

TEMA 49: *Elementos y mecanismos de transmisión y transformación del movimiento. Elementos de guiado y apoyo. Neumáticos.*

Esquema:

- 1 – Introducción.
- 2 – Elementos de transmisión y transformación del movimiento.
 - 2.1 – Engranajes.
 - 2.1.2 – Parámetros y nomenclatura de los engranajes.
 - 2.1.3 – Clasificación de los engranajes.
 - 2.1.4 – Trenes de engranajes.
 - 2.2 – Poleas y correas.
 - 2.3 – Cadenas de rodillos.
 - 2.4 – Acoplamientos.
 - 2.4.1 – Acoplamientos rígidos.
 - 2.4.2 – Acoplamientos flexibles.
 - 2.5 – Juntas Cardan o Hooke.
 - 2.6 – Junta Rzeppa.
 - 2.7 – Juntas de trípode.
- 3 – Mecanismos de transmisión y transformación del movimiento.
 - 3.1 – Caja de cambios.
 - 3.2 – Puentes traseros.
 - 3.3 – Puentes delanteros.
 - 3.4 – Sistemas de tracción total.
 - 3.4.1 – Órganos auxiliares.
 - 3.4.1.1 – Caja de transferencia.
 - 3.4.1.2 – Diferenciales autoblocantes.
 - 3.4.1.3 – Diferenciales bloqueables manualmente.
- 4 – Elementos de guiado y apoyo.
 - 4.1 – Cojinetes de deslizamiento.
 - 4.2 – Rodamientos.
- 5 – Los neumáticos y las llantas.
 - 5.1 – Los neumáticos.
 - 5.1.1 – Constitución.
 - 5.1.2 – Características principales.
 - 5.1.3 – Designación de los neumáticos.
 - 5.2 – Las llantas.
- 6 – Referencias bibliográficas y documentales.

1 – INTRODUCCIÓN.

Este tema tiene como objetivo el dar a conocer los distintos tipos y el modo de funcionamiento de los elementos y mecanismos de transmisión y transformación del movimiento, de los elementos de guiado y apoyo, así como de los elementos de rodadura que son los neumáticos y las llantas. Para ello se ha explicado sus características fundamentales, sus formas constructivas así como las aplicaciones más comunes de cada uno de ellos.

2 – ELEMENTOS Y MECANISMOS DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION DEL MOVIMIENTO.

2.1 – Engranajes.

Se pueden denominar engranajes o tren de engranajes al acoplamiento que se utiliza para transmitir potencia mecánica entre dos ejes mediante el contacto directo de dos cuerpo sólidos unidos rígidamente a cada uno de los ejes. El objetivo de los engranajes es transmitir una rotación con una relación de velocidades angulares constante.

2.1.2 – Parámetros y nomenclatura de los engranajes.

En la figura siguiente se puede observar una pareja de dientes de un engranaje cilíndrico recto junto con la nomenclatura utilizada en el estudio de engranajes.



Fig 1: Nomenclatura de un engranaje.

- La circunferencia de paso o circunferencia primitiva es aquella equivalente al cilindro rodante o de fricción. Las circunferencias de paso de un par de engranajes conectados son tangentes entre sí.

- El paso circular p : es la distancia medida sobre la circunferencia de paso, entre un determinado punto de un diente y el correspondiente al diente inmediato.
- El módulo m : es la razón del diámetro de paso al número de dientes. El módulo es el índice del tamaño de los dientes utilizado en el S.I.
- El paso diametral P : es el recíproco del módulo, es decir la razón del número de dientes al diámetro de paso. Es utilizado en el sistema de unidades inglesas (diametral pitch).
- El addendum a : es la distancia radial entre el círculo de addendum y el círculo de paso.
- El dedendum d : es la distancia radial entre el círculo de paso y el círculo de dedendum.
- La altura de un diente h : es la suma del addendum y el dedendum.
- La holgura: es la distancia que existe entre el dedendum de un engranaje dado y el addendum de uno con el que engrana, por lo tanto la circunferencia de holgura es la circunferencia tangente a la del addendum.
- La anchura o espesor del diente e : es la medida del diente tomada en la circunferencia de paso.

2.1.3 – Clasificación de los engranajes.

Los engranajes se pueden clasificar en función de la posición relativa de los ejes entre los que se transmite el movimiento. Por lo tanto podemos distinguir las siguientes clases:

- Engranajes cilíndricos: cuando transmiten el movimiento entre ejes paralelos.
- Engranajes cónicos: cuando transmiten el movimiento entre ejes que se cortan.
- Engranajes hiperbólicos: cuando transmiten el movimiento entre ejes que se cruzan.

En función de la forma del diente: los engranajes así mismo se pueden clasificar en:

- Engranajes rectos: cuando los dientes son paralelos al eje de rotación del engranaje.
- Engranajes helicoidales: cuando los dientes forman un ángulo respecto del eje de rotación del engranaje. Este ángulo es el de una hélice cuyo valor ha de ser el mismo entre las dos ruedas dentadas

que engranan pero en una a derechas y en la otra a izquierdas. Una ventaja del dentado helicoidal es la mayor razón de contacto, es decir que al engranar dos ruedas dentadas hay un mayor número de dientes en contacto, y el engrane se produce de una forma más gradual. Por lo tanto son más silenciosos que los rectos y pueden transmitir mayores potencias.

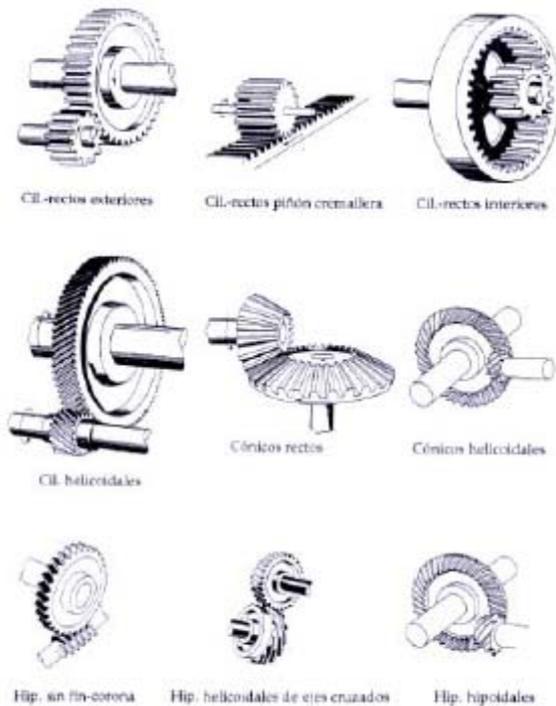


Fig 2: Distintos tipo de engranajes en función de la posición de los ejes y del tipo de dentado.

2.1.4 – Trenes de engranajes.

Se define tren de engranajes al conjunto formado por una serie de ruedas dentadas las cuales transmiten el movimiento de unas a otras formando una cadena cinemática. Estos mecanismos se suelen usar cuando se quiere obtener una relación de transmisión imposible de obtener con una sola pareja de engranajes, cuando hay que transmitir el movimiento entre ejes alejados, cuando se necesita transmitir el movimiento a varios ejes simultáneamente, etc.

Los trenes de engranajes se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Trenes de ejes fijos: cuando sus ejes están fijos en el espacio. A su vez se pueden subdividir en: Trenes simples, cuando hay un solo engranaje por diente. Y trenes compuestos, cuando hay una serie de ruedas dentadas en cada eje que engranan de manera alternada.

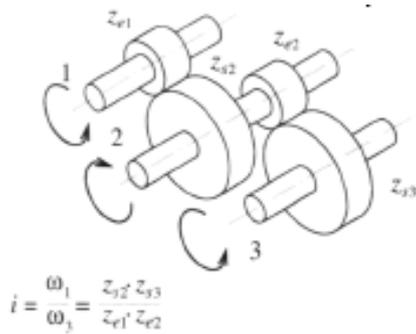


Fig 3: Tren de engranajes fijos.

- **Trenes epicicloidales:** cuando al menos uno de sus engranajes está animado de un movimiento epicicloidal, es decir que la trayectoria descrita por un punto de la periferia de uno de los engranajes que no tiene un centro fijo y que gira alrededor de otro engranaje que si lo tiene, es una epicicloide. El más simple de estos trenes consta de cuatro elementos: Un engranaje central llamado planetario. Una corona o engranaje de dentado interior. Una o varias ruedas dentadas que engranan con los anteriores llamados satélites. Y finalmente el portasatélites que es el elemento que sustenta a los satélites.

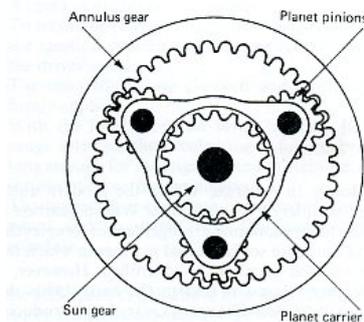


Fig 4: Tren epicicloidal.

2.2 – Poleas y correas.

Estos elementos se suelen utilizar cuando la potencia a transmitir no es muy elevada, ya que la transmisión del movimiento se realiza por el rozamiento existente entre la polea y la correa. Generalmente estos sistemas requieren un pretensado para funcionar correctamente y evitar el patinaje.

Las correas se pueden clasificar en tres grupos:

- De tipo trapezoidal: hoy en día se utilizan mayoritariamente en maquinaria doméstica, industrial y agrícola. Están compuestas por una serie de fibras longitudinales metálicas o sintéticas embebidas en una matriz de uretano, y un recubrimiento con alto coeficiente de

fricción. Se pueden subdividir en tres grupos: convencionales, estrechas y sin recubrimiento lateral. Entre las dos primeras la diferencia radica en la relación de anchura de la parte superior y la altura de la correa, es decir 1,6/1 frente a 1,2/1. Debido a ello las segundas pueden trabajar a mayores velocidades y soportan unas frecuencias de oscilación mayores. Las denominadas correas sin recubrimiento lateral son similares a las estrechas pero se adaptan mejor a poleas de pequeño diámetro.

