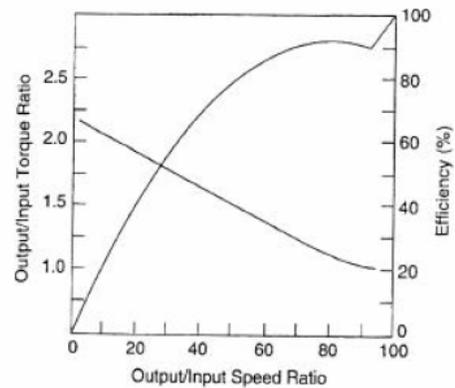
Cuando existe resbalamiento entre el impulsor y la turbina, el fluido que sale de la turbina, incide sobre el reactor con un sentido de giro contrario al que llevan la bomba y la

turbina. La rueda libre impide el giro del reactor en este sentido, de modo que, apoyándose en el cárter, el reactor redirecciona el fluido hacia la bomba.

No obstante, si no se produce el fenómeno del resbalamiento, el fluido a la salida de la turbina lleva el mismo sentido de giro que la bomba y la turbina. Por ello la rueda libre permite el giro del reactor, por lo que éste no realiza ninguna función.

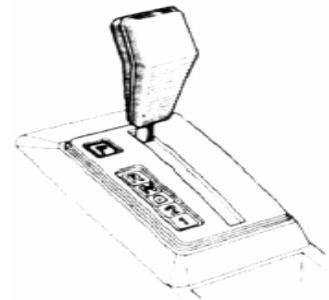
En algunos diseños de convertidores de par existe un mecanismo de embrague con enclavamiento que permite la unión (embragado) de la bomba y la turbina para velocidades altas.

De esta forma se mejora la eficiencia ya que se evitan las pérdidas hidráulicas.



3.- LA PALANCA DE MANDO

Una transmisión automática es aquella que libera al conductor de la tarea de actuar sobre la palanca de cambios para seleccionar la marcha que le proporcione las prestaciones de par y velocidad que va a necesitar en un momento dado. Estas transmisiones suponen la desaparición del pedal del embrague, pero no de la palanca de cambio, si bien ésta tendrá otro tipo de función.



Las posiciones que puede ocupar la palanca son:

- P (aparcamiento y posición de arranque): En esta posición, la rueda de aparcamiento (ver apartado 5.4) se encarga de enclavar el eje de salida del movimiento. Es equivalente al freno de mano de las transmisiones manuales: sólo se emplea con el vehículo totalmente parado,

para evitar que se desplace, y permite accionar el motor de arranque.

- R (marcha atrás): En cuanto se accione el acelerador el coche empezará a desplazarse hacia atrás, por lo que esta posición está bloqueada para velocidades superiores a los 10 km/h hacia adelante.
- N (punto muerto y posición de arranque): El posible movimiento del motor no se transmite a las ruedas.
- D (directa): En cuanto se selecciona esta posición la caja de velocidades queda en posición de primera velocidad. Al accionar el acelerador y comenzar la marcha es la propia caja la que gestiona los cambios necesarios en la relación de marchas. Puede ser seleccionada tanto a vehículo parado como en marcha.
- 2 ó S (segunda impuesta): En esta posición el cambio es también automático, pero nunca se pasa de segunda, por lo que resulta útil en circulación por montaña. Puede seleccionarse tanto en marcha (si se circula en posición D y con la tercera engranada el cambio a la posición 2 sólo será posible por debajo de cierta velocidad del motor) como en parado (se engrana la primera velocidad).
- 1 ó L (primera impuesta): En esta posición sólo está disponible la primera velocidad, y no está disponible a velocidades superiores a los 50 km/h.

Las posiciones P, R y 1 requieren el desbloqueo de un seguro que evita que se seleccionen durante la marcha accidentalmente. Cuando la palanca de mando está en alguna de las posiciones automáticas, los cambios de velocidad se producen con arreglo a tres factores: la velocidad del vehículo, la posición de la palanca selectora y la sollicitación del acelerador (régimen del motor). De este modo, el conductor puede obtener del cambio una conducción flexible y económica, o bien deportiva, según cómo solicite el pedal del acelerador.

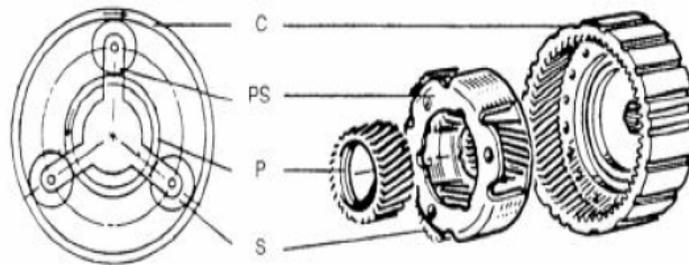
Al pisar a fondo el acelerador se consigue mayor rendimiento de cada velocidad, mientras que si se acelera parcialmente, el cambio de relación se produce a un régimen del motor bastante más bajo. También existe un dispositivo automático que funciona al pisar bruscamente a fondo el acelerador y que cambia a una velocidad más corta si no supone un incremento inadmisibles de las revoluciones del motor.

4.- TRENES EPICICLOIDALES

En las cajas manuales el cambio de marcha implica la desconexión de una combinación de ruedas dentadas para realizar la transmisión a través de otro juego de engranajes más o menos reductor.

Todos los engranajes de que dispone la caja, incluso los que no están participando en la transmisión, están girando y por eso son

los sincronizadores en el cambiar a una nueva filosofía del cambio en automáticas es opuesta:



necesarios momento de marcha. La cajas todas las

ruedas están engranadas, pero no siempre giran. Esto es posible gracias a trenes epicycloidales como el de la siguiente figura.

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 que trataremos más adelante.

El siguiente cuadro recoge las opciones existentes.

