

ÍNDICE DE MEMORIA

| | |
|--|----|
| 2.1- Necesidad técnica del cambio de velocidades. Objeto del proyecto..... | 3 |
| 2.1.1 Necesidad técnica del cambio de velocidades..... | 3 |
| 2.1.2 Objeto del proyecto..... | 4 |
| 2.2- Posibles soluciones. Solución adoptada..... | 5 |
| 2.2.1 Embrague..... | 5 |
| 2.2.1.1 Embragues de fricción..... | 5 |
| 2.2.1.2 Embragues electromagnéticos..... | 6 |
| 2.2.1.3 Embragues hidráulicos..... | 6 |
| 2.2.2 Caja de cambios..... | 6 |
| 2.2.2.1 Según el número de ejes..... | 7 |
| 2.2.2.2 Según accionamiento..... | 7 |
| 2.2.3 Sistema de transmisión..... | 8 |
| 2.2.3.1 Motor delantero y tracción trasera..... | 8 |
| 2.2.3.2 Motor y tracción delantera..... | 9 |
| 2.2.4 Solución adoptada..... | 9 |
| 2.3- Funcionamiento..... | 10 |
| 2.3.1 Primera velocidad..... | 10 |
| 2.3.2 Segunda velocidad..... | 11 |
| 2.3.3 Tercera velocidad..... | 11 |
| 2.3.4 Cuarta velocidad..... | 11 |
| 2.3.5 Quinta velocidad..... | 13 |
| 2.3.6 Marcha atrás..... | 13 |
| 2.3.7 Posición de punto muerto..... | 14 |

| | |
|--|----|
| 2.4- Descripción de componentes..... | 14 |
| 2.4.1 Embrague..... | 14 |
| 2.4.2 Caja de cambios..... | 15 |
| 2.4.2.1 Primera velocidad..... | 16 |
| 2.4.2.2 Segunda velocidad..... | 16 |
| 2.4.2.3 Tercera velocidad..... | 16 |
| 2.4.2.4 Cuarta velocidad..... | 16 |
| 2.4.2.5 Quinta velocidad..... | 17 |
| 2.4.2.6 Marcha atrás..... | 17 |
| 2.4.2.7 Sincronizadores..... | 17 |
| 2.4.2.8 Carcasa..... | 18 |
| 2.4.2.9 Árboles de transmisión..... | 18 |
| 2.4.2.10 Rodamientos..... | 22 |
| 2.4.2.11 Lubricación..... | 23 |
| 2.4.2.12 Estanqueidad..... | 23 |
| 2.4.2.13 Respiradero..... | 23 |
| 2.4.2.14 Tapón de llenado y vaciado..... | 24 |
| 2.5- Diferencial..... | 24 |
| 2.6- Montaje..... | 24 |
| 2.7- Mantenimiento..... | 26 |

2.1 NECESIDAD TECNICA DEL CAMBIO DE VELOCIDADES. OBJETO DEL PROYECTO.

2.1.1 Necesidad técnica del cambio de velocidades

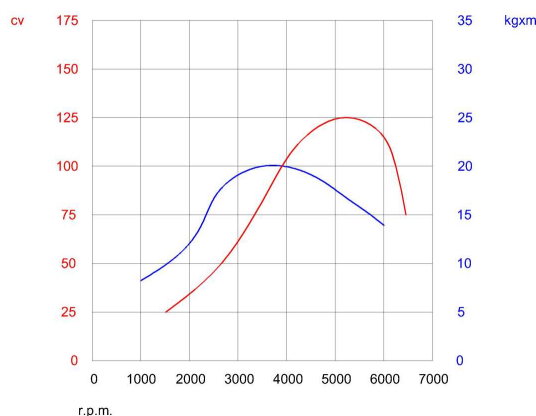
El par y la potencia desarrollados por un motor varían en función del régimen, alcanzándose el valor máximo para una determinada velocidad de rotación, mientras que el mayor par motor se obtiene generalmente a un régimen inferior.

Podemos decir que el par motor es un esfuerzo de rotación, que aplicado a las ruedas de un vehículo, le transmiten el empuje necesario para lograr su movimiento, venciendo las resistencias que se oponen a la marcha. Cuando el valor de estas es igual al par motor desarrollado, el vehículo se mueve con velocidad constante. Si el esfuerzo de rotación aplicado a las ruedas es inferior a la resistencia a vencer por el vehículo en su marcha, este perderá velocidad hasta detenerse y, si es superior, ganará velocidad.

El par motor es función de la fuerza de expansión del gas, lo que viene a significar que el par motor alcanza sus valores más altos cuando las explosiones son más fuertes, lo que se da en regímenes medios, donde el llenado del cilindro es mejor, por estar más tiempo la válvula de admisión abierta. En los regímenes bajos el llenado del cilindro no es bueno, dada la baja capacidad de aspiración del motor en estas condiciones de funcionamiento, por lo que el par desarrollado disminuye considerablemente.

El par motor multiplicado por el número de revoluciones, da la potencia desarrollada. De esto se deduce que la potencia de un motor varíe fundamentalmente con el régimen de giro, correspondiendo los mayores valores a los regímenes más altos, pues a la vez que el par disminuye en estos márgenes, el número de explosiones por minuto aumenta grandemente, lo que conlleva un crecimiento importante de la potencia desarrollada por el motor.

En la figura inferior se representan las curvas características del motor en función del régimen de giro, donde se observa que el par motor resulta de valores más constantes en una amplia gama de revoluciones denominada zona de utilización.



Puede verse en la figura que el par máximo se obtiene a 3500 rpm, mientras que la máxima potencia del motor se consigue cerca de las 5500 rpm. En el intervalo comprendido entre estos dos regímenes, se logra un funcionamiento estable del motor, cualesquiera que sean las resistencias a vencer por la marca del vehículo.

Por debajo de la velocidad de rotación de 3500 rpm el funcionamiento del motor deja de ser estable, por cuanto que para pequeños aumentos de la resistencia a vencer en la marcha del vehículo, el régimen del motor decae y, con ello disminuyen sensiblemente el par y la potencia desarrollados con lo cual no puede obtenerse de nuevo equilibrio a una velocidad más baja, y por tanto, el motor perderá velocidad paulatinamente hasta llegar a *calar*.

De estas consideraciones resulta evidente la necesidad de disponer de un órgano mecánico, como el cambio de velocidades, que permita el funcionamiento del motor en el intervalo de velocidad estable, independientemente de la resistencia encontrada por el vehículo en su marcha.

El cambio de velocidades, también llamado *caja de cambios*, se sitúa entre el motor y la transmisión, permitiendo tomar al vehículo la velocidad conveniente en relación a las condiciones de la marcha. Para cada aumento del par resistente, se hace corresponder una desmultiplicación del giro transmitido del motor a las ruedas motrices, de modo que se obtenga sobre ellas el esfuerzo necesario para vencer la resistencia opuesta a la marcha del vehículo; todo ello además de la reducción del par final de reducción.

2.1.2 Objeto del proyecto

Este consiste en el estudio y diseño de la transmisión de un automóvil de media-alta potencia y reducido tamaño para uso tanto en carretera como en ciudad.

La transmisión de un automóvil es el elemento que transfiere el movimiento circular del cigüeñal del motor hasta las ruedas motrices del vehículo. Para ello consta de tres elementos: el embrague, la caja de cambios y el diferencial.

La misión del embrague es la de cortar o transmitir el giro desde el motor hasta la caja de velocidades, a voluntad del conductor, para que el vehículo pueda desplazarse cuando éste lo desee, o permanecer detenido con el motor en marcha, así como efectuar el cambio de velocidades en la caja, sin necesidad de parar el motor.

