



I.E.S. SAN BLAS- MADRID

ALUMNOS:

**CÉSAR GALLARDO CALATRAVA
ROBERTO AGUIRRE FERNANDEZ**

TUTOR:

FERNANDO FERNANDEZ

ÍNDICE

Cajas de cambios	Pág. 1
Clasificación cajas de cambios	Pág. 1
Cambio manual de dientes helicoidales	Pág. 2
Cambio manual de dientes rectos	Pág. 2
Caja de cambios de embrague pilotado	Pág. 3
Cambios robotizados	Pág. 3
Selespeed (Alfa Romeo – Fiat)	Pág. 4
F1- (Ferrari)	Pág. 8
Smg II y Smg III (BMW)	Pág. 9
Sequentronic (Mercedes)	Pág. 12
Dsg (Volkswagen-Audi)	Pág. 14
Otros cambios	Pág. 19
Cambio automático manuales	Pág. 21
Turbo Embrague con Caja de Cambios Desplazables	Pág. 21
Turbo Embrague con Caja de Cambios Automática de Engranajes Planetarios	Pág. 22
Convertidor de Par con Caja de Planetarios Prácticamente Automática	Pág. 22
Cajas de Cambio Automáticas electrónicas	Pág. 24
Gestión electrónica Sencilla	Pág. 24
Inteligentes o Autoadaptativas	Pág. 24
Automáticas Secuenciales	Pág. 25
Variadores CVT	Pág. 26
Variador continuo	Pág. 26
Variador de Cambio Toroidal	Pág. 28
Videos de sistemas de cajas robotizadas	Pág. 30
Bibliografía	Pág. 30

Caja de cambios:

La caja de cambios es un conjunto mecánico que se intercala entre el embrague y el diferencial, capaz de transmitir y transformar el par motor, manteniéndolo en un régimen óptimo; de tal manera que el vehículo sea capaz de subir y bajar pendientes, parar o invertir el sentido de giro de las ruedas, adaptando la velocidad según la distintas condiciones de marcha.

La misión del cambio es aprovechar al máximo la potencia del motor, actuando como un reductor de las revoluciones del motor, en primera, segunda, tercera y cuarta velocidad; en quinta y sexta, las revoluciones que salen de la caja son mayores que las de entrada.

Calcificación de Cajas de Cambios:

*** Manuales:**

- De Dientes Helicoidales.
- De Dientes Rectos.
- Con Embrague Pilotado Electrónicamente.
- Secuenciales o Robotizadas.

*** Automáticas:**

- *Mecánicas:*
 - Turbo Embrague con Caja de Cambios Desplazables.
 - Turbo Embrague con Caja de Cambios Automática de Engranajes Planetarios.
 - Convertidor de Par con Caja de Planetarios Prácticamente Automática.
- *Electrónicas:*
 - Con Gestión Electrónica Sencilla.
 - Inteligentes o Autoadaptativas.
 - Automáticas Secuenciales.

*** Variadores CVT:**

- Continuo.
- Toroidal.

A continuación hablaremos de cada una de las cajas de cambio citadas en el esquema anterior y las analizaremos. En este trabajo nos centraremos más en las Cajas Manuales Robotizadas.

Caja Manual de Dientes Helicoidales:

Las cajas de cambio manuales, el conductor selecciona la velocidad inicialmente y según la necesidad de la marcha, cambia a otras velocidades manualmente.

Este tipo de cambio esta formado mecánicamente por ejes con ruedas dentadas helicoidales que giran sobre rodamientos. Los ejes se montan paralelamente. La selección de la marchas en esta caja se realiza en tipo H. Puede ser utilizada en motores transversales y longitudinales.



Engranajes Helicoidales

Dicho conjunto de caja es el más utilizado hasta ahora en el continente Europeo.

Caja Manual de Dientes Rectos:

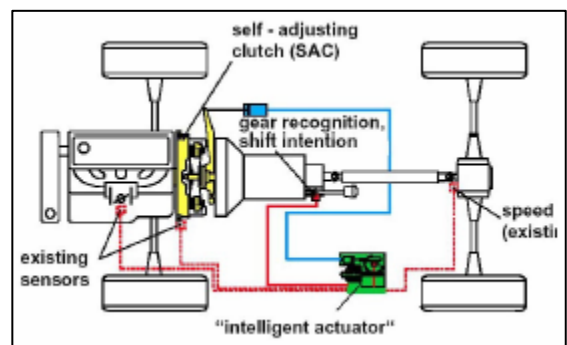
Este tipo de caja fue la más utilizada antiguamente hasta que se diseñó los engranajes de dientes helicoidales. Actualmente se usa para vehículos deportivos, de competición y motocicletas. Este tipo de engranajes rectos transmiten perfectamente el par motor, pero sufren un excesivo desgaste. La constitución de la caja es similar a la caja de dientes helicoidales.



Engranajes Rectos

Cajas con Embrague Pilotado Electrónicamente:

Caja de cambios manual en la que se le dota de un dispositivo que se encarga de automatizar el acoplamiento del embrague, por tanto no existe el pedal de embrague. 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. Reduciendo el trabajo del conductor y aportando dos funciones muy prácticas: el coche no se cala nunca y tampoco se va hacia atrás cuando se arranca en cuesta. También hay ventajas mecánicas, ya que el sistema alarga la vida del embrague gracias a que la electrónica se encarga de utilizarlo de la forma más correcta. El inconveniente de este cambio es que para insertar las marchas es preciso levantar un poco el pie del acelerador tal y como se hace con un embrague normal. 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).



Esquema Embrague Pilotado

Caja de Cambios Secuenciales o Robotizados:

Este tipo de cambios es una evolución de la caja de cambios de embrague pilotado electrónicamente. En la que ahora incluimos inserciones e marchas controladas electrónicamente. Tampoco lleva 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 nada más que transmisiones manuales con los dispositivos necesarios para automatizar las operaciones de cambio de marchas.

Su ventaja se basa en un cambio manual, de modo que no penaliza las prestaciones y los consumos respecto de aquellos que derivan de las transmisiones automáticas. 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 helicoidales.

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 marchas, o de elevar el régimen de giro al reducir (imitando la técnica punta tacón).

La mayoría de este tipo de automatismos puede funcionar en modo automático e incluso algunos incorporan botones o levas en el volante para cambiar de marchas. La selección de marchas puede realizarse por la palanca mediante toques hacia arriba y abajo, algunas marcas utilizan toques hacia delante para reducir pareciendo lo más intuitivo, ya que de esta forma al acelerar y desacelerar, la propia inercia te acompaña a realizar las operaciones de cambio; la otra opción es mediante toques transversales a izquierda o a derecha, no es lo habitual, lo utiliza por ejemplo Chrysler en su Autostick. En los sistemas con mandos en el volante, tiene prioridad siempre la orden que recibe la palanca si se acciona a la vez junto con el volante. Esto se debe a que es más fácil pulsar un mando del volante por error (al tomar una curva, por ejemplo) que hacerlo con la palanca.

Por lo general, los cambios aprovechan las virtudes de la electrónica para imponer ciertas leyes que impidan realizar ciertas operaciones que pongan en aprietos la mecánica. Así, por ejemplo, se prohíbe introducir marchas demasiado cortas (sobrerregimen) o demasiado largas (peligro de calar el motor). Por otro lado existen cambios que evitan solo lo primero (Shiftronic de Hyundai), y otros solo lo ultimo (E-Shift de Lexus, Geartronic de Volvo y el “falso secuencial” de Mercedes son algunos ejemplos). Cambios como el SMG II de BMW y el SMT de Toyota permiten total libertad en el manejo secuencial.

Salvo algún caso particular, 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.

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.

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.