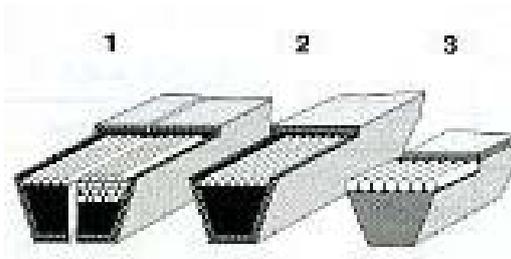


Fig 5: Correas trapezoidales. 1 convencional, 2 estrecha y 3 sin recubrimiento lateral.

- De tipo poli-uve: se caracterizan por su gran flexibilidad y porque la superficie posterior de la correa se puede utilizar también para transmitir potencia si el ángulo de recubrimiento es suficientemente grande. Su campo de aplicación más común se encuentra en el accionamiento de los órganos auxiliares de los motores de los automóviles, es decir alternador, bomba de la dirección asistida, compresor del aire acondicionado, etc. En relación con las poleas de tipo uve, la tensión que se ha de aplicar en el ensamblaje ha de ser un 20% superior para transmitir la misma potencia.

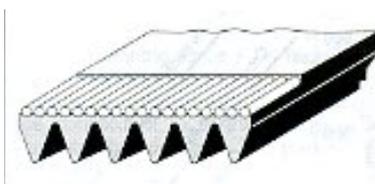


Fig 6: Correa de tipo poli V.

- De tipo dentado: son similares en su construcción a las anteriores, pero no en su geometría, ya que en lugar de tener una sección multicanal presenta un perfil de dentado trapezoidal o redondeado. Debido a esta característica la magnitud de pretensado es mucho menor, lo que redundaría en una mayor vida de los rodamientos de las poleas y un mayor silencio de funcionamiento. Típicamente se utilizan para el accionamiento de los árboles de levas. Al no ser autoalineantes como las poli-uve, las poleas han de presentar unas nervaduras en los laterales para evitar que las correas se salgan.

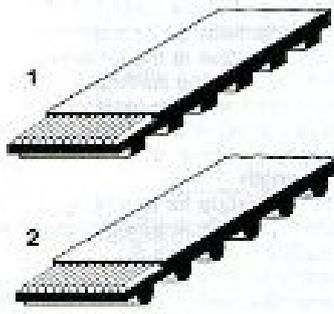


Fig 7: Correas de tipo dentado.

2.3 – Cadenas de rodillos.

Las características básicas de una transmisión por cadena son una relación de velocidad constante, puesto que no hay deslizamiento ni distensión, larga vida útil y la posibilidad de accionar varios ejes con la misma cadena.

Los parámetros fundamentales de una cadena son: El paso, que es la distancia entre los ejes de dos rodillos consecutivos. Y el ancho, que es la distancia entre las placas interiores de un eslabón. Las cadenas más comúnmente utilizadas son las sencillas, dobles, triples e incluso cuádruples. Por otro lado, las cadenas de rodillos se encuentran estandarizadas en cuanto a tamaños.

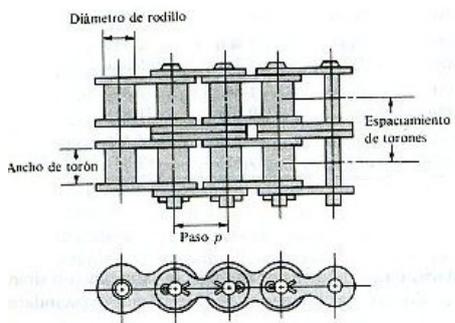


Fig 8: Planta y alzado de una cadena de rodillos.

El ángulo que gira el eslabón a medida que entra en contacto con la rueda impulsora se denomina ángulo de articulación. Su magnitud varía en función del número de dientes, es decir a mayor número de dientes menor es la magnitud del ángulo y viceversa. De cara a aumentar la vida útil de la cadena es recomendable disminuir este ángulo tanto como sea posible. Es decir, aumentar el número de dientes de la rueda impulsora, ya que por la naturaleza del acoplamiento entre la cadena y la rueda se producen impactos entre ambos.

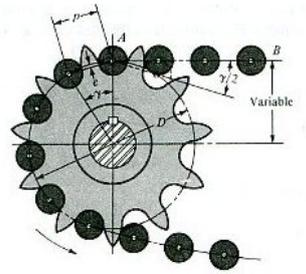


Fig 9: Cadena y rueda impulsora.

Como regla general, en el caso de velocidades moderadas o altas, se recomienda utilizar una rueda impulsora con un mínimo de diecisiete dientes, pudiendo llegar hasta veintiuno, para así obtener una operación uniforme. En el caso de limitaciones de espacio, y velocidades inferiores se puede disminuir el número de dientes.

Las fallas más comunes de las cadenas de rodillos se suelen deber al desgaste de los rodillos o de los pasadores, o bien a la fatiga de la superficie de los rodillos. Por ello es primordial una buena lubricación si se quiere obtener una vida útil prolongada. Los métodos más comunes son por goteo o por baño, usando un aceite de baja o media viscosidad para que penetre en todos los intersticios de la cadena.

2.4 – Acoplamientos.

Para unir dos ejes que se encuentren enfrentados, aproximadamente en prolongación el uno del otro, se utilizan unos elementos llamados acoplamientos. Éstos pueden ser de varios tipos dependiendo de las solicitaciones y requerimientos.

2.4.1 – Acoplamientos rígidos.

Se emplean para unir dos árboles perfectamente coaxiales. Los acoplamientos rígidos más comunes pasan a explicarse a continuación.

- **Dentado triangular plano:** estos acoplamientos se caracterizan por tener un dentado con una disposición radial en el extremo de los ejes o de los elementos que se desean unir. Para la transmisión del movimiento de giro es necesaria una tensión axial, que se suele aplicar mediante un perno de unión localizado en el interior del acoplamiento. Esta tensión axial presiona los flancos de los dientes unos contra otros asegurando una correcta transmisión del giro.

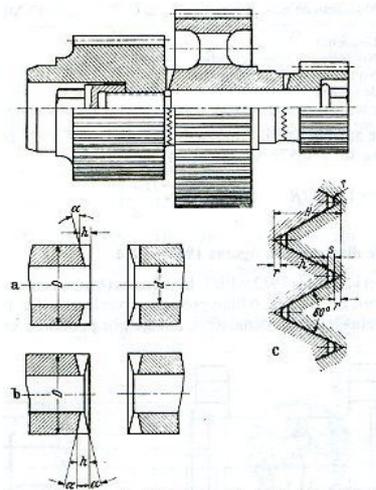
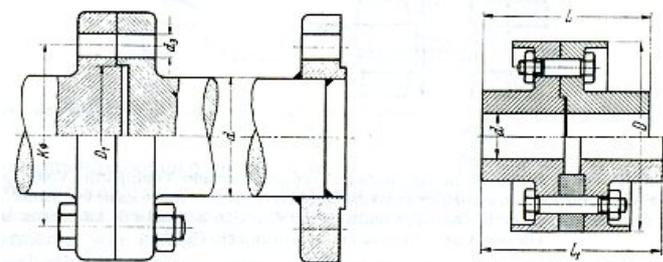


Fig 10: Unión rígida a la torsión mediante dentado triangular plano. A) con posición asimétrica de los ejes. B) con posición simétrica de los dientes. C) desarrollo del dentado en el diámetro exterior.

- Discos o bridas: en este caso las bridas de acoplamiento se encuentran unidas a los extremos de los ejes mediante soldadura, chavetas, cuñas, perfiles acanalados, incluso mediante encaje por presión o cónico. Las bridas presentan un reborde para el centrado, por lo que se ha de permitir un pequeño desplazamiento axial de uno de los ejes para su desmontaje. Las bridas se unen entre sí mediante tornillos pasantes de tal manera que el momento de giro pueda ser transmitido por fricción. En el caso de elevadas sollicitaciones, junto con los pernos, las superficies de unión de las bridas suelen presentar unas facetas dentadas que engastan entre si.



a)

b)

Fig 11: Acoplamiento por discos o bridas. A) Bidas soldadas al los ejes. B) bridas atornilladas, sección superior con resalte de centrado, e inferior con anillo de centrado.

- Acoplamiento de rodillos: es un sistema simple y desmontable para la unión de ejes de aparatos de medida, mandriles de máquinas u acoplamientos temporales. Debido a su construcción se consiguen transmitir elevados pares con un apriete manual moderado. Este acoplamiento consta de unos rodillos 4 que forman un pequeño

ángulo β con la dirección del eje. Al apretarse el racor roscado 6, éste avanza longitudinalmente impartiendo un movimiento de rodadura a los rodillos, que a su vez presionan el cubo 3 contra la superficie del eje.

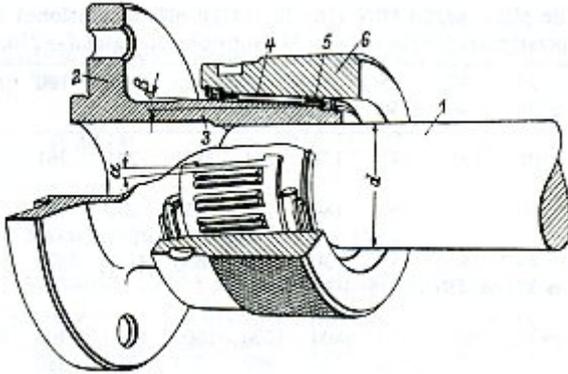


Fig 12: Acoplamiento de rodillos.