Elemento fijo	Entrada	Salida	Relación de giro ¹
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)	$r = R_C/2R_{PS}$

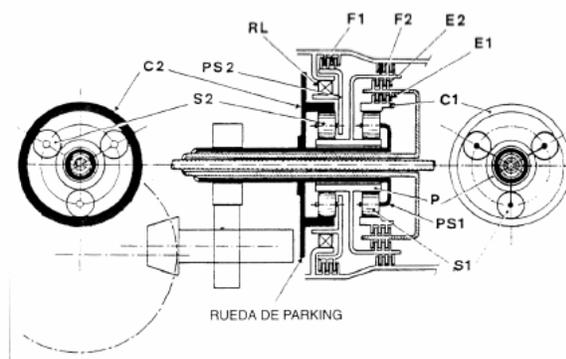
Se

observa que detener el portasatélites supone una inversión del sentido de giro, efecto que puede aprovecharse en la marcha atrás. Por otra parte, 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 el conjunto gira solidariamente.

Lo que se hace en la práctica es incluir más de un tren en la caja de velocidades para conseguir

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.



así
un
las

¹ En esta columna se muestra la relación de las velocidades de salida y entrada conseguida. Utilizamos “r” para denotar una desmultiplicación o reducción. Naturalmente, cambiando las salidas por las entradas se obtendrá el efecto de multiplicación.

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.

Velocidad	Elemento fijo ²	Entrada ³	Salida ⁴	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.

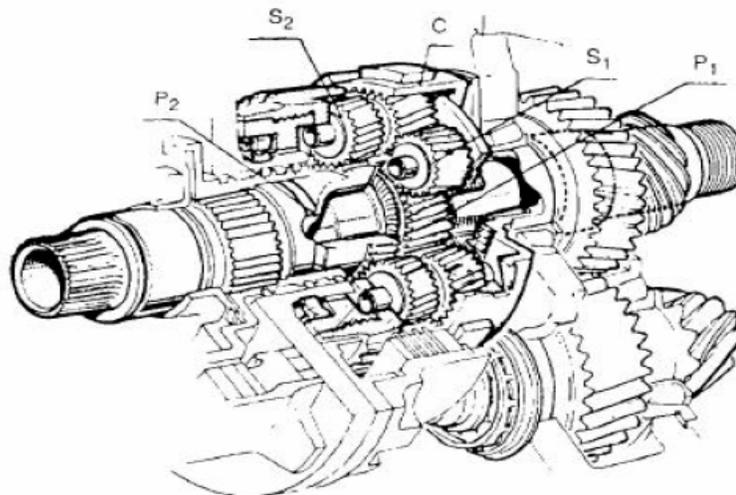
Quizá la primera velocidad merece algún comentario adicional. Si el elemento de embragado al motor es C1, es obvio que los satélites S1 girarán, pero no es tan inmediato que PS1 también gire. De hecho, si el piñón planetario adquiriera una velocidad suficiente los S1 podrían girar sin mover PS1. De ser 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.

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

Esta caja es la

explicar en el



engranan
figura abajo).
que se va a
apartado 6.

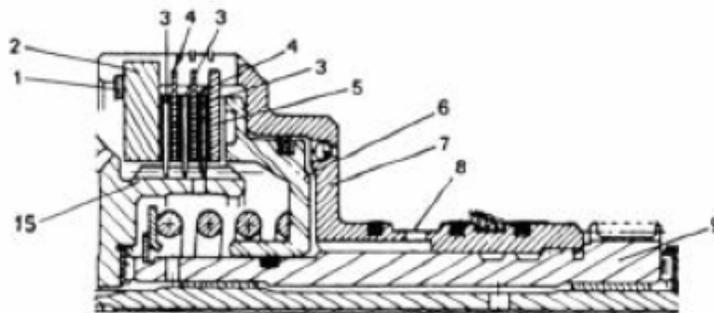
5.ELEMENTOS MECÁNICOS DE MANDO

Ya ha quedado clara la necesidad de sistemas de embrague y frenado para la explotación de las posibilidades de relación de velocidades que ofrece el mecanismo de una caja automática. Sin embargo, no son los únicos elementos mecánicos de mando.

5.1.- Embragues

Se emplean embragues multidisco en baño de aceite como el de la figura, accionados por un circuito hidráulico del que más adelante hablaremos.

El embrague dispone de dos tipos de discos: los guarnecidos (3), unidos al elemento que recibe el giro desde la turbina del convertidor de par, y los de acero (4), solidarios al elemento a arrastrar. Cuando se requiere embragar ambos elementos, el circuito hidráulico proporciona la presión necesaria para desplazar el pistón (6) y con ello oprimir las parejas de discos hasta que por rozamiento los guarnecidos arrastren a los de acero sin deslizamiento relativo. Cuando no actúa la presión, un muelle antagonista retira el pistón y elimina el empuje de éste.



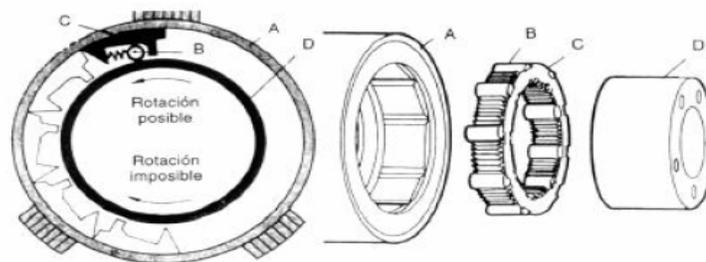
5.2.- Frenos

La única diferencia entre frenos y embragues es que unos de los discos no giran con el eje de entrada a la caja, sino que está fijados a la carcasa. Por lo demás la tecnología y el concepto de funcionamiento son los mismos. También pueden encontrarse frenos que emplean para detener el elemento giratorio la fricción de una cinta que lo rodea.