La caja de cambios tiene como misión variar la potencia o velocidad del vehículo con arreglo a las necesidades de la marcha. Para conseguirlo se disponen en su interior una serie de ruedas dentadas, que pueden engranar entre sí de distintas formas, reduciendo el giro que proporciona el motor según las combinaciones que se establezcan, obteniéndose así diferentes velocidades en las ruedas del vehículo, con la

misma velocidad de rotación del motor. De esta manera se consigue que el motor funcione siempre en su régimen de funcionamiento óptimo en todo tipo de velocidades. El diferencial es el encargado de repartir el movimiento circular del eje del motor a las ruedas motrices, adaptándose en cada momento a las necesidades de giro de ambas ruedas.

2.2 POSIBLES SOLUCIONES. SOLUCION ADOPTADA

2.2.1 Embrague

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

Aunque existen diferentes tipos de embrague se pueden agrupar en tres clases:

- Embrague de fricción.
- Embrague electromagnético.
- Embrague hidráulico.

2.2.1.1 Embragues de fricción:

Este tipo de embragues consiste en uno o varios discos de fricción intercalados entre el volante motor y el primario de la caja de cambios que transmiten el movimiento al quedar acoplados al volante motor por medio de un mecanismo de presión.

Tipos de embragues de fricción:

- Embrague de muelles: la presión se efectúa por una serie de muelles repartidos uniformemente sobre la periferia de la maza.
- Embrague de diafragma: los muelles son sustituidos por un diafragma elástico de acero especial que se comporta como un muelle, encajado en la periferia del plato de presión, que oprime dicho plato contra el disco de embrague.
- Embrague automático: el embrague automático efectúa todo el proceso en el arranque y en el cambio de marchas de forma automática; el conductor no necesita accionar la palanca de pie. La acción de embragado y desembragado se confía a unos contrapesos que funcionan por la acción de la fuerza centrífuga del giro del motor.

- Embrague de discos múltiples: se instala cuando lo exigen las características del volante motor, ya que el tamaño del disco que se puede colocar no es suficiente para transmitir todo el par motor. Entonces se emplea el embrague de varios discos, cuya superficie total de adherencia sea equivalente a la que necesitaría un solo disco.

2.2.1.2 Embragues electromagnéticos:

Se basan en el paso de una corriente eléctrica a través de una bobina alojada en el interior de una corona de acero, que está sujeta al volante de inercia. Entre la corona y el árbol primario se encuentra un disco, que está fijado al árbol. El espacio entre la corona y el disco está relleno de polvo magnético que con el paso de corriente eléctrica por la bobina se aglomera entre la bobina y la corona haciendo solidario la corona y el disco de acero y con ello el árbol primario.

El esfuerzo necesario para hacer las maniobras es mucho menor que en los de fricción pues solamente se requiere activar el interruptor de paso de corriente eléctrica hacia el dispositivo de embrague.

2.2.1.3 Embragues hidráulicos:

La transmisión del movimiento desde la parte conductora a la conducida, se logra por medio de aceite, y fundamentan su funcionamiento en la transmisión de energía que una bomba centrífuga comunica a una turbina por mediación de un fluido. La bomba centrífuga es movida por el motor y la turbina se une a la caja de velocidades. Ambas piezas tienen la forma de un semitoroide geométrico y están provistas de tabiques planos llamados álabes.

2.2.2 Caja de cambios

La caja de cambios es un mecanismo situado como elemento de transmisión entre el motor y las ruedas, (y más concretamente entre la transmisión y el embregue), cuya función es la de “ajustar el par motor a la resistencia que presenta el vehículo bajo ciertas condiciones de marcha”. Variando la relación entre el número de revoluciones del motor y el de las ruedas motrices del vehículo, e incluso invirtiendo el sentido de giro de las mismas cuando sea necesario. Se comporta como un “transformador de velocidad” y un “convertidor mecánico de par”. Clasificación de las cajas de cambios:

2.2.2.1 Según el número de ejes:

- De tres ejes: Este tipo de cajas es el más tradicional de los usados en los vehículos antiguos y tiene la ventaja principal de que al transmitir el par a través de tres ejes, los esfuerzos en los piñones son menores, por lo que el diseño de éstos puede realizarse en material de calidad media.

El par motor en este tipo de cajas se transmite desde el cigüeñal del motor hasta la caja de cambios a través del embrague. A la salida del embrague va conectado el eje primario girando ambos de forma solidaria. De forma coaxial al eje primario, y apoyándose en éste a través de un rodamiento de agujas, gira el eje secundario transmitiendo el par desmultiplicado hacia el grupo cónico diferencial. La transmisión de par se realiza entre ambos ejes a través de un eje intermediario. En este tipo de cajas el eje primario está permanentemente engranado con el eje intermediario a través de un juego de dos piñones solidarios a sus respectivos ejes. Los piñones del eje intermediario son solidarios a éste y los piñones del eje secundario giran libremente sobre el eje arrastrados por sus correspondientes piñones del eje intermediario.

- De dos ejes: Este tipo de cajas de cambio ha tenido su desarrollo fundamentalmente para disposiciones de vehículos con tracción delantera. Estas cajas sólo poseen dos ejes de forma que prescinden del tercer eje intermediario. El eje primario obtiene su giro directamente del motor y lo transmite a un eje secundario que a su vez acciona el conjunto diferencial. De esta forma el tamaño del conjunto caja-diferencial se reduce quedando todo bajo un conjunto compacto. La transmisión de todo el par mediante sólo dos ejes obliga a los piñones a soportar cargas mucho más elevadas que sus homólogos de las cajas de tres ejes. Por tanto, es preciso emplear materiales de mayor calidad en la fabricación de estos piñones.

2.2.2.2 Según accionamiento:

- Manuales: Las cajas de cambios manuales son aquellas que disponen de una palanca desde la cual el conductor puede seleccionar la marcha que considere más conveniente para cada velocidad. Para ello debe desembragar el motor por medio del pedal de embrague y luego determinar la marcha elegida. Este tipo de cajas es el más usado entre los vehículos de gama baja-media por su excelente relación calidad-precio.
- Semiautomáticas: Bajo el nombre de cambios semiautomáticos se engloban a todos aquellos cambios de marcha manuales que están acoplados a un embrague automático y a todos aquellos cambios de engranajes planetarios que recurren al cambio mediante mando manual en lugar de mando hidráulico o electrónico. Es

decir, en los primeros no es necesario el accionamiento de un pedal para ejercer control sobre el embrague el cual se puede realizar bien por medios mecánicos, neumáticos, hidráulicos o electromagnéticos, y en los segundos el embrague es de tipo hidráulico o llevan un convertidor de par con lo que no es necesario accionarlo.

El nombre de semiautomáticos proviene de que en cierto modo ofrecen las cualidades de un cambio convencional de forma que el conductor puede elegir en todo instante el tipo de conducción que quiere realizar accionando a voluntad el mando de la caja de cambios y ofrece por otro lado las ventajas de un cambio automático en el que no hay que preocuparse del accionamiento del embrague.

- Automáticas: El cambio automático es un sistema de transmisión que es capaz por sí mismo de seleccionar todas las marchas o relaciones sin la necesidad de la intervención directa del conductor. El cambio de una relación a otra se produce en función tanto de la velocidad del vehículo como del régimen de giro del motor, por lo que el conductor no necesita de pedal de embrague ni de palanca de cambios. El simple hecho de pisar el pedal del acelerador provoca el cambio de relación conforme el motor varía el régimen de giro. El resultado que aprecia el conductor es el de un cambio cómodo que no produce tirones y que le permite prestar toda su atención al tráfico. Por lo tanto el cambio automático no sólo proporciona más confort, sino que aporta al vehículo mayor seguridad activa.

