

www.tecnun.es/automocion



CAMBIOS AUTOMÁTICOS Y DERIVADOS

MANUALES DE AUTOMOCIÓN

Mikel Ares Azpiroz

tecnun

CAMPUS TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATEKO CAMPUS TEKNOLOGIKOA
Escuela Superior de Ingenieros • Ingeniaren Goi Mailako Eskola

PREFACIO

Esta publicación es la primera de las creadas por el Laboratorio de Automoción de Tecnun en formato impreso con afán divulgativo. El proyecto fin de carrera realizado por D. Mikel Ares Azpiroz, consistente en el diseño, construcción e implementación de un sistema de cambio semiautomático sobre un monoplace Car Cross, consistía en una primera fase en una extensa búsqueda y análisis de los diversos cambios automáticos, secuenciales, de variador continuo, etc. existentes en el mercado. Resultado de todo ello es el texto y anejo complementario que se presentan a continuación, donde se abordan la evolución histórica y estado del arte de los sistemas de selección de velocidades de uso comercial equipados para distintos automóviles, así como el prototipo creado por el propio autor desde el campo de la ingeniería. Espero sinceramente que el manual sea del agrado del lector.

Actualmente (enero 2003) el trabajo realizado por D.Mikel Ares ha evolucionado por parte de los alumnos del Laboratorio. En estos momentos se está trabajando en un volante extraíble con mandos de cambio integrados.

Xabier Carrera Akutain
Ingeniero Industrial
Laboratorio de Automoción, Tecnun

ÍNDICE

Índice de ilustraciones y tablas.....	4
1. EVOLUCIÓN Y REVISIÓN DE LOS CAMBIOS AUTOMÁTICOS COMERCIALES	7
1.1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	9
1.2.1. Según el mecanismo para variar las relaciones.....	10
1.2.2. Según el tipo de mando.....	10
1.2.3. Según la conexión entre el motor y el cambio.....	11
1.3. CLASIFICACIÓN.....	11
1.3.1. Primeros cambios automáticos.....	11
1.3.2. Llegada de la electrónica.....	14
1.3.2.1. Gestión electrónica sencilla.....	17
1.3.2.2. Inteligentes o autoadaptativos.....	19
1.3.2.3. Automáticos-secuenciales.....	25
1.3.3. Embrague pilotado.....	31
1.3.4. Manuales-secuenciales o robotizados.....	33
1.3.5. Variador continuo.....	53
1.3.5.1. Speedgear, Hypertronic, Steptronic (MG, Land Rover y Rover).....	54
1.3.5.2. Multitronic.....	58
1.3.5.3. CVT Steptronic.....	63
1.3.5.4. Cambio toroidal.....	64
1.4. TABLA-RESUMEN DE LOS CAMBIOS AUTOMÁTICOS.....	67
2. CAMBIO DEL CAR CROSS DE TECNUN.....	72
3. BIBLIOGRAFÍA.....	78
4. URL'S CONSULTADOS.....	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Figura 1. Primer sistema de cambio utilizado.....	12
Figura 2. Cambio con turbo-embrague y engranajes planetarios	13
Figura 3. Evolución hacia el convertidor de par.....	13
Figura 4. Posiciones típicas de una caja automática convencional	15
Figura 5. Programas Winter (W) y Sport (S).....	16
Tabla 1. Algunos modelos que incorporan una caja automática con una gestión sencilla.....	19
Tabla 2. Leyes de funcionamiento de la Proactiva y de la Autoactiva	21
Figura 6. Autoactiva del Xsara.....	21
Figura 7. Proactiva del Laguna	21
Figura 8. Respuesta del INVECS II ante un descenso y una aceleración	23
Figura 9. Se dispone de un carril para cada modo de conducción	26
Tabla 3. Otros cambios automáticos-secuenciales	29
Figura 10. Q-System de Alfa.....	30
Figura 11. Autostick de Chrysler.....	30
Figura 12. Tiptronic S de Porsche	30
Figura 13. Esquema del EKM.....	32
Figura 14. Dispositivos necesarios	32
Figura 15. Sensores de reconocimiento e intención del cambio	33
Figura 16. Esquema del Selespeed.....	36
Figura 17. Esquema del SMG II.....	38
Figura 18. Diferencias entre las leyes del modo automático.....	40
Figura 19. Diferencias entre las leyes del modo secuencial	40
Figura 20. Respuesta en modo sport.....	43
Figura 21. Paso del EKM (embrague pilotado) al ASG (caja robotizada)	45
Figura 22. Se utilizan tres motores eléctricos.....	46
Figura 23. Quickshift 5.....	48
Figura 24. Comparativa entre el Easytronic (gráfica superior) y el Quickshift 5 (gráfica inferior). Aceleración a fondo en modo automático.....	50
Tabla 4. Otros cambios robotizados	52
Figura 25. Caja de cambios del Smart	53
Figura 26. Esquema de funcionamiento del Speedgear	55
Figura 27. Cambio CVT Hypertronic.....	57

Figura 28. Variación de desarrollos del Multitronic..... 58

Figura 29. Poleas y cadena 59

Figura 30. El elemento de transmisión: la cadena..... 60

Figura 31. Conjunto cambio del EXTROID..... 65

Figura 32. El movimiento de los satélites aporta la desmultiplicación..... 66

Tabla 5. Clasificación de los cambios automáticos 68

Tabla 6. Clasificación de los cambios automáticos 71

Figura 33. Palanca de cambios 73

Figura 34. Reenvío del cambio 73

Figura 35. Detalle unión del reenvío y eje selector a través del brazo 73

Figura 36. Esquema del mecanismo con fuerzas lineales 74

Figura 37. Extremo del émbolo roscado..... 75

Figura 38. Mecanismo principal 76

Figura 39. Conjunto del accionamiento montado 76

Figura 40. Batería original..... 77

Figura 41. Ubicación de la nueva batería 77

Figura 42. Botón dcho. sube marchas e izquierdo reduce 77

Figura 43. Los botones se accionan desde la parte posterior del volante 77

1. **EVOLUCIÓN Y REVISIÓN DE LOS CAMBIOS AUTOMÁTICOS COMERCIALES**

1.1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho aceptado que actualmente las transmisiones de tipo automático no tienen gran aceptación en nuestro mercado. Para comprobarlo no hay más que echar mano de las cifras. En el año 2000, el 16% de los vehículos producidos en Europa equipaban una caja de cambios automática. Frente a la escasa cifra del Viejo Continente se encuentra el abrumador 90% de coches automáticos en Estados Unidos y el 70% en Japón. Así, la producción europea dentro de este tipo de cambios se ha elevado del millón de unidades de 1991 a 2,36 millones el pasado año. Por países, los más “automáticos” son Suiza con el 26,7% de las ventas, Suecia con el 18,9% y Gran Bretaña con un 14%.

A pesar de lo significativo de tales cifras, los cambios automáticos actuales poco o nada tienen que ver con los fabricados hasta 1980. Su mala reputación de frágiles, costosos de mantener y caros de reparar en caso de avería, pertenecen ya al pasado.

Durante los últimos años, muchos fabricantes siguen esforzándose en conseguir transmisiones automáticas cada vez más eficaces, prácticas, cómodas y económicas. Estas son ofrecidas en todas las gamas, incluso en las más bajas. El mercado, sin embargo, permanece insensible a todos esos esfuerzos y se aferra a un sistema, el cambio manual, que se ha quedado retrasado frente a la avalancha tecnológica que invade el automóvil.

La transmisión automática floreció en Estados Unidos, donde el tipo de orografía (más llana y menos sinuosa que la presente en el continente europeo), invitaba a una conducción más aburguesada. También tuvo su influencia el control de unas restrictivas limitaciones de velocidad. La exportación del automatismo al continente europeo chocó inicialmente con ciertos problemas como fueron:

- Baja potencia y par de los motores de la mayoría de los vehículos.
- Tendencia de los conductores a “sentir” su control sobre el coche mediante la actuación sobre pedales y palanca.
- Bajo nivel económico que hacía significativo el ligero aumento de consumo de combustible generado por los cambios automáticos.

El paso de los años debiera haber facilitado la expansión del automatismo, pues el automóvil medio ha experimentado un aumento de rendimiento (importante de cara al agrado de conducción de un automático), el nivel de vida ha ganado muchos enteros y el control sobre la velocidad y la conducción dinámica cada día es más severo. Pues no ha ocurrido, aunque sí es verdad que muy poco a poco los conductores comienzan a apreciar sus ventajas. El precio y el desconocimiento o desinterés por parte del conductor por probar un cambio automático parecen ser los obstáculos que impiden su masiva utilización. De hecho, cada vez es más habitual que una persona que prueba una transmisión automática quede entusiasmada y no vuelva a un modelo manual, debido a la practicidad y comodidad que ofrecen. Sin embargo, vencer la primera resistencia a comprar un coche automático parece imposible, a vista de las cifras que nos ofrece el mercado. Este problema es como la pescadilla que se muerde la cola, la gente no los prueba porque son caros (entre otros motivos) y son caros porque no existe gran demanda. Una frase que resume bien lo comentado es: "El que prueba, repite".

En general, los inconvenientes que presentan los cambios automáticos son:

- Precio, en general, mayor.
- Mayor consumo de combustible.
- Peores prestaciones.
- Menor control sobre el vehículo.

Sin embargo, su utilización también reporta ciertas ventajas, muchas veces olvidadas:

- Imposibilidad de calar el coche en las arrancadas. Esto se debe al funcionamiento del convertidor de par, que permite al motor seguir funcionando cuando hay una marcha engranada y el coche está parado. La diferencia de giro entre el motor y el cambio la asimila el aceite que circula su interior.
- Imposibilidad de deslizamiento del coche hacia atrás al arrancar en rampa.
- Imposibilidad de desgaste del embrague.
- Imposibilidad de equivocación de un cambio de marchas.
- Buenas recuperaciones.
- Confort de marcha al no tener que pisar repetidamente y cambiar de marcha. Asimismo al arrancar el conductor no tiene que modular la presión sobre el acelerador o la velocidad con la que suelta el embrague, basta con acelerar.

Además, los cambios automáticos actuales están a años luz de los de hace unos años. No sólo empiezan a estandarizarse los cambios automáticos de 5 velocidades (incluso ya hay de seis y siete marchas), sino que además las diferencias de consumo o prestaciones entre un coche manual y uno automático son cada vez menores.

Por otra parte, con los nuevos avances tecnológicos y el desarrollo de la electrónica, los automáticos de última generación permiten combinar su habitual comodidad con el placer de conducción y la rapidez de reacción de los manuales; todo ello unido a una drástica reducción del consumo que se acerca a un manual.

Como se comprobará en los sucesivos apartados, en la actualidad encontramos soluciones para todos los gustos, desde los automáticos inteligentes que adaptan su funcionamiento al estilo de conducción y los trazados de las carreteras, hasta los robotizados sin pedal de embrague, ideales para la ciudad y para practicar una conducción deportiva.

1.2. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Antes de comenzar el repaso de los distintos tipos de cambios automáticos, se va a proceder a aclarar una serie de términos generales relacionados con las transmisiones. Asimismo, se va a realizar una clasificación de los mismos según diferentes criterios.

Hace unos años, cuando no existía el control electrónico, o éste era aún incipiente, la distinción entre automáticos y manuales servía para describir tanto su funcionamiento como su construcción. Una caja manual estaba formada por pares de engranajes, que el conductor seleccionaba (a través de varillas o cables) con una palanca en H. Una caja automática, por el contrario, tenía engranajes epicicloidales (Anejo 1.2.1), seleccionados por un sistema hidráulico a través de embragues, en función de la velocidad del coche, el régimen del motor y la posición del acelerador. En este tipo de cambio automático, el conductor normalmente disponía de una palanca para eliminar marchas, con objeto de que el cambio no engranara las más largas en pendientes o al arrastrar un peso.

Hoy en día sin embargo, ante la presencia de cada vez más tipos de transmisiones, existe cierta ambigüedad a la hora de establecer una frontera entre unos y otros. Así, hay cambios manuales (funcionalmente) que pueden operar de un modo automático (estructuralmente) y cambios automáticos (estructuralmente) que admiten un manejo manual (funcionalmente).

A partir de ahora, la distinción que se hará entre manual y automático será sólo estructural. Por tanto, por **automático** se entenderá aquella transmisión en la que al menos una función (inserción de las marchas o la acción de embrague/desembrague) esté automatizada. Dentro de dicha definición se llamará **semiautomático** a aquél tipo de cambio en el que el

conductor se encarga de seleccionar las marchas, pero es el sistema el encargado de accionarlas y/o de embragar.

Algunos de los cambios que se van a analizar disponen únicamente de un funcionamiento semiautomático. A pesar de ello, y como simplificación, se referirá a todos ellos en calidad de automáticos.

Existen diversos modos de clasificar las cajas de cambio (incluyendo las manuales). A continuación se muestra tres criterios para catalogarlas.

1.2.1. Según el mecanismo para variar las relaciones

Se pueden distinguir tres tipos de mecanismos para variar la relación de cambio:

- Par de engranajes cilíndricos: el más extendido de todas las cajas manuales y algunas automáticas. Lo normal es que se trate de engranajes helicoidales, de toma constante y con sincronizadores para todas las marchas.
- Tren epicicloidal: sólo en cajas automáticas (pero no en todas). Su principal ventaja es la suavidad, ya que la selección de las distintas relaciones se hace mediante frenos y embragues, no engranando piezas.
- Cambio de variador continuo: sólo se utiliza en cajas automáticas. Es probablemente la transmisión con más futuro. Actualmente hay dos clases: con correa metálica (la que usan todos los cambios de variador) o con cadena.

1.2.2. Según el tipo de mando

En una caja manual no hay confusión posible ya que sólo existe la palanca tipo en H.

Para una caja automática, en cambio, hay distintas posibilidades, que resultan de combinar dos variables: por una parte, si se trata de un mando analógico o secuencial; por otra, si ese mando sirve para seleccionar marchas o para eliminarlas.

- Mando analógico: aquél en el que hay una posición del mando para cada una de las relaciones de cambio.
- Mando secuencial: cuando hay una secuencia para variar las relaciones (mover una palanca o pulsar un botón), pero no una posición de esa palanca o ese botón distinta para cada marcha.

Con estos dos tipos de mando hay también dos tipos de funciones:

- De selección: aquella en la que el movimiento del mando sirve para engranar marchas. En el caso de las cajas automáticas, el mando de selección está supeditado al control electrónico
- De bloqueo: es el opuesto al de selección. Con este tipo de mando, propio de las cajas automáticas, lo que se hace es eliminar la posibilidad de que el cambio engrane ciertas marchas. Se dice que un cambio de cinco marchas está bloqueado en tercera si sólo pueden entrar las tres primeras.

1.2.3. Según la conexión entre el motor y el cambio

Actualmente existen tres tipos de conexión entre el motor y la caja de cambios:

- Embrague monodisco en seco: se emplean en aquellas que disponen del par de engranajes. Es decir todas las cajas manuales y las automáticas que tienen robotizadas el accionamiento del embrague.
- Embrague multidisco húmedo: empleado en la transmisión Multitronic de Audi, La operación de embragar y desembragar se realiza electrónicamente.
- Convertidor hidráulico de par: en todas las cajas automáticas con engranajes epicicloidales (Anejo 1.2.4).

No existen ni embragues hidráulicos ni electromagnéticos que han llevado anteriormente algunos modelos con variador. Tampoco se usan embragues bidisco en seco (salvo realizaciones ultradeportivas como Ferrari F50, McLaren F1, etc.) que llevaban antes algunos coches deportivos.

En el siguiente apartado se va a dar hacer un repaso de los tipos de cambios automáticos que han aparecido hasta nuestros días. La agrupación que se ha hecho no es única y podría llevarse a cabo de otras maneras. Se ha seguido una ordenación según una evolución más o menos cronológica.

1.3. CLASIFICACIÓN

1.3.1. Primeros cambios automáticos

En realidad el origen del cambio automático está en la náutica: un embrague hidráulico fue utilizado por primera vez en 1908. Posteriormente, en 1926 la fábrica británica Leyland incorporó este sistema a los autobuses londinenses.

La caja automática va ligada también al desarrollo del llamado tren epicycloidal. La aplicación de este mecanismo a un vehículo se debe al ingeniero Wilson, que lo proyectó para el cambio de velocidades de un tanque. En 1929 se utiliza por primera vez en un coche. Los primeros cambios con trenes epicycloidales tenían un preselector, lo que dio lugar a una corta generación de cambios semiautomáticos (Anejo 1.2.2), en la que Daimler fue la pionera (año 1930).

A lo largo de los años 40 casi todos los fabricantes americanos ponen a punto un cambio donde la selección de velocidades se realiza automáticamente, en función de la velocidad del coche, el régimen del motor y la posición del acelerador. Aunque algunas marcas desarrollaron sistemas regulados por vacío, el que demuestra ser más efectivo es el hidráulico. Tras la década, casi todos los coches americanos tienen ya un cambio automático, generalmente el Hydramatic de General Motors o el Borg Warner. En Europa hay que sumar a estos dos el fabricante alemán ZF.

En general, tres son los principales sistemas que han venido empleándose:

- **Turbo-embrague con caja de cambios por desplazables** de mando semiautomático y un embrague de disco en seco. El esquema de la transmisión se detalla en la Figura 1: la fuerza del motor F pasa por el acoplamiento hidráulico H y sigue por el embrague mecánico E a la caja de cambios por desplazables D que da dos marchas adelante elegidas con la palanquita de mano M; pero cada una de estas marchas se divide en otras dos mandadas automáticamente y enteramente por el acelerador A, el vacío de la admisión y un regulador R que depende de la velocidad del vehículo. Este tipo de cambios está ya en desuso.

Posteriormente surgieron variantes de este tipo al utilizar la fuerza hidráulica en vez del vacío de la admisión.

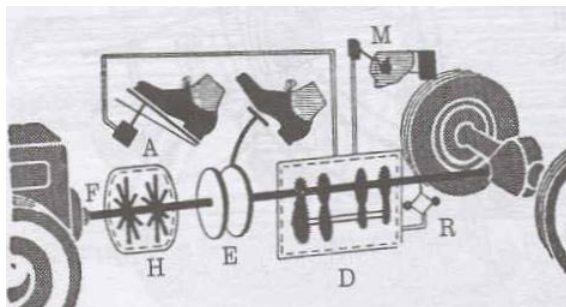


Figura 1. Primer sistema de cambio utilizado

- **Turbo-embrague con caja de cambios enteramente automática de engranajes planetarios** accionada por fuerza hidráulica según la posición del acelerador combinada con la

velocidad del automóvil (Figura 2). Es la transmisión Hydramatic mencionada que apareció en 1940 en los Oldsmobile. El esquema muestra el embrague hidráulico H, la caja de planetarios L, el acelerador A y el regulador R. La palanca M sirve para mandar a mano la marcha atrás, el punto muerto y el funcionamiento de sólo primera y segunda en mal terreno. No hay pedal de embrague.

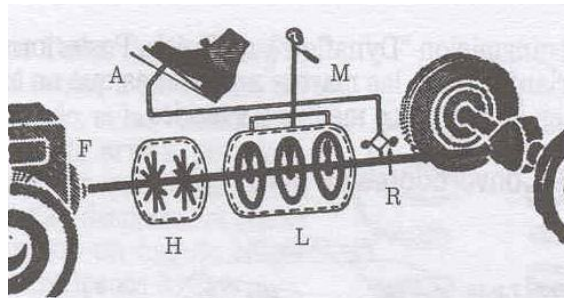


Figura 2. Cambio con turbo-embrague y engranajes planetarios

- **Convertidor de par con caja de planetarios prácticamente automática** (Figura 3). El esquema señala el paso de la fuerza del motor F por el convertidor de par CH y caja de planetarios L gobernada por la palanquita M que da dos combinaciones únicas: "marcha normal" y "reducida" para casos excepcionales.

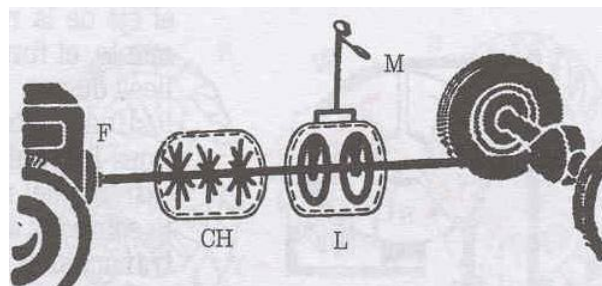


Figura 3. Evolución hacia el convertidor de par

Después de la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo del convertidor hidráulico hizo que los constructores americanos generalizaran este tipo de transmisiones en sus modelos (hacia mediados de los 50, el 70% de los vehículos contaban con dicho automatismo), mientras que los gustos europeos tomaron un camino radicalmente distinto.

Hasta la década de los 80, salvo el aumento de tres a cuatro o cinco velocidades, el cambio automático continuó esencialmente sin variaciones. A partir de entonces es cuando llega la electrónica.

Lo que distingue a este tipo de transmisión de otros automáticos actuales es la ausencia total de la electrónica. No existe calculador alguno que controle el paso de las velocidades y los cambios de marcha se hacen en función de lo que se pise el acelerador. Además, los cambios automáticos clásicos apenas contaban con cuatro marchas, no permitían reducir manualmente, limitaban las prestaciones del motor y provocaban una pérdida de agilidad y capacidad de reacción en situaciones de emergencia.

1.3.2. Llegada de la electrónica

El gran avance dentro de los cambios automáticos sucedió con la llegada del control electrónico. Se puede decir que ha sido la electrónica la responsable de la cada vez mayor popularización de este tipo de cambios. Es una evolución parecida a la sucedida con el caso de los motores, con el relevo de la carburación por parte de la inyección electrónica.

Los cambios de marcha ya no se producen en función de referencias mecánicas, sino que vienen determinados por una serie de leyes gobernados por la electrónica.

Para que el cambio actúe en cada momento según las necesidades del conductor, se disponen de distintos sensores que miden, entre otras cosas, la velocidad del vehículo, la posición y velocidad con que se pisa el acelerador, la marcha insertada, etc. La información recabada es enviada a un calculador electrónico que es el que ordena qué marchas insertar en cada momento.