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

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):



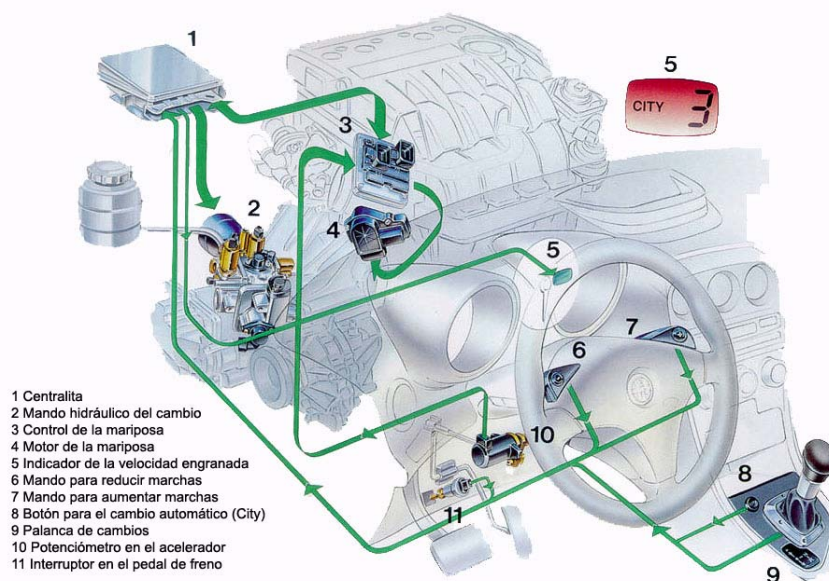
Caja de cambios manual de cinco velocidades derivado del cambio F1 de Ferrari (el comercial, no el de competición), no llega al carácter deportivo del F1, es más suave y lento. Logra casi los mismos registros en función a prestaciones, recuperaciones y consumo que un cambio manual.

Este cambio lleva dos modos de funcionamiento:

- Secuencial:
Desde palanca tradicional o levas en el volante (derechas para subir e izquierda para reducir). Dentro de este modo tenemos una opción normal (el 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 se muestra en un display en el tacómetro.

Funcionamiento:

El selespeed utiliza un sistema hidráulico, en que una bomba electro hidráulica gestionada por una centralita (de la casa Magneti Marelli), produce la energía para las operaciones del sistema. Todo el conjunto se encarga tanto del embrague como de las marchas.



Presurización del circuito hidráulico, se presuriza de dos maneras:

- Abriendo la puerta del conductor, adquiere la presión máxima para permitir el cambio de marchas, sin esperar a que el circuito hidráulico tenga que cargarse.
- Con la llave en ON, la centralita recibe alimentación (la recibe hasta que pase a OFF y la velocidad del motor y el vehículo sea 0).



Electro bomba

Encendido/arranque del vehículo, Al poner la llave de contacto el motor arrancará mediante el relé de arranque. Cuando el conductor pone el contacto la centralita comprueba si el conductor ha pisado el freno, en caso afirmativo el sistema se posiciona en “N” y consiente el arranque. Se ha previsto un arranque de emergencia, si no hay batería y el sistema esta bien presurizado, empujando el vehículo (con embrague abierto), alcanzando la velocidad suficiente, se solicita el embragado de una marcha mediante la palanca de selección de marchas, el sistema embraga una marcha superior ó igual a la 2ª, para así arrancar el motor.

Funcionamiento con motor apagado, por motivos de seguridad, cualquier petición de marchas mediante la palanca incluido el P.M, se acepta sólo si el conductor mantiene pisado el pedal de freno. Todas las marchas se pueden embragar con motor apagado y servicios eléctricos activos.

Salida del vehículo Las marchas que pueden embragarse, con motor en marcha y vehículo parado son: 1ª, 2ª y M.A; estas relaciones sólo se pueden seleccionar moviendo la palanca. Para solicitar el embragado es indispensable, por motivos de seguridad, mantener pisado el pedal del freno. Para embragar la M.A, además de las condiciones indicadas arriba, también es necesario que el vehículo esté parado (revoluciones cero). La salida del vehículo sólo se produce si el conductor pisa el pedal del acelerador (soltando el del freno); a partir de ese momento el sistema embraga poco a poco el embrague para que el vehículo acelere.

El conductor puede dosificar el par transmitido por el embrague modulando la posición del pedal acelerador. Soltando el acelerador, el embrague se debe acoplar poco a poco al alcanzar un umbral mínimo de revoluciones motor. Cuando el sistema detecta sincronismo entre las revoluciones del motor y las del embrague, procede al acoplamiento completo del embrague. Con cada una de las tres velocidad permitidas para la salida, se aplica un mapa específico de acoplamiento del embrague. En fase de salida el conductor puede solicitar el cambio de marcha; durante esta maniobra el sistema es capaz de gestionar dicha petición.

Acoplamiento automático del embrague en descenso con pedal del acelerador suelto:

Si el vehículo con marcha embragada, acelerador suelto y motor arrancado toma velocidad al estar en descenso, al alcanzar una velocidad determinada, automáticamente cierra el embrague para suministrar freno motor al vehículo. Si en esta

fase el conductor pisa el pedal del acelerador, el control del par transmitido por el embrague pasa de nuevo a estar controlado directamente por el conductor. Este acoplamiento automático del embrague se interrumpe si el vehículo se mueve en dirección opuesta a la marcha embragada.

Aminoración del vehículo

En fase de aminoración, por ejemplo con marcha embragada y pedal del acelerador suelto, el sistema desacopla automáticamente el embrague para evitar que se pare el motor cuando se acerque al ralentí. Este desacoplamiento se produce a una velocidad del motor que depende del nivel de aminoración y los mandos ejecutados por el conductor (freno pisado o no pisado). En fase de aminoración, si la marcha embragada es superior a la 2ª, se ordena automáticamente el paso a una marcha inferior. Cuando el vehículo se detiene se embraga automáticamente la 1ª marcha.

Cambio de marcha con la palanca (modalidad de funcionamiento semiautomático)

Con vehículo en movimiento y embrague totalmente acoplado, la petición UP o DOWN del conductor mediante la palanca de mando marchas provoca un cambio de marcha. Las peticiones son aceptadas por el sistema sólo si son compatibles con los límites de revoluciones mínimas y máximas del motor. Por lo general, el accionamiento de la palanca da lugar al incremento o reducción de solo una relación de marcha. Sin embargo, en algunas situaciones operativas, el cambio de marcha puede ser superior a una si es solicitado por el conductor con un doble accionamiento rápido. La maniobra de cambio de marcha realizada por el conductor sin soltar el pedal del acelerador en caso 'up', tras ser aceptada por el sistema, se ejecuta con una secuencia automática de fases que secundan el comportamiento del conductor:

- Reducción del par motor mediante una orden enviada por el sistema al control motor y simultáneo desacoplamiento del embrague.
- Acoplamiento modulado del embrague y simultáneo retorno gradual al par máximo que puede suministrar el motor a las nuevas revoluciones, cuando el sistema detecta el sincronismo entre las revoluciones del motor y las del embrague ordena el acoplamiento completo de este último.
- Desembrague, selección y embragado de la nueva marcha al mismo tiempo que el cambio de marcha, se gestiona el control del motor para intentar que alcance las revoluciones que tendrá el embrague después de embragar la nueva relación.

La nueva marcha se embraga en función de:

- Prestaciones estimadas demandadas por el conductor
- Estimación de la temperatura de la transmisión.

Un cambio de marcha en ejecución se puede detener en cualquier momento con una nueva petición del conductor sólo si ésta es aceptable (compatible con los límites inferior y superior de revoluciones del motor).

Las secuencias de comando de los actuadores durante el cambio de marcha están acompañadas de un tiempo de espera; es decir si el cambio de marcha no se produce con éxito, se repite una primera vez comenzando desde el punto muerto, después se embraga la marcha superior a la deseada.

Petición de punto muerto del cambio:

Esta petición es prioritaria respecto a todas las demás peticiones de marcha y sólo se realiza mediante la palanca. Con motor parado, como ya se mencionó, es necesario mantener pisado el pedal del freno. Con vehículo en movimiento esta petición de punto muerto se acepta con un umbral de velocidad del vehículo predeterminado (80 [km/h]).

Apagado del motor y del sistema:

Girando la llave del vehículo a la posición OFF, el motor se apaga y el sistema mantiene la marcha embragada. El sistema se desactiva sólo tras comprobar que las tres velocidades son nulas: motor, entrada del cambio y salida del cambio, y después de haber guardado los datos funcionales y de diagnosis en la memoria estable de la centralita (EEPROM). El apagado se produce un máximo de 5 segundos después de vehículo parado y motor apagado. Si se gira la llave de contacto a la posición OFF cuando el cambio está en punto muerto, el sistema advierte al conductor mediante un avisador acústico.

Información para el conductor (pantalla y avisador acústico).