5.3.- Rueda libre

Se trata de un dispositivo que actúa sobre algún elemento del tren impidiendo su giro en uno de los sentidos.

La figura muestra este mecanismo aplicado al



portasatélites del

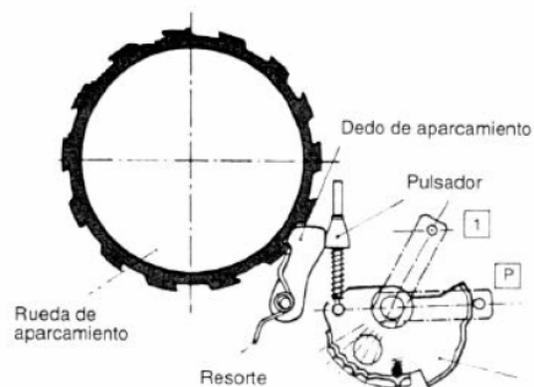
tren.

El elemento fijo A es una corona solidaria a la carcasa del cambio, mientras que la corona D está vinculada al portasatélites. La rotación antihoraria comprime los muelles al arrastrar los rodillos B. La rotación horaria arrastra los rodillos hacia el otro lado, en el cual quedan acunados y sin posibilidad de giro. Por tanto, la corona D tampoco puede girar y la transmisión no gira.

5.4.- Rueda de aparcamiento

Se trata de un mecanismo de enclavamiento que se emplea para estacionar el vehículo impidiendo cualquier movimiento de éste.

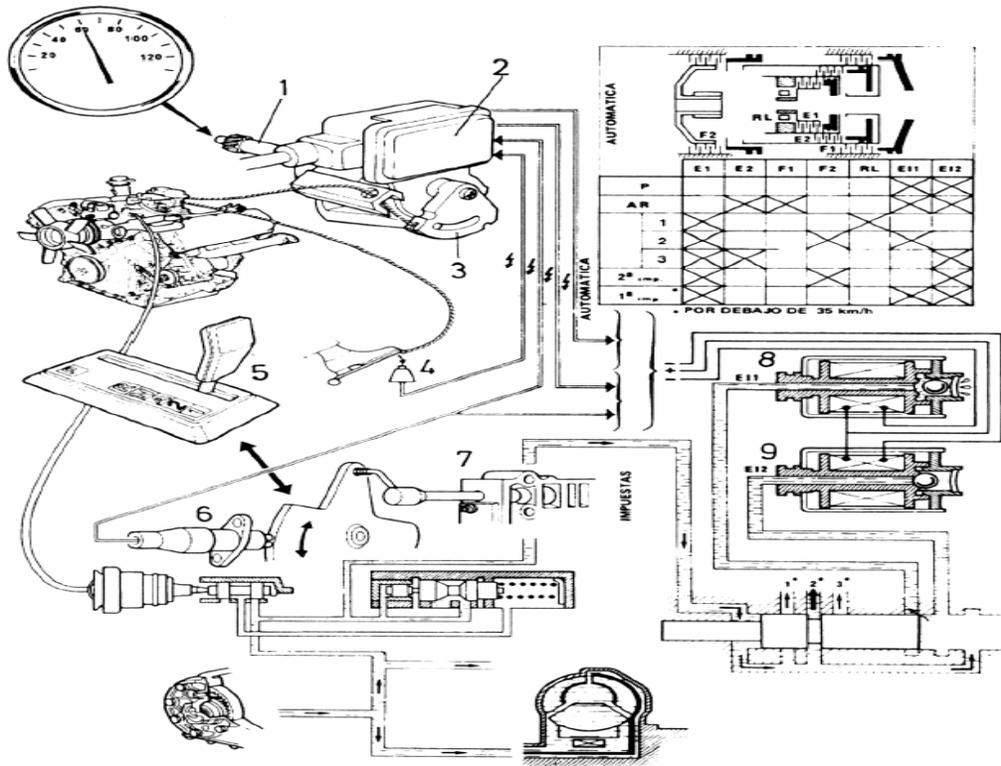
Al colocar la palanca de mando en la



posición “P” actúa el dispositivo de la figura. La rueda de aparcamiento es una corona dentada instalada en el árbol de salida, entre cuyos dientes puede encajarse el dedo de aparcamiento. Si al seleccionar la posición “P” el dedo no consigue encajar en algún hueco de la rueda de aparcamiento el coche no estará bloqueado y podrá desplazarse. Sin embargo, en cuanto lo haga, la rueda de aparcamiento girará y un muelle que actúa sobre el dedo hará efectivo el bloqueo.

6.- SISTEMA HIDRÁULICO

6.1.- Elementos hidráulicos de mando

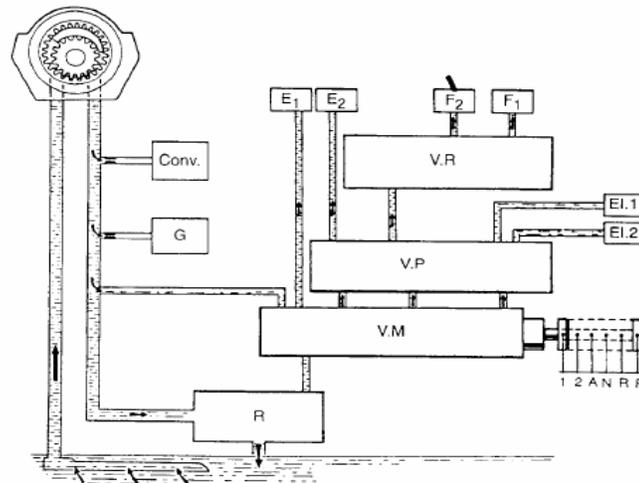


La selección automática de las distintas relaciones de marcha en los cambios automáticos se realiza mediante circuitos hidráulicos comandados por elementos electrónicos. La siguiente figura muestra la estrecha relación entre las dos tecnologías.