La utilización de un control electrónico ha permitido a los cambios automáticos dibujar una forma de uso un poco más cercana a los pensamientos y deseos del conductor.

Una de las características de los tipos de cambio que se ven en este apartado son las posiciones que puede se pueden seleccionar con la palanca (Figura 4):

- **P (Parking)**: es equivalente al freno de mano de las transmisiones manuales: sólo se emplea con el vehículo totalmente parado, para evitar que se desplace.
- **R (Reverse)**: la marcha atrás. Esta posición está bloqueada para velocidades superiores a los 10 km/h hacia delante.
- **N (Neutral)**: el punto muerto. El posible movimiento del motor no se transmite a las ruedas.
- **D (Drive)**: con ella insertada (incluso desde parado), el cambio decide la marcha más adecuada en cada momento. Es la posición que sirve para todo: el vehículo arranca en primera y, cuando llega a un régimen determinado, la caja pasa a la marcha superior.

Aparte de esas posiciones, normalmente se disponen también de otras bien en forma de números o letras, que son posibilidades de bloqueo. En el primer caso, dependiendo del número de marchas con que cuente el cambio pueden existir una, dos, tres o hasta cuatro posiciones. Desplazando la palanca hasta cada una de ellas, lo que se hace bloquear la transmisión hasta la marcha que indica el número. Es decir, eligiendo la posición dos, el coche podrá utilizar las velocidades inferiores pero nunca pasará a la tercera relación. La otra posibilidad es la de disponer de las letras S y L, con las que se seleccionan marchas cortas (L) o largas (S).



Figura 4. Posiciones típicas de una caja automática convencional

Otra característica de estas transmisiones (y de las surgidas posteriormente) es el mecanismo *kick-down*. Esta modalidad permite bajar dos ó tres marchas cuando vamos circulando en una marcha larga con el motor a bajas vueltas. La electrónica se encarga de medir cuánto y cuán rápido se pisa el acelerador. El resultado es ofrecer mejores recuperaciones que con cambio manual.

La llegada de la electrónica también ha permitido la posibilidad de disponer de programas de funcionamiento junto a la palanca, que pueden llegar a ser hasta tres (Figura 5):

- **Deportivo o *sport***: para conducción deportiva.
- **Económica o *normal***: conducción tranquila.

- **Invernal o *ice* o *winter*:** para facilitar el arranque en firmes deslizantes o poco adherentes.

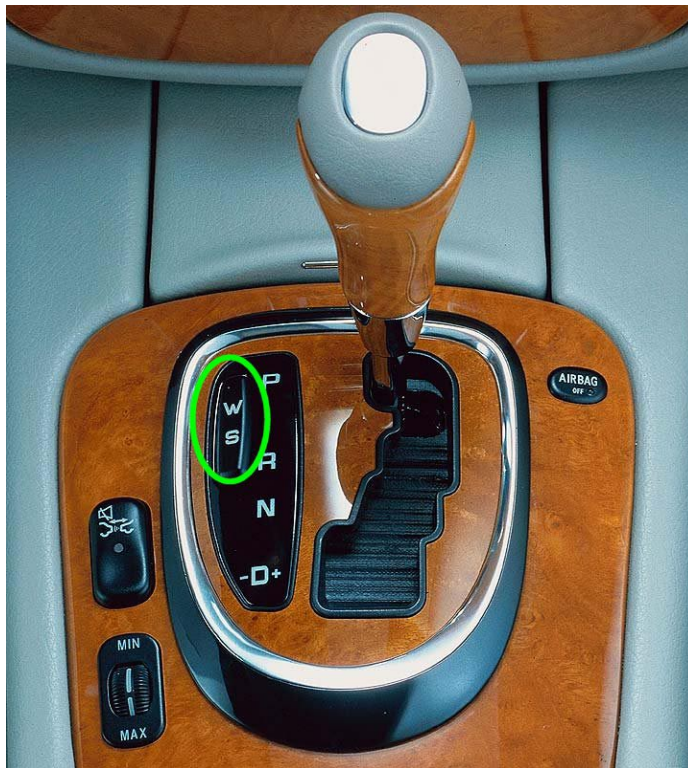


Figura 5. Programas Winter (W) y Sport (S)

Dentro de este apartado se va a hacer una distinción entre los siguientes tipos de cambios:

- Cambios automáticos con gestión electrónica sencilla.
- Cambios inteligentes o autoadaptativos.
- Cambios automático-secuenciales.

La característica común a los tres es la de incorporar control electrónico, disponer de convertidor de par como conexión entre el motor y la caja de cambios y de utilizar un accionamiento electrohidráulico (hidráulica para el accionamiento y electrónica para el control). Sin embargo, existen diferencias funcionales y de comportamiento que las hacen merecedoras de un tratamiento diferente.

1.3.2.1. Gestión electrónica sencilla

En esta clasificación se incluyen aquellas transmisiones en las que la intervención de la electrónica es mínima.

En general, este tipo de cambios destacan por una gestión del cambio bastante anticuada que redundará en un funcionamiento poco ajustado a las necesidades del conductor. Es habitual la tendencia de la electrónica de reducir de marchas en cuanto se pisa ligeramente el acelerador; o de engranar la marcha más larga a poco que se levante el pie del mismo. Ciertos modelos carecen también de la retención del motor. En pocas palabras, utilizan una gestión electrónica muy susceptible.

No suelen disponer de ningún tipo de bloqueo del convertidor, con lo que el excesivo patinamiento del mismo provoca un consumo considerablemente alto y una merma en las prestaciones. Otro punto que no contribuye al consumo es el mayor número de cambios de marcha que realizan respecto a un cambio manual. Incluso algunos modelos carecen de programas de ayuda a la conducción en la consola. También el número de relaciones del que suelen disponer, normalmente cuatro, exigen un desarrollo alto de las mismas que implica un rendimiento inferior.

En la Tabla 1 algunos vehículos con posibilidad de montar unas transmisiones que se encuadran dentro de este subapartado.

MODELO	COMENTARIOS
Seat León/Toledo	Cambio de cuatro velocidades con función <i>kick-down</i> . Interpreta conducción deportiva o normal según cuánto se pise el acelerador.
Bentley Azure	Caja de cuatro relaciones. Con modalidad <i>sport</i> y normal. Gestión poco elaborada.
Cadillac Seville	Transmisión de cuatro marchas con una electrónica antigua.
Ford Mondeo	Cambio de tres velocidades más <i>overdrive</i> (Anejo 1.2.3). Dispone de dos programas: económico y <i>sport</i> .
Honda Accord	Caja de cuatro relaciones que destaca por ofrecer poca retención y ausencia de programas. El bloqueo de marchas se realiza por medio de un fiador en el pomo.
Hyundai Atos	Transmisión de cuatro marchas con una gestión pobre.
Jaguar X-Type	Cambio de cinco velocidades suave pero muy receptiva y sin programas de conducción.
Lexus IS 200	Caja de cuatro relaciones con una gestión mejorable.
Mazda Xedos 9	Transmisión de tres marchas más <i>overdrive</i> de funcionamiento lento y sin <i>kick-down</i> . Las posiciones son L, S y D. En L funcionan sólo primera y segunda; en S hasta la tercera y en D hasta la 4ª. El pomo dispone de un pulsador que conecta una posición llamada <i>Hold</i> . Con ella se tienen a disposición de unas posiciones paralelas a L, S y D, que son uno, dos y tres. El cambio en cada una de ellas queda bloqueado en la marcha indicada. Tan sólo situando la palanca en tercera reducirá una marcha (si fuera necesario) para iniciar el movimiento. El Mazda Tribute monta este mismo cambio pero el mando lo lleva en la caña de la dirección al estilo americano.
Nissan 200 Sx	Cambio de tres velocidades más <i>overdrive</i> con un manejo manual bueno. Para bloquear marchas no hay que pulsar ningún fiador, salvo para la primera. Esto es útil porque no resulta provechoso bloquear en primera. Colocando la palanca en D, es posible desconectar el <i>overdrive</i> pulsando un botón que hay cerca del pomo.
Opel Omega	Caja de cuatro relaciones con las opciones de invierno y <i>sport</i> . Para el manejo manual (bloqueos) se debe apretar un gatillo que exige algo de esfuerzo.

Saab 9-5	Cambio de cinco velocidades con doble programa: <i>sport</i> (S) y <i>winter</i> (W). Incorpora un embrague deslizando de bloqueo acoplado a la transmisión que elimina las pérdidas típicas de los convertidores de par.
Volvo C70	Transmisión de cuatro marchas con función <i>kick-down</i> con una única tecla de funcionamiento invernal.
VW Beetle	Cambio de cuatro velocidades con función <i>kick-down</i> con una electrónica sencilla

Tabla 1. Algunos modelos que incorporan una caja automática con una gestión sencilla

1.3.2.2. Inteligentes o autoadaptativos

La llegada de este tipo de transmisiones ha resultado ser una auténtica revolución en los cambios automáticos. En este tipo de transmisiones, la sofisticación en el control electrónico ha provocado una adaptación plena entre las actuaciones del cambio y las necesidades del conductor en cada momento. Se podría decir que el cambio “aprende” de los hábitos del conductor. La electrónica ya no se limita sólo a la posibilidad de seleccionar, mediante un botón en la consola, un programa determinado (deportivo, económico o invernal). Ahora se habla de leyes de paso. No son unas leyes fijas para pasar de una marcha a otra según el programa seleccionado, sino que se ajustan:

- Al conductor: ley económica, media o deportiva. Se analiza la actitud del conductor en todo momento para saber el tipo de conducción que pretende realizar. Una vez hecho esto, definen las leyes del cambio automático para el paso de una marcha a otra según el momento.
- A la carretera: leyes de subida fuerte o moderada y de bajada.
- A las condiciones de conducción: arranque en frío, motor caliente, etc.

Para ello el calculador electrónico maneja una serie de parámetros que son proporcionados por unos sensores:

- La posición y velocidad de accionamiento del acelerador. La velocidad del vehículo.
- El par motor.
- El régimen de giro.
- Número de veces que se actúa sobre los frenos.

- El desnivel de la carretera

A partir de estos datos, un “cerebro electrónico” selecciona la marcha más adecuada. Así consiguen solucionar muchas carencias de los automáticos de gestión sencilla. Las ventajas de este tipo de transmisiones frente a sus predecesores:

- Detección de los hábitos y modos del conductor.
- Se cuenta con la retención del motor tanto al descender una pendiente como al entrar en una curva.
- Inmediatez de respuesta.
- Mayor protección del motor.
- Mayor rendimiento: menores consumos y mejores prestaciones.

Los mejores resultados que se encuentran actualmente en el mercado corresponden a los fabricantes Renault, PSA, y Mitsubishi.

Renault y el grupo PSA (Citroen y Peugeot)

Renault y PSA desarrollaron a partir de 1997 una caja de cambios especialmente pensada para aumentar la accesibilidad del gran público a este tipo de transmisiones. El resultado fue una caja de cambios autoadaptativa de cuatro velocidades (con la denominación de Proactiva en el caso de Renault y Autoactiva en el de PSA) capaz de reconocer las circunstancias en las que opera y adaptarse a ella, basándose en unas leyes de paso. La empresa Siemens fue la encargada de la construcción del procesador.

Se trataba de una caja compacta y un 20% más ligera que una caja automática convencional (70 kg. y 37 cm. de longitud) por lo que se adaptaba bien a modelos de tamaño medio y pequeño.

Existen diez leyes de paso de velocidades que se muestran en la Tabla 2:

LEYES	
Económica.	Tipo de conducción
Intermedia	
Deportiva	
Rampas suaves	Inclinación del terreno
Rampas pronunciadas	
Descensos	
Nieve	Firme deslizante
Antipolución por motor frío en el que se favorece el rodaje a regímenes bajos.	Protección mecánica
Funcionamiento en tiempo frío: Si la temperatura ambiente está por debajo de 15°, se bloquea el convertidor	
Funcionamiento con temperatura de aceite de la caja elevada.	

Tabla 2. Leyes de funcionamiento de la Proactiva y de la Autoactiva

El calculador electrónico a través de sensores en el motor, selector del programa, freno y acelerador elige el modo de funcionamiento del cambio en función de las condiciones. La información recabada es tal como: la velocidad del coche, el régimen del motor, la posición y velocidad de accionamiento del acelerador, el par motor, el programa de cambio elegido, el número de veces que actuamos sobre el pedal de freno, etc.

A pesar de que Renault, Citroen (Figura 6) y Peugeot utilizan la misma caja, cada uno de ellos amolda siempre la gestión electrónica al modelo y motor que vaya a equipar el automatismo. Por otra parte, la disponibilidad de programas de funcionamiento en la consola puede variar, incluso entre modelos distintos de una misma marca (Figura 6 y la Figura 7).



Figura 6. Autoactiva del Xsara



Figura 7. Proactiva del Laguna

Las virtudes que ofrecen las cajas automáticas de Renault, Citroen y Peugeot son:

- Retienen el motor bajando las marchas al bajar un puerto.
- No pasan a una marcha superior cuando se levanta el pie del acelerador ante la presencia de una curva, por ejemplo.
- Cambian antes cuando el motor está frío.
- La diferencia de consumos y prestaciones respecto al cambio manual son mínimos y siempre con valores menores en comparación con cualquier otro cambio automático.
- Disponen de bloqueador del convertidor de par que evita el deslizamiento de la transmisión en todas las marchas. Esto supone un ahorro de combustible

El único pero achacable de los primeras versiones era el número de relaciones disponibles. Sin embargo, hoy en día ya se ofrecen transmisiones hasta con cinco relaciones.

Existen casos en los que el automatismo se impone por cuestiones de seguridad y confort:

- Paso automático a la marcha inferior cuando el régimen está próximo a las 1.000 rpm para evitar el calado del motor.
- Paso automático a la marcha superior a un régimen motor apropiado.
- Reducción en caso de una aceleración importante.

Mitsubishi

A pesar de no ofrecer un funcionamiento tan eficaz en modo automático como los Proactiva y Autoactiva, es preciso nombrar a la marca pionera de este tipo de cambios. Su incursión comenzó con la transmisión denominada INVECS y ha derivado en la que es su última evolución: la INVECS II.

La INVECS II es un cambio de cuatro ó cinco velocidades (según modelo) que destaca por una gestión del cambio que se ajusta al estilo de conducción (Figura 8). Es reseñable sobre todo su funcionamiento automático muy rápido y sin brusquedades. No dispone de función *kick-down*.

Si algo distingue al INVECS II, es su funcionamiento ejemplar en modo secuencial, tanto por rapidez, tacto como por gestión. En el manejo secuencial se distingue de otros cambios en rapidez, tacto y gestión. A diferencia de los cambios Steptronic y Tiptronic (se verán más adelante), por poner dos

ejemplos, no pasa a una relación superior al acelerar a fondo ni al llegar al corte, y admite reducciones “de verdad” apurando marchas (aunque el sistema sí protege si se pretende hacer una reducción muy brusca). Es decir, en el manejo manual de la palanca es el conductor el que decide en todo momento cuando cambiar.

Para ser pionera en este tipo de transmisiones se ha descrito muy poco sobre sus transmisiones. Lo que ocurre es que Mitsubishi se distingue por ser una de las marcas que menos información da sobre la realización de sus productos.

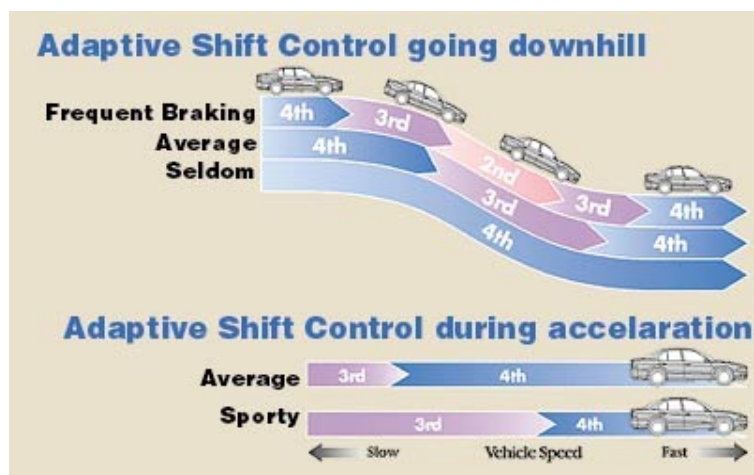


Figura 8. Respuesta del INVECS II ante un descenso y una aceleración

También hay que señalar que todas las cajas con control electrónico son en cierta medida adaptativas. Sin embargo, si por algo se ha incluido este apartado es porque existen ciertas transmisiones (las ya comentadas) que se distinguen aún más del resto al tener una electrónica más depurada. Se podría decir que las que más se acercan al grupo de Proactiva, Autoactiva e INVECS II son las siguientes:

Lexus

Lexus posee un cambio de cuatro ó cinco relaciones (a excepción del RX 300, que lleva cuatro, todas las grandes berlinas disponen de cinco marchas) con pasillo en escalera que permite un manejo rápido e intuitivo.

Existe la posibilidad de preseleccionar tres tipos de funcionamiento (deportivo, normal y nieve) a excepción del RX 300 que únicamente incorpora un único modo de nieve.

Los saltos de marchas son rápidos e imperceptibles, con escasas pérdidas por resbalamiento. Incluso cuando se pisa a fondo para hacer *kick-down*, la respuesta es rotunda pero apenas es perceptible por el oído. Una de las responsables de esta suavidad de marcha y de la adaptación al estilo de conducción es el ECTS-i (sistema electrónico de aceleración inteligente). Este dispositivo adecua el par motor a las necesidades de cada momento, tomando como base para ello la posición del acelerador, del régimen de giro y de las condiciones de conducción. Así el sistema hace que no se reduzca o suba de marchas de forma constante en cuanto se varía la presión sobre el acelerador además de poder contar con la retención del motor.

BMW

La Steptronic de BMW es un cambio de cinco velocidades con tres programas seleccionables en la consola: económica (E), deportiva (S) e invernal (*).

La gestión del cambio en modo automático se ha ido depurando a lo largo de las distintas generaciones. Así, la última evolución destaca por la incorporación del llamado Control Adaptable de la Transmisión (AGS). Se trata de un mecanismo capaz de reconocer el estilo de conducción del conductor y de detectar el perfil de la carretera para disponer en todo momento de la relación idónea.

Otros detalles específicos de la transmisión automática son un convertidor de par electrónicamente controlado y un mecanismo de puenteo del convertidor para un contenido comportamiento de consumo.

Los defectos que se le pueden achacar son el control excesivo que ejerce la electrónica sobre el cambio. Por ejemplo, si se llega al corte, se selecciona una marcha más y si se intenta una reducción a un régimen cercano al máximo, el Steptronic lo impide.

Otro cambio de BMW, de reciente factura, es la que dispone para la serie 7. Se trata de la primera transmisión no CVT en disponer de 6 relaciones (su fabricación corresponde a ZF). También es la primera que utiliza la tecnología *shift by wire*. Es decir, no existe palanca de cambio sino un mando integrado en el volante donde elegir las posiciones P, D, R y N. Se puede manejar manualmente mediante pulsadores en el volante. Además, posee un sistema por el que minimiza el combustible al desacoplar casi totalmente el convertidor de la caja de cambios.

Lancia

Denominado Comfortronic, se trata de un cambio automático adaptativo de 5 velocidades con una centralita que controla el cambio según una lógica adaptativa. Analiza las condiciones de marcha del vehículo y el estilo de

conducción comparándolos con los estándares memorizados en el software, y elige el programa de funcionamiento que mejor se adapte a la situación del momento y a los deseos del conductor.

Cuando, por ejemplo, se afronta una pendiente de subida, la centralita compara la aceleración real del coche con la teórica que tendría en una carretera llana y calcula la pendiente. En función de ésta selecciona el programa y la relación más adecuada. En cambio, si el coche acelera incluso cuando la válvula de mariposa del motor está cerrada, el sistema “comprende” que el coche se encuentra en una pendiente de bajada y, al pisar el freno por primera vez, reduce para aumentar la acción del freno del motor.

Si las variaciones de carga en el acelerador son rápidas y frecuentes, el cambio Comfortronic reconoce un estilo de conducción nervioso y deportivo. Entonces adecua la velocidad de los cambios y el *kick-down* (reducción para acelerar) de manera automática.

Dos botones situados en la consola, delante de la palanca, permiten que el conductor cambie a placer la lógica de funcionamiento. Se selecciona *sport* para una conducción deportiva o para los recorridos comprometidos, ya que esta lógica destaca las prestaciones del coche y asegura una conducción briosa. En cambio, *ice* se aconseja cuando el firme presenta una escasa adherencia (por ejemplo con nieve o hielo).

Volvo

Geartronic es la denominación que da Volvo a su caja autoadaptativa de cinco velocidades. En su configuración básica existe sólo el modo automático, pero con la posibilidad de poder disponer de un pasillo secuencial por como elemento opcional.

En funcionamiento automático destaca por la suavidad en los cambios de marcha. En el manual, por el contrario, se distingue de la mayoría de las cajas automáticas-secuenciales en que no cambia de relación en cuanto se llega a la zona roja del cuentavueeltas; tampoco existe función *kick-down*. No existe una electrónica autoprotectora. Lo que si hace es pasar a otra marcha cuando el régimen se acerca al ralentí para evitar calar el motor.

1.3.2.3. Automáticos-secuenciales

Son aquellas que permiten tanto un manejo manual (secuencial) como automático. Para la elección de uno u otro, se disponen, por lo general, de sendos pasillos o carriles en el mando (Figura 9). El conductor tan sólo debe desplazar la palanca a uno u otro, dependiendo del tipo de conducción que desee realizar.



Figura 9. Se dispone de un carril para cada modo de conducción

La característica común de todos ellos es la de disponer de convertidor de par (por tanto, no hay pedal de embrague) y de confiar la labor del accionamiento a unos actuadores electrohidráulicos.

Frente a un cambio totalmente automático convencional, lo que los fabricantes han pretendido con el manejo secuencial ha sido dotar a los mismos de un cierto carácter de deportividad; haciendo más participe al conductor en la conducción del vehículo.