2.2.3 Sistema de transmisión

En función de la implantación del grupo motopropulsor en el vehículo, el sistema de transmisión del movimiento a las ruedas difiere esencialmente de unos modelos a otros, pudiéndose establecer dos grupos:

2.2.3.1 Motor delantero y tracción trasera:

En este tipo de dispositivo, el movimiento se transmite desde la caja de velocidades al par cónico de reducción (emplazado en el puente trasero) por mediación de un eje hueco llamado árbol de transmisión, que está emplazado en sentido longitudinal al vehículo.

La caja de velocidades va fijada al bloque motor, y el conjunto se sujeta al bastidor del vehículo, mientras que el puente trasero se une elásticamente al chasis por medio del sistema de suspensión. Como debido a las irregularidades del terreno por el que se circule, el puente trasero adquiere un movimiento vertical de sube y baja con respecto a la caja de cambios, se comprende que el árbol de transmisión ha de estar provisto de juntas elásticas universales que permitan estos movimientos.

Estas juntas universales transmiten el movimiento completo de giro al diferencial trasero, que a su vez y por medio de un engranaje cónico y un dispositivo de satélites y planetarios, lo reparten según las necesidades de marcha a ambas ruedas por medio de los palieres.

2.2.3.2 Motor y tracción delantera.

En los vehículos de motor y tracción delanteros, el eje secundario de la caja de cambios termina en un piñón cónico (o recto según la disposición del motor respecto a las ruedas), que da movimiento a una corona, que esta acoplada al diferencial, el cual lo transmite directamente a las ruedas por medio de sendos palieres.

En este tipo de transmisión el embrague, la caja de cambios y el diferencial quedan englobados bajo la misma carcasa, con lo que se consigue una notable reducción de elementos, lo cual es realmente beneficioso desde el punto de vista del peso y del coste.

2.2.4 Solución adoptada

Después de analizar las diferentes posibilidades que se pueden emplear para el diseño de la transmisión, la solución más ventajosa es:

Embrague de fricción tipo monodisco, trabajando con un plato de embrague con diafragma, el cual presenta las siguientes ventajas respecto al embrague de muelles:

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

La caja de cambios elegida es una caja de cambios de dos ejes con 5 marchas hacia delante y marcha atrás; con sistema de cambio de tipo manual. El mecanismo diferencial se sitúa a la salida del par de reducción final que posee un dentado cilíndrico helicoidal. El embrague junto con la caja de velocidades y el mecanismo diferencial están incluidos en un mismo conjunto compuesto por la carcasa de embrague y la carcasa de cambio.

2.3 FUNCIONAMIENTO

Construida la caja de velocidades, las distintas relaciones se obtienen por la combinación de los diferentes piñones, en consonancia con sus dimensiones; el número de revoluciones del eje de salida respecto al de entrada, es función del número de dientes de las ruedas dentadas en uso.

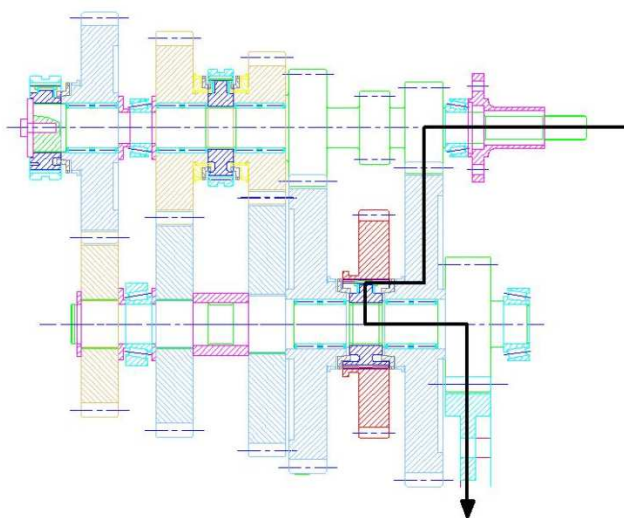
Para la obtención de las distintas relaciones o velocidades en una caja de cambios, el conductor acciona el embrague, con lo que el motor no transmite movimiento a la caja. Al mismo tiempo que el embrague está en la posición de desembragado se acciona la palanca de cambios; mediante la cual se produce el desplazamiento de los distintos cubos de sincronización obteniéndose las distintas velocidades.

2.3.1 Primera velocidad

El desplazamiento hacia la derecha del sincronizador de 1^a-2^a produce el enclavamiento del correspondiente piñón secundario, que se hace solidario con el árbol secundario. Con ello, el giro es transmitido desde el primario, como muestra el esquema, obteniéndose la oportuna reducción.

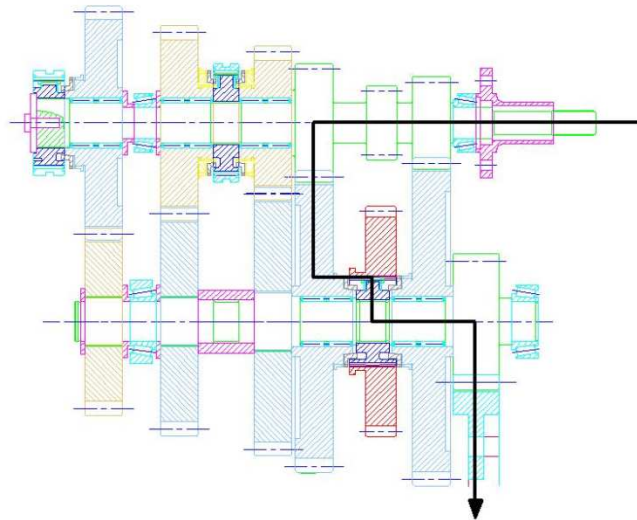
Sabiendo que el número de dientes del piñón que se encuentra solidario en el árbol primario es $Z=12$ y que el número de dientes de la corona situada en el árbol secundario es $Z=47$ se obtiene una desmultiplicación en la caja $i=0,2553$, lo cual supone que para cada vuelta del árbol primario el árbol secundario da 0,2553 vueltas.

Para esta velocidad, se obtiene la máxima reducción de giro lo que supone la máxima multiplicación de par.



2.3.2 Segunda velocidad

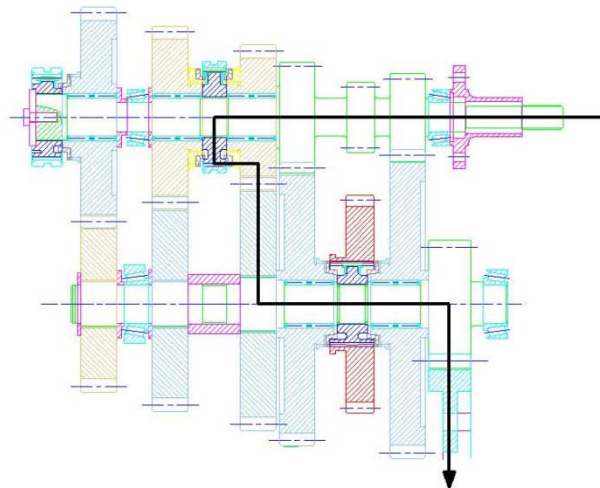
Para obtener la segunda velocidad debe producirse el desplazamiento del sincronizador de 1ª-2ª hacia la izquierda, logrado el cual, se consigue el enclavamiento de la correspondiente corona del secundario, que se hace solidaria a este árbol, por lo que el giro es transmitido a través de los piñones como se muestra en la imagen.



Sabiendo que el número de dientes del piñón que se encuentra solidario en el árbol primario es $Z=16$ y que el número de dientes de la corona situada en el árbol secundario es $Z=43$ se obtiene una desmultiplicación en la caja $i=0,372$, lo cual supone que para cada vuelta del árbol primario el árbol secundario da 0,372 vueltas.