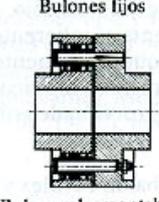
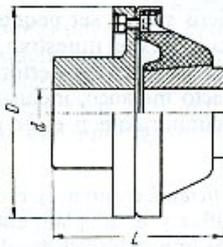
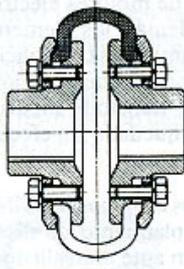
2.4.2 – Acoplamientos flexibles.

Estos acoplamientos se instalan principalmente para la absorción de vibraciones o sacudidas del momento de giro de modo elástico, para desplazar el régimen de resonancia de la transmisión de modo que no coincida con el régimen de servicio, o para conectar árboles cuya coaxialidad no esta asegurada.

Entre los elementos deformables intermedios de estos acoplamientos podemos distinguir los de amortiguamiento interno, por ejemplo con elastómeros, y los de amortiguamiento externo provocado por rozamiento. Los primeros poseen un notable amortiguamiento, sin embargo tienen el inconveniente de una difícil evacuación del calor debido a su baja conductividad térmica. Los segundos poseen un amortiguamiento inferior, pero presentan la ventaja de poder resistir mayores temperaturas.

Como se ha comentado anteriormente, los acoplamientos elásticos son apropiados para compensar diferencias en la posición de dos ejes. A pesar de ello se ha de tener en cuenta que debido a las deformaciones que aparecen en los elementos intermedios y al número de revoluciones de servicio se genera calor y desgaste. Por ello durante el montaje de estos acoplamientos es recomendable alinear tan exactamente como sea posible los ejes.

Acoplamiento ELCO (Renk) Acoplamiento Kegelflex (Kauermann) Acoplamiento Periflex (Stromag)

 <p>Bulones fijos Bulones desmontables</p>		
<p>Elementos de transmisión: casquillos de goma perfilados, amortiguamiento por fricción interna, curva característica progresiva. Dislocaciones admisibles: h y β pequeñas, $a = 2 \dots 3$ mm, $\varphi = 2 \dots 3^\circ$.</p>	<p>Elementos de transmisión: bulbo de goma de forma cónica, la rigidez puede ser variada mediante diferentes tipos de goma. Amortiguamiento mediante fricción interna, curva característica lineal. Dislocaciones admisibles: $h = 0,2$ a $0,5$ mm, $\beta = 1/2^\circ$, $a = 1 \dots 2,5$ mm, φ hasta 10°. Con un cono de goma por ambos lados se admiten valores dobles.</p>	<p>Elemento de transmisión: balón de goma de forma anular, amortiguamiento mediante fricción interna, curva característica aproximadamente lineal. Dislocaciones admisibles: h hasta 4 mm, β hasta 4°, a hasta 8 mm, $\varphi = 5 \dots 12^\circ$.</p>

Acoplamiento Eupex (Flender) Acoplamiento Ortilflex (Ortlingshaus) Acoplamiento EZ (Vulkan)

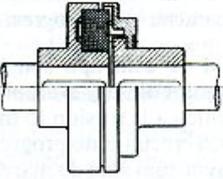
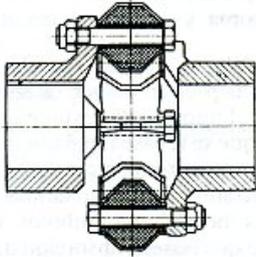
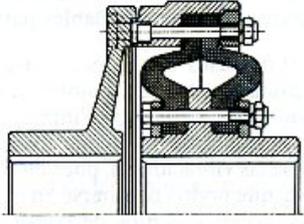
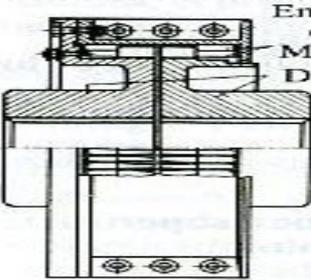
		
<p>Elementos de transmisión: paquetes elásticos de plástico, goma o cuero, amortiguamiento mediante fricción interna, curva característica progresiva. Dislocaciones admisibles: h y β pequeñas, $a = 4 \dots 10$ mm, φ hasta 2° con goma y hasta $0,5^\circ$ con cuero.</p>	<p>Elementos de transmisión: Anillo de goma hexagonal precargado con casquillos vulcanizados conjuntamente (casquillos para la fijación alternante en ambos cubos), amortiguamiento mediante fricción interna, curva característica progresiva, dependiendo de la dureza de la goma. Dislocaciones admisibles: $h = 0,75$ hasta $2,1$ mm, β hasta 8°, $a = 5 \dots 12$ mm, $\varphi = 9 \dots 10^\circ$.</p>	<p>Elementos de transmisión: 2 aros de caucho natural con refuerzo textil, amortiguamiento por fricción interna, curva característica progresiva. Dislocaciones admisibles: $h = 2 \dots 6$ mm, $\beta = 2 \dots 4^\circ$, $a = 4 \dots 8$ mm, $\varphi = 3 \dots 10^\circ$.</p>

Fig 13: Acoplamientos elásticos con amortiguación interna.

Acoplamiento Bibby (Malmédie)



Envolvente de los muelles
Muelles
Discos del acoplamiento

Elementos de transmisión: fleje de acero de resortes enrollado en zigzag, amortiguamiento mediante fricción entre el resorte y las ranuras, al deformarse se acorta por sí mismo el brazo de palanca, progresivo.
Dislocaciones admisibles: $h = 0,5$ a $1,5$ mm, $\beta = 1,25^\circ$, $a = 3 \dots 6,5$ mm, $\varphi \approx 2^\circ$.

Fig 14: Acoplamiento elástico con amortiguación por fricción.

2.5 – Juntas Cardan o Hooke.

Quizás se trate de la junta universal mas usada en automoción. Recibe su nombre del italiano Jerome Cardan y del británico Robert Hooke. Este tipo de junta está compuesta por tres elementos principales: Dos horquillas desfasadas noventa grados, una de ellas conductora y la otra conducida. Y una cruceta que hace de elemento de unión entre las horquillas. La transmisión de movimiento en todas direcciones, por ello llamado junta universal, se debe a la capacidad de la junta de articularse respecto de dos ejes perpendiculares.

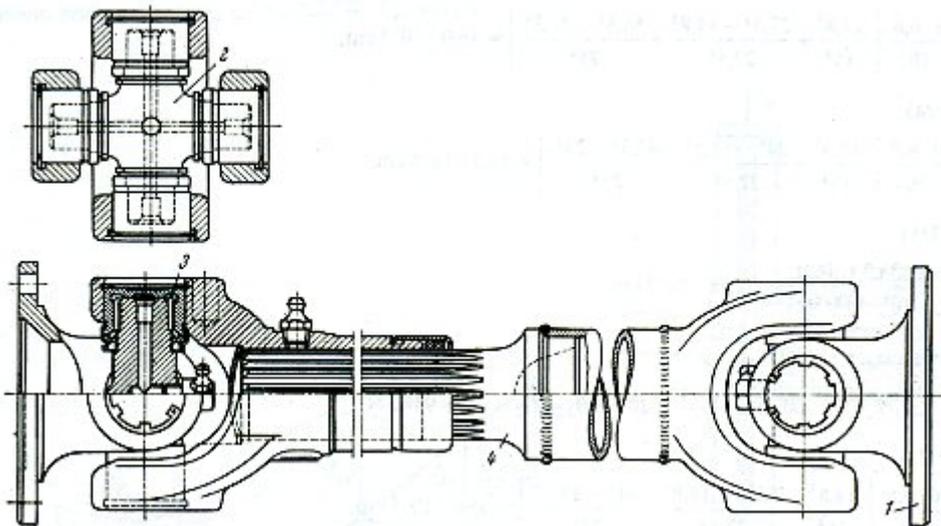


Fig 15: Junta cardan ensamblada en una transmisión.

Desde el punto de vista constructivo se puede observar que la cruceta no está en contacto directo con las horquillas, sino que lo hace a través de casquillos o bien de rodamientos de agujas. La fiabilidad de estos mecanismos depende fundamentalmente de la correcta lubricación de los mismos. Hoy en día existen juntas que están lubricadas de por vida, aunque es muy frecuente en vehículos todo terreno o vehículos industriales que sigan manteniendo engrasadores para llevar a cabo una lubricación periódica. Habitualmente el engrasador se encuentra en el centro de la cruceta y existen conductos de engrase desde este lugar hasta los extremos donde se encuentran los casquillos o rodamientos.

El problema que presentan estas articulaciones, es que es necesario el empleo de dos de ellas en serie para poder transmitir un movimiento uniforme, debido a las aceleraciones y deceleraciones que se producen en el conjunto de la cruceta y la horquilla conducida. Al usarse dos articulaciones en serie, estas fluctuaciones se ven compensadas, por lo que se transforma en una junta homocinética o de velocidad constante.

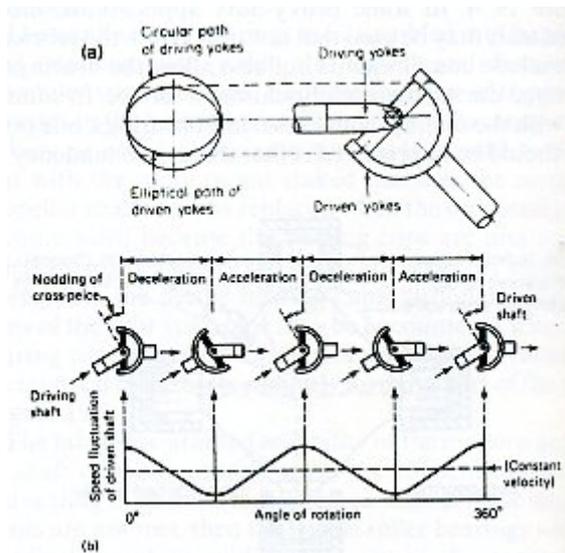


Fig 16: a) Trayectoria visual de una junta cardan. B) diagrama de aceleraciones.