Por secuencial se entiende el tipo de cambio en el que hay una secuencia para variar las relaciones. La palanca de cambios no tiene una posición fija para cada marcha, sino que basta con desplazarla mediante toques arriba y abajo o a los lados para seleccionar las velocidades. Existe también la posibilidad de accionar las marchas desde el volante mediante unas manetas o unos pulsadores. Hay que señalar que Mercedes dispone de un "falso" secuencial en cuanto que se sale de la definición anterior. Ello es porque su mando se utiliza para aumentar o disminuir el número de velocidades que puede engranar el cambio (de una a cinco), no para seleccionar una marcha en concreto.

El nacimiento de los cambios secuenciales tiene su origen en la competición. Fue el ingeniero John Barnard quien, junto a los técnicos de Ferrari, desarrolló una caja semiautomática para sus monoplazas, que la estrenó Nigel Mansell en el Ferrari 640 en 1989. La idea era acoplar un mando hidráulico a presión junto a un embrague electromagnético a una caja de cambios convencional. Un circuito hidráulico a presión se encarga de desplazar un selector que presiona sobre las horquillas (movidas a su vez por válvulas electromagnéticas) para insertar las marchas que el piloto selecciona mediante pulsadores situados tras el volante. En este caso, el diseño original contemplaba pedal de embrague, pero sólo para dosificar la fuerza del motor en las arrancadas.

Fuera de la competición, el primer cambio de configuración secuencial apareció en 1990 de la mano de Porsche con el nombre de Tiptronic que lo introdujo en el 911. Fue desarrollado entre Porsche (puso la idea), ZF (hizo la caja) y Bosch (se encargó de la electrónica). En 1995 apareció una nueva versión de este cambio denominada Tiptronic S, que contaba además con mandos al volante. A pesar de ello, hay que señalar que, estrictamente hablando, el Tiptronic no es un cambio “secuencial puro” sino más bien un automático al que se le incorpora un pasillo secuencial. Por “secuencial puro” se entiende una caja en origen manual (y no automática) a la que se añaden los mecanismos necesarios para automatizarla: es el cambio robotizado. De él se hablará en un apartado posterior.

Pronto marcas como Audi, BMW, Alfa Romeo, Chrysler..., comenzaron a fabricar sus propias versiones. La principal mejora de los cambios automático-secuenciales ha sido la de afinar el funcionamiento automático. En este sentido, cada vez son más los fabricantes que optan por una transmisión automática autoadaptativa a la que se le añade el pasillo secuencial.

Actualmente la oferta de cambios automático-secuenciales es muy variada. Su proliferación comenzó en las berlinas de lujo, pero ya se ofrecen en las berlinas medias, en los compactos y hasta en monovolúmenes. Algunos de los cambios secuenciales presentes en el mercado se muestran en la Tabla 3.

DENOMINACIÓN CAMBIO	MARCA	COMENTARIOS
Sportronic	Alfa Romeo	Transmisión ZF de cuatro relaciones con protecciones del motor evitando sobrerregímenes. Reduce también sólo en caso de que caiga demasiado de vueltas.
Q-System	Alfa Romeo	Cambio de cuatro velocidades. Es un autom.-sec. especial en cuanto a que el manejo de la palanca es en H y no longitudinal. Sin embargo dispone de convertidor de par.
Autostick	Chrysler	Cambio de cuatro relaciones que se diferencia del resto en que en modo secuencial los cambios se realizan por impulsos transversales en vez de longitudinales.
Autoactiva secuencial	Grupo PSA	Transmisión de cuatro velocidades al que se le ha añadido un carril secuencial.
Autoactiva Tiptronic	Grupo PSA	Caja de cuatro marchas pero más evolucionado que el anterior en la gestión del cambio al disponer de 32 leyes. El pasillo secuencial se ha realizado en colaboración con Porsche.
Shiftronic	Hyundai	Cambio de cuatro velocidades con un modo manual donde la electrónica no interviene cuando el motor cae de vueltas pero sí lo hace cuando se llega al régimen máximo.

E-Shift	Lexus IS 300	Caja de cinco velocidades con posibilidad de manejo secuencial únicamente desde el volante. No es un secuencial “puro”: al seleccionar una marcha de forma manual lo que hace es bloquear el cambio en esa marcha, pero funciona como automático en el paso de las anteriores. Si circulamos por ejemplo en quinta, basta con pulsar el correspondiente botón para reducir rápidamente a la marcha anterior. Es decir, en el momento en que se toquen alguno de los botones, se pasa
“Falso secuencial”	Mercedes	Transmisión de cinco marchas que al igual que la del Lexus IS 300, no se trata de un cambio secuencial “normal”. La razón es que con el selector, mediante impulsos transversales, lo que se hace es bloquear marchas superiores. Si se inserta por ejemplo la tercera, el cambio lo que hace es no pasar de esta marcha, pero no se queda “bloqueada” como sucede en otros tipos de automáticos-secuenciales. Sin embargo, si baja la velocidad o se provoca el <i>kick-down</i> , el cambio reduce las marchas necesarias. Disponen de 2 programas: invierno y <i>sport</i> .
Speedshift	Mercedes	Cambio de cinco velocidades con un perfil deportivo por la inmediatez de reacciones y por limitar el resbalamiento del convertidor.
Proactiva secuencial	Renault	Caja Proactiva de cinco marchas al que se le ha incorporado un pasillo para manejo secuencial.

Tabla 3. Otros cambios automáticos-secuenciales

Algunos de los cambios descritos se muestran en las siguientes figuras (Figura 10 , Figura 11 y Figura 12).



Figura 10. Q-System de Alfa



Figura 11. Autostick de Chrysler

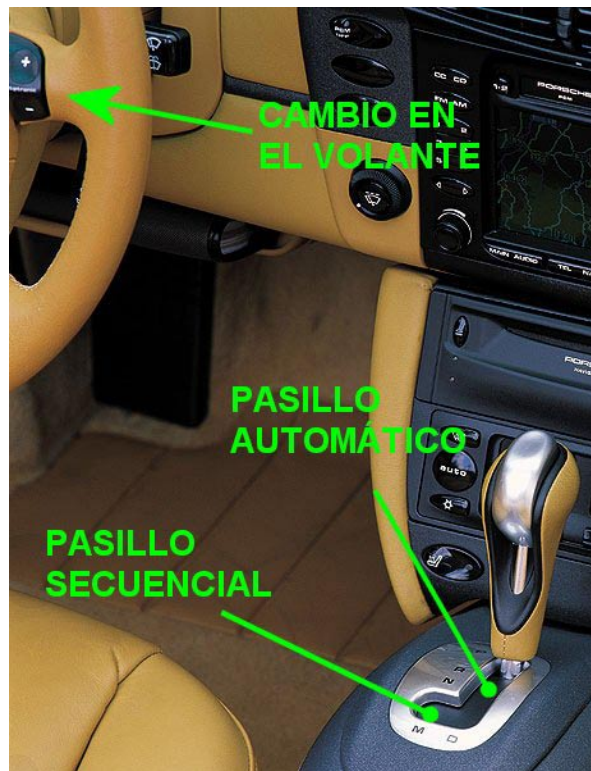


Figura 12. Tiptronic S de Porsche

1.3.3. Embrague pilotado

Saab es la marca pionera en este tipo de cambios. Tanto por construcción como por manejo guardan mayores semejanzas con una transmisión manual que con una automática. La razón es que se parte de una caja de cambios manual y se le dota de un dispositivo que se encarga de automatizar el acoplamiento del embrague. Por tanto, no existe pedal de embrague, ni tampoco convertidor de par ni engranajes epicicloidales. La palanca tiene el clásico recorrido en H, de modo que es el conductor el encargado de desplazar las horquillas de selección de las marchas.

Esta solución reduce el trabajo del conductor y, además, aporta dos funciones muy prácticas: el coche no se cala nunca y tampoco se va hacia atrás cuando se arranca en cuesta. También hay ventajas para la mecánica, ya que el sistema alarga la vida del embrague gracias a que la electrónica se encarga de utilizarlo siempre de la forma más correcta. Además, apenas reducen las prestaciones y el aumento de consumo es imperceptible.

El inconveniente de este tipo de cambios es que para insertar las marchas es preciso levantar un poco el pie del acelerador, tal y como se hace con un embrague normal,

Actualmente este tipo de transmisión sólo está disponible en el Mercedes Clase A. La reducida demanda y su escasa diferencia de coste frente a los manuales secuenciales, más completos, han motivado que varios fabricantes lo hayan retirado del mercado, entre ellos:

- Citymatic del Fiat Seicento.
- Freetronic del Toyota Yaris.
- Sensonic de Saab.
- Easy del Renault Twingo. En este caso, se ha sustituido por uno robotizado (se explicará en el siguiente apartado).

Mercedes

El cambio disponible en el Clase A es fruto de la colaboración entre Mercedes y la empresa LuK, en un intento de ofrecer mayor confort, menor consumo y mayor durabilidad (Figura 13). Partiendo de una transmisión manual, se incorporaron los dispositivos necesarios para la automatización del embrague (Figura 14).

El embrague automático, denominado EKM (Electronic Clutch Management) posee un actuador electrohidráulico, accionado por una unidad de control electrónica. La comunicación entre el EKM y el motor se logra por medio de un software, rasgo que encamina la transmisión manual hacia la automatización.

La base de su sistema es un embrague autoajustable SAC cuya fuerza de desembrague es aproximadamente 30 por ciento más baja en comparación con un embrague convencional, debido a su capacidad de autoajuste durante su vida útil.

Los elementos que hacen posible el funcionamiento del EKM son:

- Un sensor de intención de cambio instalado en la palanca de velocidades y otros dos para el reconocimiento de la velocidad seleccionada (Figura 15).
- Un módulo inteligente, electrohidráulico para el control de la actuación del embrague.
- El embrague SAC.

Este último, en combinación con una estrategia de control inteligente, hace posible la aplicación de un pequeño motor conectado a un sistema de accionamiento hidráulico (dos cilindros hidráulicos) para la activación del embrague. El calculador electrónico en función del tipo de información enviada por los captadores, determina cómo el motor eléctrico debe “pisar” el embrague. Por ejemplo, al arrancar en una cuesta arriba, deja resbalar el embrague más que si se cambia de cuarta a quinta casi sin acelerar.

Para usarlo adecuadamente sólo hay que tener en cuenta que es preciso levantar un poco el pie del acelerador para cambiar de marcha (maniobra imprescindible), tal y como se hace con un embrague normal.

Los defectos que se le pueden atribuir son:

- Hay que acelerar un poco para que el coche empiece a moverse. Por ello, las maniobras como aparcar o moverse entre columnas resultan incómodas (especialmente en cuesta).
- Es imprescindible levantar el pie del acelerador al cambiar.

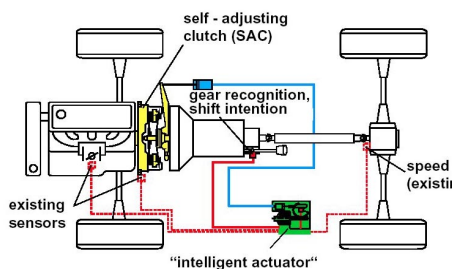


Figura 13. Esquema del EKM

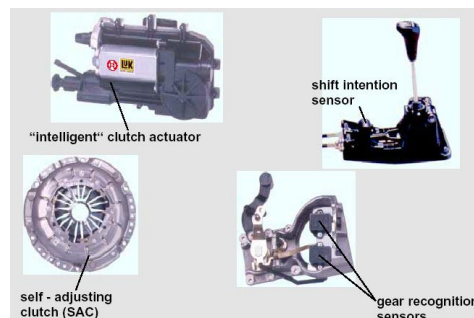


Figura 14. Dispositivos necesarios

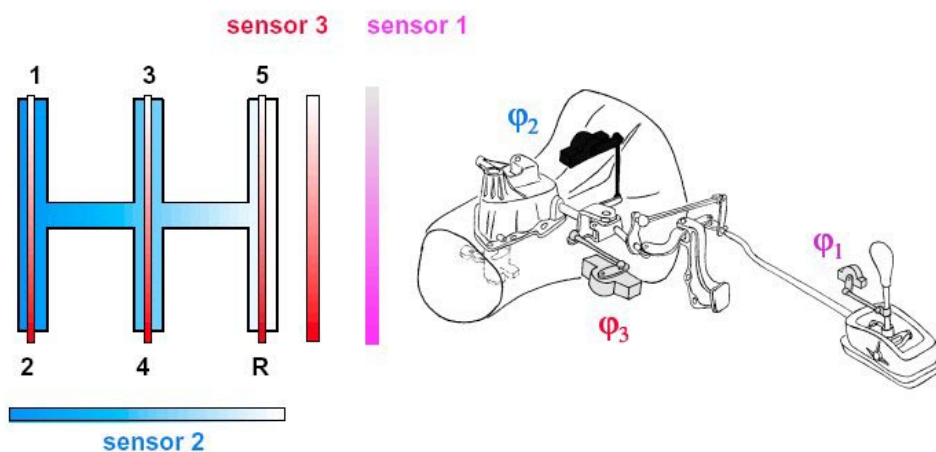


Figura 15. Sensores de reconocimiento e intención del cambio

1.3.4. Manuales-secuenciales o robotizados

Son una evolución del cambio de embrague pilotado. Si bien en éste lo que se automatizaba era el embrague, ahora se robotizan también las inserciones de marcha. De modo que tampoco llevan pedal de embrague pero a diferencia de los primeros, los cambios ya no los realiza el conductor “a capón”. Por tanto, las cajas robotizadas no son más que transmisiones manuales con los dispositivos necesarios para automatizar las operaciones de cambio de marcha.

Su gran ventaja estriba en que se basa en un cambio manual, de modo que no penalizan las prestaciones y los consumos respecto de aquellos que derivan de las transmisiones automáticas “puras”. Debido a que comparten los mismos elementos mecánicos que una transmisión manual, todos ellos emplean embrague normal (monodisco en seco por lo general) y engranajes cilíndricos.

Los cambios de embrague pilotado, sin el compromiso de mover el pedal de embrague, la mano era a menudo demasiado rápida dibujando la “H” y enturbiaba el funcionamiento final. La finura del embrague, especialmente en maniobras, tampoco permitía demasiada precisión y obligaba, sin querer a aparcar “de oído”.

En las transmisiones robotizadas, en cambio, gracias a que se dispone de acelerador *by wire*, no hace falta desacelerar al cambiar, y al detener el coche, reducen a primera solos. La electrónica se encarga de cortar la alimentación del motor al subir de marcha, o de elevar el régimen de giro al reducir (imitando la técnica punta-tacón).

La mayoría de este tipo de automatismos puede funcionar también como automático e incluso algunos incorporan botones o levas para cambiar desde el volante. La selección de marchas puede realizarse con la palanca mediante toques hacia arriba y abajo (o a izquierda y a derecha, según la marca) o desde el volante por medio de botones o levas.

Salvo algún caso particular, la mayoría de las transmisiones de este tipo utilizan actuadores hidráulicos. El conductor selecciona la marcha y una centralita electrónica envía la orden a una bomba hidráulica que actúa sobre el embrague, mientras que pequeñas bombas mueven los piñones del cambio, insertando la marcha elegida. Cuando en un apartado anterior se hablaba de “secuenciales puros”, se hacía referencia a las transmisiones de este apartado, ya que están más cerca de los manuales que los automático-secuenciales estructuralmente hablando (Anejo 1.4). Estos últimos no son más que automáticos al que se le añade un carril adicional para el manejo secuencial.

En los últimos años se ha producido un aumento considerable de los cambios robotizados ocupando prácticamente todos los segmentos del automóvil: utilitarios, compactos, berlinas y, sobre todo, deportivos. A continuación se muestran algunos tipos que se ofrecen en el mercado:

Selespeed (Alfa Romeo)

Cambio de cinco velocidades derivada directamente del cambio del F-1 de Ferrari (el comercial, no el de competición; se hablará de él más adelante). No llega al carácter deportivo de aquella: es más suave y lenta; pero si lo es en comparación con el Q-System. Logra casi los mismos registros en todos los apartados (prestaciones, recuperaciones y consumo) que un cambio manual.

Dispone de dos modos de funcionamiento:

- Secuencial. Desde palanca tradicional o desde botones levas en el volante (derecha para subir e izquierda para reducir). Dentro de este modo tenemos una opción normal (cambio se produce entre 1 y 1,5 segundos) y otro *sport* (en 0,7 segundos) que se activa automáticamente al pasar de 5000 rpm o si superamos el 60% del recorrido del pedal del acelerador. La marcha seleccionada de muestra en un *display* en el tacómetro.
- Automático. Exclusivo para ciudad o conducción relajada al pulsar el botón *city* junto a palanca.

Para pasar de modo automático a secuencial no hace falta parar el coche sino que basta con dar un pequeño golpe a la palanca o pulsar alguno de los botones del volante.

El Selespeed utiliza un sistema hidráulico, en la que una bomba electrohidráulica gestionada por una centralita (de la firma Magneti Marelli) produce la energía para el sistema para poder operar. Todo el conjunto se

encarga tanto del embrague como de la marcha. La bomba se activa cuando la puerta del conductor se abre, asegurando disponer de suficiente presión hidráulica para cuando se arranque el motor.

La operación del cambio de marcha es confiada a la labor de tres actuadores:

- Uno de ellos se encarga de controlar el embrague, para que en el momento de que se vaya a producir el cambio de marcha, éste se encuentre desembragado.
- Otro se encarga de que engranen.
- El tercero controla la selección de la velocidad, esto es, cual es la relación de marcha que debe meter.

La secuencia de actuación a la hora de cambiar es la siguiente: se corta la inyección, se desembraga, se inserta una relación de marcha y se vuelve abrir gas.

El sistema, gracias a la electrónica, dispone de distintas funciones para proteger el motor, favorecer la seguridad y hacer la conducción más sencilla:

- Impide seleccionar una marcha demasiado larga o corta. Pasa automáticamente a la relación superior cuando se alcanza el régimen máximo.
- En maniobras a baja velocidad, los mandos del volante no envían órdenes.
- Anula el punto muerto al pasar de 40 km/h.
- Paso inmediato de modo *city* a manual cuando se actúa sobre los botones.
- En las maniobras de frenada de emergencia, el sistema Selespeed reduce automáticamente las marchas consiguiendo una fuerza de frenado adicional.
- Para arrancar el vehículo, el coche debe estar completamente parado, el freno pisado e insertar la marcha.
- En modo secuencial se puede cambiar sin levantar el pie del acelerador. Además, al disponer de acelerador electrónico, se puede cortar la alimentación del motor actuando sobre su centralita, de forma que se corta gas al subir de marchas y se acelera ligeramente al bajarlas, a modo de punta-tacón.

Los puntos negativos del Selespeed son:

- Las maniobras a baja velocidad son al principio complicadas (sobre todo en cuesta) al no poder modular el embrague (hay que ayudarse con el pie izquierdo sobre el freno).

- En modo *city* no es tan suave como un cambio automático convencional si pisamos a fondo el acelerador.
- En modo secuencial el sistema interviene para evitar insertar una marcha demasiado larga o corta. Por tanto, no se comporta como un cambio 100% manual. Además, en este mismo modo es un poco brusco ya que si no se levanta ligeramente el pie del acelerador el motor corta la inyección).
- En carreteras muy viradas es incómodo seleccionar los botones o levas del volante.

En la Figura 16 se muestra los componentes del cambio Selespeed

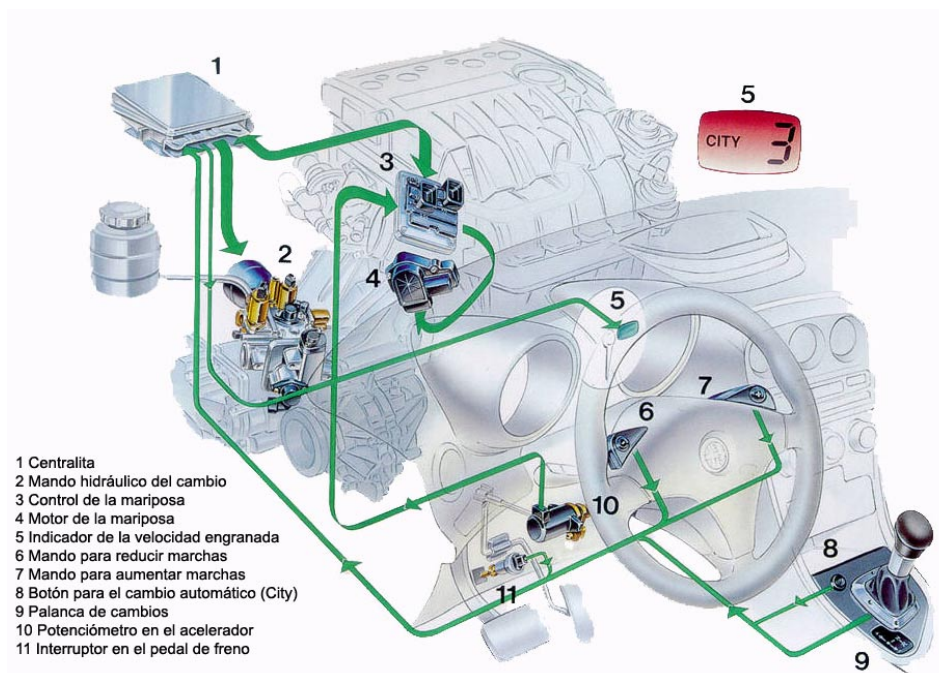


Figura 16. Esquema del Selespeed

Cambio del 3L (grupo VAG)

Audi, VW y Seat ofrecen un cambio pensado exclusivamente para el máximo ahorro de combustible en sus modelos A2 3L, Lupo 3L y Arosa 3L.

El cambio, de cinco velocidades, dispone de un pasillo con la posibilidad de manejo secuencial y otro automático.