2.3.3 Tercera velocidad

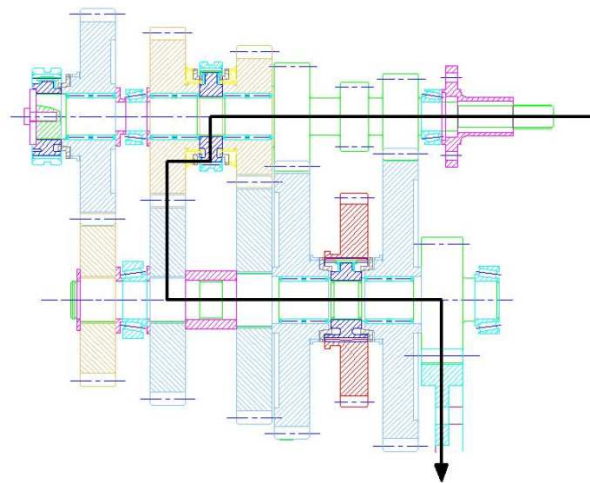
El desplazamiento a la derecha del sincronizador de 3ª-4ª produce el enclavamiento del piñón loco del árbol primario, que se hace solidario con el árbol primario como se muestra a continuación.



Sabiendo que el número de dientes del piñón que se encuentra en el árbol primario es $Z=21$ y que el número de dientes de la corona situada en el árbol secundario es $Z=38$ se obtiene una desmultiplicación en la caja $i=0,5526$, lo cual supone que para cada vuelta del árbol primario el árbol secundario da 0,5526 vueltas.

2.3.4 Cuarta velocidad

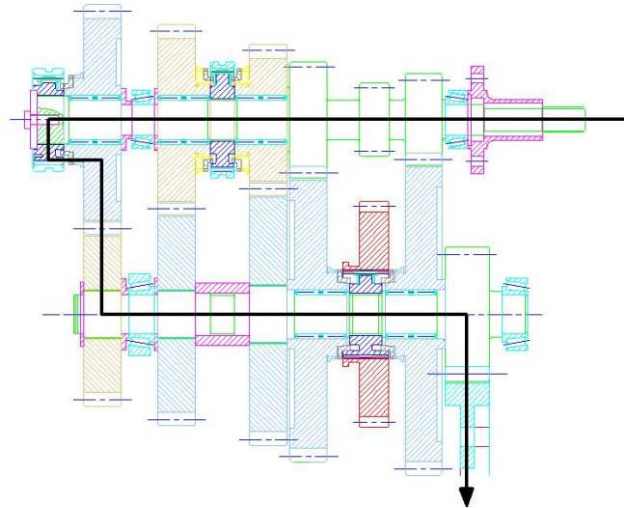
Cuando el conductor lleva la palanca de cambios a la posición correspondiente a esta velocidad, el desplazamiento a la izquierda del sincronizador de 3^a-4^a produce el enclavamiento del correspondiente piñón loco del árbol primario, que se hace solidario con el árbol primario como se muestra en la imagen.



Sabiendo que el número de dientes del piñón que se encuentra en el árbol primario es $Z=27$ y que el número de dientes de la corona situada en el árbol secundario es $Z=32$ se obtiene una desmultiplicación en la caja $i=0,8437$, lo cual supone que para cada vuelta del árbol primario el árbol secundario da 0,8437 vueltas.

2.3.5 Quinta velocidad

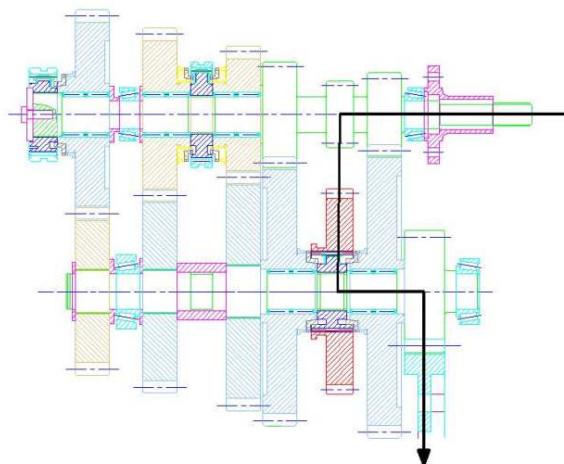
Cuando el conductor lleva la palanca de cambios a la posición correspondiente a esta velocidad se produce el desplazamiento a la derecha del sincronizador de 5ª produciendo el enclavamiento del correspondiente piñón primario, que se hace solidario con el árbol primario como se muestra en el siguiente detalle.



Sabiendo que el número de dientes del piñón que se encuentra en el árbol primario es $Z=33$ y que el número de dientes de la corona situada en el árbol secundario es $Z=26$ se obtiene una desmultiplicación en la caja $i=1,2692$, lo cual supone que para cada vuelta del árbol primario el árbol secundario da 1,2692 vueltas.

2.3.6 Marcha atrás

Cuando el conductor del vehículo lleva la palanca de cambios a la correspondiente posición de esta velocidad, se produce el desplazamiento de un piñón auxiliar, que entra a engranar con otros dos de dientes rectos, pertenecientes a los arboles primario y secundario. Con esto se consigue una nueva relación, y se invierte el giro del tren secundario con respecto al primario.



Sabiendo que el número de dientes del piñón que se encuentra en el árbol primario es $Z=12$ y que el número de dientes de la corona situada en el árbol secundario es $Z=41$ se obtiene una desmultiplicación en la caja $i=0,2927$, lo cual supone que para cada vuelta del árbol primario el árbol secundario da 0,2927 vueltas.

2.3.7 Posición de punto muerto

Existe una posición en la que los sincronizadores permanecen en su posición de reposo, sin desplazamiento hacia ninguno de sus lados, en esta posición el giro del primario no es transmitido al secundario, puesto que no se obtiene enclavamiento de ninguno de los piñones que componen la caja. Se dice entonces que la caja está en punto muerto, en la cual se permite el giro del motor en vacío, sin que se transmita a las ruedas. Se comprende que para seleccionar una relación cualquiera, deberá enclavarse uno solo de los piñones locos de los árboles, debiendo quedar los demás en su posición de reposo (locos sobre el eje), para evitar el bloqueo que se produciría con la selección de dos velocidades al mismo tiempo. Por esta causa se dispone en el mecanismo de selección de un sistema de enclavamiento, que impide el desplazamiento de los sincronizadores de manera simultánea.

2.4 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

2.4.1 Embrague

El mecanismo del embrague, situado entre el motor y la caja de cambios, realiza, a voluntad del conductor, el acoplamiento entre motor y ruedas, pudiendo asimismo desacoplarlos, con lo que el motor gira en vacío.

Su misión es la de cortar o transmitir el giro desde el motor hasta la caja de velocidades y de allí a las ruedas, a voluntad del conductor, para que el vehículo pueda desplazarse cuando lo desee aquél, o permanecer detenido con el motor en marcha, así como para efectuar el cambio de velocidad en la caja, sin necesidad de parar el motor. El embrague es, por tanto, un transmisor de par motor.

El embrague debe ser lo suficientemente resistente para poder transmitir todo el esfuerzo de rotación del motor (par motor) a las ruedas, y lo suficientemente rápido y seguro como para efectuar el cambio de velocidad en la caja, sin que la marcha del vehículo sufra un retraso apreciable. Además de esto, debe reunir las cualidades de ser progresivo y elástico, para que no se produzcan tirones ni brusquedades al ponerse en movimiento el vehículo partiendo de la situación de parado, ni cuando se varíe el régimen del motor en las aceleraciones o retenciones.

El embrague utilizado en la transmisión es un embrague de fricción de diafragma comercial modelo 8-54 de diámetro exterior de volante 200mm y capaz de transmitir un par superior a 20,4 mkg, fabricado por la empresa LAUR S.A..