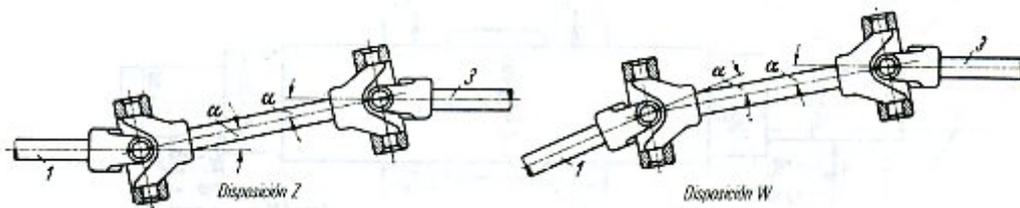


Fig 17: Alineación compensada de las juntas cardan.

2.6 – Junta Rzeppa.

Este mecanismo fue inventado por el checoslovaco A. H. Rzeppa a comienzos del S-XX. También se ha dado a conocer como junta Birfield. Desde sus inicios hasta nuestros días ha pasado por distintas etapas de evolución, transformándose en una de las juntas homocinéticas más usadas en vehículos automóviles. Al contrario que la junta Cardan, no necesita dos articulaciones en serie para obtener homocinetismo.

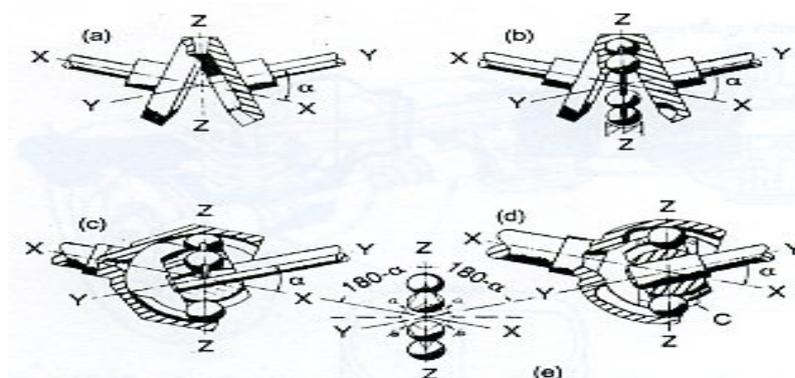


Fig 18: Principio de homocinetismo de la junta Rzeppa. A) Engranajes cónicos con velocidad constante, ángulo fijo. B) Engranajes cónicos con velocidad constante en los que los dientes han

sido sustituidos por esferas y cavidades, ángulo fijo. C) Junta de velocidad constante en la que ranuras longitudinales sustituyen a las cavidades en los miembros conductores y conducidos, ángulo variable. D) Junta Rzeppa en la que las esferas conductoras se encuentran fijadas en un plano bisectriz del ángulo formado entre los ejes X e Y mediante la jaula C.

Desde el punto de vista constructivo estas juntas homocinéticas constan de los siguientes elementos: Una articulación esférica con ranuras meridionales. Una jaula para el correcto guiado de las esferas. Y una serie de esferas, tantas como ranuras, que hacen de elemento intermedio de transmisión de movimiento entre las dos semiarticulaciones. Este tipo de construcción asegura que las esferas se encuentren siempre en un plano bisectriz del ángulo formado por los ejes conductor y conducido.

Desde su implantación inicial tanto las jaulas como los perfiles de las acanaladuras se han ido perfeccionando de cara a obtener una mayor vida útil de estos mecanismos. Por ejemplo, los perfiles de las acanaladuras han evolucionado desde una forma semicircular, hasta un perfil ojival con el que se consigue disminuir los esfuerzos de cortadura a los que se ven sometidas las esferas.

Frecuentemente estas articulaciones se encuentran protegidas por unas cubiertas flexibles, o bien dentro de unos alojamientos estancos que se encuentran rellenos de grasa lubricante. De esta manera, salvo por rotura de las cubiertas o pérdidas de estanqueidad de los alojamientos, las juntas se encuentran lubricadas de por vida.

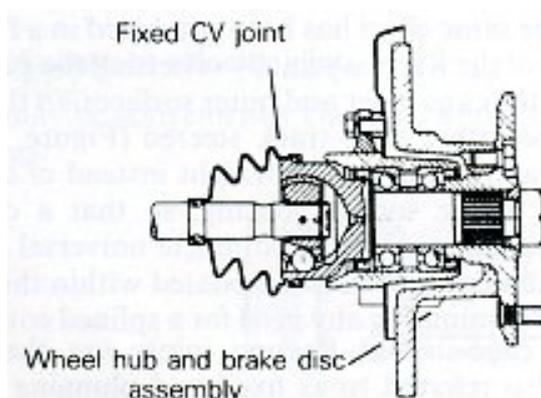


Fig 19: Junta Rzeppa con fuelle protector.

2.7 – Juntas de trípode.

Este tipo de junta se desarrollo a finales de los años sesenta por la firma Glaencer-Spicer. Como su propio nombre indica, estas juntas están compuestas por un elemento con forma de estrella o trípode, el cual presenta tres bulones equiespaciados a ciento ochenta grados, sobre los que giran unos rodamientos esféricos. A su vez estos rodamientos engranan con las ranuras meridionales de una semiarticulación esférica.

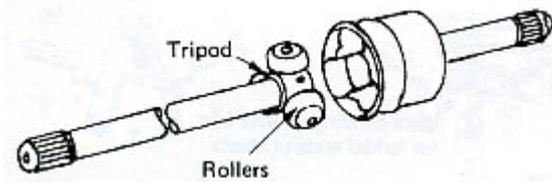


Fig 20: Junta de trípode.

Para evitar el desgaste prematuro de las ranuras meridionales, los radios de los rodamientos esféricos son ligeramente inferiores a los de las ranuras.

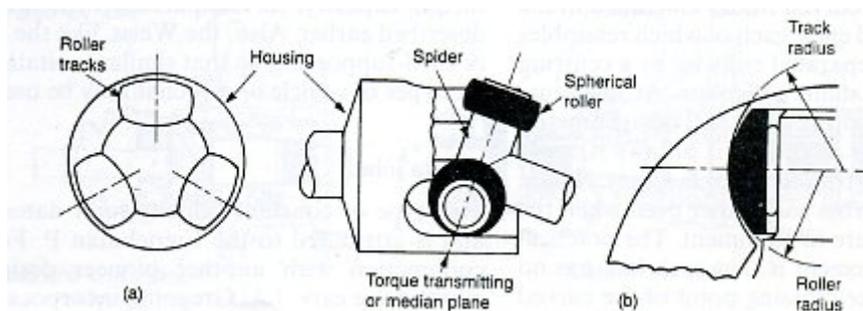


Fig 21: Detalles constructivos de una junta de trípode.

Debido a su simplicidad constructiva y al buen reparto de esfuerzos entre los tres rodamientos esféricos, este tipo de junta tiene una buena aceptación en los vehículos automóviles. Del mismo modo que las juntas Rzeppa, las juntas trípode se aíslan mediante unas cubiertas flexibles, que a su vez sirven de alojamiento para la grasa lubricante.

3 – MECANISMOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL MOVIMIENTO.

3.1 – Caja de cambios.

Ver tema 46

3.2 – Puentes traseros.

Ver tema 48

3.3 - Puentes delanteros.

En esta sección se describirán los distintos tipos de puentes delanteros siempre y cuando sean ejes motrices. Descripciones detalladas de puentes delanteros no motrices se encuentran en los temas cuarenta y cuatro y cuarenta y cinco.

El eje motriz tiene la función no solo de soportar parte de la carga del vehículo sino también de transmitir la potencia y el par motor a las ruedas de ese mismo eje. En un principio esto se consigue por medio de un mecanismo reductor que es la caja de cambios y a posteriori mediante un mecanismo compensador del giro que es el diferencial. Además, el diferencial tiene la función de aumentar el par de salida de la caja de cambios y dividir la potencia, no el par, transmitida a las ruedas.

En los vehículos con tracción delantera el motor, la caja de cambios y el mecanismo diferencial suelen formar una sola unidad. Esta unidad puede estar dispuesta de las siguientes maneras:

- Longitudinalmente por delante del eje delantero.
- Longitudinalmente por detrás del eje delantero, poco común.
- Transversalmente por delante del eje delantero, con la caja de cambios dispuesta bajo el motor.
- Transversalmente por delante del eje delantero, con el motor y la caja de cambios en serie.

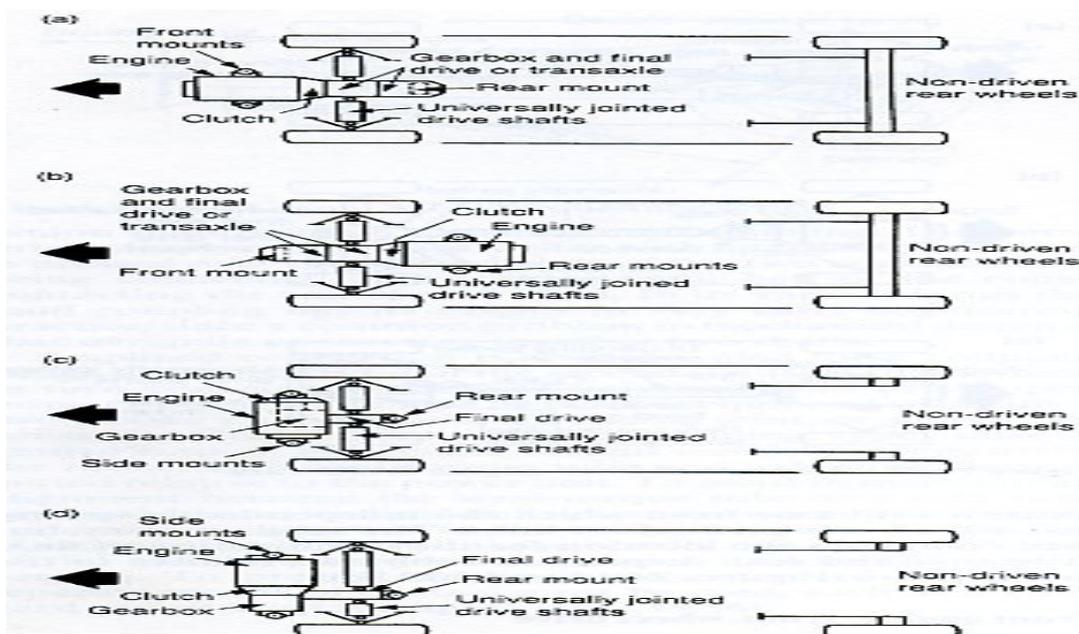


Fig 22: Distintas disposiciones de la unidad motriz.