En la opción automática, con función *kick-down*, existen dos posibilidades desplazando la palanca a la posición E: Normal y Eco (E). La

modalidad Eco, pensada para alcanzar los tres litros, es seleccionable mediante un interruptor en el salpicadero y destaca por las siguientes características:

- La gestión electrónica impide que el motor suba de vueltas innecesariamente, buscando siempre la marcha más larga y limitando así el gasto de combustible.
- Cuando se levanta el pie del acelerador, desengrana el motor cayendo a régimen de ralentí; basta con tocar el freno para que vuelva a embragar y aprovechar el freno motor.
- Existe la función de “arranque/parada” que desconecta el motor cuando se mantiene pisado el freno más de tres o cuatro segundos (siempre y cuando no se tenga conectado el aire acondicionado). Al soltar el pedal se vuelve a activar el motor de forma automática. Si durante la marcha el conductor no acciona el acelerador, la electrónica procede al desembrague, el vehículo se mueve en punto muerto y el motor marcha al ralentí. Al pisar el acelerador y alcanzar el régimen adecuado se embragará automáticamente.

Algunos defectos atribuibles a esta transmisión son:

- En el modo automático tiene un funcionamiento lento e incluso molesto por los tirones que da. Esto último debido a la anulación momentánea del acelerador a la hora de cambiar. Esos cabeceos son evitables en el modo secuencial levantando el pie del acelerador.
- Como ocurre en el Tiptronic, el control manual está limitado por tres razones: cambia automáticamente a una marcha superior cuando llega al régimen máximo, no permite hacer una reducción que produzca sobrerregimen y selecciona una marcha más corta cuando el régimen baja a un cierto límite para que el motor no se cale.

SMG II (BMW)

Es uno de los cambios más rápidos, sofisticados y efectivos del mercado, no en vano está dirigido a uno de los vehículos más rápidos del mercado: el M3. Entre todos los cambios, es uno de los que más información se ha recabado. No es de extrañar, ya que es propio de BMW volcarse en dar a conocer los productos que comercializan.

Se trata de la segunda evolución del primer cambio SMG (Sequential Manual Gearbox) presentado en el año 1996. BMW ha recurrido a las experiencias acumuladas en las pistas de carreras para desarrollar, junto con

las empresas Getrag, Sachs y Siemens, una caja de cambios de 6 velocidades que supera en todo a su antecesora.

Algunas de las novedades que ofrece este cambio son una gestión electrónica más elaborada así como más funciones y posibilidades de personalización (Figura 17).

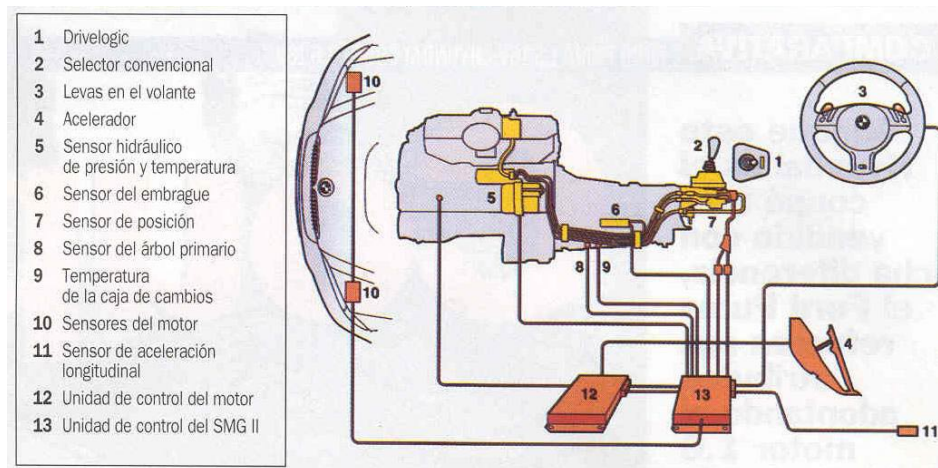


Figura 17. Esquema del SMG II

El cambio incorpora un sofisticado sistema de accionamiento electrohidráulico controlado mediante electroválvulas, cuya misión es accionar el embrague e insertar las marchas. La centralita del sistema SMG detecta la marcha que está puesta mediante un moderno sensor redundante de posiciones. Al efectuar un cambio de marcha, la centralita activa en milésimas de segundo las electroválvulas correspondientes que, a su vez, controlan la hidráulica del sistema. El aceite del sistema hidráulico sometido a alta presión (de hasta 85 bares) fluye hacia el cilindro del embrague a través de una electroválvula para embragar. Entonces las electroválvulas de la unidad hidráulica activan como máximo tres cilindros hidráulicos del actuador del cambio.

La gestión del motor (MS S54) y del cambio están conectadas por un bus de datos de última generación (SMG-CAN) que a su vez acoge otros sensores encargados de posibilitar tales funciones como “Ayuda en cuesta” o “Ayuda en aceleración” (se describirán más adelante).

Once son los sensores incluidos en la red del CAN-bus. Estos son indispensables para la ejecución de funciones especiales, como por ejemplo:

- Ayuda de arranque en cuesta. Durante dos segundos se mantiene el motor a 1500 rpm con el embrague bloqueado al pulsar la leva izquierda durante más de un segundo.

- Ayuda de aceleración. Únicamente disponible en el nivel 6 del modo secuencial (se explica más adelante). Permite la mayor aceleración desde parado sin que patinen las ruedas. Hay que presionar sobre la palanca hacia delante y mantenerla en esa posición, pisar a fondo y cuando queramos arrancar soltar la palanca.

La operación de cambio de marchas se ejecuta posicionando el árbol primario con máxima precisión para desplazarla hacia adelante o atrás con el fin de poner la marcha seleccionada. Esta operación es igual en las modalidades automática y secuencial. En caso de fallar un procesador de la unidad de mando de la caja de cambios, el sistema recurre de inmediato a las señales del procesador que funciona en paralelo, con lo que siempre se garantiza el buen funcionamiento del sistema.

Todos los elementos de mando de la caja SMG funcionan *by wire*, con lo que reaccionan con gran rapidez y seguridad, sin conexiones mecánicas.

Otra de las mayores innovaciones del cambio es el sistema Drivelogic. Este permite al conductor elegir entre varios programas de funcionamiento (seleccionables mediante una tecla al pie de la palanca) en las dos modalidades existentes:

- Automática (A). Incorpora 5 leyes de funcionamiento. En la A1 siempre se arranca en segunda. Existe también la función *kick-down* para conservar la capacidad de respuesta en caso de necesidad (Figura 18).
- Secuencial (S). Dispone de 6 leyes. Se puede actuar tanto desde la propia palanca como desde el volante por medio de unas levas. La leva derecha sube de marchas y la izquierda reduce (Figura 19).

La elección entre las distintas leyes, tanto en automático como en manual, depende de si se prefiere realizar una conducción relajada (nivel más bajo) o una conducción dinámica (nivel más alto). Los cambios más rápidos se realizan en la ley S6, donde la operación de embragado y desembragado se lleva a cabo en 80 milésimas de segundo. Este nivel sólo es seleccionable tras desconectar tanto el control de tracción como de estabilidad (el fabricante asegura que está pensado únicamente para rodar en circuitos). Para pasar del modo automático al secuencial, basta con desplazar la palanca a la izquierda con un simple toque.

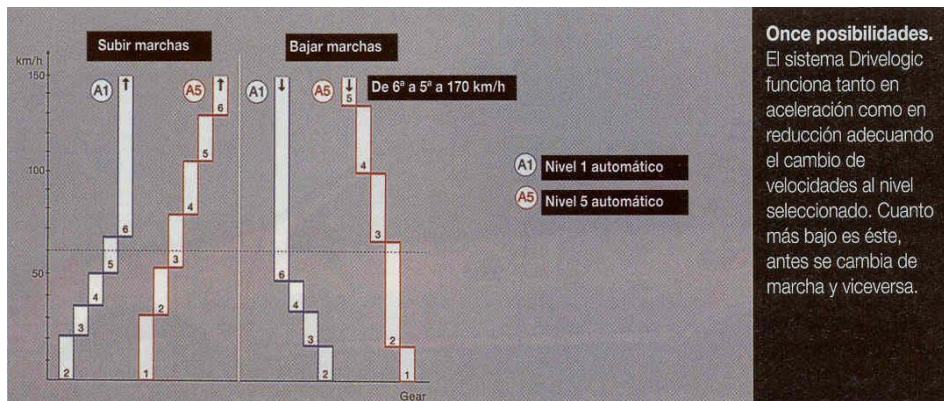


Figura 18. Diferencias entre las leyes del modo automático

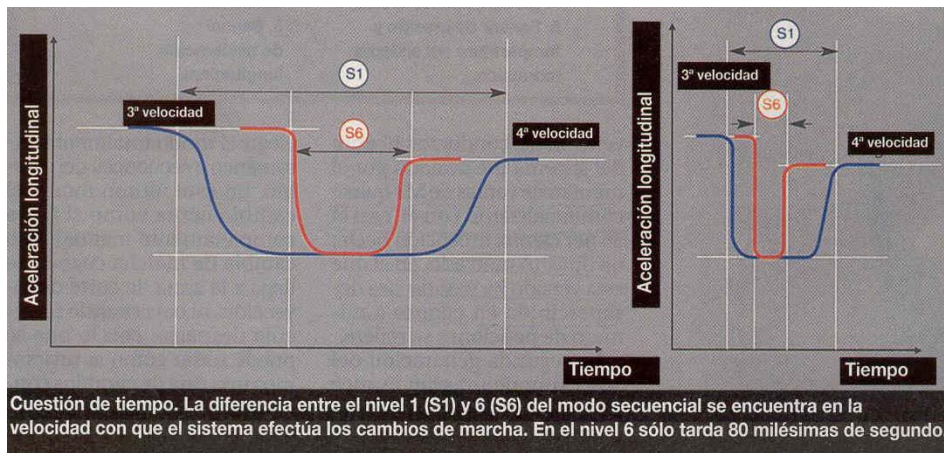


Figura 19. Diferencias entre las leyes del modo secuencial

En la modalidad S, el funcionamiento es completamente manual, de modo que no cambia cuando llegamos al corte de inyección, ni reduce cuando se circula despacio. El único automatismo que dispone es aquél que hace insertar la primera al parar el vehículo.

Pulsando varias veces las teclas o desplazando varias veces seguidas la palanca es posible pasar por alto varias marchas. Sin embargo, el sistema electrónico ejecuta estos cambios únicamente si lo permiten las revoluciones del motor. Ello significa que es imposible revolucionar demasiado el motor.

Algunas funciones que incorpora el cambio son:

- Si se detecta que las ruedas posteriores patinan al reducir de marcha, el sistema actúa sobre el embrague para evitar el sobreviraje.
- Durante cuatro segundos evita que se ponga en movimiento el coche mientras la puerta del conductor está abierta (por ejemplo, al cambiar de conductor). Si durante esos cuatro segundos no se pisa el pedal del freno o del acelerador, la caja cambia a punto muerto hasta que el conductor elija una marcha. Además, si se deja abierto el capó del motor, tampoco se puede poner en movimiento el coche.
- El motor sólo se puede poner en funcionamiento pisando el freno y estando la palanca en la posición 0 (punto muerto). Además, el *Shift-Lock* se ocupa de evitar que el conductor ponga involuntariamente una marcha sin pisar el freno.
- Para poner la marcha atrás hay que mover la palanca hacia adelante y la izquierda, igual que en la caja manual. Al aparcar con una marcha puesta, el coche no puede empezar a rodar involuntariamente.
- Al reducir, la gestión electrónica acelera ligeramente el motor a modo de doble embrague para lograr suavidad y progresividad.
- Una serie de diodos luminosos entran en acción cuando está activada la modalidad secuencial, indicando cuál es el momento óptimo para cambiar de marcha en función de las revoluciones del motor.

Los pocos defectos que se le pueden atribuir a esta transmisión son:

- Once son demasiadas leyes ya que la diferencia de cada una con la inmediata superior no es tan palpable y además el conductor puede despistarse “jugando” con el selector de niveles.
- En el modo automático, si no se levanta el pie del acelerador cuando el sistema va a cambiar de marcha, se produce un ligero cabeceo del coche.

Además de la transmisión descrita, BMW dispone también de otro cambio robotizado con la misma denominación (SMG) pero dirigida a modelos “más civilizados” que el M3. Se trata de una caja de cinco relaciones, fabricada por ZF y con electrónica procedente de Magneti Marelli.

Al igual que la SMG II, deriva del primer cambio SMG fabricado por BMW. Sin embargo, no se busca una especialización tan eficaz en conducción deportiva como aquella. De hecho, los cambios de marcha en el primero se producen en 150 milésimas de segundo, por 80 milésimas en el SMG II

Además, mientras éste dispone de once programas, el SMG se conforma con 2, normal y deportivo.

La mejora en cuanto a rapidez de cambios y suavidad de funcionamiento respecto al primer SMG es grande. A pesar de ello, en ningún caso se llega al confort de marcha de un cambio automático con convertidor de par, por ejemplo el Steptronic.

Como la SMG II, combina una modalidad manual dirigida desde las levas del volante o la palanca tradicional (con un golpe de gas a modo de puntación en reducciones), con una completamente automática. No obstante el desacoplamiento pilotado del embrague supone un lapso que genera cierta molestia o, como poco, exige un periodo de adaptación.

Para el tipo de vehículo al que va dirigido, decepciona en cuanto al exceso de protecciones y el intrusismo de la electrónica en las órdenes del conductor (por ejemplo, el sistema inserta una marcha superior al llegar al régimen máximo).. Muestra unas transiciones más lentas a la hora de subir marchas, pero lo peor de todo es la inclusión de la función *kick-down* en el modo manual.

Cambio F-1 (Ferrari)

El recientemente aparecido modelo 575M Maranello, ofrece la última evolución de la caja de cambios F-1. Se trata de una transmisión de seis velocidades con la posibilidad de un doble manejo:

- Secuencial. Los cambios se pueden realizar bien a través del mando o por medio de unas levas en el volante. Existe un modo *sport* para conducción deportiva (Figura 20).
- Automática.

Incluye un modo de arrancada bautizado como *launch control*, en el que es preciso desconectar el control de tracción (ASR), mantener el pedal de freno pisado con el pie izquierdo y activar el modo *sport* de la suspensión-gestión del cambio. En estas condiciones el embrague sólo se libera al solar el freno, al régimen de motor que se fije con el acelerador

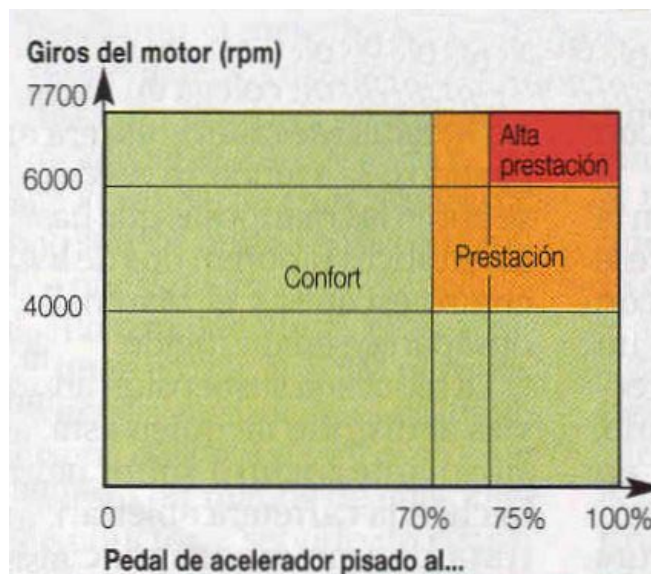


Figura 20. Respuesta en modo sport

Con el modo *sport* activado y pisando el acelerador en más del 75% de su recorrido, los cambios se suceden en 80 milésimas de segundo

Sequentronic (Mercedes)

Transmisión de seis marchas con control electrónico de Magneti Marelli. Lógica desarrollada por la propia Mercedes.

El cambio permite dos modos de uso:

- Secuencial por medio de toques longitudinales.
- Automático Auto-Shift.

El cambio en modo pausado se realiza en menos de 1 segundo y en conducción deportiva en menos de 0,5 segundos.

Una unidad hidráulica es la encargada de insertar las marchas y de actuar en el embrague. Unos sensores determinan en todo momento los movimientos del embrague y de los árboles de mando, y la marcha que se encuentra acoplada. Todos los datos y señales van a un microprocesador, que además procesa la información sobre el régimen de giro del motor, el par, la velocidad de las ruedas y el funcionamiento de los frenos.

Una vez que se abre la puerta del conductor, la unidad electrónica de control se pone en funcionamiento. Cuando se enciende el motor, el sistema hidráulico toma la presión necesaria para permitir al conductor mover la

palanca al punto muerto N o a + para poner primera, si bien para ello se debe presionar el pedal del freno por seguridad. Una vez que se suelta el freno, el embrague entra en acción y el coche comienza a avanzar respondiendo a las órdenes del acelerador.

La marcha atrás se selecciona colocando la palanca en la posición “R”, operación que el sistema acepta cuando el vehículo está detenido o avanzando a una velocidad inferior a los 5 km/h.

La electrónica interviene para salvaguardar la mecánica y facilitar la conducción en los siguientes casos:

- Protege el motor: si supone que el régimen al que queda el motor es demasiado bajo, reduce, y si entramos en la zona roja (6000 rpm) y no hemos seleccionado la marcha superior, lo hace por nosotros.
- Inserta automáticamente la primera al detenernos.
- Da un pequeño golpe de gas a modo de doble embrague para facilitar las reducciones.

Algunos defectos achacables son:

- En modo automático no tiene la suavidad de un cambio con convertidor de par.
- Es incómodo cuando se cambia a un régimen alto, situación en la que es imprescindible levantar el pie del acelerador totalmente para minimizar las sacudidas.
- En modo secuencial el cambio no es totalmente manual, sino que se impone la electrónica en algunas ocasiones.

Easytronic (Opel)

Se toma como base de partida la transmisión del Clase A (embrague pilotado), se le añaden los dispositivos necesarios para automatizar la inserción de las marchas y el resultado es el ASG (Auto Shift Gearbox) o Easytronic (Figura 21). El fabricante es el mismo al que recurre Mercedes: LuK.

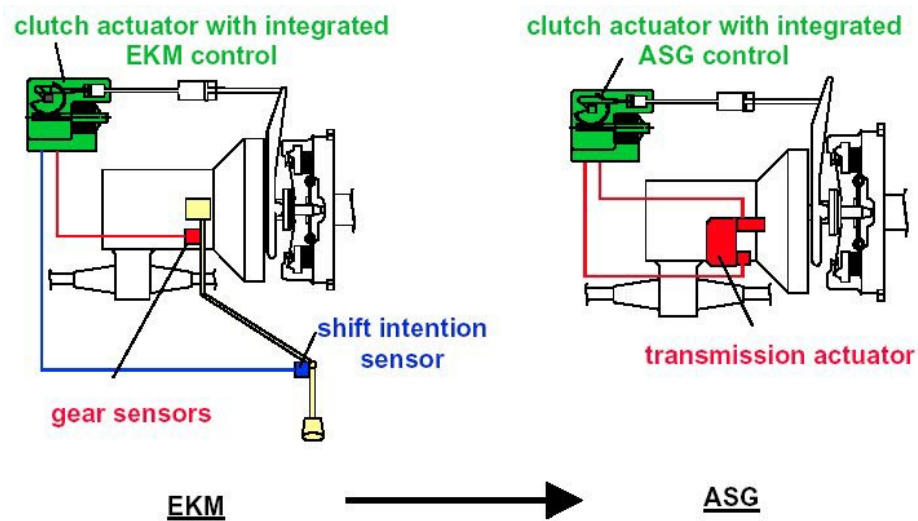


Figura 21. Paso del EKM (embrague pilotado) al ASG (caja robotizada)

La caja de cinco velocidades permite un doble manejo:

- Automático. Dispone de función *kick-down*.
- Secuencial mediante toques longitudinales. También en este modo se conserva la función de *kick-down*.

Como se vio en el caso de la transmisión EKM, el origen de la energía provenía de un motor eléctrico para el acoplamiento del embrague. En el caso del Easytronic se utilizan tres motores eléctricos (Figura 22). A cada uno se le encomienda una función:

- Acoplar y desacoplar el embrague.
- Seleccionar la marcha adecuada desplazando los trenes de engranajes.
- Insertar la relación.

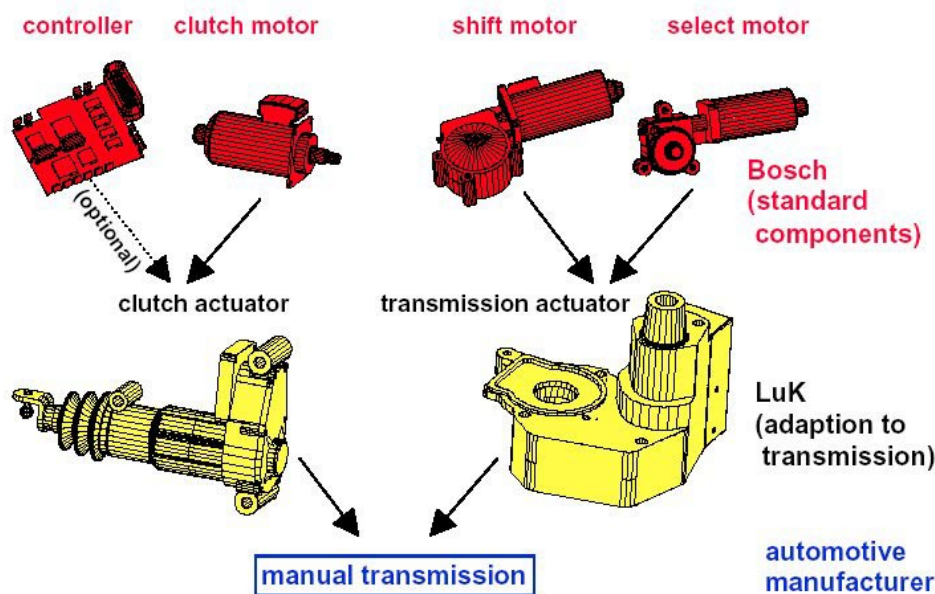


Figura 22. Se utilizan tres motores eléctricos

En Opel afirman que una de las características que confieren un especial agrado a la utilización de este tipo de cambio es la rapidez con la que cambia de marcha. Emplea tres décimas de segundo en pasar de una marcha a otra.