Montaje y funcionamiento: el disco de embrague va acoplado en el árbol primario de la caja de cambios por mediación de un casquillo estriado, los ferodos de disco por una de sus caras se acoplan al volante motor y por otra al plato de presión que va solidario al volante a través de la carcasa. La presión que ejerce el diafragma sobre la carcasa hace que el disco quede fuertemente aprisionado contra el volante por la adherencia de los ferodos. En este momento, el volante transmite el movimiento al disco que, a su vez, lo transmite al primario de la caja de cambios.

- Posición de desembragado: cuando se pisa el pedal de embrague se desplaza el collarín, desplazando al plato de presión que libera el disco de fricción al vencer la resistencia del diafragma.
- Posición de embragado: al soltar el pedal el diafragma vuelve a su posición inicial quedando acoplado el árbol primario al árbol motor.

2.4.2 Caja de cambios

El diseño de la caja de cambios de dos ejes lleva consigo que los esfuerzos sobre los piñones sean más elevados que en las de tres ejes; esto lleva consigo que los materiales empleados sean de gran resistencia mecánica. Se ha optado por la utilización del acero F1280 (34NiCrMo6) con una tensión de fluencia de 100 Kg/mm²; a su vez para mejorar la dureza superficial los dientes se cementaran hasta adquirir una dureza 350 HB.

Los piñones utilizados son de dentado helicoidal, ya que presentan la ventaja que la transmisión de par se realiza con mayor numero de dientes en contacto que en

los dientes rectos, presentan mayor suavidad en la transmisión y menor ruido. El ángulo de inclinación de la hélice es 20° y el ángulo de presión 20° .

El número de piñones conductores y conducidos son primos entre sí para evitar que se produzca el desgaste excesivo de los mismos dientes.

2.4.2.1 Primera velocidad:

La relación más corta de una caja de velocidades ha de ser tal, que el par motor resulte multiplicado lo suficiente para que el vehículo pueda superar una pendiente del 25 por 100 con una aceleración de 0.5 m/s^2 . Por razones constructivas la desmultiplicación máxima no deberá ser superior a $1/4$ para evitar el sobredimensionamiento de la caja de cambios.

La desmultiplicación seleccionada es $i=12/47=0,2553$ en la el piñón de $Z=12$ dientes se encuentra tallado sobre el árbol primario y la corona de $Z= 47$ dientes gira libre sobre el árbol secundario a través de una corona de agujas.

2.4.2.2 Segunda velocidad:

La desmultiplicación óptima para la segunda velocidad se obtiene en el apartado determinación de las relaciones de transmisión de los cálculos y tiene un valor $i=0,3582$. Por razones constructivas y para evitar un numero de dientes primo la relación de transmisión seleccionada es $i=16/43=0,372$. El piñón de $Z=16$ dientes se encuentra tallado sobre el árbol primario y la corona de $Z=43$ dientes gira libre sobre el árbol secundario a través de una corona de agujas.

2.4.2.3 Tercera velocidad:

La desmultiplicación óptima para la segunda velocidad se obtiene en el apartado determinación de las relaciones de transmisión de los cálculos y tiene un valor $i=0,5552$. Por razones constructivas y para evitar un numero de dientes primo la relación de transmisión seleccionada es $i=21/38=0,5526$. El piñón de $Z=21$ dientes se encuentra tallado sobre un cubo que se acopla sobre el árbol primario a través de una corona de agujas que le permite girar loco sobre este; la corona de $Z=38$ dientes se encuentra tallada sobre un cubo dentado que se acopla en el árbol secundario y le hace solidario al mismo.

2.4.2.4 Cuarta velocidad:

La desmultiplicación óptima para la segunda velocidad se obtiene en el apartado determinación de las relaciones de transmisión de los cálculos y tiene un valor

$i=0,8606$. Por razones constructivas y para evitar un número de dientes primo la relación de transmisión seleccionada es $i=27/32=0,8437$. El piñón de $Z=27$ dientes se encuentra tallado sobre un cubo que se acopla sobre el árbol primario a través de una corona de agujas que le permite girar loco sobre este; la corona de $Z=32$ dientes se encuentra tallada sobre un cubo dentado que se acopla en el árbol secundario y le hace solidario al mismo.

2.4.2.5 Quinta velocidad:

La desmultiplicación óptima para la segunda velocidad se obtiene en el apartado determinación de las relaciones de transmisión de los cálculos y tiene un valor $i=1,3332$. Por razones constructivas y para evitar un número de dientes primo la relación de transmisión seleccionada es $i=33/26=1,2692$. La corona de $Z=33$ dientes se encuentra tallada sobre un cubo que se acopla sobre el árbol primario a través de una corona de agujas que le permite girar loca sobre este; el piñón de $Z=26$ dientes se encuentra tallado sobre un cubo dentado que se acopla en el árbol secundario y le hace solidario al mismo.

2.4.2.6 Marcha atrás:

El engranaje de marcha atrás está compuesto por tres ruedas de dientes helicoidales manteniendo los mismos ángulos de inclinación y de presión que en las anteriores marchas y sin sincronización. Por otro lado, la falta de sincronización en esta marcha es debida a que al ser una velocidad que invierte el sentido de giro del eje secundario y de las ruedas, la utilización de un engranaje sincronizado permitiría un cambio de velocidad más rápido con lo que correría el peligro de romper los ejes al someter a estos a un gran esfuerzo de torsión.

La relación de transmisión de la MA es $i=12/41=0,2927$. Está compuesto por un piñón conductor labrado en el primario de $Z=12$ dientes; un piñón inversor de $Z=20$ dientes situado en un tercer eje paralelo a los arboles primario y secundario: la rueda conducida esta labrada en la corona desplazable de la primera y segunda velocidad que se sitúa en el árbol secundario.

2.4.2.7 Sincronizadores:

Con el vehículo en movimiento, al activar el conductor la palanca de cambios para seleccionar una nueva relación, se produce de inmediato el desenclavamiento del piñón correspondiente a la velocidad con la que iba circulando, quedando la caja en posición de punto muerto. Esta operación es sencilla de lograr, puesto que solamente se requiere el desplazamiento de la corona del sincronizador, con el que se produce el desengrane del piñón. Sin embargo para lograr un nuevo enclavamiento, resulta

imprescindible igualar las velocidades de las piezas a engranar (piñón loco y eje), es decir sincronizar su movimiento, pues de lo contrario se producirían golpes en el dentado que pueden llegar a ocasionar roturas y ruidos en la maniobra.

Para conseguir la sincronización es necesario el desembrague, mediante el eje primario queda en libertad, sin ser arrastrado por el motor, y su giro debido a la inercia puede ser sincronizado con el eje secundario. Por esta causa, las maniobras del cambio de velocidad deben de ser realizadas desembragando el motor, para volver a embragar progresivamente, una vez lograda la selección de la nueva relación deseada.

La función de un dispositivo de sincronización es, pues, igualar la velocidad del piñón loco con la del eje de este. Esto se consigue intercambiando entre estas dos piezas un mecanismo de embrague que lleve progresivamente la velocidad del piñón loco a la de su eje.