Los anclajes utilizados en este tipo de sistemas combinados son similares en su construcción a los utilizados en los vehículos con tracción trasera, sobre todo el caso en que la disposición sea longitudinal. Habitualmente se utilizan tres apoyos resilientes de goma: Dos situados en los laterales del motor para soportar las oscilaciones laterales del conjunto y las reacciones del par transmitido por la transmisión. Y un tercero bajo la caja de cambios. En el caso del montaje transversal el anclaje de todo el conjunto es algo más complejo debido al paralelismo existente entre el eje longitudinal del motor y la transmisión. En estas circunstancias los anclajes no solo han de absorber las oscilaciones del motor, sino que también han de ser capaces de soportar las cargas impuestas por la transmisión del par a las ruedas. Para ello se suelen utilizar dos apoyos inferiores y uno superior que va unido a algún elemento resistente de la carrocería.

La transmisión del movimiento desde el grupo diferencial a las ruedas se realiza por medio de palieres que presentan en sus extremos cualquiera de las juntas o articulaciones explicadas en la sección 2.4.

En el caso de los montajes transversales la longitud de los palieres suele ser la misma. Sus extremos están estriados para facilitar su montaje y desmontaje, así como para poder transmitir el movimiento desde el diferencial a las ruedas.

En el caso de los montajes longitudinales, debido a la colocación del grupo diferencial, los palieres presentan distintas longitudes, así como distintos ángulos las articulaciones. Esta diferencia, si no es compensada de alguna manera, puede llegar a inducir pérdidas de trayectoria bajo fuertes aceleraciones. Las formas más habituales de solventar este problema son:

- Incrementar la rigidez a la torsión del palier mas largo.

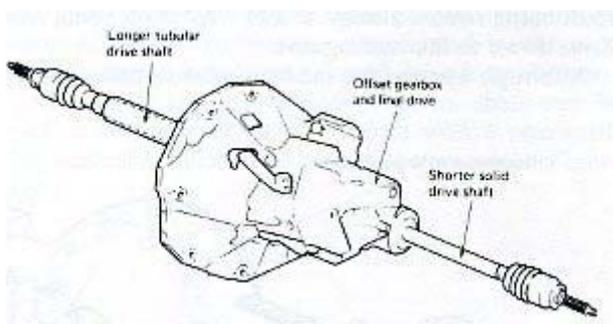


Fig 23: Palier tubular reforzado frente a palier sólido.

- Utilizar una transmisión intermedia con un apoyo en palier mas largo, de tal manera que los ángulos que presenten las articulaciones sean los mismos en ambos lados.

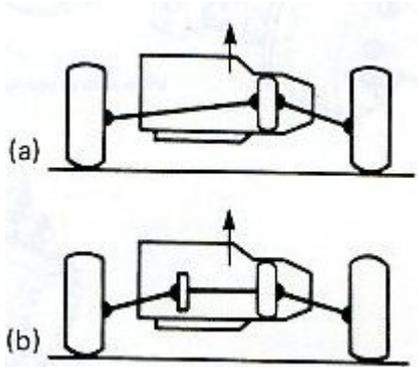


Fig 24: a) Palier sin eje intermedio. B) palier con eje intermedio.

3.4 – Sistemas de tracción total.

Al igual que ciertas aplicaciones o instrumentos modernos los vehículos con tracción total se desarrollaron a partir de los conflictos armados de la primera mitad del S-XX. En la primera guerra mundial ya existían tractores pesados para remolcar piezas de artillería campo a través. Desde entonces hasta nuestros días los vehículos todo terreno han ido refinando en gran medida, a pesar de que los esquemas de tracción siguen siendo similares.

Los tipos de vehículos que utilizan la tracción integral pasan a describirse a continuación:

- Vehículos de trabajo e industriales: al encontrarse dotados de una caja de transferencia de dos relaciones, elevados recorridos de suspensión y neumáticos apropiados, estos vehículos tienen una capacidad de ascenso, descenso y movilidad en terrenos abruptos muy elevada.
- Vehículos de tipo todo terreno: tienen unas características constructivas similares a los anteriores, pero poseen mayores dosis de refinamiento y su comportamiento en carretera es aceptable.
- Vehículos de tipo turismo: en este caso no se busca una movilidad en terrenos difíciles elevada, sino una mejor tracción en condiciones atmosféricas desfavorables o en carreteras reviradas.

3.4.1 – Órganos auxiliares.

Las cadenas cinemáticas de los vehículos que disponen de tracción total presentan una serie de órganos que no suelen tener los vehículos convencionales. Éstos pasan a enumerarse y explicarse a continuación.

3.4.1.1 – Caja de transferencia.

Existen vehículos que habitualmente circulan en tracción trasera y cuando las características de terreno lo exige, la tracción delantera se conecta de forma manual, a voluntad del conductor mediante dispositivos electromecánicos, o incluso automáticamente si se detecta que hay una pérdida de tracción. En otros casos la tracción total es permanente, esto quiere decir que todas las ruedas del vehículo están transmitiendo potencia constantemente. Por ello es importante distinguir entre los vehículos con tracción integral permanente o temporal.

Los vehículos dotados de tracción total disponen de un mecanismo llamado caja de transferencia que se encarga de repartir el par motor al eje delantero y al trasero. Este mecanismo puede ser solidario a la caja de cambios, o puede tener una transmisión intermedia que la conecta a ella.

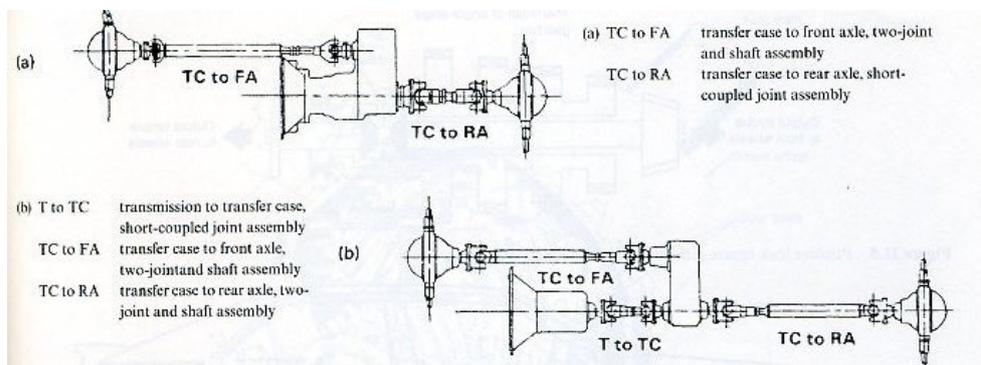


Fig 25: Disposición de la caja de transferencia.

Así mismo, la caja de transferencia en el caso de los vehículos industriales y todo terreno, permite tener dos desarrollos de transmisión, uno largo para circular por carretera y uno corto para la circulación por terrenos complicados. El engrane de una u otra velocidad se consigue mediante el deslizamiento de un collarín, del mismo modo que se produce el engrane de una velocidad en una caja de cambios manual.

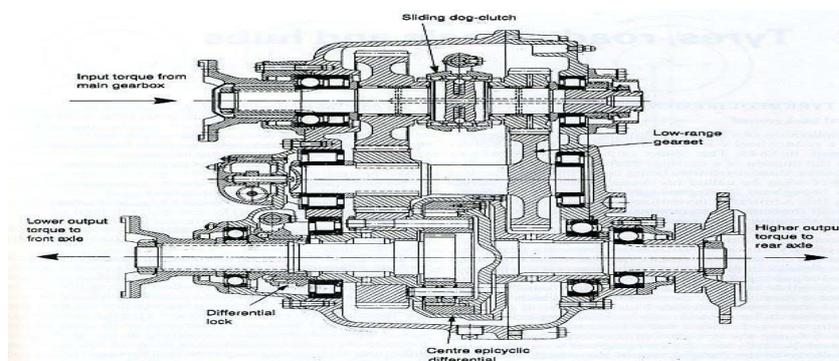


Fig 26: Caja de transferencia de dos velocidades, con diferencial epicicloidial y bloqueo del mismo.

Las cajas de transferencia de los vehículos que tienen la posibilidad de circular con tracción total permanente están dotadas de un diferencial central para repartir el giro en función de las trayectorias que siguen el eje delantero y trasero. Si el par que se quiere transmitir a uno de los ejes es superior al par que se desea transmitir al otro se utilizan diferenciales de tipo epicicloidal. En cambio, si el reparto de par se desea que sea el mismo se utilizan diferenciales convencionales.

De la misma manera algunas cajas de transferencia, sobre todo en vehículos industriales, están previstas para la instalación de una toma de fuerza. Ésta es un dispositivo que permite el montaje de bombas hidráulicas, transmisiones u otro tipo de elementos para el accionamiento de equipos auxiliares.

3.4.1.2 – Diferenciales autoblocantes.