El sistema debe informar al conductor mediante:

- La pantalla: funcionamiento en 'Manual' y marcha embragada, funcionamiento en 'Auto', modalidad ECO o SPORT y marcha en la que se encuentra, avería en el sistema
- Avisador acústico: uso inadecuado del vehículo, vehículo inseguro, avería en el sistema.

A continuación se citan algunos ejemplos de uso inadecuado:

- Salida con embrague recalentado.
- Si el sistema se apaga con vehículo en punto muerto, el avisador acústico debe advertir del peligro de abandonar el vehículo apagado sin la marcha de aparcamiento.



Palanca de cambios

- Automático:

El cambio robotizado está provisto de una modalidad de funcionamiento automático similar a la de los cambios automáticos convencionales. La selección de la relación a embragar se efectúa en un mapa (doble) que relaciona la posición del pedal acelerador, la

velocidad de accionamiento del pedal acelerador, la velocidad del vehículo y la marcha más adecuada. El mapa doble tiene en cuenta que en modalidad AUTOMÁTICO se puede seleccionar (con el pulsador del túnel) una doble gestión de la modalidad definida previamente ECO (ahorro) y NORMAL, con una conducción más deportiva. En ciertas condiciones, si se suelta el pedal del acelerador el sistema no alarga la marcha para mantener el freno motor.

La modalidad de ejecución del cambio de marcha es igual a la prevista para el funcionamiento en semiautomático con la palanca y utiliza los mismos parámetros de control de los actuadores del cambio y el motor. El embragado automático se produce sólo mediante la palanca, situándola de forma inestable en una determinada posición, el desembragado se produce mediante réplica de la maniobra de embragado.

Los puntos negativos del selespeed son:

- Las maniobras a baja velocidad, al principio resultan algo complicadas (sobre todo en cuestas) ya que no podemos controlar del todo el embrague y nos debemos ayudar con el pie izquierdo en el freno.
- En modo city el cambio no resultan tan suave como un cambio automático convencional.
- En modo secuencial el sistema interviene para evitar meter una marcha muy larga o muy corta. Por tanto, no actúa al 100% como un cambio manual. En este mismo modo el cambio es algo brusco ya que si no levantamos ligeramente el pie del acelerador, el motor corta inyección.
- En carreteras muy viradas es incómodo seleccionar los botones o levas del volante.

F-1 (Ferrari)



El modelo 575M Maranello, ofrece la última evolución del cambio F-1. Se trata de una transmisión de seis velocidades cuya posibilidad tiene un doble manejo:

-Secuencial: Los cambios se pueden realizar a través de la palanca de cambios o mediante las levas del volante. Existe un modo sport para conducción deportiva.

-Automática: El modo de arrancado bautizado como “launch control”, en el que es preciso desconectar el control de tracción (ASR), manteniendo el pedal del freno pisado con el pie izquierdo y activando el modo sport de la suspensión-gestión del cambio; el embrague solo se libera al soltar el freno, al régimen de motor que se fije con el acelerador. Con el modo sport activado y pisando el acelerador en más del 75% de su recorrido, los cambios se suceden en 80 milisegundos.



SMG II (BMW)



Basados en su experiencia en los trazados automovilísticos deportivos, BMW y la empresa Getrag, Sachs y Siemens desarrollaron la caja secuencial M (SMG II), cuya segunda generación se monta en el BMW M3, trasladando así la tecnología desarrollada en los autos de carrera a los vehículos de serie.

La SMG II es una avanzada evolución de la SMG original. La nueva versión no solo tiene la palanca de cambios secuencial convencional, sino que también dispone de dos teclas en el volante. Así será el conductor quien decida como quiere manejar. Las teclas del volante contribuyen a mejorar el nivel de seguridad activa, ya que usándolas, el conductor no tiene que apartar las manos del volante.



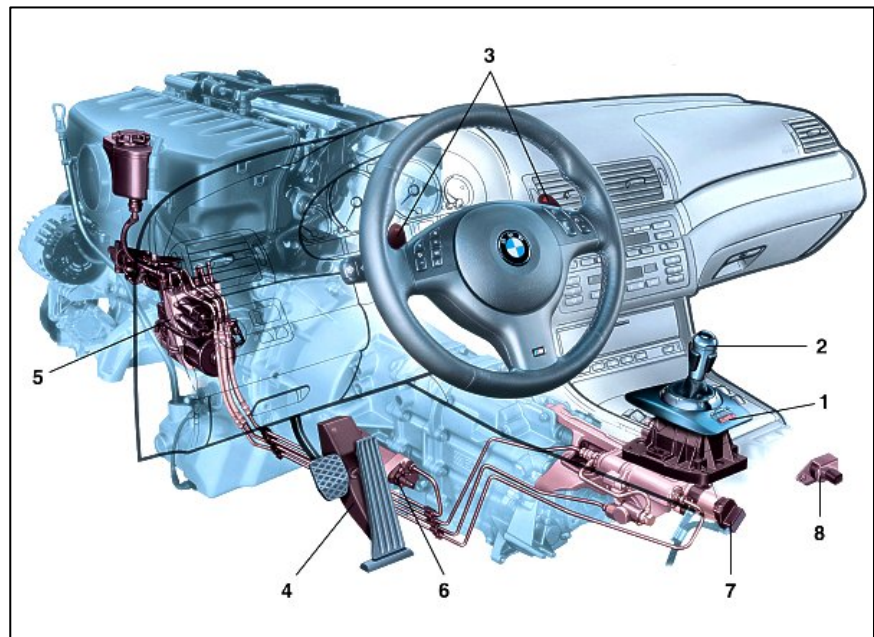
Al estilo de los autos de la Fórmula 1, la nueva caja SMG combina la posibilidad de cambiar de marchas secuencialmente y de optar por la modalidad de cambios automáticos. De esta manera el conductor puede elegir entre un cambio secuencial (S) o cambio automático (A). Con la Drivelogic se adaptan las características del cambio de velocidades del sistema SMG al estilo de manejo del conductor, para lo cual dispone de 11 programas diferentes. Cuando el conductor recorta la marcha, el sistema ejecuta automáticamente un desembrague doble. A diferencia de una caja de cambios automática, la transmisión SMG no dispone de un convertidor de par que consume mucha energía y reduce las prestaciones del automóvil. Con esta caja SMG las prestaciones son ligeramente superiores a las logradas con la caja manual, y además los tiempos conseguidos siempre pueden repetirse. Esta transmisión permite conducir con mayor seguridad y de manera más relajada, pues no hay que estar pendiente de los cambios de velocidad. Los diodos luminosos (shift lights) en el tacómetro indican el momento óptimo para hacer el cambio de marcha, con lo cual se aprovecha al máximo la potencia.



En el modo S, con el sistema Drivelogic el conductor adapta manualmente la dinámica de los cambios de marcha, eligiendo su preferido entre seis programas, que comienzan con el S1 que permite una conducción dinámica reposada, arrancando suavemente en segunda y engranando la 6ta. cuando la velocidad llega a 70 km/h. En el otro extremo está el programa S5 para un estilo de manejo deportivo, que arranca también suavemente, pero la sexta velocidad solo entrará cuando el velocímetro indique 130 km/h. Adicionalmente, en el modo secuencial, si está desconectado el sistema DSC (Control Dinámico de la Estabilidad), el conductor puede conectar la función S6, para manejar al más puro estilo deportivo, con cambios de marcha similares a los de un auto de carreras. Este programa no se aplica para conducir bajo condiciones normales, sino cuando hay la posibilidad de desplazarse por caminos solitarios o en un circuito. El funcionamiento del S6 es un poco diferente: una vez desconectado el DSC, se presiona y se mantiene hacia adelante la palanca de cambios, simultáneamente se pisa y se mantiene a fondo el acelerador, el sistema electrónico regula automáticamente el número de revoluciones por minuto hasta alcanzar el punto óptimo de arranque a 3500 rpm. Una vez que se suelta la palanca, el M3

sale disparado, las revoluciones suben rápidamente y las shift lights titilan para indicar el momento de cambiar de velocidad.

La caja secuencial M, incide en un mayor nivel de seguridad, pues en situaciones críticas, como por ejemplo al recortar la marcha sobre un pavimento húmedo, el sistema desembraga de inmediato, evitando el arrastre del motor y por tanto que el automóvil derrape. Es una caja fácil de usar, pues ya sea en modo S o en A, al detenerse el automóvil lo pone automáticamente en primera, y lo deja listo para arrancar.