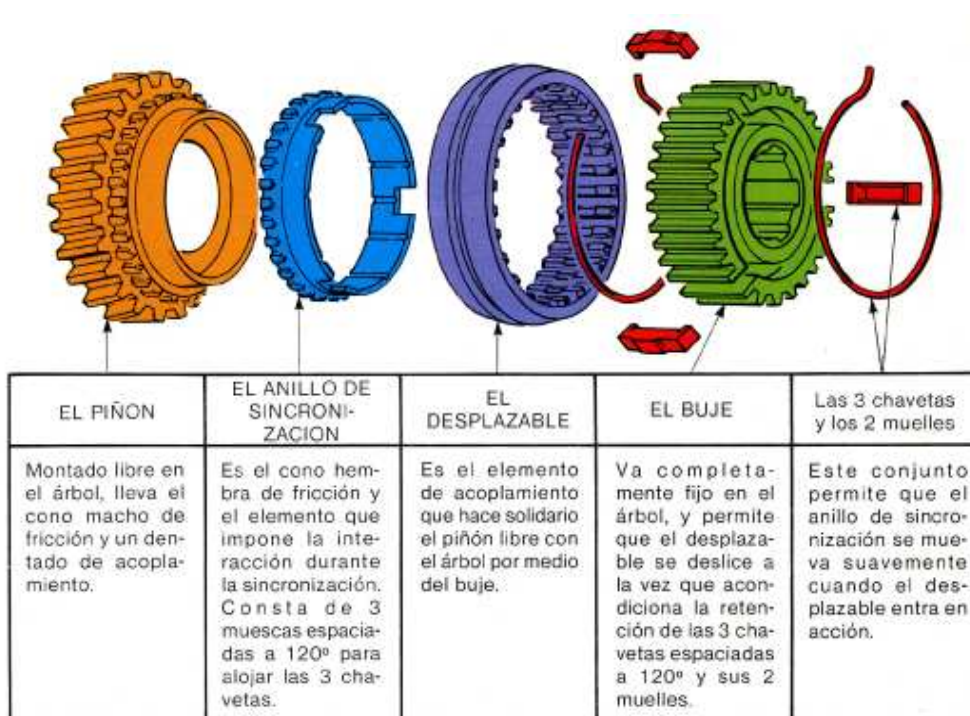
Condiciones que debe de cumplir el mecanismo de sincronización:

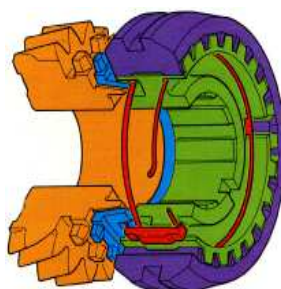
Volumen reducido.

Transmisión de par relativamente importante.

Sincronización rápida.

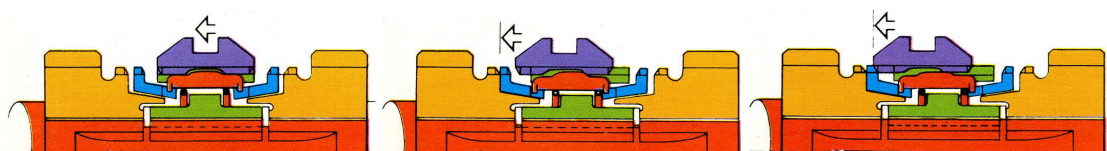
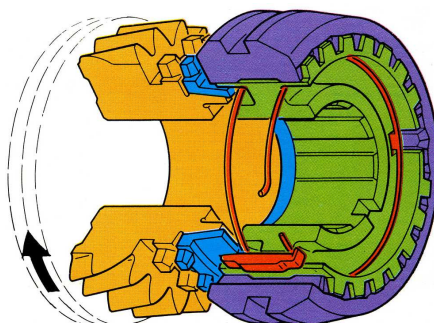
El sincronizador que mejor responde a estas necesidades es el de tipo de embrague de conos de fricción. De los sincronizadores más habituales en la industria automovilística para este proyecto se ha elegido el tipo Borg-Wagner.





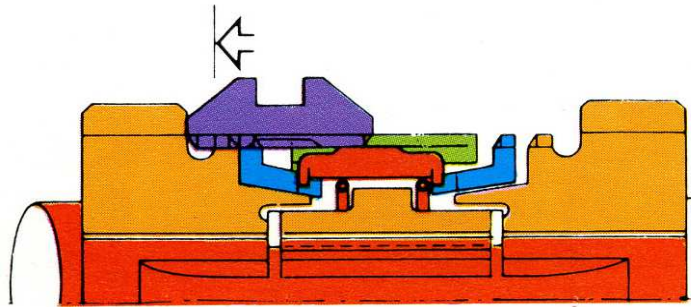
Las tres chavetas que ejercen una presión contra el desplazable mediante los muelles circulares, regulan el desplazamiento del anillo de sincronización hasta el contacto cuando se manda accionar el desplazable y se retraen para permitir el engrane. Ello es posible por el resalte central de las chavetas que se aloja en la ranura interior del desplazable.

La relación del anillo de sincronización está proporcionada por el conjunto buje-disco, las tres chavetas quedan metidas constantemente en las muescas del anillo. La anchura de estas es inferior a la de las muescas y se halla determinada de tal modo que el dentado del anillo de sincronización puede apartarse $\frac{1}{2}$ diente a la derecha o a la izquierda con respecto al dentado del desplazable. De esta forma queda constituida la interdicción.

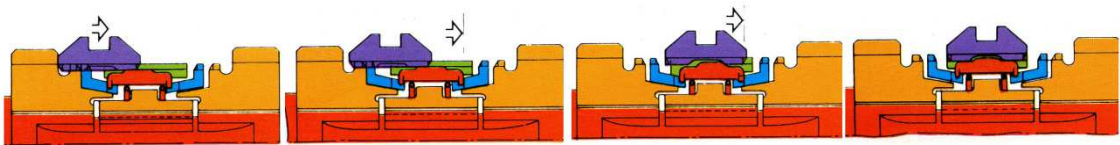


En un primer momento el desplazable se mueve hacia el piñón que se precisa engranar. Arrastra con él las chavetas que siguen ejerciendo su presión por efecto de los dos muelles. Luego el extremo de las chavetas empuja el anillo de sincronización hacia el cono macho del piñón libre hasta que los dos conos entran en contacto. Si las velocidades del desplazable y del piñón libre son diferentes, el anillo de sincronización sufre una fricción para llevar progresivamente el piñón a la misma velocidad de rotación

que la del desplazable. Esta fricción trae como consecuencia la creación de un par en el anillo de sincronización y las muescas del anillo se apoyan fuertemente contra una de las caras laterales de las chavetas. Mientras no haya igualdad de velocidad, las inclinaciones oblicuas de los dientes del anillo de sincronización siguen apoyándose fuertemente contra las inclinaciones de los dientes del desplazable, el cual, por lo tanto no puede continuar su progresión. Así queda establecida la interacción.



El conjunto buje-desplazable y el piñón libre, giran a la misma velocidad. Desaparece el par en el anillo de sincronización. Los dientes del desplazable vuelven a situar al anillo en su posición inicial. No hay más obstáculo, el dentado del desplazable puede sobrepasar el del anillo para engranarse con el del piñón libre. De esta forma se consigue el acoplamiento.



Para desengranar la marcha el conductor lleva al desplazable a su posición inicial. Las chavetas se mueven en el sentido del desplazable hasta apoyarse contra el anillo opuesto. Este continúa su progresión hasta situarse en posición de punto muerto desplazándose sobre las chavetas. Finalmente el resalte de las chavetas se encuentra a la entrada de la garganta interior del desplazable y la fuerza de extensión de los muelles resulta suficiente para volver a situar las chavetas en su posición inicial.

Materiales empleados en la realización de los sincronizadores:

La fuerza entre dos ruedas dentadas de un engranaje se transmite a través del dentado de sincronización, esto lleva consigo que el material de los cubos de sincronización, de la corona de sincronización y de las chavetas sea de gran resistencia debido a que las fuerzas puestas en juego son de gran magnitud. Por ello el material empleado es acero de gran resistencia al Cr Ni Mo, se trata del acero F1280 (34CrNiMo6) con una tensión de fluencia de 100 Kg/mm² al cual se le aplica un tratamiento de cementación en las zonas dentadas hasta adquirir la dureza HB=350 Kg/mm².

Los aros de sincronización están sometidos a gran rozamiento lo que lleva consigo el posterior calentamiento que se produce al igualar las velocidades del piñón y del eje; para soportar estas acciones el material empleado para su construcción es el bronce debido a sus características para soportar la fricción y del desgaste.