Una característica de este cambio, ya visto en el cambio de embrague pilotado de Mercedes, es la presión variable que hace el embrague sobre el volante motor. La razón es que un coche no va siempre en la zona de máximo par motor y por tanto no necesita siempre de toda la capacidad del embrague para transmitir el movimiento. Así, cuando el par es bajo, el embrague presiona poco sobre el volante motor. Con ello se consigue mayor rapidez en los cambios, porque en muchas ocasiones el recorrido que tendrá que realizar el plato del embrague para desembragar será menor que si estuviera completamente presionado sobre el volante motor. El sistema de gestión electrónica tiene que hilar muy fino para que el embrague no patine y no se produzcan desgastes no deseados.

Existen una serie de funciones de ayuda y de seguridad:

- El control electrónico se encarga de determinar si es posible insertar la relación elegida evitando reducciones que impliquen sobrerregímenes.
- Desacopla el motor de la transmisión en frenadas en que actúa el ABS para mejorar la estabilidad. También se desconecta cuando se detiene el coche y se pisa el freno.

- Reduce marchas en función de la aceleración para contar con la retención del motor (incluso lo hace en modo manual).
- A la hora de cambiar no es necesario levantar el pie del acelerador ya que el propio sistema electrónico de control cierra por un instante la mariposa del acelerador. Al reducir la gestión electrónica se encarga de dar un golpe de gas a modo de puntación para engranar la marcha inferior con suavidad.
- Para pasar a marcha atrás y de ésta a primera, hay que pisar el freno.

La gestión del cambio cuenta con cierta capacidad de autodaptación en el sentido de que reconoce cuando se asciende o se baja una pendiente, cuando se inicia un adelantamiento, etc.

Las ventajas que proporciona este tipo de cambio son el bajo peso (sólo pesa 4 kg. más que la misma caja en versión manual), el reducido tamaño y su bajo coste de fabricación.

Algunas críticas que se le pueden hacer al Easytronic son:

- La función *kick-down* en el modo manual en ocasiones actúa provocando un tirón innecesario e incómodo.
- Debería ser totalmente manual, evitando interpretaciones de la electrónica, que no siempre se ajustan a las necesidades o intenciones del conductor.
- Para que los pasos de marcha sean suaves, hay que ayudar levantando el pie del acelerador tanto en modo manual como en automático.
- En modo automático los pasos de marcha son un segundo más lentos que en un cambio con embrague convencional.

Quickshft 5 (Renault)

Transmisión de 5 marchas producido por Renault conjuntamente con Magneti Marelli (como en Alfa, Ferrari y Mercedes).

Permite dos tipos de manejo:

- **Impulsional.** La caja robotizada de Renault no es sólo secuencial sino impulsional, es decir, permite saltar marchas mediante impulsos seguidos tanto al subir marchas como al reducir.
- **Automático.** La gestión es la correspondiente a la Proactiva, o sea, autoadaptativa. De modo que el calculador de la caja selecciona la relación ideal a partir de una serie de datos de entrada: velocidad, aceleración o deceleración del vehículo,

estilo de conducción, la forma en que se pisan, sueltan los pedales de acelerador y freno, el perfil de la carretera, etc.

El paso de modo manual a modo automático (y viceversa) se realiza mediante una simple presión en el “interruptor de modo” cerca de la palanca de cambios. El cambio de automático a manual se obtiene mediante un simple impulso hacia adelante o hacia atrás de la palanca. La marcha atrás se engrana mediante dos impulsos sucesivos, uno hacia la derecha y otro hacia atrás, manteniendo mientras tanto pisado el pedal de freno.

La caja dispone de un módulo que es el que posibilita las funciones de embrague, desembrague y cambio de marchas. Dicho módulo consiste en un robot con cilindros hidráulicos. Estos reciben las órdenes del calculador de la caja de cambios, que tiene una serie de sensores para averiguar el tipo de conducción practicada. Un grupo electrohidráulico se encarga de proporcionar la energía suficiente para mover los elementos mecánicos necesarios que accionen cambio y embrague. El módulo de control del cambio y el de gestión del motor están conectados mediante uniones multiplexadas. El acelerador es electrónico. En la Figura 23 se observa los elementos que forman parte del Quickshift 5.

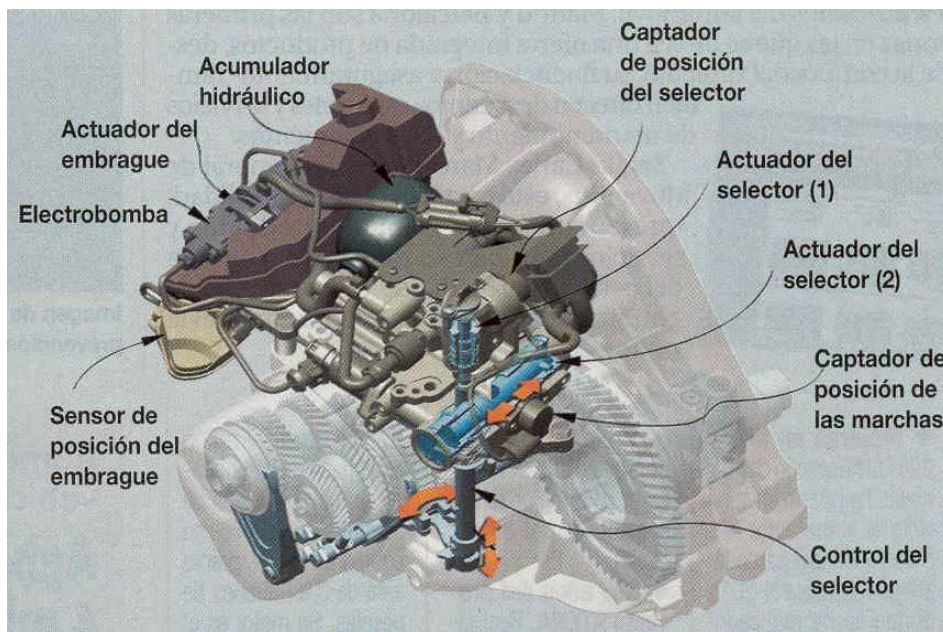


Figura 23. Quickshift 5

En el momento del cambio de velocidades, el calculador de la caja actúa sobre el calculador del motor y gestiona el par motor entregado de tal manera que el cambio se produce con suavidad.

La caja Quickshift 5 dispone de algunas funciones que facilitan la conducción y otros que minimizan errores:

- El módulo electrónico impide que se produzca un sobrerégimen que dañe el motor en las reducciones, aunque, si se estira el motor al máximo, el cambio no opta por la marcha superior y permite llegar al corte de inyección.
- Pasa a una marcha inferior automáticamente si detecta frenado o tirones por bajo régimen; o a primera, si se rueda a menos de 7 km/h.
- Dispone de una función denominada “kick dinámico” que consiste en realizar un paso a relaciones inferiores cuando se detecta una situación de emergencia (frenazo, adelantamiento...). Se pretende así, reforzar el aspecto dinámico y salir airoso de una situación comprometida.
- Para facilitar las maniobras de aparcamiento, la caja viene equipada con una funcionalidad de “Mantenimiento en rampa”. Mediante esta técnica, en primera o en marcha atrás, el coche avanza por sí mismo en cuanto se suelta el pedal de freno o el freno de mano. Esta función permite mantener el vehículo en una pendiente ligera.
- Realiza el punta-tacón en las reducciones.
- Para pasar a marcha atrás y de ésta a primera, hay que pisar el freno.

Contrariamente a lo que sucede en una caja de velocidades automática, la caja Quickshift 5, no dispone de la posición *parking*. Por tanto, esto en los aparcamientos exige la utilización del freno de mano.

Algunas de las posibles mejoras del Quickshift 5 son:

- En modo automático si se conduce acelerando un poco, se producen cambios continuos de marcha, como si el cambio no acertase a situarse en una determinada. En este modo, las operaciones de cambio son lentas: la documentación oficial reconoce que muchos segundos se quedan en la arrancada y varias décimas en cada marcha, con respecto al cambio convencional.
- A pesar de que el cambio de marchas se puede realizar sin levantar el pie del acelerador (el sistema corta la inyección), en estas circunstancias el sistema se toma su tiempo con lo que resulta bastante lento. Además, se perciben pequeños tirones (traducidos en forma de picos en la Figura 24) nada más completarse el cambio. Lo más cómodo y eficaz es levantar el pie del acelerador.



Figura 24. Comparativa entre el Easytronic (gráfica superior) y el Quickshift 5 (gráfica inferior). Aceleración a fondo en modo automático

SMT (Toyota)

Caja de cinco velocidades que a diferencia del resto de cambios robotizados, ofrece un único manejo secuencial. Éste se puede realizar desde:

- Palanca, mediante toques longitudinales.
- Pulsadores en el volante: los delanteros para reducir y los traseros para subir de marchas.

El cambio SMT de Toyota utiliza también un sistema de actuación hidráulico gobernado electrónicamente. La gestión electrónica de la transmisión y del motor trabajan conjuntamente intercambiando información que reciben de distintos sensores. La información obtenida sirve para actuar adecuadamente y en el tiempo preciso sobre el embrague y las horquillas de selección. Un estrangulador electrónico permite seleccionar correctamente la velocidad del motor para cambiar de marcha.

La palanca del cambio, con sus dos posiciones, actúa como un interruptor, enviando señales eléctricas al ordenador de la caja de cambios. La marcha insertada se muestra en una pequeña pantalla LCD sobre el tacómetro.

Dispone de una serie de funciones que protegen el motor y otras que hacen la conducción más fácil:

- El control electrónico impide meter la marcha atrás mientras el vehículo va hacia delante. También se evita una reducción demasiado brusca que ponga en aprietos a la mecánica. En estos casos, un avisador acústico y un indicador luminoso avisan de que el sistema de protección del motor está actuando,
- Vuelve automáticamente a primera siempre que el coche se pare y se mantenga en marcha, permitiendo salir rápidamente y sin problemas en los semáforos. Para arrancar el coche, el cambio debe estar en punto muerto y el freno pisado.
- Anula el acelerador cuando la marcha se ha engranado y hace doble embrague en las reducciones para favorecer la inserción de las marchas.

Como es habitual en este tipo de cambios, conviene levantar el pie del acelerador para cambiar, de lo contrario el tiempo de respuesta es mayor y se producen pequeños tirones.

Otros cambios manuales-secuenciales se muestran en la Tabla 4.

DENOMINACIÓN CAMBIO	MARCA	COMENTARIOS
Touchtronic	Aston Martin	Caja de origen ZF de seis velocidades con gestión Magneti Marelli. Permite dos tipos de funcionamiento: secuencial (modos normal y <i>sport</i>) y automático (modo <i>city</i>). En el modo <i>sport</i> , los cambios se realizan en 240 milésimas de segundo. Insertar la marcha atrás es incómodo ya que se realiza a través de un botón en el salpicadero y mediante una doble pulsación (con la primera se pone en punto muerto)
Cambio Corsa	Maserati	Es una caja derivada de la F-1 de Ferrari. Dispone de levas en el volante y 4 posibilidades de funcionamiento: <i>sport</i> , manual, <i>ice</i> y automático.
Softouch & Softip	Smart	Son la misma caja Getrag de seis velocidades con la diferencia de que la Softouch permite manejo automático y secuencial y la Softip sólo el último modo. El mecanismo para cambiar las marchas es muy parecido al de una moto (Anejo 1.3): utiliza un tambor con levas cilíndricas talladas aunque movido por un motor eléctrico. Para el accionamiento del embrague se utiliza también otro motor eléctrico. La electrónica se encarga de cortar el encendido si no se cambia a una marcha superior. El modo automático el cambio es muy lento y los pasos de marcha bruscos si no se acompaña con el pie (Figura 25).

Tabla 4. Otros cambios robotizados

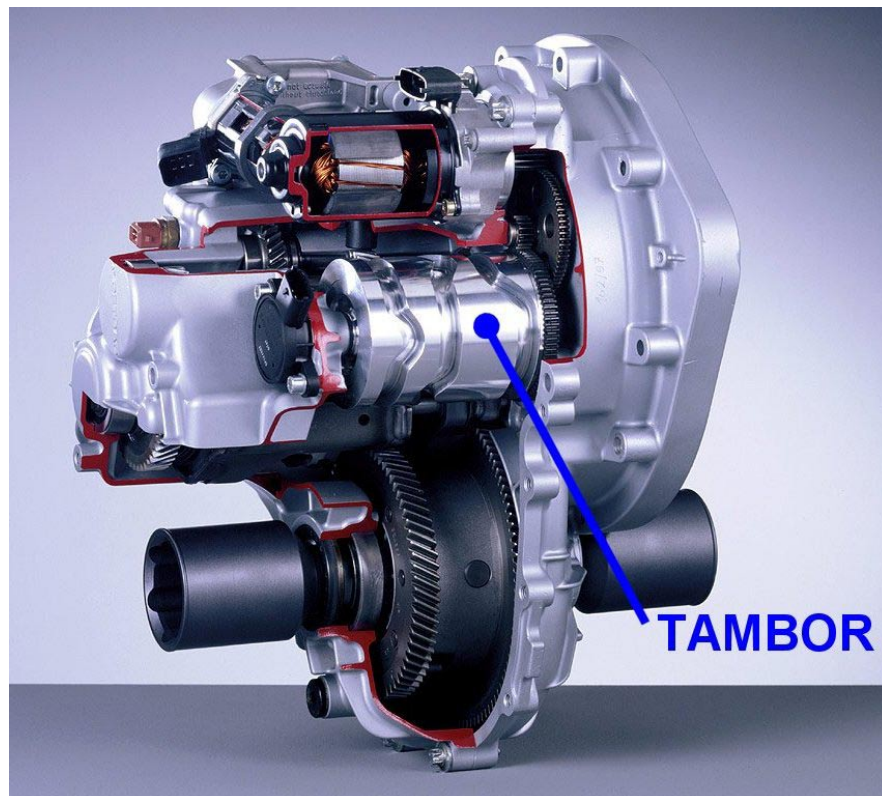


Figura 25. Caja de cambios del Smart

1.3.5. Variador continuo

Los variadores continuos no son una idea nueva, sino que ya se han venido utilizando desde tiempo atrás en ciclomotores y pequeñas motocicletas. Sin embargo, su utilización dentro del automóvil sí es más reciente debido a las limitaciones con los que se han venido encontrando los fabricantes para manejar pares mayores.

Constan básicamente de dos poleas de garganta variable (cada una formada por dos elementos cónicos), una solidaria con el motor y la otra con las ruedas. El movimiento de la polea primaria se traspa a la secundaria por medio de un elemento de transmisión que es fuertemente presionada por las paredes de los conos. Al ser este elemento inextensible, la apertura de una de las poleas implica la reducción del diámetro de la otra. Debido a que existen infinitas posiciones de las poleas, se dice que los cambios de variador o CVT tienen infinitas marchas. Incluso algunos fabricantes de este tipo de

automatismos ofrecen la posibilidad de disponer de un número fijo de velocidades al bloquear la correa (o cadena) en un lugar determinado.

Las principales ventajas de este tipo de cambios son el mejor aprovechamiento de las capacidades del motor y la suavidad de funcionamiento debido a la ausencia de cambios de marcha.

En los últimos años ha habido varios intentos de realizar cambios de variador continuo para el automóvil, pero siempre limitados a utilitarios (Nissan Micra CVT o Lancia Y, por ejemplo) con motores pequeños. Las razones eran el problema de la correa para transmitir el par y el peculiar funcionamiento (ruido) que no hacía agradable su conducción.

Hoy en día, sin embargo, se puede decir que nos encontramos ante la resurrección de este tipo de transmisiones. Si bien actualmente, marcas como Fiat, Nissan y MG comercializan este tipo de cambios, ha sido Audi, con su Multitronic, la que ha vuelto a popularizar el cambio de variador continuo.

1.3.5.1. Speedgear, Hypertronic, Steptronic (MG, Land Rover y Rover)

Speedgear (Fiat)

Cambio de variador continuo controlado electrónicamente y con convertidor de par (Figura 26). Existe la posibilidad de disponer de seis o siete velocidades (según modelo). Permite dos tipos de manejo:

- Secuencial (en palanca). No hay función *kick-down* pero sí baja progresivamente de marcha a medida que aminoramos la marcha e introduce automáticamente la primera si nos detenemos.
- Automático. Dispone de dos programas según se prefiera una conducción deportiva o relajada. Esta última es seleccionable mediante un botón junto a la palanca.

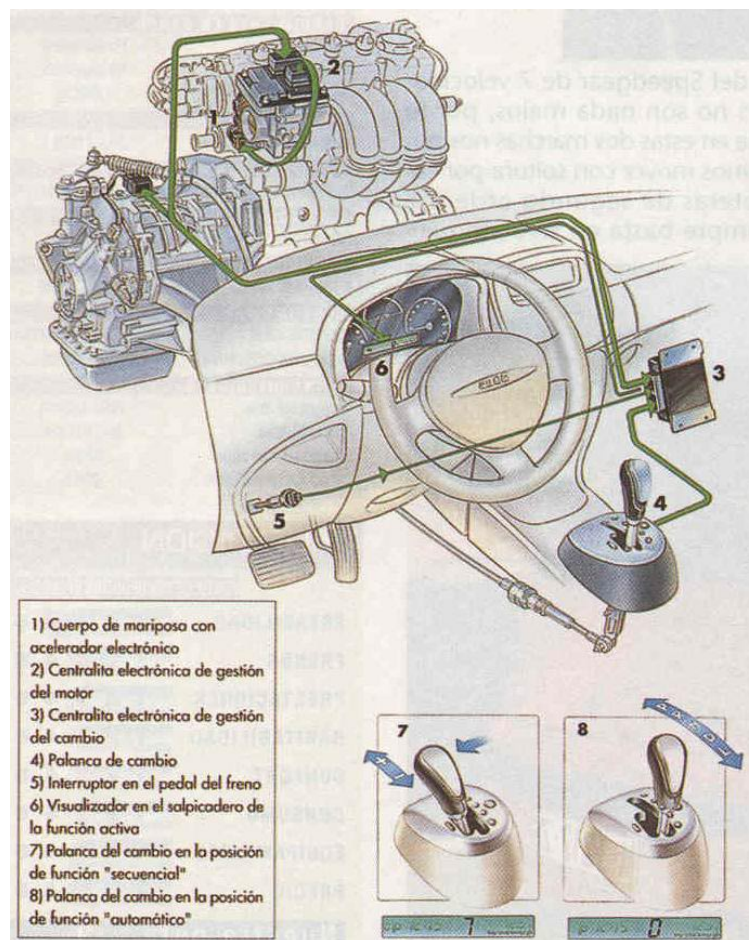


Figura 26. Esquema de funcionamiento del Speedgear

Como elemento de transmisión actúa una correa de alta resistencia con una longitud fija y no extensible. Un conjunto de engranajes se encarga de hacer funcionar las poleas.

La electrónica se encarga de proteger el motor y facilitar la conducción:

- Una centralita electrónica verifica el régimen del motor impidiendo en una reducción al seleccionar una marcha demasiado corta que suponga un sobrerégimen.
- Se pone en primera velocidad al detenerse el coche.

Gracias a la electrónica se consigue una gran suavidad de funcionamiento en operaciones como pisar y levantar bruscamente el pie del acelerador.

La ventajas del Speedgear son:

- Simplicidad de diseño.
- Peso y tamaño reducidos.
- Cambio de marchas sin saltos.
- Permite infinitas relaciones de cambio, adaptando la mejor desmultiplicación.

Algunos puntos mejorables son:

- Nivel sonoro demasiado elevado en modo automático.
- La electrónica no deja cambiar al régimen máximo de giro sino que el cambio se produce unas 1000 rpm antes.

Nissan (Hypertronic)

Cambio de variador controlado controlado electrónicamente y con convertidor de par. Posibilidad de disponer de cinco o seis velocidades y capaz de soportar hasta 20 kgm de par (Figura 27).

Permite un doble manejo:

- Secuencial. Ofrece función *kick-down* y pasa a una marcha superior cuando se llega a la zona roja.
- Automático. Tiene dos programas: normal y deportivo. Este último es seleccionable en el propio pomo.

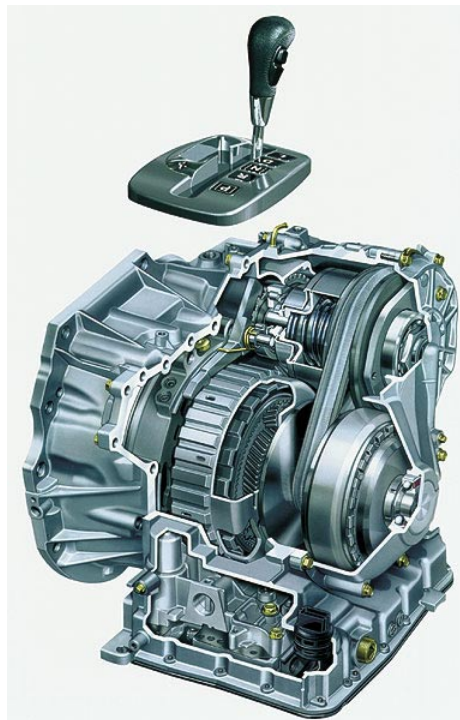


Figura 27. Cambio CVT Hypertronic

La variación del diámetro de las poleas se hace con un sistema hidráulico de alta presión. El embrague electromagnético que se venía utilizando en el CVT del Micra se ha sustituido por un convertidor de par. Se consigue así mayor suavidad y se asimilan mejor las variaciones de par, eliminando los pequeños tirones que se producen en los aparcamientos.

Correa hecha con una cinta metálica sobre la que hay láminas que se apoyan en la polea. No es extensible.

Las ventajas del Hypertronic son:

- Ofrece infinitas relaciones de cambio.
- Ausencia de tirones y brusquedades,

Sus puntos negativos son:

- Ruido elevado.
- La electrónica impide que el motor gire muy alto.