En la modalidad A, la caja hace los cambios automáticamente en función del programa Drivelogic, del estilo de manejo, de la velocidad y de la posición del pedal del acelerador. En A1 se arranca suavemente en segunda. Si al acelerar la velocidad es superior a la mínima que exige el siguiente cambio, el conductor puede provocar ese engranaje con solo soltar ligeramente el acelerador. Lo que indica que en la modalidad A también se tiene la posibilidad de elegir el momento para embragar una velocidad más alta. Los diferentes sensores se encargan de detectar y tener en cuenta las condiciones de manejo del momento.

En las maniobras de adelantamiento, basta que el conductor mantenga el acelerador a fondo para que la caja reduzca las marchas y mantenga el empuje exigido.

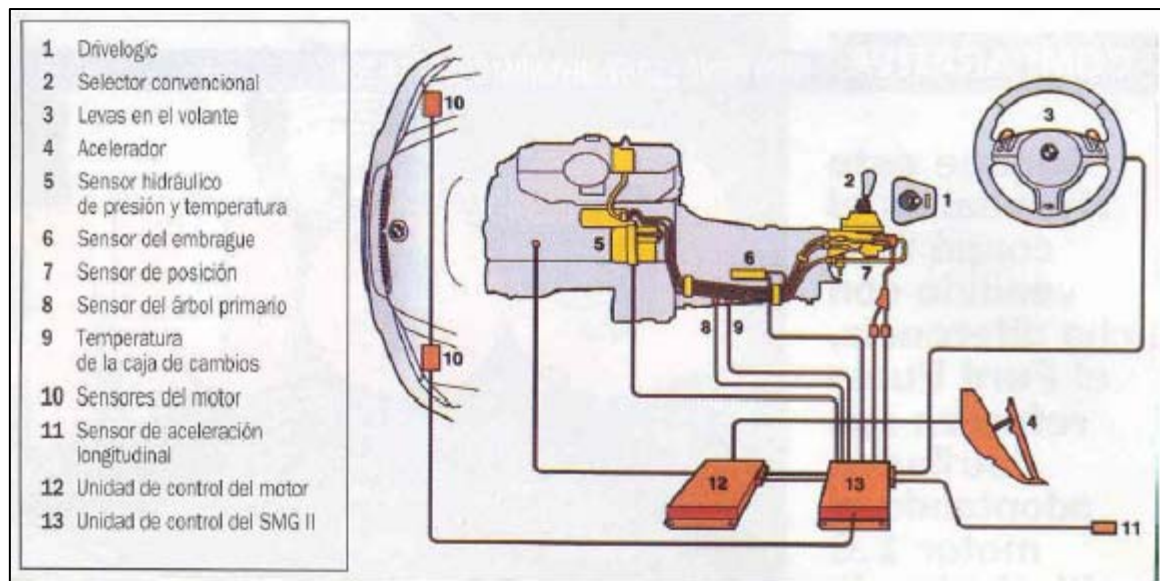
Todo este conjunto está controlado por un sistema de gestión electrónica del motor MS S54, desarrollado por BMW, que intercambia datos con la unidad de control de la caja de cambios secuencial M. Ambas unidades de control están conectadas entre sí mediante un bus de datos de alto rendimiento (SMG-CAN).

Once sensores del sistema SMG ejecutan las numerosas funciones especiales de la caja. Uno de ellos es un sensor de aceleración longitudinal mediante el cual es posible disponer de funciones tales como “ayuda en cuesta” o “detección de montaña”.

Ayuda en cuesta: Durante dos segundos se mantiene el motor a 1500 r.p.m. con el embrague bloqueado al pulsar la leva izquierda durante mas de un segundo.

En el BMW M3 los elementos de mando de la caja SMG funcionan “by wire”. Si está activada en modo A, la caja de cambios secuenciales M cambia de velocidad en función del programa seleccionado por el conductor a través del Drivelogic Control. Si se cambia de modo A a modo S, lo cual es posible aun con el automóvil en movimiento, el conductor puede subir los cambios ya sea con la tecla derecha del volante o con un ligero toque hacia atrás a la palanca anclada en

la consola central. Una señal luminosa debajo del tacómetro indica el modo y el programa activado, y la posición de la palanca.



Para recortar las velocidades, lo hará en sentido contrario, es decir con la tecla de la izquierda o con ligeros toques en la palanca de cambios hacia adelante. En esta operación, el sistema efectúa un desembrague doble, bajando las marchas con mayor rapidez y suavidad. Aun cuando pulsando las teclas varias veces seguidas es posible saltarse algunas velocidades, el sistema electrónico solo permitirá los cambios si las rpm del motor están en un nivel adecuado, evitando así que se sobre revolucione el motor.

En caso de fallar alguno de los procesadores de la unidad de mando de la caja de cambios, el sistema acude a las señales del procesador que funciona en paralelo, con lo que siempre se garantiza el buen funcionamiento del sistema.

En cuanto a la seguridad, se ha previsto, entre otras ventajas, que durante cuatro segundos el sistema evite que el automóvil se ponga en movimiento mientras la puerta del conductor esté abierta, si en ese mismo lapso de tiempo no se pisa el pedal del freno o del acelerador, automáticamente la caja se pondrá en neutro, hasta que el conductor active la palanca para poner el auto en movimiento.

Para el tipo de vehículo al que va dirigido, decepciona en cuanto al exceso de protecciones y el intrusismo de la electrónica en las ordenes del conductor (por ejemplo, el sistema inserta una marcha al llegar al régimen máximo). Muestra unas transacciones 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.



Actualmente el grupo BMW ha desarrollado la caja de cambios robotizada SMG III, la cual ha sido montada en el nuevo BMW M6.

Dicha caja de cambios es la evolución del sistema SMG II y en donde el sistema SMG III es un 20% más rápido en cuanto a las prestaciones de selección de marcha de la caja.

Este sistema SMG III tiene un gran inconveniente pero no solo se le puede achacar todo el inconveniente a dicho sistema si no al grupo motor en total, según BMW este sonido más ronco y deportivo es para distinguir el nuevo M6 del M5. Así es, para bien y para mal. Para bien porque se aprecia más el sonido del escape, que sigue siendo un increíble, penetrante y cautivador aullido metálico a medio régimen, entre unas 2.600 y 4.500 rpm, algo desgarrado, un poco afónico, sin que sea necesario bajar la ventanilla para escucharlo. También para bien al ralentí, porque tapa algo al del motor, que sigue sin ser una maravilla, sigue sonando a taqués, y a roce de correas, a gripado. Y para menos bien porque en baja el soplido grave y profundo del escape coge un registro algo resonante, retumbante y le hace perder un poco de calidad. Pero hay soluciones, cambiar de marcha o dar menos gas, pues es un sonido que se administra con el acelerador.

SECUENTRONIC (Mercedes-Benz):



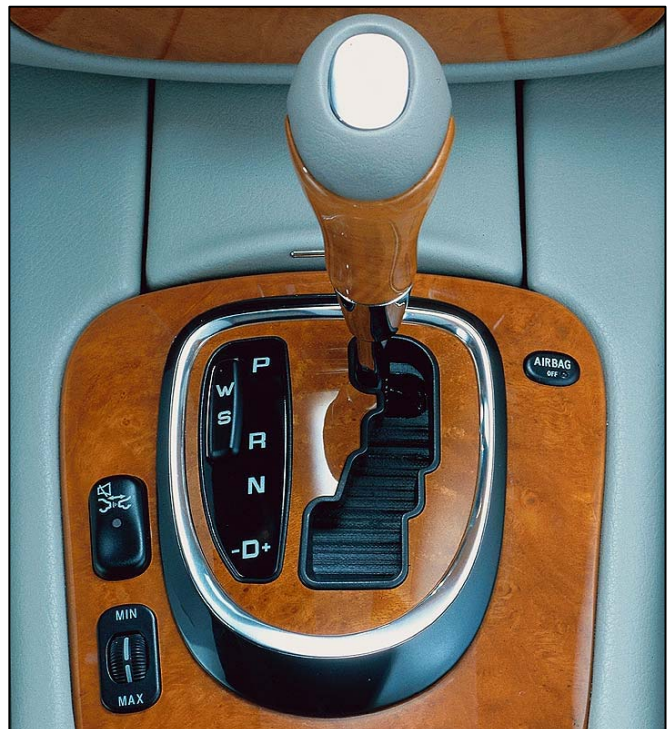
Transmisión de seis marchas con control electrónico de Magneti Marrelli. Lógica desarrollada por la propia Mercedes. El cambio permite dos modos de uso:

- Secuencial por medio de toques longitudinales.
- Automático auto-shift.