Los elementos de captación o sensorización de la figura son los siguientes:

- 1: captador de la velocidad del vehículo.
- 3: captador de la posición del acelerador.
- 4: interruptor de fin de recorrido del acelerador.
- 6: interruptor general de la posición de la palanca de cambio.

Toda esta información le llega al computador electrónico (2) que gobierna las electroválvulas (8) para comandar los embragues y frenos necesarios para activar las velocidades que procedan (ver tabla de la figura en la página anterior). Por tanto, los circuitos electrónicos gobiernan a los hidráulicos, que son los que hacen efectivos los cambios de relación de marcha.



El circuito hidráulico cuenta con una bomba de aceite que habitualmente es de engranajes de dentado interior (ver figura sobre estas líneas) y que suministra un caudal de aceite proporcional a la velocidad del motor. La bomba toma ese aceite del cárter inferior, lo filtra y envía ese caudal a los diferentes circuitos de accionamiento y engrase. Por tanto, la bomba sólo impone el caudal, pero no la presión, que viene dada por la carga del motor y regulada por una válvula específica (R). La presión de alimentación suele variar entre 3 y 5 bares y es aplicada por

el distribuidor hidráulico a la válvula manual (VM) y a través de ella a la de paso (VP), la de secuencias (VR), los frenos (F1,F2), embragues (E1 y E2) y electropilotos (E11 y E12).

La válvula manual (VM) informa al distribuidor hidráulico de las posiciones de punto muerto, marcha adelante y marcha atrás. Así, abre o cierra los circuitos correspondientes para alimentar los componentes que en cada caso corresponda.

La válvula reguladora de presión (R) actúa desplazando una corredera que permite desahogar el exceso de presión derivando aceite al cárter. La presión de trabajo vendrá impuesta como se ha dicho, por la carga del motor. Así, con el motor en ralentí la presión de trabajo es baja por ser el par a transmitir bajo también, mientras que cuando el motor funciona a plenos gases la presión de trabajo será mucho mayor. Por tanto, en cada caso la presión debe regularse a un valor distinto.

7.- ANÁLISIS DE CAJAS DE CAMBIO COMERCIALES

7.1.- Tendencias actuales en cajas de cambio automáticas

Actualmente el 80% de las transmisiones europeas son manuales, mientras que en América y Japón prácticamente el 100% son automáticas. ¿A qué razones responde esta discrepancia?

Fundamentalmente son tres las desventajas de las transmisiones automáticas:

1. Son un 80% más caras.
2. Su funcionamiento es menos eficiente desde el punto de vista del rendimiento y del consumo.
3. El conductor no tiene pleno control sobre el vehículo.

Así y todo, en unos diez años se prevé que el 36% de los coches funcionen con transmisiones automáticas, ya que facilitan la conducción (aunque también le restan encanto) y además se está

mejorando el aspecto del consumo.

En la línea del consumo o la eficiencia, puede decirse que las CVT consiguen rendimientos mecánicos cercanos al 90%. Es un valor menor que el de las manuales, pero la conducción es más sencilla. Quizá la solución más conveniente desde el doble punto de vista de la facilidad de manejo y el rendimiento es el de las transmisiones semiautomáticas. Además, las diferencias de construcción entre las cajas semiautomáticas y las manuales son mínimas y por tanto las fábricas de coches pueden conseguir esta evolución con una baja inversión inicial. De hecho, un ejemplo de ello lo tenemos con uno de los Twingos de la Renault.

En otro orden de cosas, debe señalarse que la vida para la que se diseñan las transmisiones de los automóviles ha crecido de 200.000 a 300.000 km en los últimos 25 años.

Esto ha sido posible gracias al desarrollo de materiales y lubricantes que mejoran significativamente los desgastes y los calentamientos. También han contribuido a ello las potentes técnicas de diseño y cálculo actuales, que permiten cuidar ya desde las etapas de diseño aspectos como el ángulo de presión y la geometría del diente para mejorar la relación de contacto entre dientes. Una alta relación de contacto reduce las vibraciones y el ruido y proporciona un mejor reparto de carga entre los diferentes dientes.

7.2.- Clasificación de las cajas de cambio comerciales

La variedad de la oferta de cambios no manuales es tal, que conviene hacer una pequeña clasificación:

- **Cambio semiautomático:** no hay convertidor de par, sino un embrague y una palanca convencionales, aunque no hay pedal de embrague. Un sensor en la propia palanca de cambios y otro en el acelerador detectan la intención del conductor de cambiar de marcha, y mandan una señal que controla el embrague (ver apartado 7).

Ejemplos: en la Clase A de Mercedes, Twingo Easy y Sensonic de Saab.

- **Cambio automático por variador continuo (CVT):** ver apartado 8.

- **Cambios automáticos:** con convertidor de par y trenes epicicloidales. Hay de tres tipos:

1. *Sencillos:* sólo hay que seleccionar la posición D en la palanca y conforme a una ley

preestablecida el cambio selecciona una marcha superior al subir de un régimen determinado, y una inferior al bajar de otro régimen.

2. *Con control electrónico y varios programas de funcionamiento:* uno deportivo en el que se

estiran las marchas, uno económico en el que se busca siempre la relación más larga y otro llamado "invierno" que selecciona la segunda para arrancar evitando las pérdidas de tracción. *Ejemplo: en la clase A de Mercedes.*

3. *Inteligentes o adaptativos.* En vez de programas fijos, un ordenador analiza las condiciones de la carretera y el estilo del conductor en base a los datos recogidos por distintos sensores. Una vez procesados, el ordenador memoriza estos datos y selecciona la secuencia de cambios más lógica en función de lo que va almacenando. *Ejemplos: INVECS-II de los Mitsubishi Carisma y Galant, cambio DSP del Volkswagen Passat.*

Además hay cambios que combinan varios de los antes mencionados dependiendo si se usan en su modo manual o automático:

- Automático secuenciales: pueden ser como el Tiptronic de Audi o el Steptronic de BMW que pueden funcionar como automáticos adaptativos o secuenciales o como el Autostick de Chrysler que combina un cambio automático electrónico con uno secuencial. El Tiptronic también lo usan: Porsche en sus modelos 911 y Boxster, y el Honda Prelude.