De cara a asegurar la tracción en situaciones comprometidas la acción del mecanismo diferencial se ha de limitar de manera que toda la potencia transmitida no sea entregada a un solo eje, en el caso de un diferencial central, o a una sola rueda en el caso de un diferencial frontal o trasero. Para ello existen una serie de mecanismos que mediante la fricción de una serie de elementos, mediante la acción conjunta de una serie de engranajes o bien mediante presión hidráulica limitan tal efecto. Dichos mecanismos son:

- **Diferencial autoblocante viscoso:** Este dispositivo se compone de un acoplamiento viscoso, el cual a su vez está constituido por una serie de álabes conductores y conducidos que se encuentran confinados en un alojamiento relleno de aceite de silicona. Este aceite posee la propiedad de aumentar su viscosidad muy rápidamente con el aumento de la temperatura. En el caso de que exista una diferencia en la velocidad de giro entre las dos salidas del diferencial, se produce un batido del aceite, por lo tanto su viscosidad aumenta y la velocidad entre las dos salidas tiende a igualarse debido a la reacción de los álabes conducidos frente a los conductores. Este mecanismo puede actuar como mecanismo diferencial por sí solo o acoplado a un diferencial mecánico. Su uso se suele restringir a los diferenciales centrales.

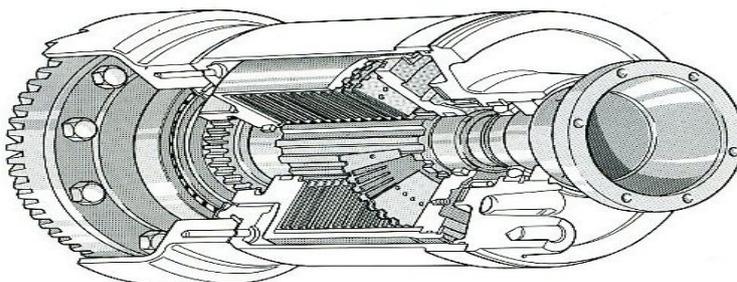


Fig 27: Diferencial autoblocante viscoso.

- **Diferencial autoblocante mediante discos de fricción:** estos diferenciales van provistos de una serie de discos de fricción solidarios alternativamente a los palieres y a la jaula portasatélites. Dichos discos se encuentran precargados mediante muelles o resortes de tal manera que se limita de una forma totalmente inmediata y automática la diferencia de giro que pueda existir entre los palieres. Este fenómeno sucede debido a la fricción que existe entre los discos solidarios a los palieres, y los discos solidarios a la jaula portasatélites. Estos dispositivos se suelen montar en los diferenciales traseros.

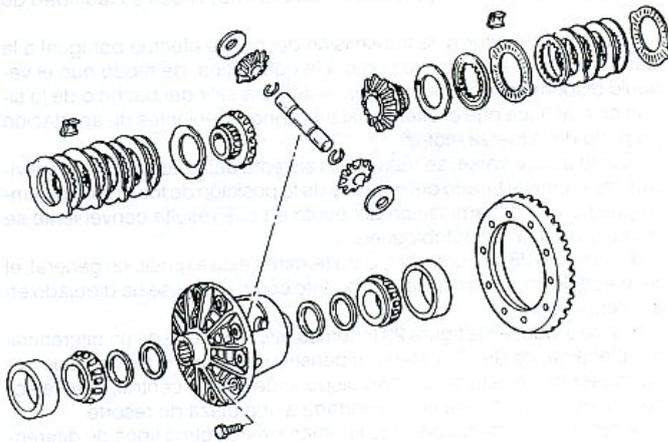


Fig 28: Diferencial autoblocante por discos de fricción.

- **Diferencial autoblocante Gleason-Torsen:** este diferencial se asimila a uno de tipo convencional, salvo por el hecho de que los planetarios y los satélites han sido sustituidos por unos engranajes helicoidales cruzados. Habitualmente existen tres parejas de satélites que engranan entre si mediante unos piñones rectos. A su vez, de cada pareja de satélites uno engrana respectivamente con cada planetario. En el caso de que exista una gran diferencia en la velocidad de giro entre las dos salidas del diferencial, las características geométricas de los engranajes helicoidales cruzados posibilitan que la salida con la velocidad más alta se frene hasta igualar su velocidad con la salida más lenta. Este tipo de diferenciales se suelen utilizar como diferenciales centrales o traseros.

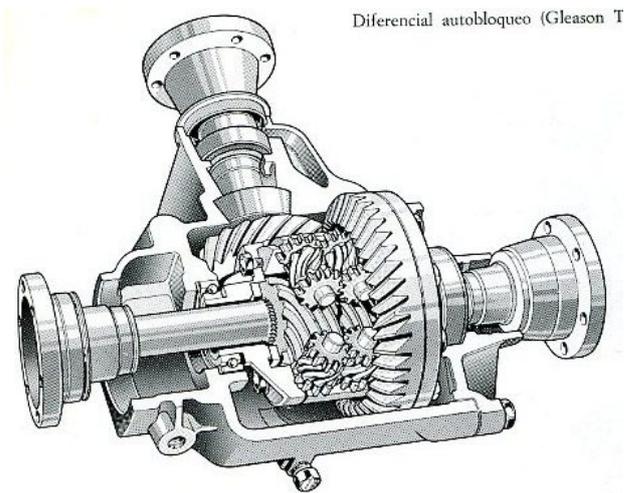


Fig 29: Diferencial autoblocante Torsen (torque sensing).

- Diferencial autoblocante Haldex: este dispositivo consta de un embrague multidisco, cuyo contacto está regulado mediante dos bombas hidráulicas que accionan un pistón. Una de estas bombas esta conectada con el extremo conductor del diferencial, mientras que la otra con el extremo conducido. Si las velocidades de rotación de ambos extremos son iguales, no se produce bombeo alguno. En cambio cuando hay una diferencia de velocidad se produce bombeo de aceite, que es enviado al pistón que a su vez presiona los discos del embrague. La presión que se ejerce sobre el embrague se controla electrónicamente por una centralita conectada al sistema de control de tracción del automóvil. De esta manera se garantiza que la tracción sea acorde a cada situación. Este tipo de diferenciales se utilizan comúnmente como diferenciales centrales.

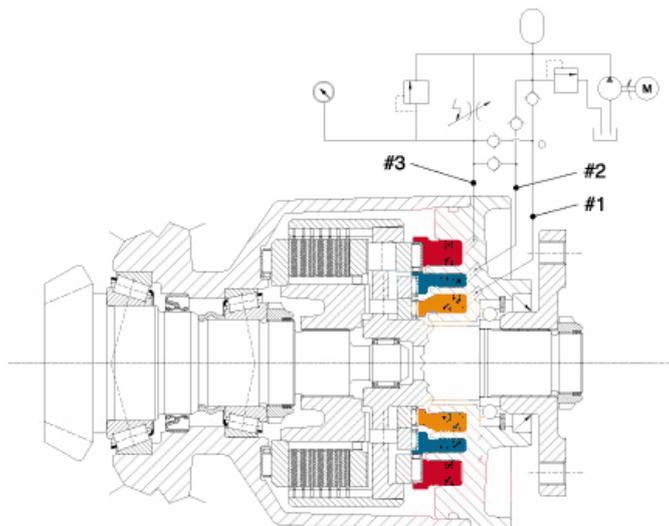


Fig 30: Diferencial autoblocante Haldex y centralita hidráulica.

3.4.1.3 – Diferenciales bloqueables manualmente.

Tanto los vehículos de trabajo, industriales, como los todoterreno genuinos, en lugar de disponer de diferenciales autoblocantes, llevan instalados unos mecanismos manuales de bloqueo de los diferenciales. Estos sistemas son mucho más sencillos, robustos y fiables. En la mayoría de las ocasiones constan de un collarín o embrague de garras con un estriado interior, que se desliza sobre un estriado de uno de los palieres, engarzando con el portacoronas del diferencial. Este collarín suele estar accionado por medio de una horquilla, que a su vez es desplazada por la acción de un pulmón neumático o hidráulico. Esta maniobra se realiza a voluntad del conductor.

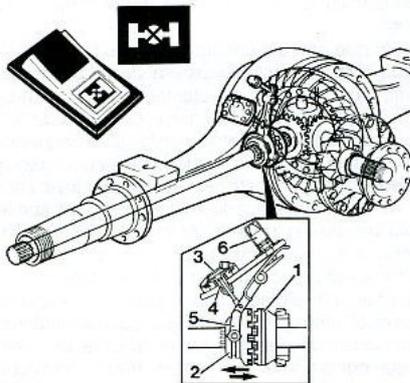


Fig 31: Diferencial con bloqueo manual.

4 – ELEMENTOS DE GUIADO Y APOYO.

Se pueden definir como aquellos elementos que se intercalan entre superficies deslizantes de cara a reducir el desgaste y facilitar el movimiento. Entre los más importantes se encuentran los cojinetes de deslizamiento y los rodamientos.

4.1 – Cojinetes de deslizamiento.

Un cojinete de deslizamiento se puede definir como un elemento mecánico sobre el que gira un eje. A causa de su favorable contacto relativo son los aparejamiento deslizantes que son capaces de soportar las mayores cargas. En los cojinetes de deslizamiento la gran superficie lubricante actúa amortiguando vibraciones y ruidos. Además son sencillos en su construcción, y de fácil fabricación tanto los enterizos como los partidos.

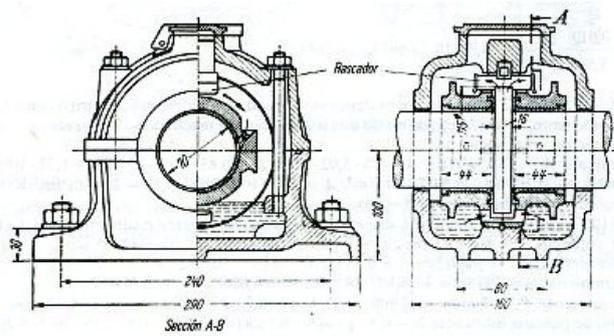


Fig 32: Cojinete radial.

Los materiales que se emplean en su fabricación son tanto metálicos como no metálicos.