Steptronic (MG, Land Rover y Rover)

Cambio de variador continuo fabricado por JATCO, con control electrónico y convertidor de par. Posibilidad de disponer de seis marchas. Permite dos tipos de manejo:

- Secuencial. Pulsadores en volante o con palanca. Toques adelante para subir. Dispone de función kick-down.
- Automático. Existen dos programas: normal y *sport*.

La electrónica cambia a una marcha superior cuando llega al corte y reduce cuando baja casi a 1000 rpm.

1.3.5.2. Multitronic

Tomando como punto de partida las CVT anteriormente citadas, Audi se puso como meta dar un salto de calidad y convertirse así en la referencia de este tipo de transmisiones. El resultado se llama Multitronic (Figura 28 y Figura 29).

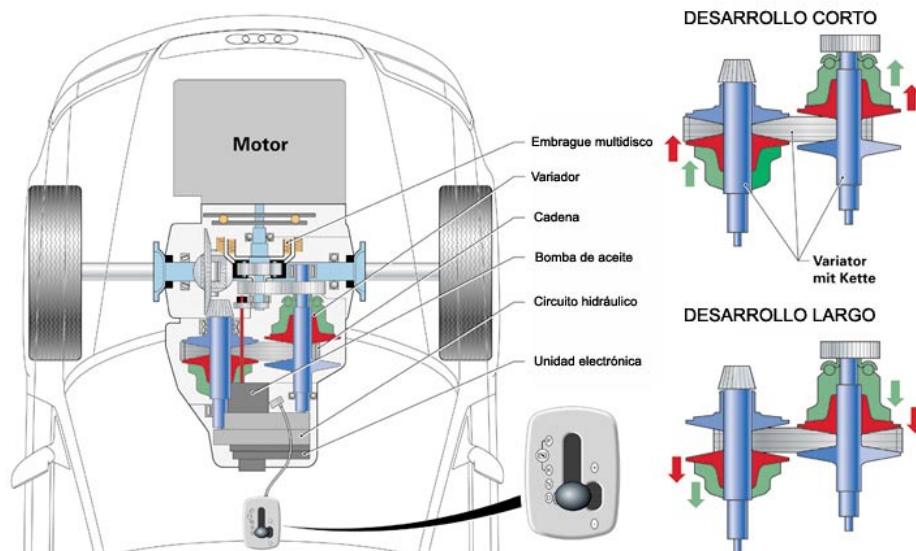


Figura 28. Variación de desarrollos del Multitronic

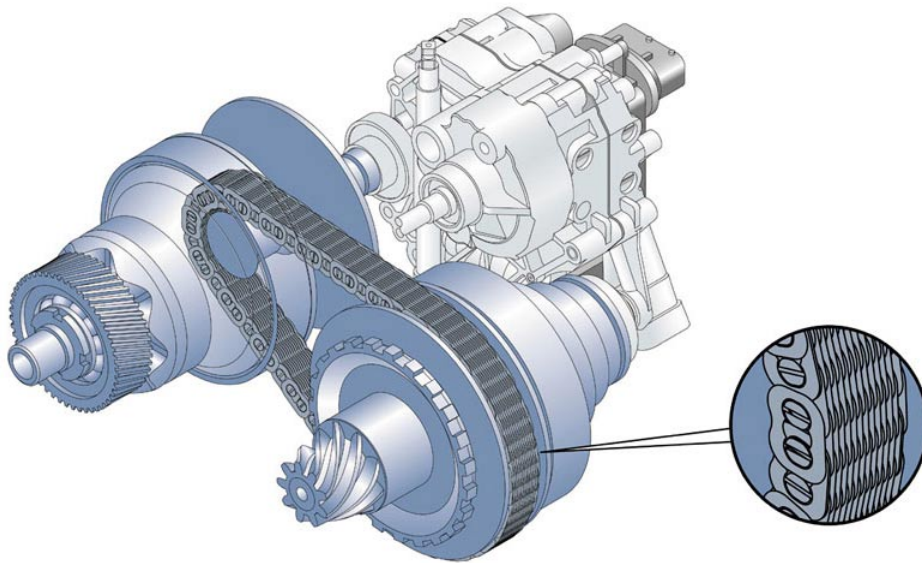


Figura 29. Poleas y cadena

Se trata de una transmisión fabricada por la empresa Luk, actualmente la más elaborada, sofisticada y eficaz del mercado.

Se permite un doble manejo del cambio:

- **Automático.** Se ha desarrollado una gestión con cierta capacidad adaptativa. Reconoce la forma de conducir y el perfil de la carretera, escogiendo los desarrollos más adecuados en cada momento. Audi lo llama DRP (Programa Dinámico de Regulación).
- **Secuencial.** Mediante palanca tradicional o con mandos al volante. Para ello se fijan seis posiciones concretas de las poleas del variador.

Audi con su novedosa transmisión ha logrado doblar la frontera de los 15 kgm, situándolo en los 30 kgm. La clave principal de esta superación está en el elemento de transmisión. El Multitronic no monta una correa metálica sino una cadena (Figura 30), cuya configuración rompe por completo con las correas utilizadas hasta el momento. Sus características son:

- Peso: 1,8 kg.
- Longitud: 715mm.
- Ancho: 37mm,

- Formada por 1025 eslabones planos (de los cuales tiran 28 en paralelo) en varias capas, unas junto a otras, y unidos por 75 pernos en sus puntos de articulación transversales.
- Los eslabones son de acero de diferentes durezas y tamaños.

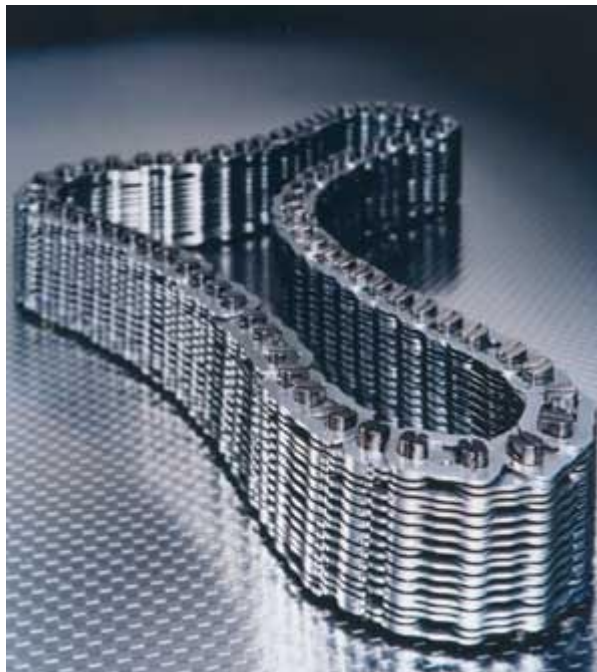


Figura 30. El elemento de transmisión: la cadena

El elemento de transmisión es fuertemente presionada por las paredes de los conos. Las poleas aprietan a los eslabones con una presión de hasta 6,6 toneladas. Esta cadena es especialmente importante, ya que transmite la carga total de uno de los ejes de la transmisión al otro y, lo que es más, sin existir fuerzas de tracción. Tan sólo su fricción sobre las superficies cónicas de ambas poleas es capaz de transportar la carga. Audi se ha decidido por la cadena de láminas en lugar de por la correa articulada, habitual en las transmisiones continuas CVT. El deslizamiento resultante entre cadena y poleas es tan reducido que los pernos, durante la vida de la transmisión, tan sólo se desgastan como máximo de una a dos décimas de milímetro.

Esta cadena de láminas ofrece, además, la ventaja de que su recorrido puede ser inferior al de otras correas articuladas. Incluso al recorrer el más pequeño diámetro de enlace, posee la facultad de transmitir las fuerzas máximas y los pares de motor. En esa situación, solamente hay nueve pasadores en contacto con las superficies interiores de las poleas, pero la presión específica es tan grande que también en caso de una gran carga no resbalará

El sistema hidráulico tiene dos funciones:

- Presionar suficientemente las poleas contra la cadena para evitar el resbalamiento.
- Variar el diámetro de las poleas.

En los cambios de variador existentes hay un sólo sistema hidráulico para estas dos funciones. El Multitronic los tiene separados. Así, la variación del diámetro es más rápida y requiere menos energía.

La parte hidráulica del cambio ajusta la presión de las poleas con gran precisión en función del par transmitido, para evitar desgastes y tensiones innecesarias. Para esto último, existe un sensor de par que informa sobre la presión que es necesario ejercer sobre la cadena, ya que no siempre debe ser siempre la misma.

El sensor de par trabaja de modo similar a una válvula de limitación de presión: se torsiona de tal modo a través del momento variable de entrada que cierra o abre los taladros de alimentación de la hidráulica. Así, se genera automáticamente un equilibrio entre el par motor que se transmite y la fuerza de presión. Este hecho supone un requisito esencial para la reacción extraordinariamente rápida del variador sobre todas las modificaciones de tracción así como una prevención ante el aumento inmediato de la presión de empuje, por ejemplo, en caso de golpes en el tren motriz, convirtiéndose de este modo en un mecanismo de seguridad ante irregularidades de todo tipo. Esto permite además un ahorro de energía ya que la bomba hidráulica proporciona únicamente la presión necesaria.

La hidráulica trabaja sobre ambos pares de los discos cónicos del variador según el principio de doble émbolo. Mientras que el émbolo empujador con la mayor superficie operante impide que la cadena de láminas resbale, el émbolo empujador con la menor superficie ejerce fuerza adicional sobre el disco correspondiente cuando ha de ser modificada la desmultiplicación. Los sistemas hidráulicos de ambos pares de discos se pueden relacionar entre sí por medio de la bomba de aceite y las válvulas de regulación. De modo que solamente se deben desplazar de una parte a otra volúmenes reducidos de aceite y únicamente se necesita aplicar la diferencia de presión correspondiente. Este es el motivo por el cual el variador Audi reacciona instantáneamente ante cualquier orden de gestión, lo que no sucede en las transmisiones CVT “convencionales”.

El Multitronic no posee una única bomba grande sino dos más pequeñas adaptadas al sistema: una bomba de engranaje interior produce la presión para el empuje de los discos cónicos así como la fuerza adicional para variar la transmisión y una segunda bomba eyectora proporciona a los discos del embrague la cantidad de aceite necesaria con solamente la presión suficiente para llegar al lugar de la refrigeración (el cambio cuenta con un circuito de refrigeración del aceite). Esta trabaja según el llamado principio Venturi y toma la cantidad necesaria de aceite por medio de un eyector conformado

especialmente para cumplir dicha función, sin consumir mucha energía para el aumento de presión.

La bomba de engranaje es comparativamente pequeña ya que solamente debe desplazar de un lado para otro el pequeño volumen de aceite que se halla en las cámaras de presión. La presión a la que está sometido dicho aceite va desde 20 bares (funcionamiento normal) hasta 60 bares (máximo). En general, este sistema de bombas requiere una potencia que es aproximadamente la mitad de la necesitada tradicionalmente.

Una de las grandes ventajas del sistema Multitronic es que no tiene convertidor de par. Audi ha reemplazado este elemento por un embrague multidisco en baño de aceite controlado electrónicamente. Esto permite implementar diferentes modos de arrancada en función de las lecturas que lleguen del pedal del acelerador. Si, por ejemplo, el conductor desea iniciar la marcha pensando en el consumo adapta el régimen del motor de una forma absolutamente suave; si, por el contrario, busca una conducción más deportiva, regula rápidamente en el margen del par de motor más alto.

Otra de las ventajas del Multitronic es la amplia relación entre la mayor y la menor desmultiplicación posible en la transmisión (de 1:2,1 hasta 1:12,7) siendo, de este modo, superior a seis, lo cual representa casi un caso ideal para la transmisión que hasta ahora apenas sobrepasaba un valor de 5. Gracias a esta característica, por una parte, se puede acelerar de forma deportiva y dinámica, debido a la mayor desmultiplicación posible y, por otra parte, se puede aprovechar completamente la menor desmultiplicación para potenciar el ahorro de combustible.

En los cambios de variador de Nissan, Fiat y MG, al pisar el acelerador el motor elige un régimen de giro y lo mantiene mientras el coche gana velocidad. Esto, denominado "efecto goma", Audi lo evita optando por que la subida de régimen se produzca de forma progresiva, para evitar un ruido excesivo.

En el modo manual hay situaciones en las que se impone la electrónica:

- Pasa a marcha superior cuando se acerca al régimen de potencia máxima.
- No ejecuta reducciones que supongan un sobrerégimen.
- Reduce cuando se baja de 1100 rpm.
- Incorpora la función de *kick-down* al pisar a fondo el acelerador.

En resumen, las ventajas que proporciona el Multitronic son:

- El resbalamiento es menor y no hay tantas pérdidas por intercambio térmico ya que no dispone de convertidor de par. Tiene un embrague multidisco gobernado electrónicamente. Controla el resbalamiento de modo que si se está parado con el motor en marcha, el resbalamiento es mayor para que el motor

no haga fuerza en vano. También es capaz de reconocer cómo arranca el conductor y, en función de eso, adecuar el resbalamiento. El embrague actúa entre 1000 y 3000 rpm.

- Suave y rápido en modo automático con un kick-down muy marcado (reduce hasta 3 marchas si es necesario).
- Amplia relación entre la mayor y la menor desmultiplicación que permite una mejor adaptación a las condiciones de conducción.
- Se elimina el “efecto goma” de otros CVT. Esto se consigue con un doble pistón en el variador y la separación del flujo de aceite de alta presión y los circuitos de refrigeración, con lo que se consigue que la bomba de salida del circuito hidráulico sea más suave que una convencional.
- Muy rápido en modo manual. Más rápido que ningún otro automático con posibilidad de manejo manual (sólo el Hypertronic del Primera se le aproxima). Suavidad exquisita tanto en aceleración como en reducción. Más rápida que la Tiptronic, pero con una sensación similar.

Para llegar a ser perfecto debería salvar los siguientes defectos:

- Sonido alto y desagradable que da la sensación de un embrague patinando.
- El funcionamiento en modo automático dista bastante de la eficacia mostrada por los cambios de Renault y PSA. Sobre todo, por la tendencia que tiene de buscar la marcha más larga a poco que se alivia la presión sobre el pedal del acelerador.
- Tiene función *kick-down* en modo manual.
- La electrónica se intromete cuando se llega a la zona roja.

1.3.5.3. CVT Steptronic

CVT Steptronic (BMW)

Recientemente BMW ha desarrollado un cambio de variador para el modelo Mini. Se trata de una transmisión común a la desarrollada por MG pero con alguna variación que la diferencia. La principal está en la sustitución del convertidor de par por un embrague multidisco en baño de aceite con control electrónico, siguiendo la línea de Audi con su Multitronic.

La caja permite un doble manejo:

- Automático. Existen dos programas de funcionamiento: normal y *sport*.
- Secuencial Steptronic en el mando. Se fijan seis posiciones preestablecidas de las poleas. Opcionalmente se pueden disponer también de botones en el volante. La electrónica vela en todo momento por la protección del motor, cambiando de marcha al acercarse al corte de inyección.

Un visualizador LCD en el velocímetro indica en todo momento la modalidad activa de la caja de cambios.

Utiliza una correa de acero, suficiente para los 14 Nm de par máximo desarrollables por el motor del Mini. El control electrónico se encarga en todo momento de controlar la posición de las poleas, resultando un ajuste suave y sin escalonamientos.

1.3.5.4. Cambio toroidal

La alternativa más realista a las poleas y la correa (o cadena) se llama cambio toroidal. Nissan ya lo ha lanzado en Japón en sus modelos Cedric y Gloria con el nombre de EXTROID, y Mazda y Toyota ya tienen lista su versión para ser lanzada al mercado. Para conocer su funcionamiento, se va a describir el caso particular de Nissan.

EXTROID (Nissan)

Se trata de un cambio fabricado por el especialista en transmisiones Jatco, capaz de soportar pares de hasta 40 kgm. Al igual que el Multitronic, existe también la posibilidad de disponer de seis velocidades secuencialmente (Figura 31).

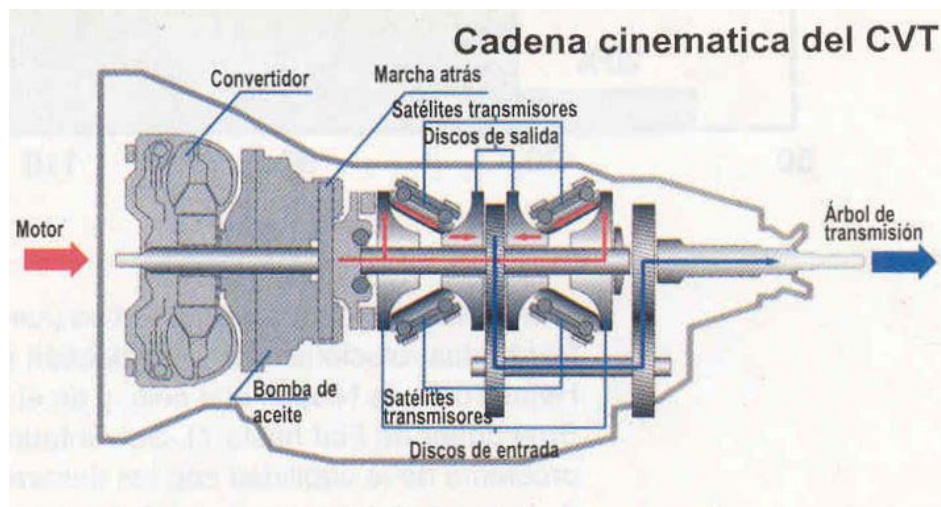


Figura 31. Conjunto cambio del EXTROID

Los engranajes de la caja de cambios dejan paso a un conjunto similar a un diferencial (aunque sin dientes), con sus satélites y planetarios capaces de ser reorientados por el empuje de unos discos movidos por un sistema electrohidráulico (Figura 32). Los satélites, con forma troncocónica, pueden desplazarse y variar la relación de transmisión. Basta con girar los satélites para obtener diferentes puntos de contacto entre estos y los discos planetarios para que, según la distancia que separe los puntos del eje, así se tenga una desmultiplicación. Las curvaturas de todas las piezas implicadas permiten no sólo que el paso de marchas pueda ser continuo, sino presumiblemente suave.

Para reorientar los satélites no hace falta aplicar una gran fuerza exterior, pues los propios discos girando a alta velocidad lo hacen con sólo desplazarlos ligeramente y aplicando una mínima presión. Entre 0,1 y 1 mm es el desplazamiento necesario por parte del sistema hidráulico para su actuación. Claro que, para obtener sincronía entre ambos satélites hace falta una hidráulica precisa, que recibe instrucciones adicionales de operación de una centralita electrónica.

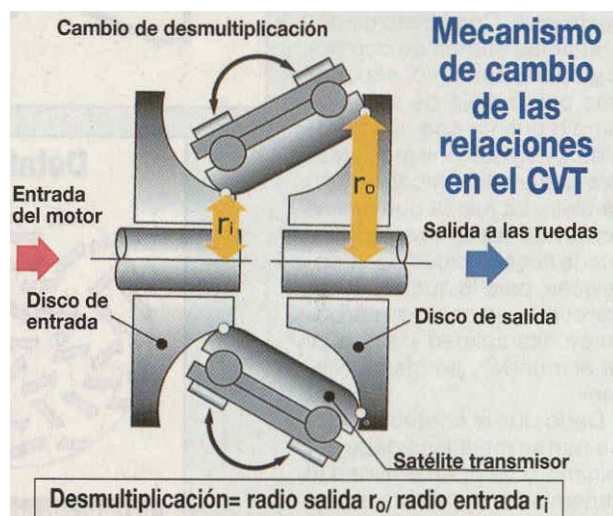


Figura 32. El movimiento de los satélites aporta la desmultiplicación

Con objeto de aumentar los puntos de contacto y poder, por tanto, soportar más par, la caja de cambios EXTROID cuenta con una pareja de estos mecanismos satélites-planetarios trabajando en paralelo. La fuerza que maneja ronda las 3 toneladas y puede llegar a picos de 10 toneladas, para lo que se ha desarrollado un acero al carbono de alta calidad.

Dado que el contacto entre las partes metálicas debe ser mínimo o nulo, en realidad la transmisión se realiza a través de la capa molecular de aceite que existe ente disco y satélite. Por eso el aceite se ha desarrollado especialmente como una aplicación para tracción, de modo que, además de lubricar y refrigerar, sus moléculas se alineen formando cadenas que enganchen entre sí al ser sometidas a presión.

Las ventajas del EXTROID son:

- No necesita altas presiones para transmitir grandes cantidades de par.
- Resulta más suave que la transmisión por cadena.
- Se garantiza mejoras de hasta un 20% en consumo frente a un cambio automático convencional.
- Capaz de soportar más de 40 kgm de par.
- Como los ejes de entrada y salida son coaxiales, la caja es más compacta con lo que se puede conectar transversalmente.

Lógicamente el inconveniente principal es el precio ya que aparte de la tecnología que incorporan, se trata de un producto que acaba de ver la luz.

1.4. TABLA-RESUMEN DE LOS CAMBIOS AUTOMÁTICOS

A modo de pequeño resumen se puede decir que:

- Los cambios con gestión electrónica sencilla tienden a desaparecer. Cada vez son más los fabricantes que apuestan por transmisiones con una gestión mucho más depurada).
- La posibilidad de incorporar un pasillo secuencial se está extendiendo mucho.
- Las cajas con únicamente embrague pilotado prácticamente han desaparecido con la aparición de los cambios robotizados. Las ventajas de estos últimos están en un bajo peso (únicamente se añaden aquellos elementos que permiten la automatización) y un precio relativamente bajo (se aprovecha muchos componentes de las cajas manuales convencionales). Sin embargo, tienen algún punto mejorable. Todos ellos tienen el inconveniente común de resultar molestos si no se ayuda con el pie al cambiar de marcha.
- Por último, en cuanto a los cambios de variador continuo, prodigiosos en cuanto suavidad, todo parece indicar que tendrán un lugar asegurado en el mercado.