El cambio en modo pausado se realiza en menos de un segundo y en conducción deportiva en menos de 0.5 milisegundos.

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 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 para 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 ordenes del acelerador.



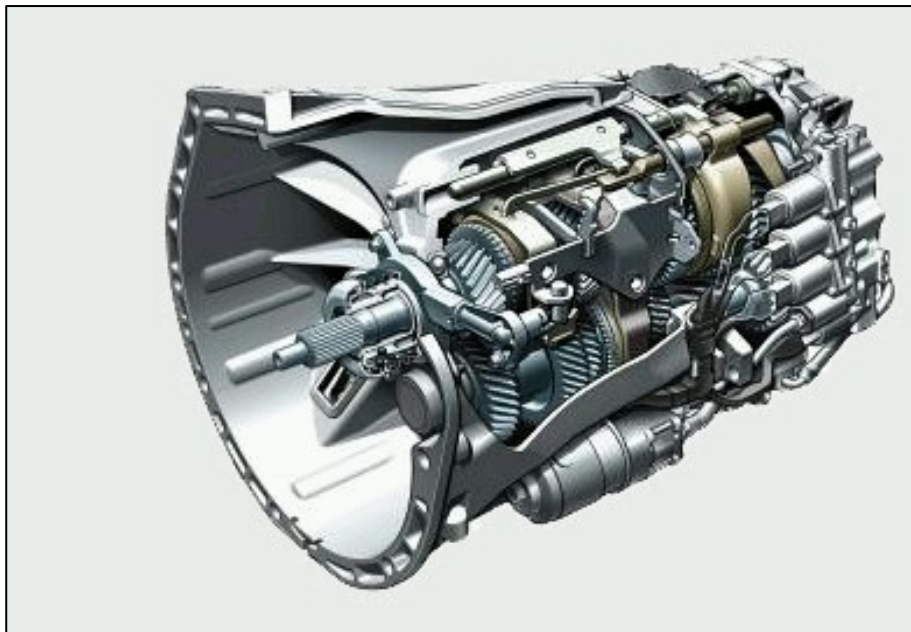
La marcha atrás se selecciona colocando la palanca en la posición R, operación que el sistema acepta cuando el vehículo es detenido o avanzando a una velocidad inferior de 5 Km./h.

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 r.p.m.) 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 revoluciones.

Algunos defectos achacables son:

- En modo automático no tiene la suavidad de un cambio automático con convertidor de par.
- Es incomodo cuando se cambio 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, si no que se impone la electrónica en algunas ocasiones.

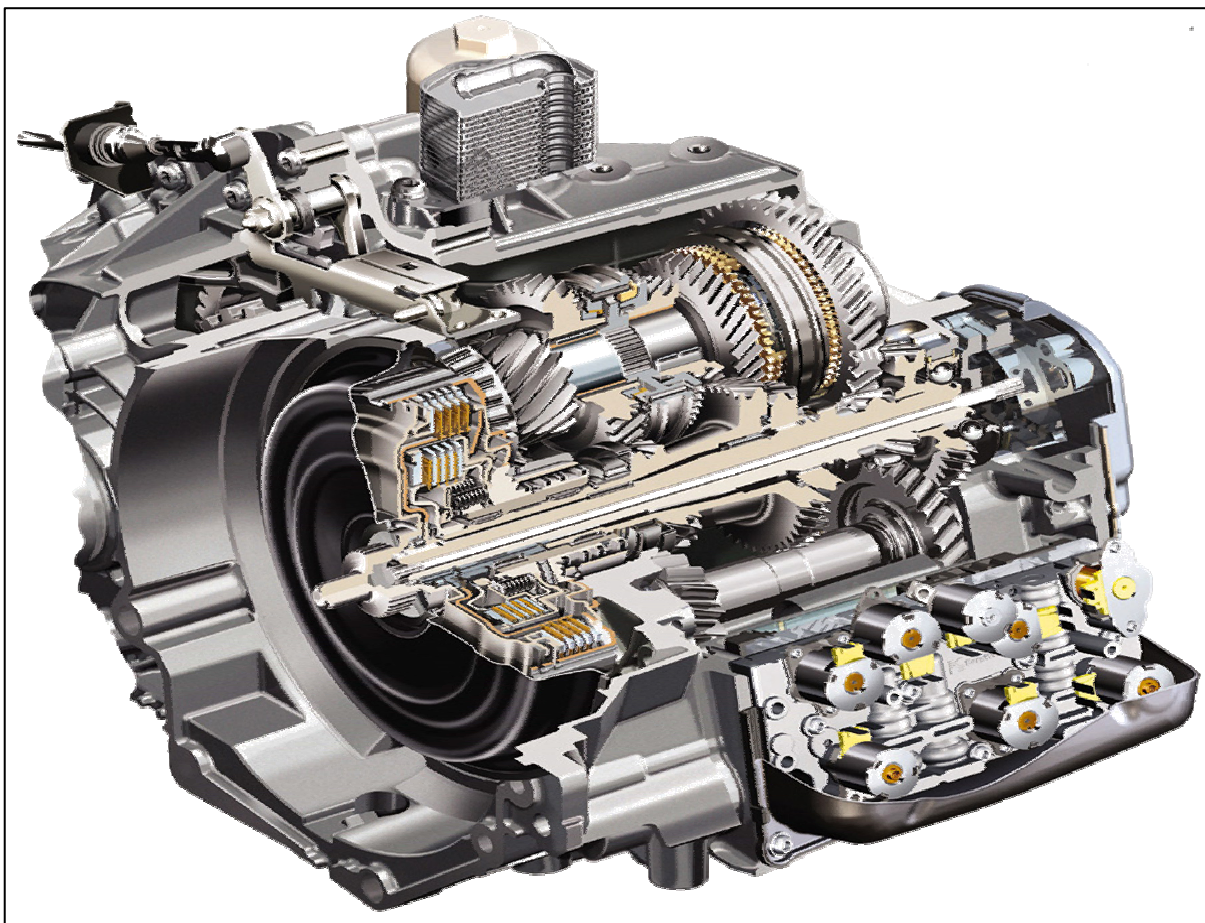


DSG (Direkt Schaltgetriebe):



Lo que distingue a este cambio es que prácticamente equivale a dos cajas de cambio normales, unidas y concéntricas: hay dos embragues, dos árboles primarios y dos árboles secundarios.

Al tener dos cajas de cambio juntas, el cambio no consiste en desengranar una marcha y engranar otra, sino en embragar una de las cajas y en desembragar la otra. Por eso puede haber dos marchas seleccionadas simultáneamente. Según Audi, este procedimiento es mucho más rápido que el de un cambio normal, y tiene la ventaja de que las ruedas nunca dejan de recibir fuerza del motor.



Según la información que ha dado Audi, solo hay preselección de marchas cuando el cambio funciona en modo automático, no cuando el conductor selecciona las marchas con los mandos secuenciales (en la palanca y en el volante).

Sin embargo, la impresión que nos ha dado a todos los que hemos conducido el coche es que, en modo manual (teóricamente sin preselección), cambia igual de rápido que en modo automático (teóricamente con preselección).

Otra cualidad del modo «S» es que permite hacer salidas desde parado obteniendo la máxima aceleración. Para ello hay que desconectar el control de estabilidad (ESP) pisar el pedal del freno (con el pie izquierdo) y acelerar a fondo. En esas condiciones el motor no pasa de 3.200 rpm. Al quitar el pie del freno, el motor da toda la aceleración posible.

En un cambio de pares de engranajes normal, el mecanismo que cambia de marcha es un desplazable que —al moverse— desconecta una marcha y conecta otra. En el cambio DSG hay también desplazables, pero dos de ellos pueden estar conectados simultáneamente. Cuando se circula en segunda, el desplazable de la tercera puede estar conectado.