2.4.2.8 Carcasa:

La carcasa en donde se alojan el embrague, la caja de cambios y el mecanismo diferencial está formada por tres piezas de fundición de aluminio. (Ver plano P1.8)

Carcasa de embrague: lo resguarda de los posibles golpes y le une a la propia caja de cambios, evita que entren sustancias que perjudiquen el efecto de acoplamiento del embrague. Consta de una serie de orificios para facilitar su unión con la carcasa del motor que es donde esta se acopla.

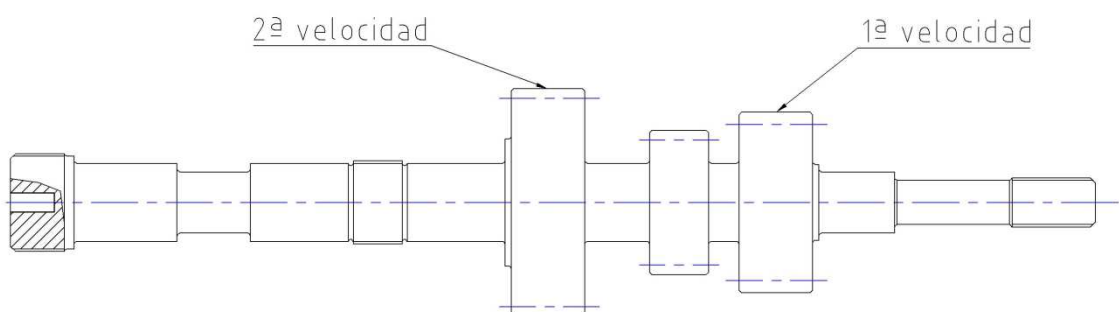
Carcasa de cambio: sirve de alojamiento y de apoyo de la caja de cambios; consta de una serie de orificios que la permiten su fijación a la carcasa de embrague y la tapa trasera. La estanqueidad de la caja se consigue a través de juntas interpuestas entre las carcasas.

Carcasa de 5ª: sirve para tapan la quinta velocidad que se encuentra en el exterior de la carcasa de cambio.

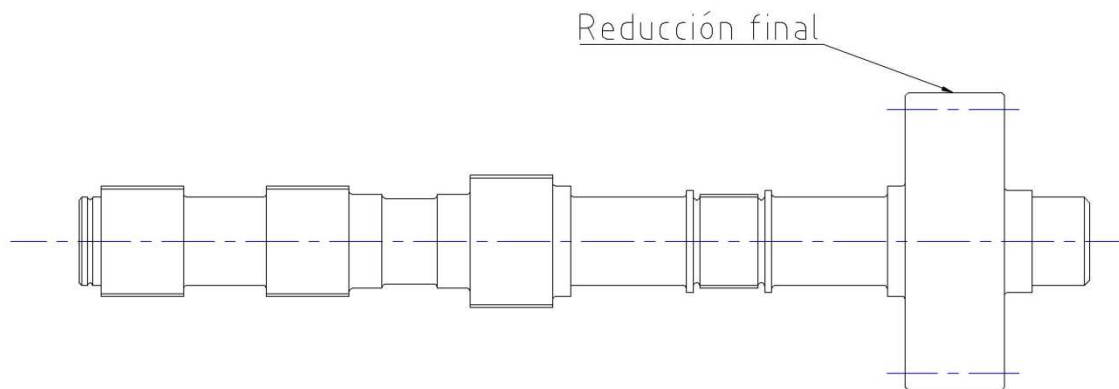
2.4.2.9 Arboles de transmisión:

Están realizados por material de gran resistencia debido a los esfuerzos puestos en juego en la caja de cambios. El material es acero aleado de gran resistencia: F 1280 al CrNiMo con tensión de fluencia de 100 Kg/mm².

- **Árbol primario:** se encuentran tallados los piñones de primera, segunda velocidad y piñón de marcha atrás, por lo que en esas partes el árbol ha de ser sometido a un tratamiento de cementación para adquirir la dureza superficial suficiente de 350 HB además de tener tenacidad en el núcleo para evitar posibles roturas.



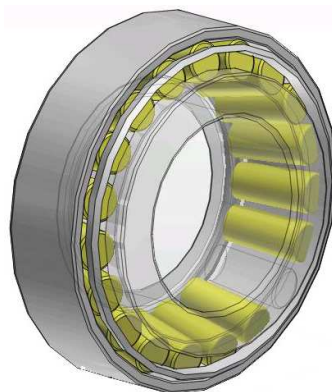
- **Árbol secundario:** sobre este árbol se encuentra tallado el piñón de reducción final por lo que ha de ser sometido en este lugar a un tratamiento de cementación hasta adquirir una dureza superficial de 350 HB.



2.4.2.10 Rodamientos:

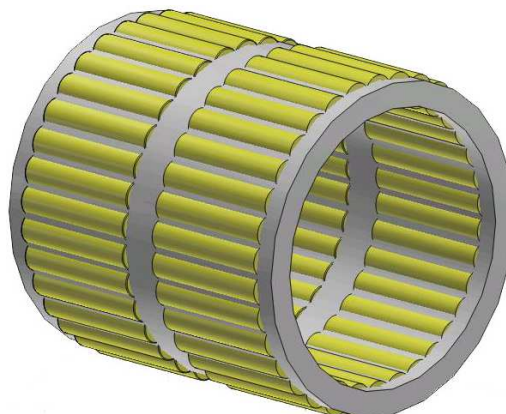
Los rodamientos que sirven de apoyo a los arboles de transmisión son rodamientos de rodillos cónicos según DIN 720; son adecuados para soportar tanto cargas radiales como axiales y soportan cargas elevadas y grandes velocidades y el montaje de estos es en X.

Sobre el árbol primario se han colocado dos rodamientos iguales de SKF 32005 X/Q. Sobre el árbol secundario se ha colocado otros dos rodamientos iguales, en este caso del mismo fabricante, pero distinto modelo SKF 320/32 X/Q. Los rodamientos que sirven de apoyo al mecanismo diferencial son dos rodamientos SKF 33109. En la siguiente imagen puede ver uno de los rodamientos de rodillos cónicos utilizados.



Los piñones locos giran sobre sus respectivos arboles a través de coronas de agujas de dos hileras según DIN 5405. Estos rodamientos se sitúan sobre el árbol primario para el apoyo del piñón de 3ª y de 4ª y de la corona de 5ª. Sobre el árbol secundario se sitúan los rodamientos de agujas como apoyo para la corona de 1ª y la corona de 2ª. Estos cinco rodamientos de doble hilera son rodamientos INA

K32x40x42-ZW-TV. A continuación se muestra una imagen del rodamiento de agujas utilizado.



2.4.2.11 Lubricación:

En el interior de la caja de cambios se deposita una cierta cantidad de aceite, aproximadamente 4,5 litros, que es proyectada en todas las direcciones por los piñones en su giro, impregnando estos y los rodamientos para su engrase. La película de aceite interpuesta entre los dientes atenúa el desgaste y los ruidos, resultando más silenciosa la caja en su funcionamiento. El tipo de aceite utilizado es de extrema presión con el fin de evitar la rotura de la película de aceite por la aplicación de grandes esfuerzos. La graduación utilizada generalmente es EP-80 o bien EP-90. Para la caja se ha utilizado lubricante Cepsa SAE 80W90.

2.4.2.12 Estanqueidad:

Para evitar la pérdida de aceite de la caja de cambios es necesario la utilización de elementos comerciales que favorezcan la estanqueidad elementos tales como retenes que evitan la salida de lubricante por tapas y ejes.

En el plano de conjunto se puede observar que en el árbol primario junto al casquillo de embrague se sitúa un retén A 25x35x10 DIN 3760 y a la salida de los dos semipalieres en el diferencial se sitúan dos Retenes A 32x60x6 DIN 3760. Ambos tipos de retenes son comercializados por la empresa MELCAR.