Entre los primeros podemos distinguir: Aleaciones de baja dureza conocidas como metales blancos, es decir aleaciones de estaño; éstos se utilizan como casquillos en los apoyos y muñequillas de los cigüeñales. Aleaciones de cobre y estaño, cobre y aluminio, o cobre y plomo. Fundición gris. Así como diversas aleaciones sinterizadas; éstas tienen limitada su aplicación a bajas velocidades.

Los materiales no metálicos más comunes son: Resinas sintéticas estratificadas. Poliamida. Politetrafluoretileno (teflón). Madera dura. Goma blanda. Materiales cerámicos. Carbón y grafito. Incluso piedras preciosas; en relojería y mecánica de precisión se utilizan rubíes sintéticos (óxido de aluminio).

La lubricación de los cojinetes es de suma importancia. Los cojinetes pueden estar lubricados hidrodinámicamente o bien hidrostáticamente. La lubricación hidrodinámica en los cojinetes radiales se produce de manera natural en el intersticio cuneiforme que existe entre el eje o gorrón y el cojinete. El lubricante es arrastrado por la rotación del eje hacia una cavidad cada vez más estrecha, de manera que el eje se levanta hasta alcanzar un equilibrio entre la carga y la presión de lubricación. Para que este fenómeno se produzca el ajuste entre el cojinete y el eje ha de calcularse cuidadosamente. En el caso de cojinetes axiales la presión de lubricación se consigue mediante facetas cuneiformes mecanizadas en el propio cojinete.

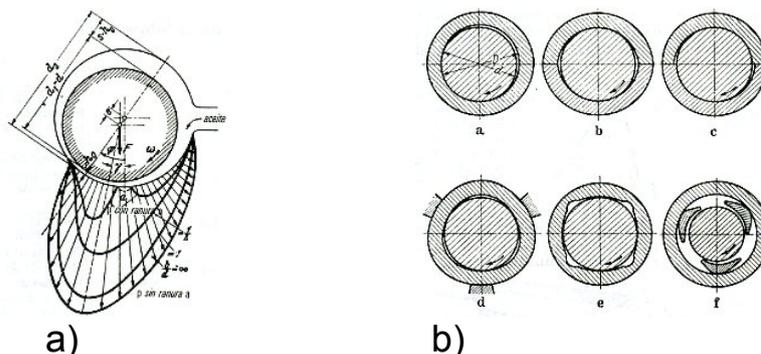


Fig 33: a) Lubricación de un cojinete radial. B) detalles constructivos de los cojinetes radiales.

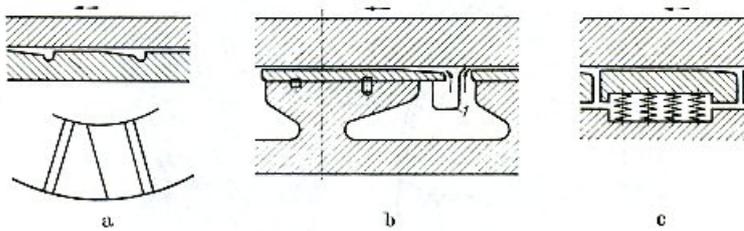


Fig 34: Detalles constructivos de los cojinetes axiales.

En el cojinete hidrostático, al contrario de lo que ocurre en el cojinete hidrodinámico, la presión de lubricación es obtenida fuera del cojinete por una bomba auxiliar. La ventaja de estos cojinetes reside en su elevada precisión de marcha, las buenas propiedades de amortiguación, la gran rigidez, la ausencia de desgaste y la elevada capacidad de carga.

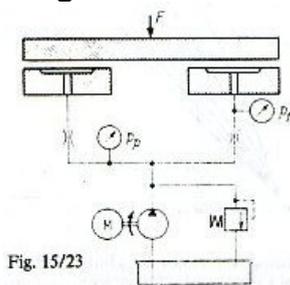


Fig 35: esquema hidráulico de un cojinete hidrostático.

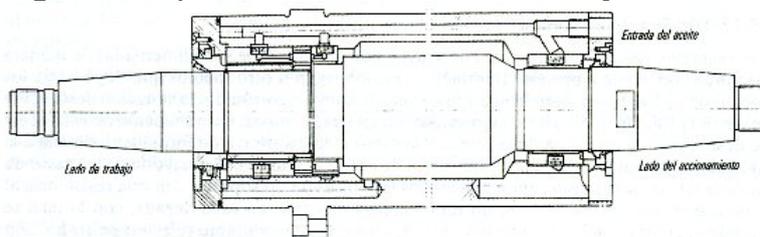


Fig 36: eje de una rectificadora lubricado hidrostáticamente.

4.2 – Rodamientos.

Los rodamientos son unos elementos de guiado y apoyo que constan de dos pistas de rodadura, una interior y otra exterior, una serie de cuerpos rodantes, y una jaula que mantiene en su lugar y separados entre si los cuerpos rodantes. Como cuerpos rodantes se utilizan bolas, rodillos, barriletes y agujas.

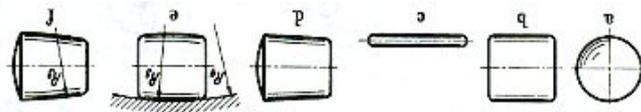


Fig xxx: cuerpos rodantes.

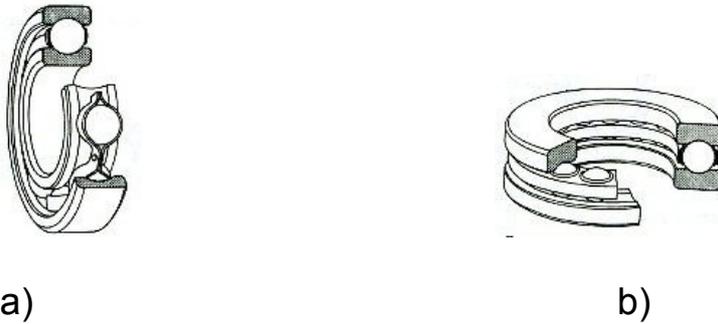


Fig 37: a) Rodamiento radial de bola, b) rodamiento axial de bolas.

Para la fabricación de los cuerpos rodantes y las pistas se suelen utilizar aceros específicos para rodamientos, aunque en determinadas ocasiones se pueden emplear aceros para cementación, inoxidable antimagnéticos, o incluso el bronce. Las jaulas de los cuerpos rodantes habitualmente se fabrican en chapa de acero o de latón.

Existe una gran variedad de formas constructivas de rodamientos en función de la dirección de las cargas y de las sollicitaciones que han de soportar.

Característica funcional	Forma constructiva del rodamiento													
	Rodamientos radiales										Rodamientos axiales			
Absorción de carga radial	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
Absorción de carga axial	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●
Adaptabilidad angular	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
Número de revoluciones elevado	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
Rozamiento reducido	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
Alta rigidez radial	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
Alta rigidez axial	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●

La forma constructiva del rodamiento cumple la característica funcional:

● muy bien ● bien ○ suficientemente ○ en determinadas condiciones ○ no

Fig 38: Tabla para la elección de rodamientos.

A la hora de calcular un rodamiento, se ha de considerar no solo la carga estática máxima, sino también la carga dinámica, puesto que es ésta la que pone en evidencia la correlación existente entre la carga, el número de revoluciones de servicio y el primer daño por fatiga de la superficie de rodadura del rodamiento. La capacidad de carga estática máxima esta determinada por la deformación plástica máxima admisible.

En cuanto a la lubricación, se utiliza aceite en caso de rodamientos abiertos que puedan recibir lubricante del mecanismo en el que se encuentran montados, o grasa en aplicaciones de baja velocidad y cuando los rodamientos están blindados para protegerse de la atmósfera que les rodea.

5 – LOS NEUMÁTICOS Y LAS LLANTAS.

El conjunto neumático-llanta es el único elemento constituyente de los vehículos automóviles que se encuentra en continuo contacto con el pavimento. Por lo tanto deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Soportar el peso de vehículo y transmitirlo uniformemente al suelo.
- Ofrecer la mínima resistencia posible a la rodadura y por lo tanto reducir el consumo de combustible.
- Absorber parte de las irregularidades del terreno en conjunción con la suspensión.
- Permitir que el vehículo tenga capacidad motriz, directriz y de frenado en prácticamente cualquier situación.
- Conferir una operación segura tanto a la velocidad máxima que pueda adquirir el vehículo, como cuando se encuentre cargado hasta su masa máxima autorizada.
- Disminuir en lo posible el ruido de rodadura del vehículo tanto en línea recta, como cuando maniobre o frene.
- La banda de rodadura ha de tener una duración aceptable bajo una amplia variedad de condiciones.

5.1 – Los neumáticos.

5.1.1 – Constitución.

Los neumáticos están constituidos por una serie de elementos los cuales les confieren las características antes mencionadas. Dichos elementos son:

- **Carcasa:** este componente es el encargado de unir la banda de rodadura, los flancos y los talones. Está fabricado por una serie de lonas formadas por hilos o fibras que pueden ser tanto metálicos como sintéticos, los cuales imparten la elasticidad y resistencia requeridas por el neumático. Dependiendo de la disposición de las lonas se distinguen de dos tipos: radiales y diagonales. En el caso de las carcassas diagonales, las lonas están dispuestas alternativamente en un ángulo de unos 40° respecto del plano circunferencial medio de la llanta. A pesar de que presentan una muy buena rigidez, su mayor

inconveniente es el calor que se genera por la fricción interna de las lonas que acorta su vida, así como la tendencia a deformarse en la región central de la banda de rodadura dando lugar a un desgaste no uniforme del neumático. En el caso de las carcassas radiales las lonas están dispuestas perpendicularmente al plano circunferencial medio de la llanta y reciben un cinturón de refuerzo bajo la banda de rodadura. De esta manera se consigue que los flancos sean muy flexibles, mientras que la banda de rodadura es suficientemente rígida como para que no se produzca un desgaste heterogéneo de la misma.