El proceso de cambio de marcha lo hace un sistema de dos embragues. En el ejemplo anterior, un embrague está conectado a segunda velocidad y otro a la tercera. Cuando el coche circula en segunda, sólo el embrague correspondiente está embragado. Cuando cambia a tercera, se desembraga el del eje de la segunda y embraga el de la tercera.

El cambio tiene un control electrónico con las funciones normales y, además, determina qué marcha se preselecciona (si el coche va en tercera, se puede preseleccionar la segunda o la cuarta). En el modo automático hay un programa deportivo que lleva el motor más alto de vueltas; tarda más en aumentar marchas y menos en reducir.

Dicho cambio necesita un doble embrague bañado en aceite, tal y como se utiliza en competición. Combina las ventajas específicas de un cambio manual con las de un cambio automático escalonado. Eso significa, que se ha implementado en una transmisión la robustez, el alto nivel de efectividad, los bajos costes de fabricación y el alto nivel de placer de la conducción en virtud de los cambios directos, todo ello combinado con el confort de conducción y los cambios exentos de tirones, sin interrupción de la fuerza de tracción.

La combinación del cambio con un motor de montaje transversal requiere una construcción compacta.

El par del motor se inscribe en el cambio a través de un volante bimasa de inercia. En el módulo de dos embragues se instalan dos embragues multidisco de diferente diámetro, en disposición coaxial, insertados uno en otro.

Por mediación de ruedas con dentado helicoidal se transmite el par hacia los piñones móviles de los dos árboles secundarios. Ambos árboles secundarios atacan contra la rueda dentada para el grupo diferencial y lo impulsan correspondientemente.

Los dos árboles primarios están enchufados uno en otro. Su principio de alojamiento patentado consta de un cojinete fijo-flotante en la carcasa del cambio.

Ambos elementos de salida están estructurados para posibilitar el empleo de componentes procedentes de los cambios manuales de serie, tales como cojinetes, unidades de sincronización, manguitos de cambio y estriados de embrague. A una unidad de cambio del DSG están asignadas respectivamente las parejas de marchas 1 y 3, 2 y 4, así como 6 y la marcha atrás.

Las unidades de sincronización para las marchas 1 a 3 constan de sistemas de varios conos con sincronizadores de latón recubiertos en molibdeno.

De esta forma se consigue un alto rendimiento de sincronización en tiempos muy cortos para los cambios.

Las marchas 4 a 6 van dotadas de sistemas de cono simple. El recubrimiento de molibdeno garantiza una alta capacidad para soportar esfuerzos.

La sincronización de la marcha atrás va dotada de un sistema de doble cono con anillos intermediarios sinterizados.

El Cambio DSG permite ciertos tipos de programas adaptados para tipo de conducción y así poder establecer las exigencias del conductor al vehículo.

*** POSICIONES DE LA PALANCA (PRNDS)**

- D - DRIVE, conducción normal.
- S - DRIVE SPORT, conducción deportiva.
- TT – TIPTRONIC

*** FUNCIONES**

- KICK- DOWN, conmuta al modo Sport para contar con aceleraciones máximas.
- LAUNCH CONTROL, máxima aceleración y tracción en arrancadas.
- CREEP, arrastre lento del vehículo.
- HILLHOLDER, retención en pendientes al estar accionado el freno levemente



El módulo Mecatronic es un componente complejo, que va integrado en el cambio. Establece la comunicación entre las partes mecánica, hidráulica y electrónica de la unidad de control del cambio.

El módulo Mecatronic reúne:

- La unidad de control del cambio,
- La caja de selección (unidad de mando electrohidráulica),
- Sensores y actuadores.

Los sensores indicados a continuación están incorporados en el cambio:

- 5 Sensores de régimen (funcionan según el principio de Hall).
 - 1 Sensor para el régimen de entrada al cambio.
 - 2 Sensores para los regímenes de los embragues.
 - 2 Sensores para los regímenes de salida del cambio.
- 1 Sensor de presión para cada embrague.
- 1 Sensor de presión para la presión principal.
- 2 Termosensores para la temperatura del aceite de transmisión.
 - Un sensor mide la temperatura del aceite de transmisión en la placa de válvulas.
 - Un sensor mide la temperatura del aceite a la salida de los embragues.
- 4 Sensores de recorrido (según el principio de Hall) para las señales de recorrido de las horquillas.

Como actuadores actúan 4 actuadores de cambio para las horquillas, seis válvulas reguladoras de presión, cinco válvulas de cambio y válvulas de corredera hidráulicas.

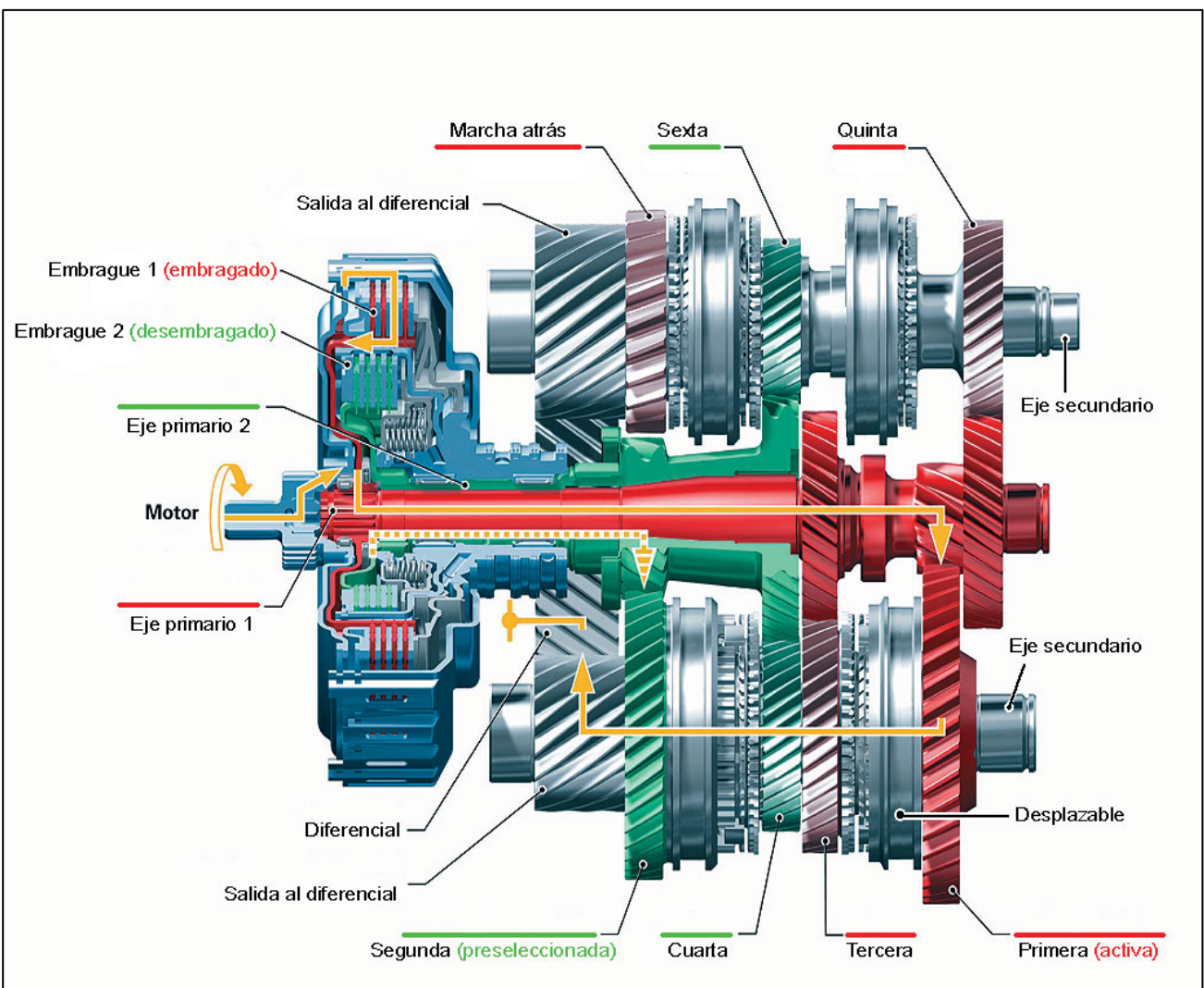
La unidad de control se encuentra bañada por el aceite de transmisión que puede tener hasta 140°C de temperatura.