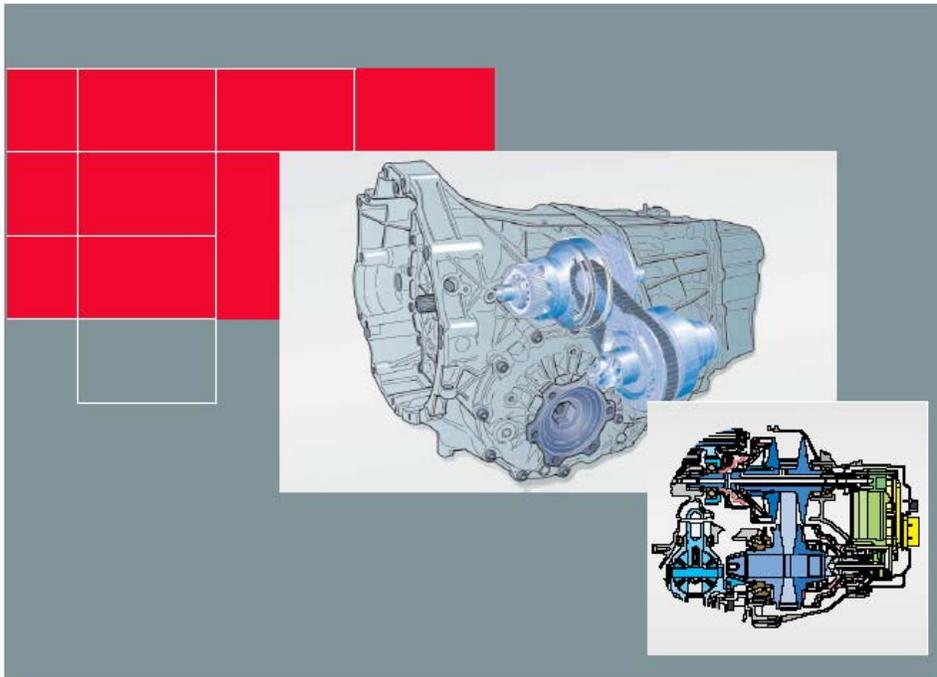
- Softip del Smart: tiene un embrague automático. Puede funcionar metiendo manualmente las

marchas como en uno secuencial o en modo automático con tres programas.

A continuación se analizarán dos casos concretos de cajas de cambio comerciales:

7.2.1 Audi Multitronic

multitronic®



Audi ha desarrollado un tipo de transmisión “sin pasos” que elimina todos los inconvenientes que tiene la caja de cambios manual, mejorando las estrategias de cambio de velocidad. Se trata de la transmisión multitronic. Según las pruebas realizadas el multitronic, a diferencia de la caja de cambios manual de 5 velocidades:

- Se obtiene una mejor aceleración
- Consume menos gasolina
- Conducción más cómoda

El Audi multitronic deriva del CVT (continuously variable transmission), sistema actualmente en el

mercado, desarrollando numerosas modificaciones y mejoras. Emplea un embrague multidisco que elimina las típicas pérdidas en la transmisión, ofreciendo variedad en el comienzo de estrategias. Estas son seleccionadas por el circuito electrónico de control de acuerdo con las preferencias del conductor, detectadas mediante el modo de utilización del pedal del acelerador. El embrague multidisco de control electrónico tiene también la ventaja de tener una conducta constante de velocidad.

También se ha conseguido eliminar el “rubber band effect” muy criticado en el sistema CVT. Esto se ha conseguido mediante un doble pistón principal en el variador y la separación del flujo de aceite de alta presión y los circuitos de refrigeración, con lo que se obtiene que la bomba de salida del circuito hidráulico sea más suave que una convencional.

5 En un cambio secuencial se sube o baja de marcha con un toque en la palanca hacia adelante o hacia atrás.

7.2.2 Fiat Selespeed

Fiat ha desarrollado un sistema de cambio basado en la caja de cambios secuencial empleada en la Fórmula 1 por Ferrari. Se trata de la caja de cambios Selespeed, similar a la caja de cambios Tiptronic empleada por otros fabricantes de coches. La diferencia respecto al cambio de Fórmula 1 está en que la Selespeed también se puede emplear como cambio automático.

Si se emplea la palanca de cambios bastaría con dar un simple toque para adelante o para atrás para subir o bajar marcha, si se emplean los botones del volante bastaría con pulsar uno de los botones para cambiar.

Tres actuadores se encargan de que se produzca el cambio de marcha. Uno se encarga de controlar el embrague, para que en el momento de que se vaya a producir el cambio de marcha este se encuentre desembragado, otro se encarga de que engranen, ajustando automáticamente la velocidad del motor para que sea la adecuada para la nueva relación y el tercero controla la selección de la

velocidad, esto es, cual es la relación de marcha que debe meter.

Para empezar a mover el coche simplemente hay que pisar el freno y meter primera o marcha atrás, empleando la palanca de cambios o bien los botones del volante. Con la marcha metida se libera el pie del freno y se pisa el acelerador y el Selespeed comienza a actuar. Una vez el coche va a más de 10 km/h se puede emplear la palanca de cambios para cambiar de marcha. Si los dos controles son empleados a la vez accidentalmente, la palanca de cambios tiene preferencia sobre los botones del volante. En las maniobras de frenada de emergencia, el sistema Selespeed reduce automáticamente las marchas consiguiendo una fuerza de frenado adicional.