Los tipos de hacinamiento que se utilizan son:

- Electrohidráulico. Es el más extendido. La hidráulica se utiliza para generar esfuerzos y la electrónica para el control.
- Eléctrico-hidráulico. El Easytronic de Opel emplea motores eléctricos que ayudan a generar suficiente presión en una bomba hidráulica.
- Eléctrico. El Smart utiliza dos motores eléctricos, uno para insertar las marchas y el otro para acoplar el embrague.

En cuanto al número de marchas, hay cambios que tienen cuatro velocidades, pero su existencia es cada vez menos habitual en favor de los de cinco e incluso seis velocidades. Por otro lado, las transmisiones de variador continuo permiten infinitas marchas (en modo automático) y con la posibilidad de disponer de un número fijo de marchas (el Speedgear de Fiat incorpora siete relaciones).

Después de la descripción de tal cantidad de cambios automáticos, puede que a uno no le quede claro qué características o elementos principales comparten entre ellos. Por ello, se ha realizado dos tablas-resumen:

TIPO GESTIÓN	SELECCIÓN VELOCIDADES															
	Mando tipo en H	Funcionamiento automático	Func. autom. + mando secuencial	Botones o levas en el volante	Mando en la caña de la dirección	Clásica	Normal	Adaptativa								
León / Toledo		X				X										
Bentley Azure		X				X										
Cadillac Seville		X				X										
Ford Mondeo		X				X										
Honda Accord		X				X										
Hyundai Atos		X				X										
Lexus IS 200		X				X										
Mazda Xedos 9		X				X										
Mazda Tribute					X											
Nissan 200 SX		X				X										
Opel Omega		X				X										
Saab 9-5		X				X										
Volvo C70		X				X										
VW Beetle		X				X										
Proactiva								X								
Autoactiva								X								
INVECS II								X								
Lexus (gama alta)								X								
Steptronic (BMW)								X								
Comfortronic (Lancia)								X								
Geartronic								X								
Sportronic							X									
Q-system							X									
BMW ZF 6 vel.																X

Tabla 5. Clasificación de los cambios automáticos

		Autostick	Shiftronic	E-Shift (Lexus)	"Falso secuencial"	Speedshift	Cambio Clase A	Selespeed	Cambio 3L	SMG II	Sequentronic	Easytronic	Quickshift 5	SMT	Touchtronic	F1 Ferrari	Cambio Corsa	Softouch	Softip	Speedgear	Hypertronic	Steptronic (MG, Land Rover y Rover)	Multitronic	CVT Mini	EXTROID
CONEXIÓN MOTOR	Embrague monodisco en seco (inserción pilotada)					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Embrague multidisco húmedo																						X	X	
	Convertidor de par	X	X	X	X	X															X	X	X		X
MECANISMO DESMULTIPLICADOR	Engranajes cilíndricos					X																			
	Engranajes cilíndricos (inserción pilotada)						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	Trenes epicicloidales	X	X	X	X	X																			
	Variador continuo o similar																				X	X	X	X	X

TIPO GESTIÓN	SELECCIÓN VELOCIDADES																	
	Mando tipo en H					X												
	Funcionamiento sólo automático																	
	Func. autom. + mando secuencial	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Botones o levas en el volante						X		X			X	X	X	X			X
Mando en la caña de la dirección																		
TIPO GESTIÓN	Clásica																	
	Normal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Adaptativa																	
Autostick																		
Shiftronic																		
E-Shift (Lexus)																		
"Falso secuencial"																		
Speedshift																		
Cambio Clase A																		
Selespeed																		
Cambio 3L																		
SMG II																		
Sequentronic																		
Easytronic																		
Quickshift 5																		
SMT																		
Touchtronic																		
F1 Ferrari																		
Cambio Corsa																		
Softouch																		
Softip																		
Speedgear																		
Hypertronic																		
Steptronic (MG, Land Rover y Rover)																		
Multitronic																		
CVT Mini																		
EXTROID																		

Tabla 6. Clasificación de los cambios automáticos

2. CAMBIO DEL CAR CROSS DE TECNUN

En este apartado se va a presentar el diseño del cambio realizado sobre el Car Cross de la Escuela. Dicho trabajo forma parte de uno de los proyectos realizados en el Laboratorio de Automoción y que comenzó a finales de verano del año 2001.

Los objetivos que se perseguían eran:

- Dotar al Car Cross de un sistema de selección de velocidades semiautomático. Con él, ya no será el propio piloto quien, con su fuerza, engrane las marchas (sí la selección), sino que lo hará el propio sistema
- Mejorar el diseño de la selección de velocidades en cuanto a comodidad, eficacia y manejabilidad se refiere. Comodidad y manejabilidad, puesto que originariamente la palanca de cambios va situada a la izquierda del piloto. La velocidad de engrane es mejorable, debido a que el piloto debe separar una de sus manos del volante y a que el accionamiento utilizado es puramente mecánico.
- Estudiar las posibilidades de accionamiento de la caja de cambios del vehículo.
- Abrir nuevas puertas a la incorporación de electrónica en la caja de cambios del Car Cross. Esto a corto plazo ofrecerá diversas posibilidades de control del propio cambio (automatización). Además, la futura sustitución del carburador posibilitará la comunicación entre el motor y la caja de velocidades.

La transmisión del Car Cross corresponde al de una moto Honda CBR 600. Su accionamiento es secuencial y no dispone de marcha atrás. Originalmente la selección de marchas se realizaba mediante un accionamiento puramente mecánico. La Figura 33 y la Figura 34 muestran la palanca de cambios y el reenvío con el que se efectúan los cambios de marcha.

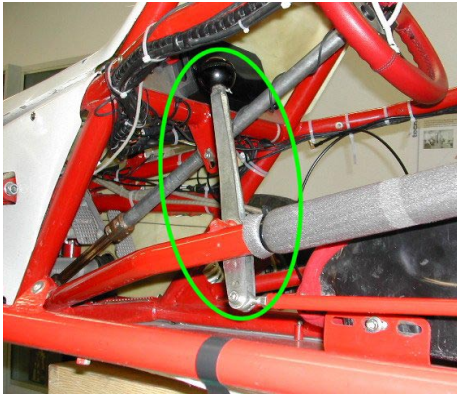


Figura 33. Palanca de cambios

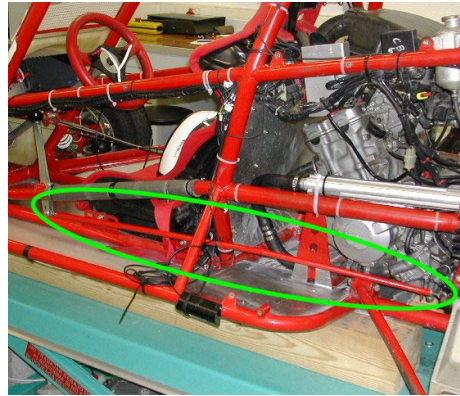


Figura 34. Reenvío del cambio

Dicho reenvío y una pequeña bieleta (Figura 35) unida al eje de salida del cambio, son los encargados de transformar el movimiento longitudinal de la palanca en un giro alternativo del eje.

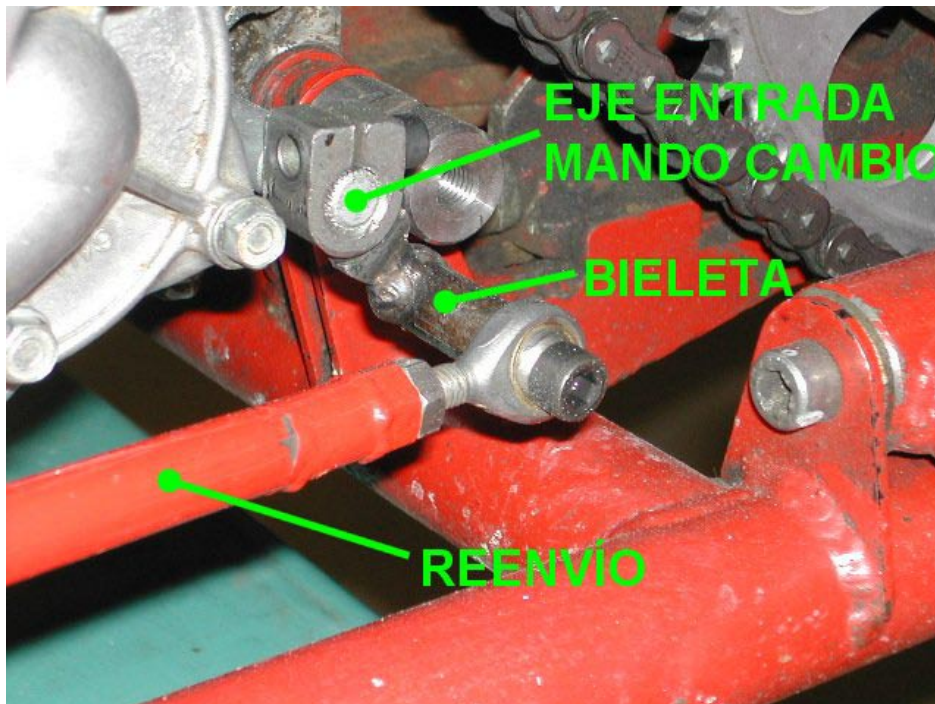


Figura 35. Detalle unión del reenvío y eje selector a través del brazo

Las marchas son seleccionadas mediante toques longitudinales de dicha palanca. El orden el que se encuentran las marchas en sentido ascendente es el siguiente: 1, N, 2, 3, 4, 5 y 6. Al arrancar el vehículo en punto muerto, la primera velocidad se selecciona mediante un toque hacia atrás de la palanca; a partir de ahí, el resto de relaciones se insertan con toques hacia delante. Cada inserción de las marchas debe ser acompañada por el accionamiento del embrague por medio del pedal correspondiente.

Tras una etapa de medición de las magnitudes físicas sobre el cambio original, tuvo lugar la elección del dispositivo que haría posible el nuevo accionamiento. El diseño lo formarían dos electroimanes que se encargarían del aplicar la fuerza y recorrido necesario sobre el eje selector del cambio par realizar el cambio. En la Figura 36 se observa un esquema de la idea.

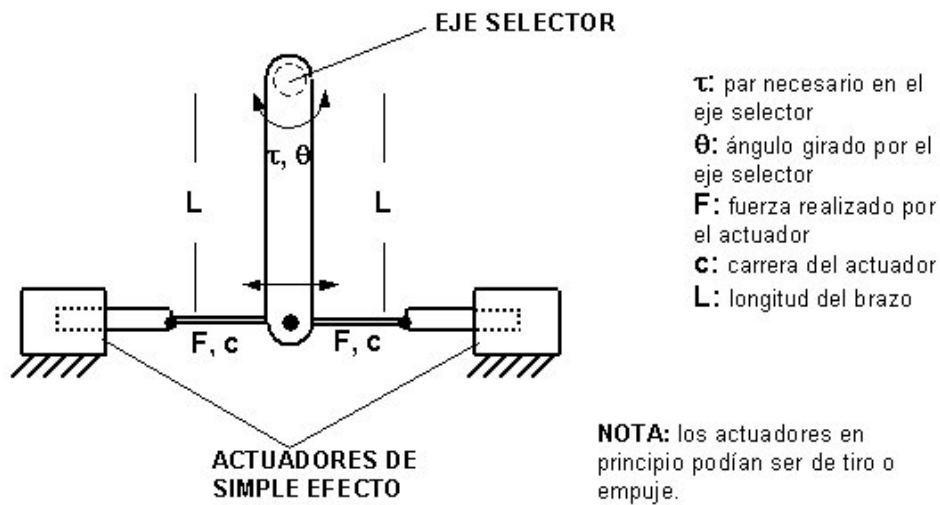


Figura 36. Esquema del mecanismo con fuerzas lineales

En la Figura 37 se observa el solenoide utilizado.

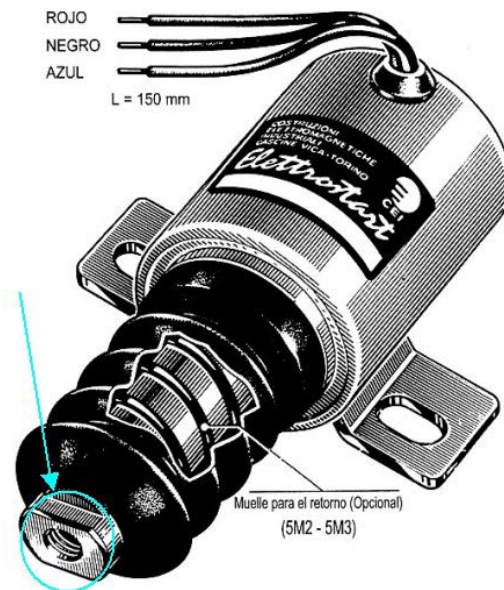


Figura 37. Extremo del émbolo roscado

A continuación se muestran dos fotos del conjunto montado (Figura 38 y Figura 39).

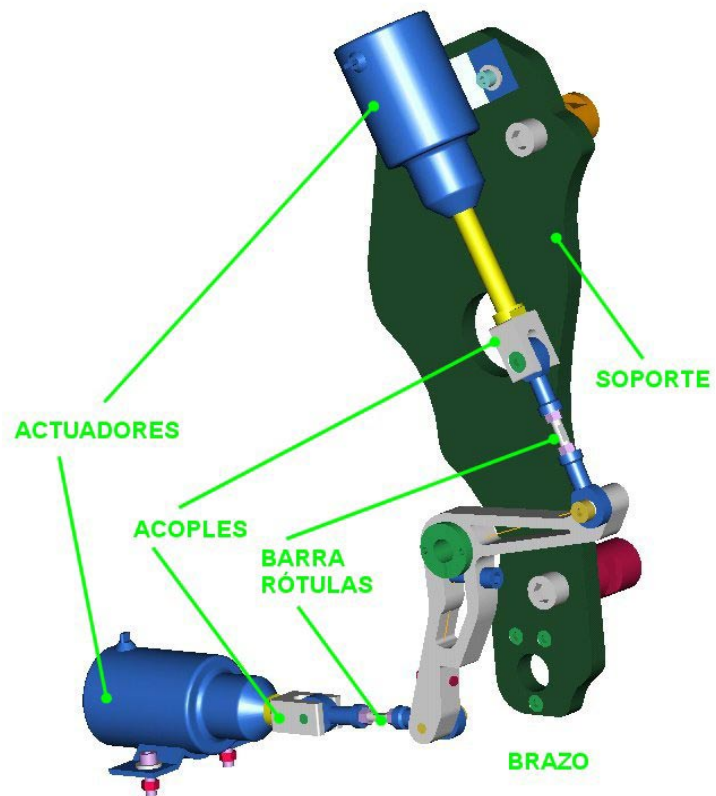


Figura 38. Mecanismo principal

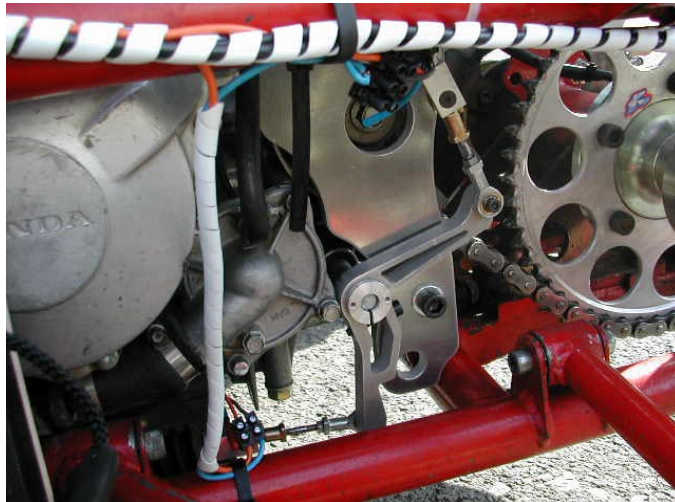


Figura 39. Conjunto del accionamiento montado

Al aplicar corriente a cada electroimán, se provoca un giro al eje selector del cambio gracias al elemento intercalado entre ambos émbolos (brazo). Uno de los solenoides permite el movimiento del eje en un sentido y el otro en el sentido contrario. De modo que, mientras uno de ellos se encarga de subir marchas, el otro las hace bajar.

A la hora de acometer la instalación eléctrica, la introducción de los dos solenoides trajo como consecuencia un sobredimensionamiento del suministro eléctrico, sustituyéndose para ello la batería de origen (Figura 40) por otra más potente (Figura 41).

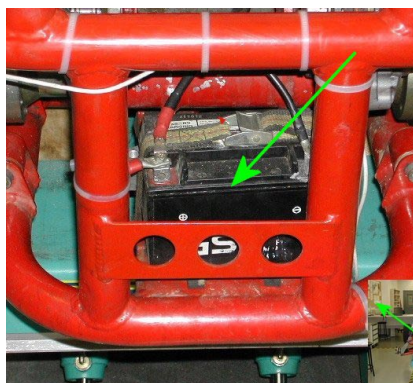


Figura 40. Batería original



Figura 41. Ubicación de la nueva batería

Para la selección de las marchas se optó por la colocación, en principio, de dos botones sobre el volante (Figura 42 y Figura 43). Esta decisión suponía, a priori, una instalación sencilla y, por otro lado, cómoda para el conductor, al no tener que separar las manos del volante.



Figura 42. Botón dcho. sube marchas e izquierdo reduce

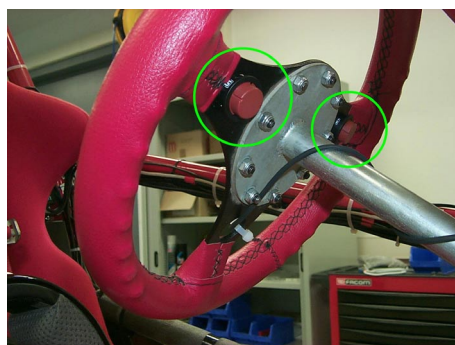


Figura 43. Los botones se accionan desde la parte posterior del volante

3. **BIBLIOGRAFÍA**

- Manuel Arias-Paz Guitián, *Manual de automóviles* (53ª edición). CIE Inversiones Editoriales Dossat 2000 S.L. España, 2000.
- Guía práctica Coche Actual, *Grandes Marcas del Automóvil*. Motor-Press Ibérica, España.
- Guía práctica Coche Actual, *Todas las respuestas sobre el Automóvil*. Motor-Press Ibérica, España.
- Guía práctica Coche Actual, *Diccionario Enciclopédico del Automóvil*. Motor-Press Ibérica, España.
- Guía práctica Coche Actual, *Tecnología punta para el nuevo siglo*. Motor-Press Ibérica, España.
- Guía práctica Coche Actual, *Tecnología de campeones*. Motor-Press Ibérica, España.
- Revistas del automóvil:
 - Números AUTOhebdo SPORT:
701; 709/710; 782; 786; 793; 817; 855.
 - Números Autopista:
2069; 2088;; 2101; 2103; 2104; 2139; 2170; 2172; 2177;
2178; 2181; 2198; 2199; 2200; 2203; 2213; 2219; 2227;
2233.
 - Números Coche Actual:
558; 565; 583; 602; 630; 655; 665; 667; 681; 704;705;
713; 718.

4. **URL's CONSULTADOS**

Laboratorio de Automoción de Tecnum

<http://www.tecnun.es/automocion/>

Asignatura "Transportes" de la Universidad de Navarra

<http://www1.ceit.es/asignaturas/transportes/Transportes.htm>

Alfa Romeo

<http://www.alfaromeo.co.uk> Selespeed y Q-System

Audi

http://www.audi.com/java/models/mapframe/fr_multitronic_en.html Multitronic

http://www.sae.org/automag/techbriefs_01-00/03.htm Multitronic

<http://www.autoglobal.com/noticias/1104.html> Multitronic

BMW

<http://www.auto-reporte.com.ar/tecnologia.htm> SMG II

<http://www.micoche.com/articulos/articulos.html> SMG II

<http://www.bmw.com/bmwe/products/> SMG II

http://www.vayhauto.com/tec_steptronic.html Steptronic

<http://www.motorpoint.com> Steptronic

<http://www.auto-reporte.com.ar/anticipoBMW72.htm> ZF 6 velocidades

Fiat

<http://www.autoglobal.com/pruebas/p130.html> Speedgear

Lancia

<http://www.autoglobal.com/noticias/1603.html> Comfortronic

Land Rover

<http://www.km77.com>

Mercedes

<http://www.auto-reporte.com.ar/tecnologia.htm> Sequentronic

<http://dmasr.hypermart.net/septiembre/luk.htm> Embrague pilotado (LuK)

<http://www.autoshop.com.mx/tecnologia/luk/luk.asp> Embrague pilotado (LuK)

MG

<http://www.autoglobal.com/noticias/1110.html> Steptronic

http://www.sae.org/automag/techbriefs_10-99/08.htm Steptronic

Mitsubishi

<http://www.mitsubishi-motors.co.jp/docs6/history/html/trans.htm> INVECS II

http://www.mitsubishi-motors.co.jp/inter/technology/invecs_5at.html INVECS II

Opel

<http://www.auto-reporte.com.ar/tecnologia.htm> Easytronic

<http://www.micoche.com/articulos/articulos.html> Easytronic

<http://www.geocities.com/morrisseysp/cambio.jpg> Easytronic (sólo foto)

http://www.luk.de/english/Aktuelles/index_Presse2.html Easytronic

<http://www.luk.de/english/Produkte/index.html> Easytronic

PSA

<http://www.autoglobal.com/noticias/2903.html> Citroen

<http://www.autoglobal.com/noticias/2604.html> Citroen

<http://web.ukonline.co.uk/Members/jr.marsh/c5tech4.html> Citroen

<http://web.ukonline.co.uk/Members/jr.marsh/c5tech4.html> Citroen

<http://www.autoglobal.com/noticias/1605.html> Peugeot

Renault

http://www.marca.es/marca_motor/reportajes/velocidades_renault/cambios.html

Quickshift 5

http://www.micoche.com/articulos/2001/2001_20.html Quickshift 5

<http://www.renault.com/gb/produits/twingo.htm> Quickshift 5

Saab

http://www.marca.es/marca_motor/lomasnuevo/julio/saab_9_5/motores.html 9-5

Toyota

http://www.toyota.es/r/r01_07_03.html SMT

http://www.sae.org/automag/techbriefs_12-00/index.htm SMT

Artículos e información sobre transmisiones automáticas

http://www.autofinder.ie/news_art.htm?a=144

<http://www.auto-innovations.com/en/gtransmission-am.html#embrayageauto>

<http://www.sae.org/automag/features/transopt/index.htm> Automotive Engineering

http://www.geocities.com/gkurka2001/CarTech/tech_gear.htm

<http://www.km77.com/tecnica/transmision/portada.asp>

<http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/>

<http://www.100x100motor.com>

Fabricantes transmisiones

<http://www.hewland.com/> Hewland

<http://www.jatco.com> Jatco

ANEJO

ÍNDICE

ANEJO 1. GENERALIDADES SOBRE TRANSMISIONES	2
1.1 NECESIDAD DE LA CAJA DE CAMBIOS EN UN VEHÍCULO	3
1.1 TÉRMINOS RELACIONADOS	4
1.2.1 Tren epicicloidal	4
1.2.2 Cambio semiautomático	5
1.2.3 Overdrive.....	5
1.2.4 Convertidor de par	6
1.3 ESQUEMA DEL CONJUNTO DE ENGRANAJES DE UNA MOTO	8
1.4 CURIOSIDADES.....	10
1.4.1 Selección desde volante y palanca, ¿cuál manda?	10
1.4.2 Movimiento de la palanca en cambios secuenciales.....	10
1.4.3 Protecciones electrónicas en los cambios secuenciales.....	10
1.4.4 ¿Es más rápido un cambio secuencial que uno manual?	11

Anejos _____ 2



ANEJO . GENERALIDADES SOBRE TRANSMISIONES

1.1 NECESIDAD DE LA CAJA DE CAMBIOS EN UN VEHÍCULO

El motor de explosión de un automóvil alcanza su potencia máxima a un determinado número de revoluciones. Sin embargo, para poder disponer de esa potencia a velocidades distintas, es preciso un mecanismo que altere la relación entre la velocidad del motor y la del coche. Éste es el cometido de la caja de cambios.