La protección térmica del procesador de altas prestaciones en la unidad de control corre a cargo de un intercambiador de calor que se monta fuera del cambio, y que establece temperaturas óptimas del aceite de transmisión en todas las condiciones operativas.



El módulo Mecatronic determina y gestiona los datos para el control: de los embragues, de los momentos de cambio, de los árboles primarios y secundarios, de la refrigeración, de las marchas a engranar, de las presiones hidráulicas, así como de los diferentes programas de marcha de emergencia.

El intercambio de datos entre la unidad de control del cambio y la red de a bordo del vehículo (por ejemplo con la unidad de control del motor) se realiza a través del CAN-Bus de datos para el área de la tracción.



Otros Cambios:

Como hemos visto antes hay una gran variedad en lo que respecta a las cajas de cambio robotizadas, ya que cada fabricante ha desarrollado un tipo de caja diferente. Aunque las cajas de cambios robotizadas sean diferentes, todas realizan o intentan seguir los mismos cánones de funcionamiento y así poder ayudar al conductor en el manejo del vehículo y realizar más confortable la conducción de este.

Ahora vamos a citar algunos cambios que también podemos encontrar en el mercado y veremos algunos de sus fallos como hemos realizado con el cambio DSG, Selespeed, SMG o Sequentronic.

- **EASYTRONIC (Opel):**

Algunas de sus críticas que se le pueden hacer a este cambio desarrollado por Luk es:

- La función Kick-Down en el modo manual en ocasiones actúa provocando un tirón innecesario e incomodo.
- 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 ayuda levantando el pie del acelerador tanto en el modo manual como en automático.
- En modo automático los pasos de marcha son un segundo más lentos que en un cambio con embrague convencional.

- **QUICKSHIFT 5 (Renault):**

Cambio desarrollado por Renault conjuntamente con Magneti Marelli:

- 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 marcha. En este modo, las operaciones de cambio son lentas.
- 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 nada más completarse el cambio (traducidos en forma de pico como podemos ver en al siguiente grafica).



- **SMT (Toyota):**

Caja de cambios desarrollada por el grupo Supra Gamboa:

En este cambio conviene levantar el pie del acelerador para cambiar de marcha, de lo contrario el tiempo de respuesta es mayor y se producen pequeños tirones.

- **TOUCHTRONIC (Aston Martin):**

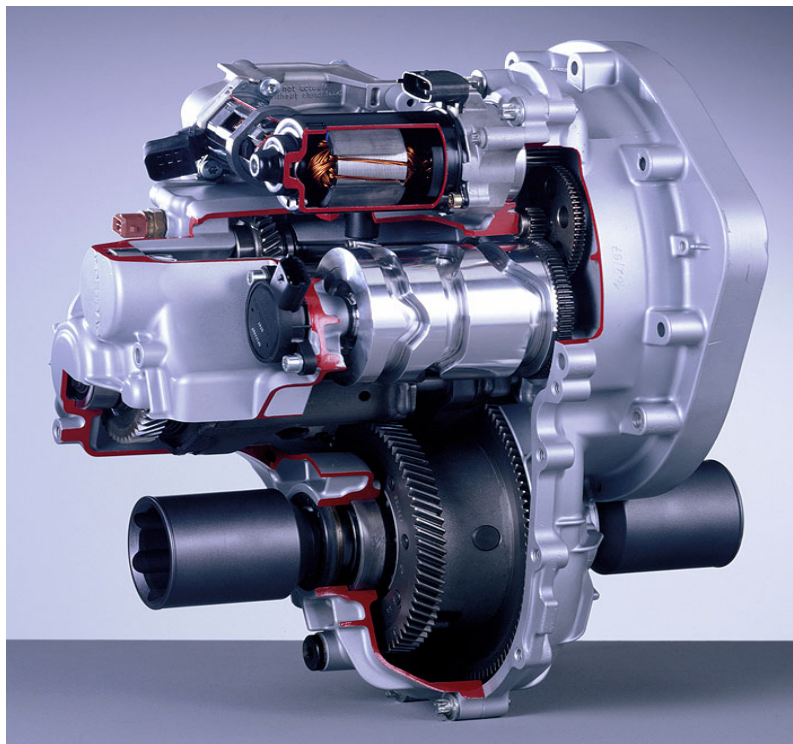
Caja de cambios de origen ZF de seis velocidades con gestión Magneti Marelli. Permite dos tipos de funcionamiento: secuencial (modos normal y sport) y automático (modo city). En el modo sport, los cambios se realizan en 240 milésimas de segundo. Insertar la marcha atrás es incómodo ya que se realiza a través de un botón en el salpicadero y mediante una doble pulsación (con la primera se pone en punto muerto).

- **CORSA (Maserrati):**

Es una caja derivada de la F-1 de Ferrari. Dispone de levas en el volante y 4 posibilidades de funcionamiento: sport, manual, ice y automático.

- **SOFFTOUCH & 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: 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.



Cajas de Cambio Automáticas Manuales:

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.

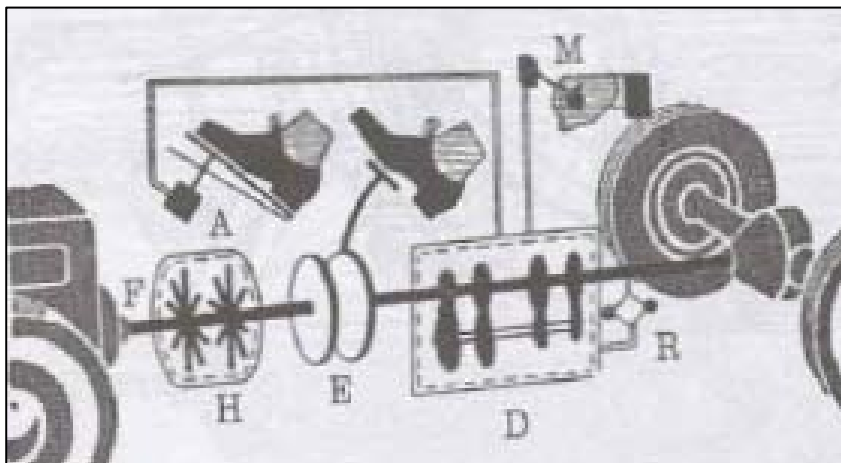
La caja automática va ligada también al desarrollo del llamado tren epicycloidal. La aplicación de este mecanismo a un vehículo se debe al ingeniero Wilson, que lo proyectó para el cambio de velocidades de un tanque. En 1929 se utiliza por primera vez en un coche. Los primeros cambios con trenes epicycloidales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

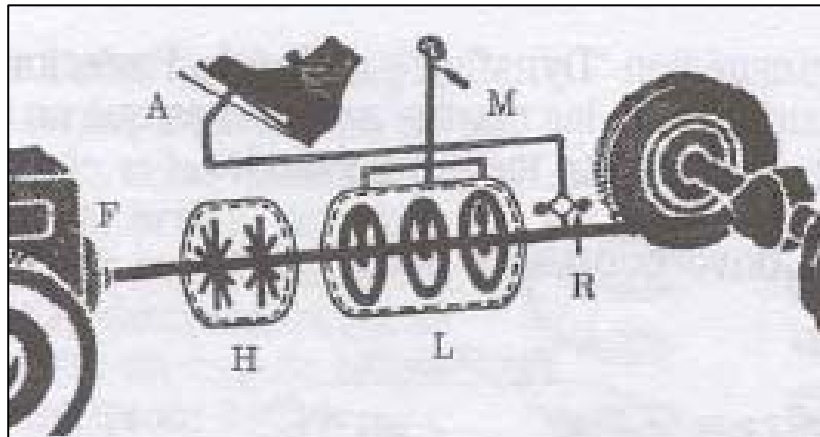
- **Turbo Embrague con Caja de Cambios Desplazables:**

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.