Documentación técnica del vehículo: *Fiat Stilo Versión: 2.4 20v*

Descripción

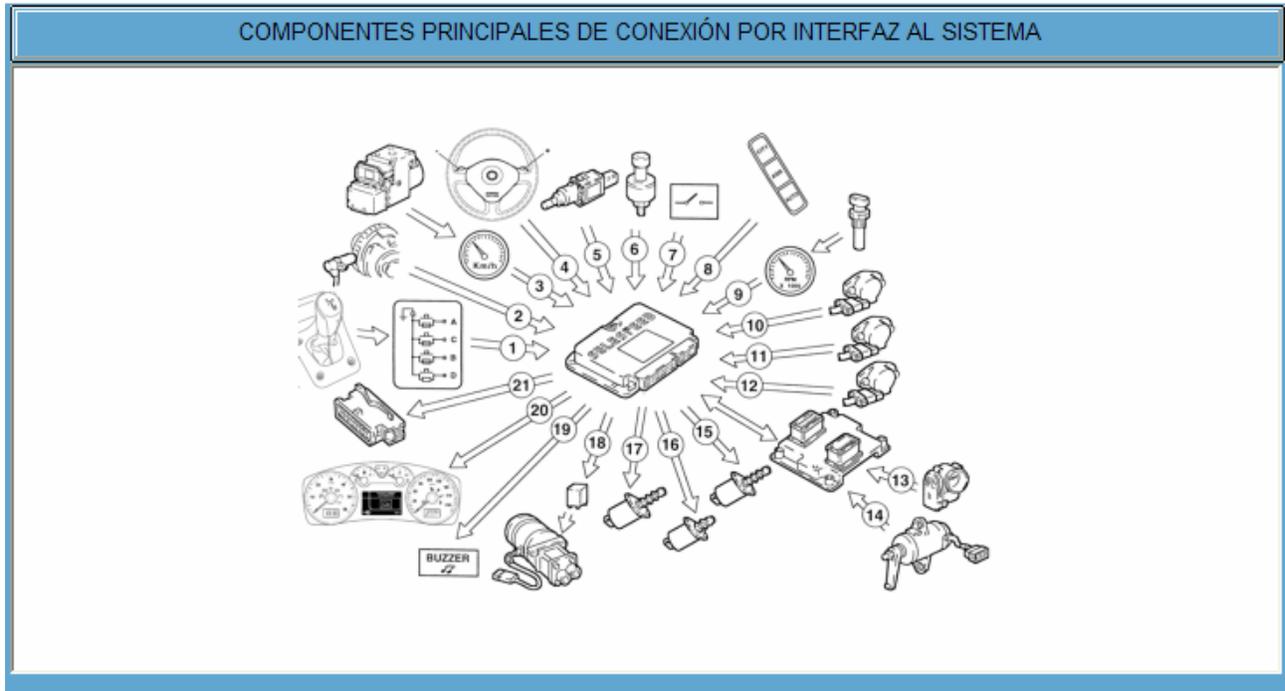
El sistema de control denominado SELESPEED vigila y regula el funcionamiento del cambio mecánico mediante un dispositivo electrohidráulico.

Una centralita electrónica gestiona una compleja lógica de funcionamiento que permite utilizar el cambio tanto de forma ‘semiautomática’, cuando el conductor gestiona la introducción de las marchas con la palanca o bien con los dos pulsadores en el volante, como en la modalidad automática CITY que delega al sistema electrónico la gestión del cambio marchas.

La centralita electrónica dialoga con la de gestión motor a través de la red CAN y de dos líneas específicas, una para la señal de revoluciones y otra para la diagnosis.

La centralita controla, según una compleja lógica de funcionamiento, un grupo electrohidráulico situado en el cambio, mediante una electrobomba específica. Las líneas de alimentación de la centralita y de los diferentes componentes del sistema { sensores y actuadores) están protegidas por dos fusibles, ubicados en la centralita del compartimiento del motor.

La autodiagnos de la centralita señala las averías mediante el testigo correspondiente del tablero de instrumentos. La centralita del SELESPEED envía al tablero de instrumentos informaciones sobre la marcha embragada que se visualiza en la pantalla.



ESQUEMAS ELÉCTRICOS

Descripción del funcionamiento

La centralita de control SELESPEED M54 controla y regula todo el sistema de gestión del cambio

La alimentación directa de la centralita llega de la batería, mediante la línea protegida por el fusible

F23 de la centralita compartimiento del motor SI! Al pin 27 del conector A de M54.

La alimentación bajo llave {1 5/54} llega al pin 28 del conector A de M54. Esquema eléctrico E5010

PUESTA EN MARCHA Y RECARGA.

Los pin 1 y 2 del conector A de MM están a masa. Un grupo de sensores y potenciómetros en el cambio informa a la centralita acerca de la marcha embragada.

Los potenciómetros se alimentan por el pin 73 del conector B; el pin 66 proporciona la masa de referencia: el potenciómetro selección marchas K68 devuelve una señal al pin 51 del conector A; el potenciómetro acoplamiento marchas K69 devuelve una señal al pin 39 del conector A; el sensor de presión aceite del grupo hidráulico K96 devuelve una señal al pin 40 del conector A.

Los pin 38 y 50 del conector A M54 se conectan al sensor de velocidad vehículo {salida cambio) K78.

El grupo de mandos marchas 1137 se conecta a la centralita MM para solicitar la introducción de marchas; la alimentación se recibe del pin 79 del conector B de M54, la masa de referencia se recibe del pin 65 y se envían las señales de mando a los pin 67, 74 y 68 del conector B y al pin 26 del conector A de M54.