2.4.2.13 Respiradero:

Para evitar la acumulación de presión dentro de la caja de cambios es necesaria la colocación de un respiradero comercial: Tapón desvaporizador TMV 1"-22x1,5 , fabricado por la empresa MINTOR

2.4.2.14 Tapón de llenado y vaciado:

Generalmente el lubricante que se utiliza en la caja de cambios no necesita ser cambiado en todo el periodo de utilización, pero puede haber excepciones tales como el caso de averías en las que sea necesario la apertura de la caja de cambios y por tanto es necesario el tapón de llenado y vaciado. Para nuestra caja de cambios se utiliza un tapón de vaciado y llenado comercial TC/F 2"-22x1,5 fabricado por la empresa MINTOR.

2.5 Diferencial

Cuando un vehículo toma una curva, las ruedas interiores efectúan un recorrido más corto que las exteriores; por tanto, si dos ruedas motrices se unieran rígidamente a la corona de reducción final darían el mismo número de vueltas y, en este caso, al tomar una curva la rueda interior sería arrastrada y patinaría sobre el terreno. Para contrarrestar este defecto, en los vehículos motopropulsados se dispone de un mecanismo diferencial, que tiene la misión de adaptar las revoluciones de las ruedas motrices al recorrido que tienen que efectuar.

Características generales:

El diferencial simple con ruedas cónicas está constituido por una serie de piñones cónicos de dientes rectos engranados entre sí alojados en una carcasa llamada piña diferencial que esta solidaria a la corona de reducción final y dentro de la cual pueden moverse libremente.

Dos de estos piñones llamados planetarios, se unen a los palieres o semiejes de rueda a través de unos estriados que llevan en su interior. Estos elementos son los que transmiten el movimiento a las ruedas a través de los semiejes por tanto el material del que están formados debe de gran resistencia (acero aleado F 1280) para soportar los esfuerzos de transmisión.

Sobre estos piñones, y engranando con ellos, van acoplados los dos piñones compensadores llamados satélites, montados en un eje perpendicular sujeto a la carcasa sobre el cual pueden girar libremente rodando sobre los planetarios.

2.6 MONTAJE

Antes de proceder al montaje deberán limpiarse cuidadosamente todos los componentes, quitando todas las rebabas que pudieran existir. Las superficies internas no mecanizadas de las carcasas deberán estar absolutamente limpias de arena de moldeo. Se deben verificar los asientos, tanto de los ejes como de los soportes, ya que es necesario mantener los ajustes y acabados ya establecidos para que el montaje discorra a plena satisfacción.

Las caras de apoyo y los asientos de los rodamientos no deben ser raspados en ningún caso con un útil metálico, pero sí limpiados con un paño empapado de un producto de limpieza y secados con aire comprimido.

Sobre los árboles primario y secundario se montan los rodamientos, las ruedas dentadas y los sincronizadores, teniendo en cuenta el orden de montaje y la posición exacta de las arandelas de empuje, que impiden su movimiento axial sobre el eje (Ver plano P1). Los cubos de los sincronizadores entran a presión en el eje, por cuya causa, deberán calentarse para facilitar este montaje. Realizado el montaje de este eje se comprobará la holgura lateral de las ruedas, corrigiéndola con arandelas de espesores si fuera necesario.

El posicionamiento de los árboles de transmisión sobre la carcasa se realiza de forma conjunta. Si se necesita realizar algún tipo de ajuste para que se produzca el perfecto engrane entre los dientes, este se realizara variando el espesor de una arandela situada en el árbol secundario (ver plano general P1 marca 27). El correcto posicionamiento del primario con respecto al secundario (ya reglado en posición), se logra en esta caja por variación del espesor de una arandela (ver plano general P1 marca 16).

Una vez montados ambos ejes, se colocarán las ruedas del engranaje de quinta velocidad, así como su correspondiente sincronizador. Finalizada esta operación, se colocará la tuerca de fijación, dándole el par de apriete adecuado (generalmente comprendido entre 11 y 15 m×kg).

Una vez finalizado el montaje de los trenes, se verificará que éstos giran libremente y que se produce el engrane y toma de todas las velocidades, desplazando manualmente los respectivos sincronizadores.

Seguidamente, se procederá al montaje de las horquillas de mando y barras desplazables en las posiciones adecuadas, respetando el sentido de montaje de los pasadores de fijación.

Finalmente se montará la tapa de quinta velocidad atornillando los respectivos tornillos de fijación, así como el resto de componentes exteriores de la caja, sellando las uniones con pasta selladora. Finalizada la operación de armado, se probará el funcionamiento de la caja haciendo girar el primario y engranando sucesivamente las distintas velocidades, comprobando el funcionamiento correcto de cada una de ellas. Seguidamente se verterá el lubricante hasta el nivel adecuado, quedando la caja en orden de marcha.

Es de especial importancia el montaje de los rodamientos de ambos ejes. Debe ser realizado por personal competente y en condiciones de rigurosa limpieza. Siempre que sea posible, el montaje se efectuará en una sala con atmósfera seca y sin polvo, alejada de máquinas que puedan producir virutas, limaduras o polvo.

Es importante conservar los rodamientos en sus envases originales hasta inmediatamente antes del montaje para evitar que se ensucien. No es necesario quitar todo el recubrimiento antioxidante que trae en el embalaje, basta con quitarlo de las superficies exterior e interior. Será necesario lavar y secar los rodamientos que estén contaminados por causa de una manipulación incorrecta (embalaje dañado,...) y los que al sacarlos de su envase original presenten una capa antioxidante muy gruesa. La limpieza se deberá llevar a cabo con un disolvente adecuado (petróleo parafinado, parafina,...) y se deberán aceitar inmediatamente para evitar su oxidación. Antes de proceder al montaje propiamente dicho, debe untarse con aceite fluido el asiento del rodamiento, con lo que se evitarán daños en el mismo.

En el caso de los retenes, la introducción de los mismos en sus alojamientos se realizará mediante un útil adecuado. La superficie posterior del retén debe formar un plano perpendicular al eje del alojamiento y la fuerza para la introducción del mismo debe estar localizada lo más cerca posible del diámetro exterior. Las áreas de rodadura deben estar lisas y exentas de daños.

El ruido producido por los rodamientos puede comprobarse utilizando un palo de madera o un destornillador apoyado con fuerza contra el soporte y lo más cerca posible del rodamiento. El ruido normal debe ser un ronroneo uniforme. Los sonidos silbantes o chillidos indican una lubricación defectuosa, mientras que una rumorosidad irregular o un sonido de golpeteo son generalmente un síntoma de suciedad o daños producidos durante el montaje.

Todo el conjunto de la transmisión (embrague, caja y diferencial), deberá montarse de acuerdo con las condiciones de espacio disponibles en el interior del capó del vehículo.

2.7 MANTENIMIENTO

El mantenimiento en buenas condiciones de la caja de cambios es relativamente sencillo, comprendiendo las siguientes operaciones:

Verificar periódicamente el nivel de aceite de la caja de cambios. Esta operación se llevará a cabo con el vehículo y el motor parados

Vaciados y llenados de aceite: Hay que efectuar el primer vaciado después de un periodo de puesta a punto antes de su definitiva puesta en servicio, y que se fija en unas cien horas.

La frecuencia de los restantes cambios se realizará con cada revisión del vehículo, cambiando dicho lubricante cada 60.000 km.

Con ocasión de las diversas revisiones a las que se someta el vehículo, se realizará un examen de los engranajes y se observarán los rodamientos, quitando las carcasas del embrague y la tapa trasera.

Como norma general, cuando se efectúan intervenciones en las cajas de cambios, deben sustituirse sistemáticamente los retenes, la pasta selladora y los pasadores.