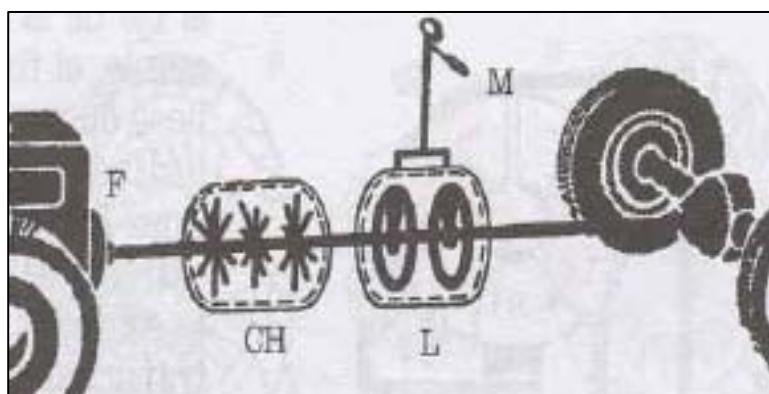
- **Turbo Embrague con Caja de Cambios Automática de Engranajes Planetarios.**

Accionada por fuerza hidráulica según la posición del acelerador combinada con la velocidad del automóvil. 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.



- **Convertidor de Par con Caja de Planetarios Prácticamente Automática.**

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.



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 se produjo el gran avance dentro de los cambios automáticos.

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

Una de las características de los tipos de cambio que se ven en este apartado son las posiciones que pueden seleccionarse con la palanca:

- **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).

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:

- **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.

Cajas de Cambio Automáticas electrónicas:

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

- **Gestión electrónica Sencilla:**

Este tipo de cambios destacan por una gestión del cambio bastante anticuada que redundaría 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.

- **Inteligentes o Autoadaptativas:**

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 inercial). 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.

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

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

- **Automáticas 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.

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.

En modo secuencial, 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.

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 estos cambios que podemos encontrar en el mercado son:

- Sportronic – Alfa Romeo.
- Q-System – Alfa Romeo.
- Autostick – Chrysler.
- Autoactiva Secuencial – Grupo PSA.
- Autoactiva Tiptronic – Grupo PSA.
- Shiftronic – Hyundai.
- E-Shift – Lexus.
- “Falso Secuencia” – Mercedes.
- Speedshift – Mercedes.
- Preactiva Secuencial – Renault.

Variadores CVT:

- **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.

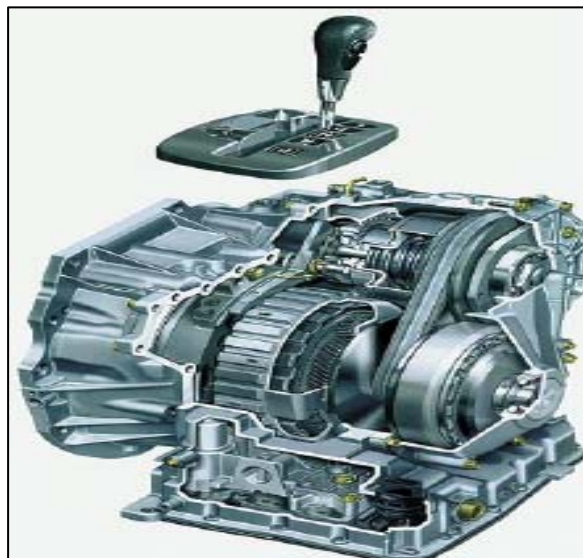
Sin embargo, su utilización dentro del automóvil sí es más reciente debido a las limitaciones con las que se han venido encontrando los fabricantes para manejar pares mayores.

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.

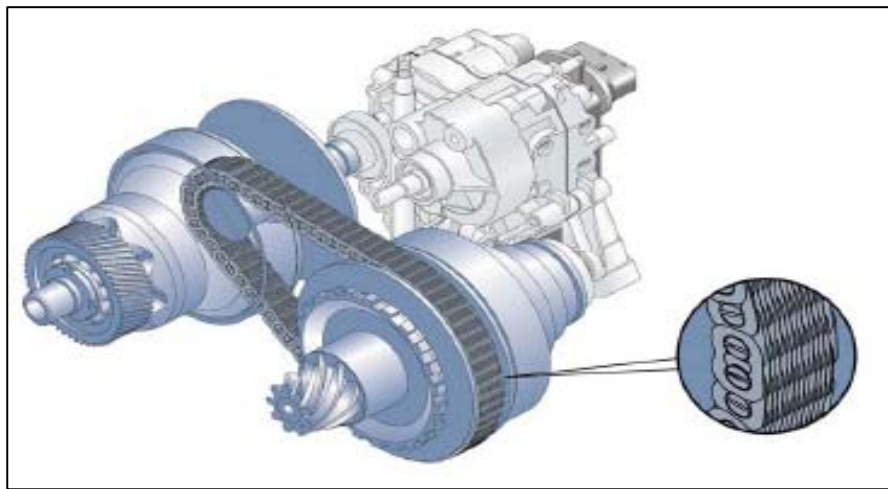
Hoy en día, sin embargo, se puede decir que nos encontramos ante la resurrección de este tipo de transmisiones. Si bien actualmente, marcas como Fiat, Nissan y MG comercializan este tipo de cambios, ha sido Audi, con su Multitronic, la que ha vuelto a popularizar el cambio de variador continuo.



Todos los tipos de variadores que hay en el mercado permiten un doble manejo sobre el sistema como ya se viene haciendo en las cajas de cambio automáticas, es decir, podemos tener la opción de un cambio secuencial o automático.

El cambio Multitronic de Audi se trata de una transmisión fabricada por la empresa Luk, y actualmente es la más elaborada, sofisticada y eficaz del mercado.

Audi en su sistema Multitronic a llegado a superar al resto de cajas de cambio de variador gracias a que monta una cadena y no una correa. Dicha cadena pesa 1.8 Kg., su longitud es de 715mm y su anchura de 37mm, formada por 1025 eslabones planos y 75 pernos y cuyos eslabones son de acero de diferentes durezas y tamaños. Dicho 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.



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, uno secuencial y otro automático.

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.

- **Variador de 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.

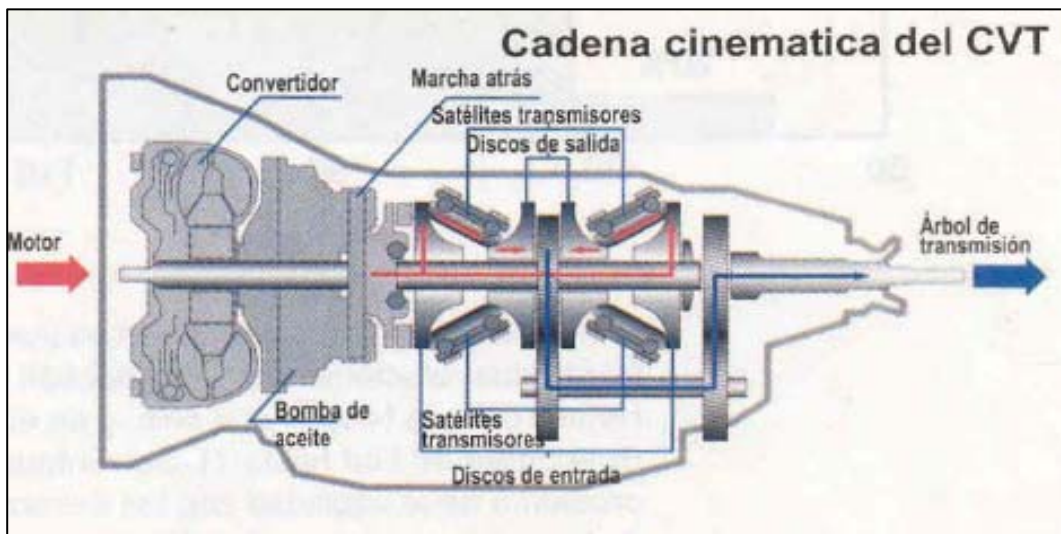
EXTROID (Nissan)

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.

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. Los satélites, con forma

truncocónica, 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.



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.

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.

Videos de sistemas de cajas robotizadas

- [Selespeed - Alfa 147](#)
- [Dsg - Golf R32](#)
- [Smg II - M3](#)
- [Smg III - M6](#)
- [Mc Laren SLR](#)
- [Ferrari](#)

Bibliografía

- <http://www.km77.com>
- <http://www.bmw.es>
- <http://www.volkswagen.es>
- <http://www.alfaromeo.es>
- <http://www.mercedes-benz.es>
- <http://www.youtube.es>
- <http://www.audi.es>
- Libro de Sistemas de transmisión y frenado. Editorial Editex.