El sensor de embrague K99 se conecta a los pin 34, 35, 46, y 47 del conector A de M54. El pulsador para seleccionar las distintas modalidad de funcionamiento SELESPEED se encuentra en el grupo de interruptores en el túnel H35 y se conecta a la centralita M54 en el pin 77 del conector B.

Los mandos en el volante - conectados mediante el contacto en espiral D47 - envían las señales al pin 75 del conector B de M54; reciben la masa de referencia del pin 65 del conector 8.

El pin 69 del conector B de M10 recibe la señal que llega del interruptor luces de freno 130, alimentado 'bajo llave' {INT) por el fusible F37 de la centralita bajo el salpicadero B2. En base a la lógica de funcionamiento la centralita acciona el grupo electrohidráulico del cambio que ejecuta el cambio de marchas; desde el pin 31 del conector A se acciona la electrobomba N47 que mantiene el aceite del grupo hidráulico bajo presión.

La bomba N47 se controla por medio de un telerruptor especial J87 {alimentado por la línea del fusible F3 de la centralita del compartimiento del motor 81).

A continuación, la centralita ordena la apertura de las electroválvulas del grupo hidráulico:

- desde los pin 32 y 44 del conector A de M54 se accionan las dos electroválvulas de acoplamiento marchas L51 y L52;
- desde el pin 29 del conector A de M54 se acciona la electroválvula de selección marchas L53;
- desde el pin 43 del conector A de M54 se acciona la electroválvula de mando del embrague L56.

Del pin 42 del conector A de M54 sale una señal de seguridad para el telerruptor consentimiento arranque (pin 50 del motor de arranque A20}; la seña (de petición arranque llega al pin 76 del conector B.

Asimismo la centralita M54 gestiona la señal de puertas abiertas: la señal de apertura de la puerta delantera conductor - cerradura N50 - llega al pin78 del conector 8 de M54; Del pin 80 del conector B sale el mando para el avisador E47, ubicado en la guantera. El avisador se alimenta con la línea protegida por el fusible F23 de la centralita del compartimiento del motor BI.

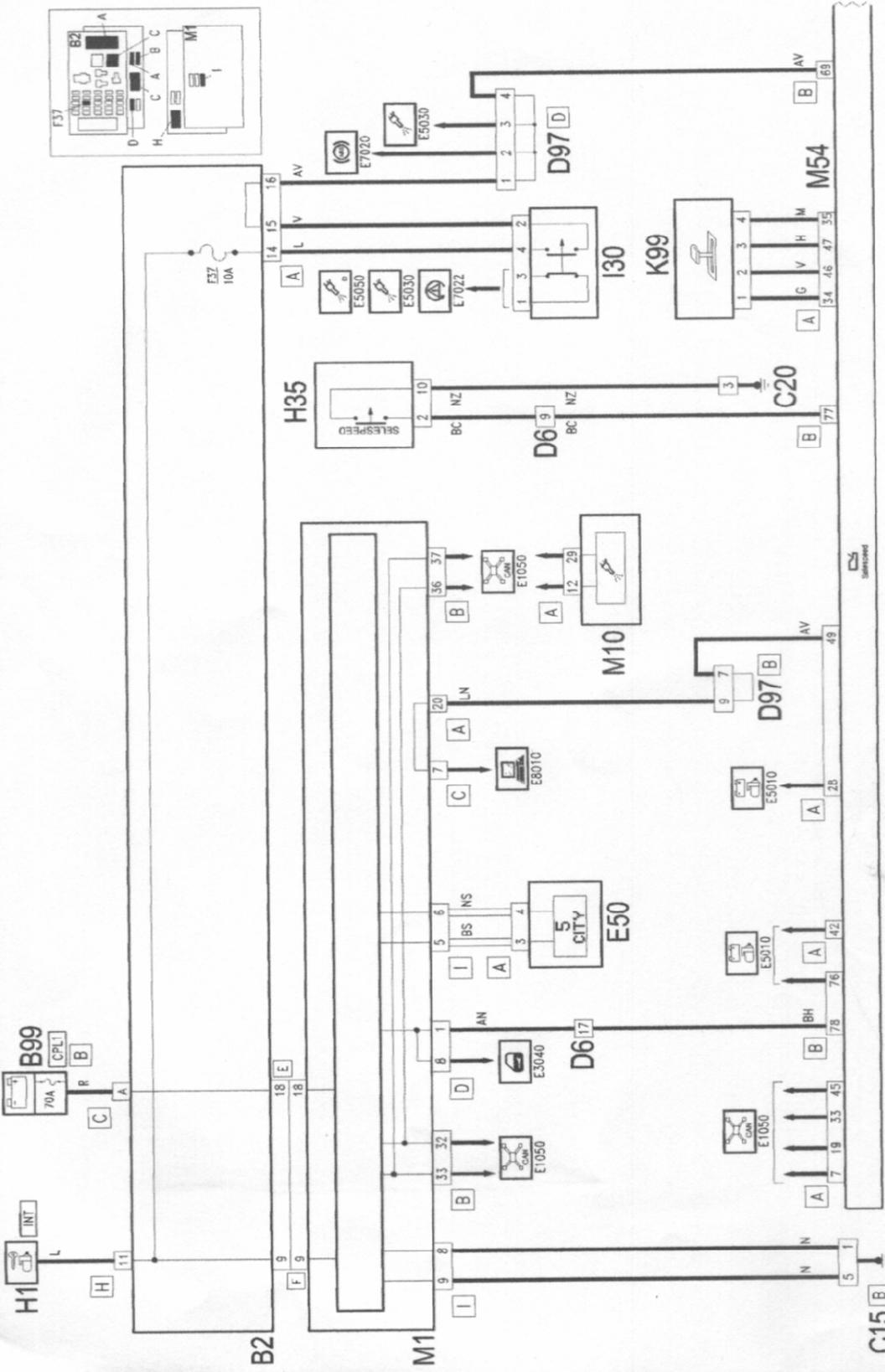
La lectura de los datos de la autodiagnosís puede efectuarse conectándose al conector C del Body Computer MI - pin 7: al mismo legán las señales desde el pin 49 del conector A de M54. {la línea se comparte con la centralita control motor MIO mediante la línea de diagnosís específica). Esquema eléctrico E8010 CONECTOR MULTIPLE DE DIAGNOSIS

Las señales para el testigo de ‘avería cambio’ del tablero de instrumentos E50 y para la pantalla de indicación de las marchas del instrumento se envía por la red CAN - pin 33 y 45 del conector A de M54. Por medio de la misma red CAN se adquiere la señal tacométrica.