Imagine el lector que un automóvil va circulando por una carretera horizontal a una determinada velocidad al régimen de potencia máxima. Al abordar una cuesta, no podrá subirla a la misma velocidad que en llano, ya que el esfuerzo de subir la pendiente absorbe parte de la potencia. Por el mecanismo del cambio de velocidades, se permite alterar la transmisión de modo el motor vuelva a girar deprisa y el vehículo ascienda la pendiente con facilidad.

Existen tres maneras de alterar las relaciones de transmisión en una caja de cambios:

- Pares de engranajes cilíndricos. Son los que llevan las cajas manuales convencionales y aquellas que llevan robotizada la inserción.

La relación de tamaño que hay entre cada engranaje con su pareja se conoce como relación de cambio. Cada marcha tiene una relación distinta y la forma de expresar esa relación es tomando como 1 las vueltas que envía la caja de cambios hacia el diferencial. Así, si se dice que la tercera velocidad (por ejemplo) tiene una relación de 1,8 a 1, quiere decir que, en tercera, por cada 1,8 vueltas que recibe el cambio desde el motor, transmite sólo 1 al diferencial.

Una relación de cambio en la primera marcha puede ser 3,6 a 1: el giro que llega del motor se reduce 3,6 veces y la fuerza se aumenta en esa proporción. Existen relaciones que no disminuyen el giro para aumentar la fuerza, sino que hacen lo contrario. Suelen ser la quinta y, en algunas cajas, también la cuarta. Cuando se trata de una marcha de este tipo, la relación es (por ejemplo) 0,8 a 1; por cada 0,8 vueltas que le llegan del motor, transmite 1 al diferencial.

En el diferencial existe una nueva reducción que se expresa de la misma forma. Si un diferencial o grupo tiene una relación de 3,5 a 1, quiere decir que de 3,5 vueltas que le llegan del cambio, se transmite sólo 1 vuelta a las ruedas.

- Trenes epicicloidales. Se explica en el siguiente apartado.
- Variador continuo. Explicado en el documento principal (1.3.5)

1.1 TÉRMINOS RELACIONADOS

1.2.1 Tren epicicloidal

Este mecanismo está formado por (Figura 44):

- Piñón central o planeta. Es el elemento central.
- Satélites. Son los engranajes dispuestos alrededor del planetario. En la Figura 44 se muestran dos para mayor claridad, pero en la práctica se utilizan tres para cada corona.
- Corona. Es el anillo dentado interior que hace encajar los con el planetario.

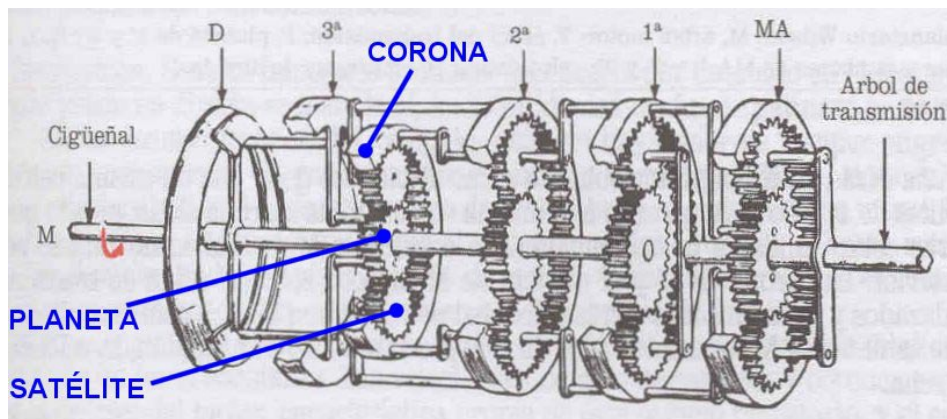


Figura 44. Trenes epicicloidales de un cambio de 4 velocidades más marcha atrás

Cuando los tres engranajes giran libremente, el epicicloidal no transmite movimiento. En cambio, si se bloquea uno de ellos, los otros dos funcionan como un engranaje normal, con la correspondiente relación entre sus dientes. Si se bloquean dos de los engranajes, el epicicloidal transmite el mismo movimiento que recibe. Lo interesante de los trenes epicicloidales es que cualquiera de los tres elementos puede ser el que reciba la fuerza del motor y cualquiera de los otros dos el que la transmita al diferencial

Para introducir cada marcha hay que frenar en cada caso la corona correspondiente. La inserción de cuarta (o directa) se realiza acoplado el embrague D.

1.2.2 Cambio semiautomático

En realidad, la aparición del cambio semiautomático es previa a la del automático. La selección de marchas en los primeros engranajes epicicloidales se realizaba manualmente, de forma que apenas difería de un cambio manual. Pero pronto surgieron sistemas en los que el conductor no accionaba directamente el cambio, sino un servo mando. El cambio francés Cotal destacó inicialmente por su selector electromagnético, que funcionaba con palancas en el volante. De esta forma los Delage y Delahaye que incorporaban cambio Cotal (Figura 45) ya a finales de los 30, se adelantaron a los Formula 1 con palancas en el volante. Otra marcas desarrollaron sistemas similares ya en los 50, como el Wilson que equipaban Talbot y Armstrong Siddley, o el Getrag de Goggomobil.



Figura 45. Cambio semiautomático Cotal con dos palancas selectoras

1.2.3 Overdrive

Se trata un engranaje epicicloidal acoplado a la salida de la transmisión que permite alargar el desarrollo de la última marcha. Se puede conectar sin tener que pisar el embrague. Por ejemplo, una caja de cuatro marchas más *overdrive* equivale a una de cinco. Hoy en día, prácticamente está en desuso.

El mecanismo dispone de una rueda libre y un engranaje planetario (Figura 46) compuesto por un planeta P (en este caso fijo e inmóvil), sobre el que ruedan varios satélites S. Los ejes de estos se unen formando una caja giratoria D que a su vez engranan con la corona dentada interiormente C, unida

al árbol de transmisión a las ruedas. Si D gira, los piñones S ruedan sobre P y arrastran en el mismo sentido a la corona C, que se moverá a una velocidad de rotación dependiente de los diámetros elegidos para S y P. Los engranajes se diseñan para que la velocidad de giro de la corona C resulte mayor que la de la caja de satélites D.

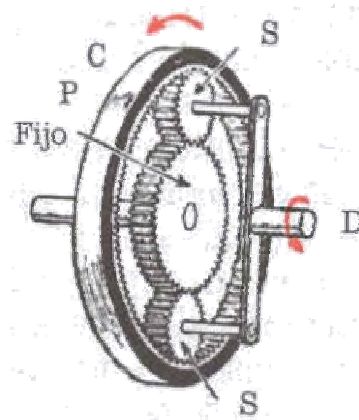


Figura 46. Mecanismo overdrive

1.2.4 Convertidor de par

El convertidor hidráulico se compone de tres elementos principales que forman un cuerpo por el que circula el aceite:

- Bomba o impulsor. Va unido al cigüeñal y gira a la misma velocidad que el motor; tiene forma de platillo con aspas curvadas en su perímetro interno. Impulsa el aceite hacia la turbina.
- Turbina. Es el elemento que va solidario el eje primario de cambio. Tiene también aspas, en este caso encaradas con las del impulsor, parece recibir el aceite eficientemente..
- Estator o reactor. Está situado entre los dos anteriores y va acoplado también al primario de la caja de cambios. En función de si está fijo o tiene libre el giro se denomina estator o reactor.

Con el coche parado, el impulsor y la turbina giran de forma independiente y el motor no arrastra el cambio. Pero cuando se acelera, la corriente de aceite que pasa por el reactor se hace cada vez más fuerte, hasta el punto de que la turbina y el impulsor se hacen solidarios.

Aun así, el convertidor hidráulico (Figura 47) no puede evitar una pérdida en la transmisión del par motor por resbalamiento de una parte sobre la otra (así es como se limita el aprovechamiento del motor, se pierde velocidad punta y se aumentan los consumos), por lo que existen cajas de cambios con bloqueos del convertidor, en las que un dispositivo mecánico une las dos mitades automáticamente.

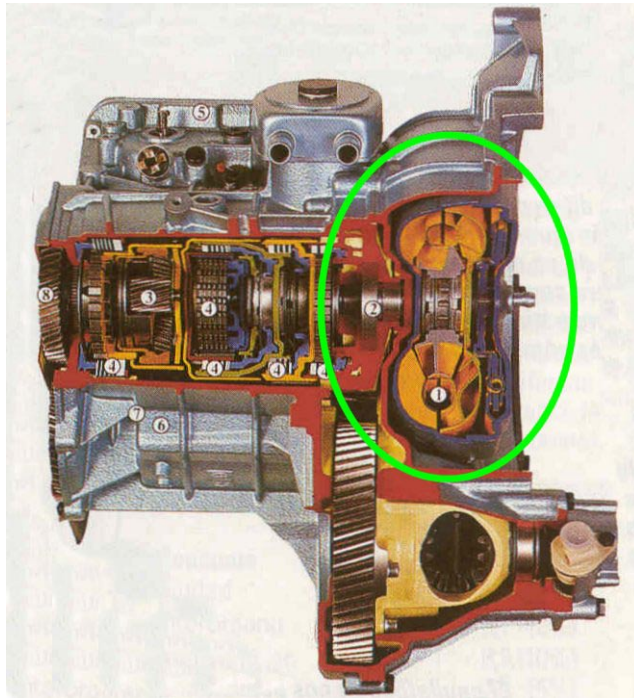


Figura 47. Situación del convertidor de par en una caja de cambios automática

Anterior a la aparición del convertidor de par, existía el embrague hidráulico (Figura 48). Éste a diferencia de aquél, no disponía de estator ya además sus álabes eran planos y no curvos. La utilización del estator conlleva un mayor rendimiento, ya que consigue convertir el resbalamiento en mayor esfuerzo de giro (par). Es decir, lo que se pierde en velocidad se gana en fuerza.

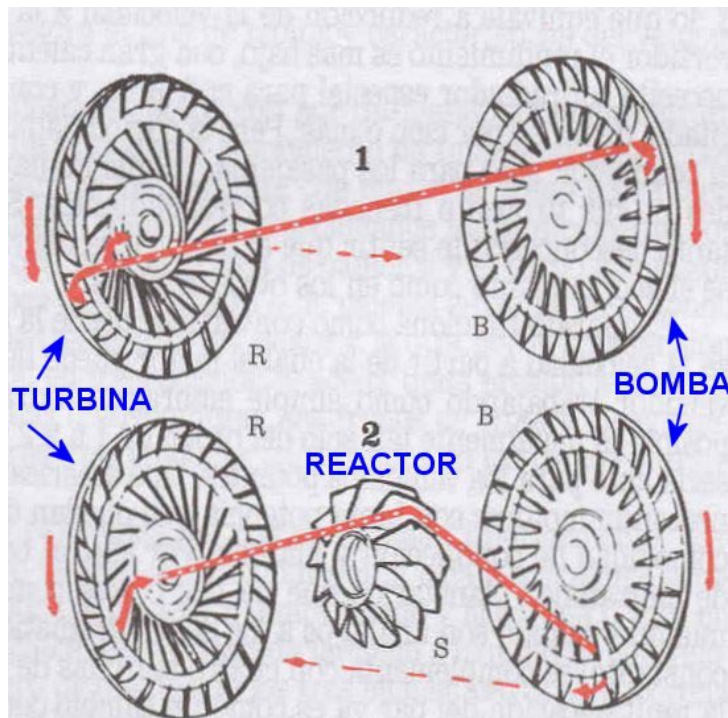


Figura 48. Embrague hidráulico (1) y convertidor de par (2)

1.3 ESQUEMA DEL CONJUNTO DE ENGRANAJES DE UNA MOTO

El principio de funcionamiento de la caja de cambios (Figura 49) se basa en igualar engranajes que están solidarios a su eje, con otros que giran locos. El desplazamiento de estos se realiza por medio de tres horquillas (en color azul). A continuación se explica que movimientos tienen lugar en la secuencia N-1-2-3-4-5-6:

N (punto muerto): es la posición que se muestra en la figura. Ejes primario y secundario tienen la posibilidad de girar libremente.

1ª: la horquilla B se desplaza hacia la izquierda y hace solidaria la corona de primera con la corona de quinta.

2ª: la horquilla B vuelve a su origen y la C se mueve hacia la derecha para que la corona de segunda deje de girar loco.

3ª: la horquilla C se desengancha y se desplaza hasta el extremo izquierdo.

4ª: la horquilla C vuelve a su posición neutral y la B se mueve hacia la derecha.

5ª: la horquilla B vuelve a su posición y la A se traslada hacia la izquierda.

6ª: la horquilla A se desplaza hasta el extremo opuesto.

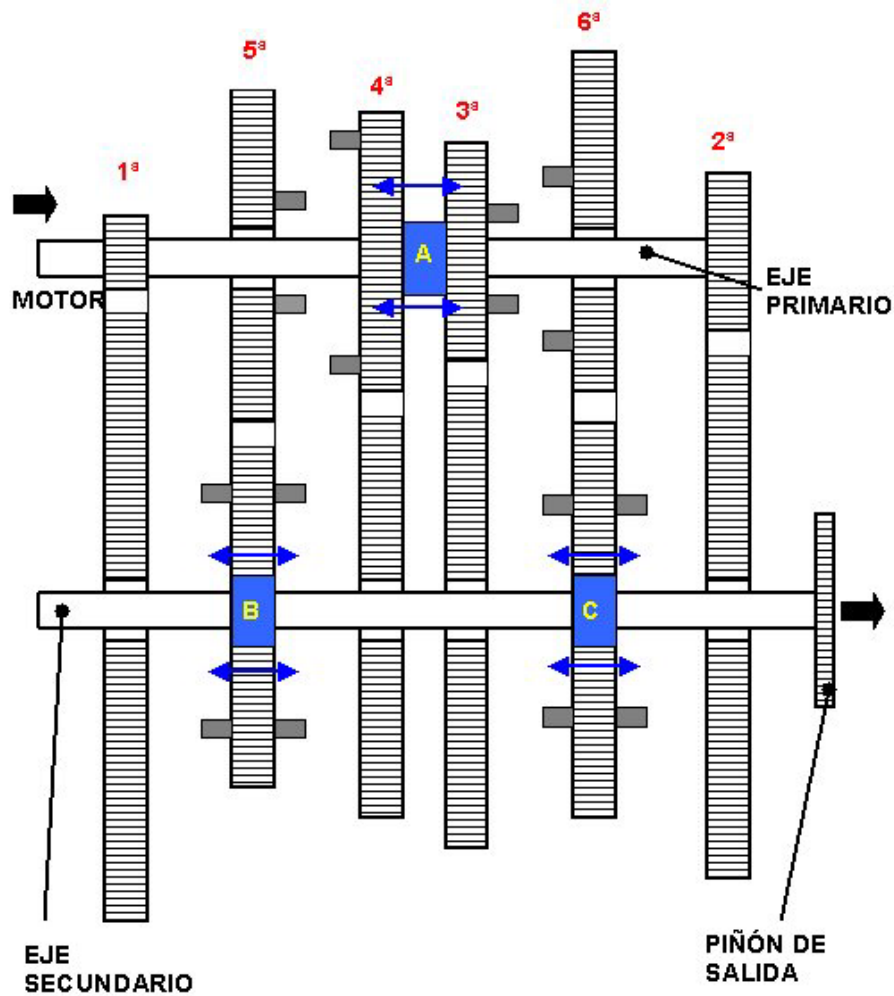


Figura 49. Esquema del conjunto de engranajes

1.4 CURIOSIDADES

1.4.1 Selección desde volante y palanca, ¿cuál manda?

En los sistemas con mandos en el volante, tiene prioridad siempre la orden que recibe la palanca si se accionan los dos sistemas a la vez. Esto se debe a que es más fácil pulsar un mando en el volante por error (al tomar una curva, por ejemplo) que hacerlo con la palanca.

1.4.2 Movimiento de la palanca en cambios secuenciales

Existen diferentes modos a la hora de seleccionar las marchas desde el mando de una caja secuencial:

- Mediante toques longitudinales. Es lo más común. Sin embargo, no todas las marcas utilizan el mismo criterio a la hora de decidir qué sentido de la palanca elegir para subir o bajar marchas. Las marcas como BMW (SMG II), Mercedes (Sequentronic) y Toyota (SMT), por ejemplo, utilizan toques hacia delante para reducir. Parece lo más intuitivo, ya que de esta forma al acelerar y desacelerar, la propia inercia te acompaña a realizar las operaciones de cambio.
- Mediante toques transversales. No es tan habitual. Lo utiliza por ejemplo Chrysler en su Autostick.
- Mediante toques transversales de bloqueo (falso secuencial). En 1998, Mercedes estrenó en su Clase S un cambio algo diferente a un cambio secuencial "normal". Mediante toques transversales, lo que se hace es eliminar la posibilidad de que el cambio engrane ciertas marchas. Por ejemplo, al seleccionar cuarta, se inhibe el paso a quinta, pero deja abierta a la gestión del sistema la elección de la marcha más adecuada.

1.4.3 Protecciones electrónicas en los cambios secuenciales

Por lo general, los cambios aprovechan las virtudes de la electrónica para imponer ciertas leyes que impidan realizar ciertas operaciones que pongan en aprietos a la mecánica. Así, por ejemplo, se prohíbe introducir marchas demasiado cortas (sobrerrégimen) o demasiado largas (peligro de calentar el motor).

Por otro lado, existen cambios que evitan sólo lo primero (Shiftronic de Hyundai), y otros sólo lo último (E-Shift de Lexus, Geartronic de Volvo y el “falso secuencial” de Mercedes son algunos ejemplos).

Por último, cambios como el SMG II de BMW y el SMT de Toyota permiten total libertad en el manejo secuencial.

1.4.4 ¿Es más rápido un cambio secuencial que uno manual?

En general, únicamente un piloto bien entrenado puede cambiar tan rápido o más que un cambio secuencial, pero no será capaz de hacerlo igual una y otra vez.

Los cambios más rápidos los realizan el SMG II de BMW y el F-1 de Ferrari, que invierten 80 milésimas de segundo, siempre según datos ofrecidos por los propios fabricantes.

Sin embargo, hay que matizar que durante ese tiempo no ocurre el cambio completo. Según palabras de Roberto Fedeli (director de desarrollo de Proyectos de Ferrari), esos 80 milésimas se refieren únicamente a la fase de engrane. En realidad, el cambio “neto” se sucede en unas 220 milésimas (registrado en telemetría como el tiempo desde que el coche deja de acelerar hasta que se vuelve a registrar el empuje). Durante ese tiempo se sucede lo siguiente: corte de la inyección, preparación del selector del cambio, comienzo de embrague, trabajo de los sincronizadores, movimiento de engrane, ajuste del régimen con el gas, fin de embrague y vuelta a abrir gas.

BMW y Ferrari dicen que existen pocas posibilidades de realizar más rápido el enclavamiento (las 80 milésimas), porque los sincronizadores tienen que trabajar. En cambio, en lo que sí se puede ganar mucho terreno es en el tiempo restante de los 220 milésimas. Un tiempo en el que cada fabricante decide cuándo abre / cierra el embrague; cuándo decide forzar el sincronizador; cuál es la estrategia de mariposa e inyección para cortar, para acondicionar velocidades de giro, para reaccelerar, etc., y de jugar en el equilibrio de eficacia / confort. La dificultad reside en el software, no en la potencia de cálculo de los ordenadores. Hay que tener en cuenta los desgastes, el correcto trabajo en todo el rango de temperaturas, etc.

Esto se puede mejorar a los niveles de la Fórmula 1 o de los rallies, pero sólo si se desarrolla un cambio específico, pesado para una gestión completamente autónoma, con descomunales fuerzas de actuación y muy rápidas. Además, se prescindiría de los sincronizadores, que ralentizan el proceso, en sacrificio del confort.

MANUALES DE AUTOMOCIÓN

tecnun

CAMPUS TECNOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATEKO CAMPUS TEKNOLOGIKOA
Escuela Superior de Ingenieros • Ingeniaren Goi Mailako Eskola

www.tecnun.es/automocion