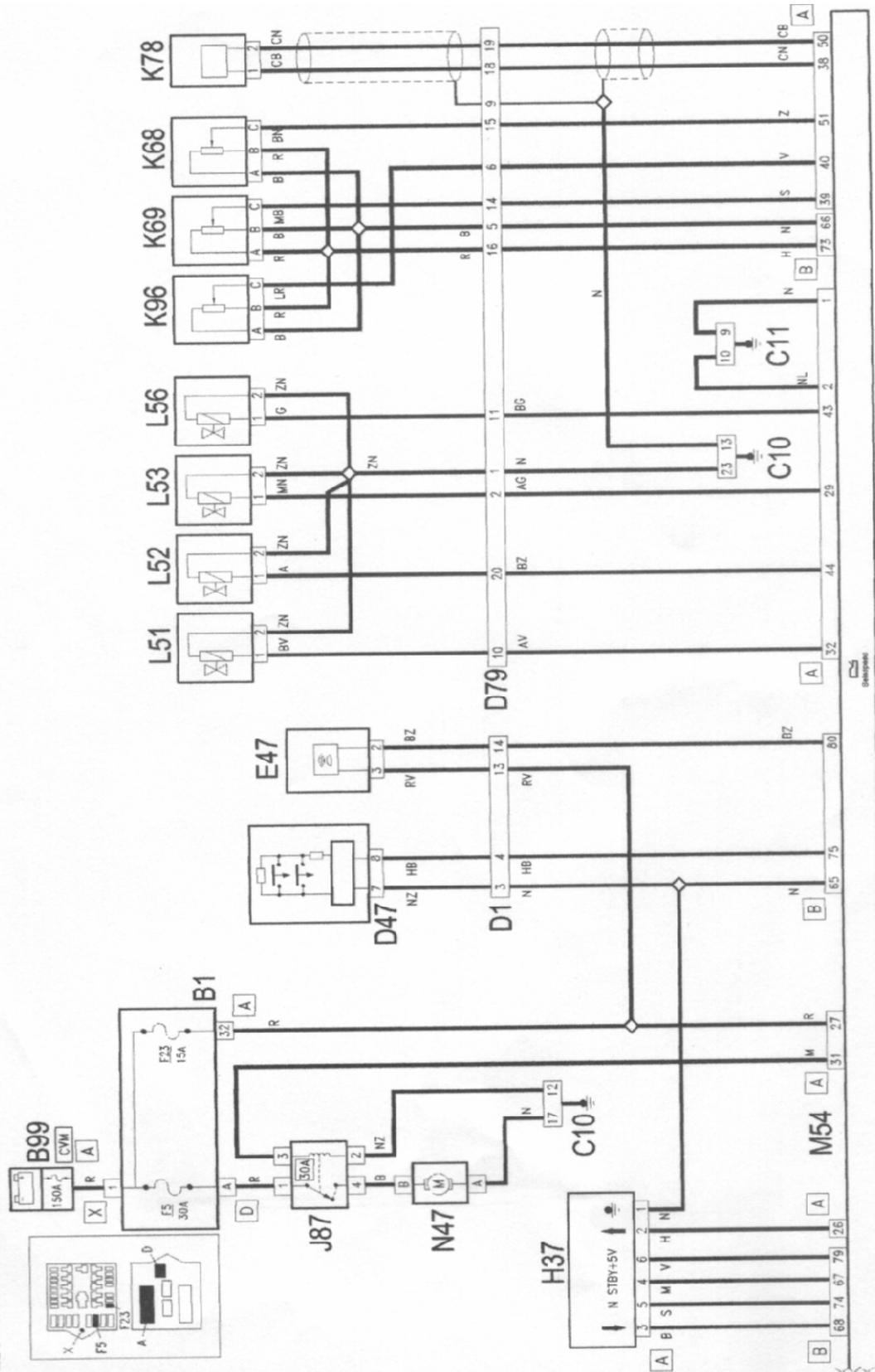
El PM 48 del conector A se conecta a la centralita de gestión del motor MIO y de ella recibe la señal de revoluciones.

Esquema eléctrico E5010 PUESTA EN MARCHA YRECARGA.

MOTORIZACION : 2.4 20V Selespeed
 CODIGO : 7951
 DESCRIPCION : CAMBIO ROBOTIZADO



ESQUEMAS ELÉCTRICOS FUNCIÓN
 MOTORIZACIÓN : 2.4 20V Selespeed
 CÓDIGO : 7051
 DESCRIPCIÓN : CAMBIO ROBOTIZADO



10.- BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Alonso, J.M., *Sistemas de transmisión y frenado*, Editorial Paraninfo, 1996.
- Fenton, John, *Handbook of Automotive Powertrain and Chassis Design*, Professional Engineering Publishing, 1998.
- Manual Audi, Cambio variable 228b, Multitronic
- Manual de documentación técnica Fiat, Largo Senatorre G.Agnelli, 5 -10040 Volvera – Torino (Italia).

Internet

- Audi World Site, <http://www.audi.com> .
- <http://www.Mecanicavirtual.com> .