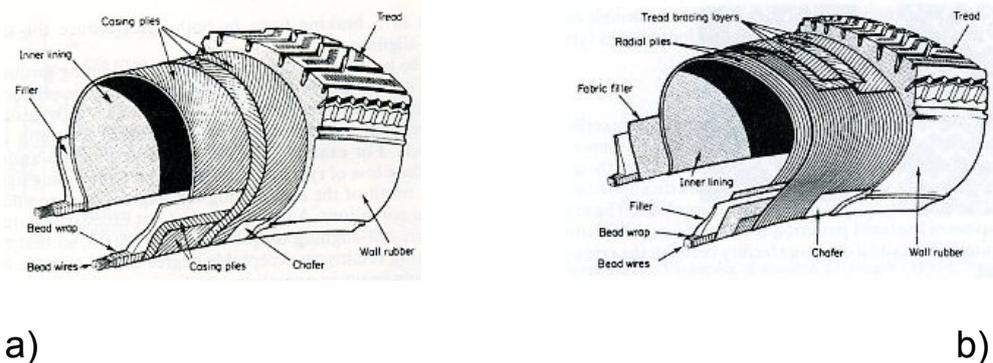


Fig 39: a) construcción diagonal, b) construcción radial.

- Talones: es la región del neumático que está en íntimo contacto con la llanta. En su interior va dotado de un cable metálico inextensible que asegura el contacto. Se encarga de transmitir el movimiento de la llanta al neumático y de sellar la cámara de aire.
- Flancos: es la región del neumático localizada en el lateral del mismo entre la banda de rodadura y los talones. Es la encargada de dotar al neumático de la flexibilidad vertical requerida, así como de proteger los laterales de la carcasa.
- Banda de rodadura: es la región del neumático que establece y mantiene el contacto con el pavimento. Existen distintos tipos de dibujo que varían en función de los requerimientos del neumático. La banda de rodadura tiene unos indicadores de desgaste, los cuales muestran cuando ha de ser sustituido el neumático.

En los comienzos de la historia del automovilismo la goma que se utilizaba en la fabricación de los neumáticos era caucho natural, pero hoy en día se ha visto sustituida por elastómeros sintéticos combinados con otros productos químicos que la dotan de las propiedades necesarias.

Del mismo modo, puesto que no era posible asegurar el perfecto sellado entre el neumático y la llanta se intercalaba entre ambos un elemento

tubular llamado cámara, que era el encargado de almacenar el aire de inflado. Hoy en día la gran mayoría de vehículos están dotados de neumáticos sin cámara debido al perfeccionamiento de los materiales empleados para la fabricación de los mismos, las menores tolerancias de fabricación que se obtienen en las llantas y las características geométricas con que se construyen.

5.1.2 – Características principales.

Cuando un vehículo rueda por la calzada, una gran variedad de esfuerzos actúan sobre los neumáticos tanto en sentido vertical, como horizontal e incluso lateral. La manera de reaccionar de los neumáticos ante estas sollicitaciones define sus características principales que pasan a describirse a continuación:

- **Capacidad de amortiguación:** las ruedas contribuyen al confort de conducción al actuar en serie con la suspensión. A pesar de ello las ruedas sólo absorben las perturbaciones de alta frecuencia provenientes de las irregularidades del firme. Esta capacidad depende de las propiedades elásticas de la carcasa del neumático, que a su vez varía en función de la presión de inflado.
- **Resistencia a la rodadura:** debido a su construcción flexible todas las ruedas presentan una resistencia a la rodadura hasta cierto punto significativa. Este efecto ocurre por la deformación que sufre el neumático en la parte frontal de la superficie de contacto con el suelo. Debido a esta deformación, la resistencia a la rodadura aumenta durante las maniobras de giro o frenada, y también según se incrementa la velocidad. Esto implica que parte de la energía transmitida a la rueda se pierde en forma de calor por la deformación que sufre el neumático.
- **Capacidad direccional:** debido a la flexibilidad de la estructura de un neumático, éste sólo describirá una trayectoria rectilínea mientras no exista ningún esfuerzo lateral. Si un esfuerzo de estas características aparece, es transmitido a la llanta y se ve equilibrado por las fuerzas de adhesión que existen entre el pavimento y el neumático. Mientras este esfuerzo se mantenga, el neumático sufre una deformación conocida como ángulo de deslizamiento. Éste puede llegar a tener una magnitud de alrededor de 12° justo antes de que se sobrepase el límite de adhesión. La capacidad direccional de un neumático se ve incrementada al aumentar la presión de inflado, la anchura de la llanta, o la anchura del propio neumático. También se ve afectada por el ángulo de salida de la suspensión, a mayor ángulo, mayor capacidad direccional.

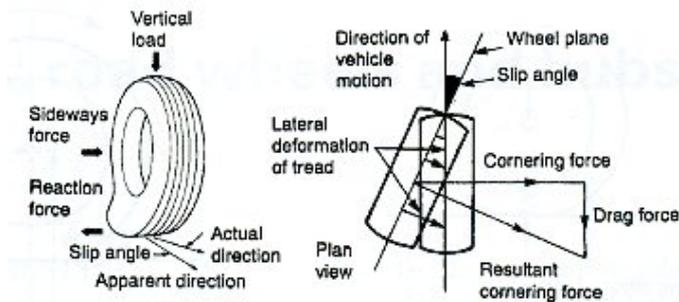


Fig 40: Deformación de un neumático en curva y representación del ángulo de deslizamiento y de las fuerzas resultantes.

- Capacidad de autoalineación: este fenómeno surge debido a que en la presencia de un ángulo de deslizamiento, la deformación lateral que sufre la porción trasera del área de contacto del neumático es mayor que la deformación de la sección frontal. Esta diferencia da lugar a que la presión que ejerce el neumático sobre el suelo no sea homogénea y que por lo tanto la resultante de la fuerza de giro causada por el ángulo de deslizamiento actúe a una cierta distancia del eje vertical de la rueda, dando lugar a un momento que tiende a llevar a la rueda a su posición adoptada en línea recta. Esta capacidad de auto alineación no sólo ayuda a que el vehículo retome su trayectoria rectilínea a la salida de una curva, sino también a que el conductor sienta como reaccionan las ruedas directrices a una determinada maniobra.

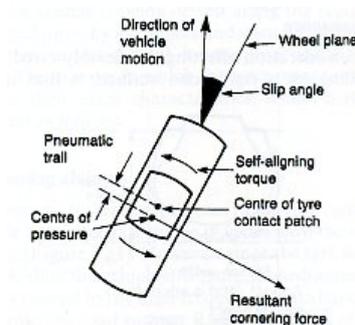


Fig 41: Fuerzas resultantes de la capacidad de autoalineación.

5.1.3 – Designación de los neumáticos.

La designación de los neumáticos se realiza por medio de un código alfanumérico que expresa tanto sus dimensiones, como la capacidad de carga y la velocidad máxima a la que puede rodar. Las dos primeras cifras indican la anchura del neumático y la proporción de la altura del flanco respecto de la anchura. El segundo índice precedido por una R indica el diámetro de la llanta en pulgadas. El tercer y cuarto dígitos

indican la capacidad de carga en un montaje sencillo o doble. Y por último, la letra final indica el índice de velocidad.

Por ejemplo: la designación 315/80-R22.5-152/157M mostraría que:

- La anchura de la banda de rodadura es 315mm.
- La altura del flanco sería un ochenta por ciento de trescientos quince milímetros, es decir 252mm.
- El diámetro de la llanta es de 22.5 pulgadas, o sea 571.5mm.
- La carga máxima que puede soportar es de 3550kg si es un montaje sencillo o 4125kg si es un montaje doble.
- La velocidad máxima que no debe superar ese neumático es de 130km/h.

5.2 – Las llantas.

Las llantas son unos elementos metálicos sobre los que se montan las cubiertas o neumáticos y posteriormente se ensamblan al vehículo. Independientemente de su constitución todas las llantas han de cumplir los siguientes requisitos:

- Ser de construcción ligera para facilitar el trabajo de los órganos de suspensión del vehículo.
- Presentar la suficiente rigidez y resistencia para aguantar las cargas que se imponen al vehículo y no deformarse durante las maniobras de giro.
- Facilitar el montaje y desmontaje de los neumáticos así como una correcta retención de los mismos.

En algunos vehículos industriales o agrícolas las llantas en lugar de ser enterizas, presentan unos arillos desmontables que retienen el talón exterior de la cubierta. De esta manera, para extraer el neumático no es necesario desmontar la rueda del vehículo, sino que con el simple desmontaje de los arillos es suficiente para poder retirar la cubierta.

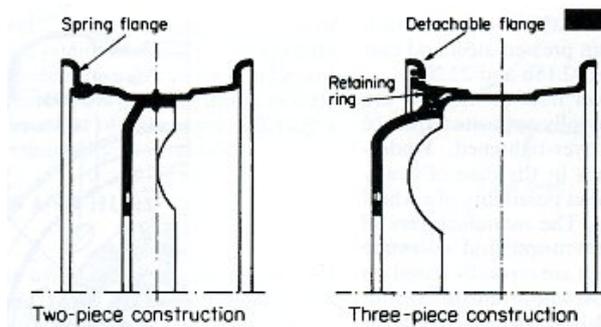


Fig 42: Llantas desmontables de arillo.

Las llantas suelen estar fabricadas de chapa de acero estampada, de aleaciones de aluminio fundido, o de aleaciones de aluminio forjado. Así mismo presentan una serie de orificios, que aparte de su función estética, sirven para refrigerar los frenos. Para evitar las fugas de aire, las llantas poseen una cierta conicidad en su garganta, de alrededor de cinco grados, de tal manera que al inflarse las cubiertas sus talones se ven presionados contra dicha superficie cónica,

Para asegurar su correcto centrado, los agujeros para los tornillos o pernos presentan un chaflán que engasta con la tuerca durante el montaje de la rueda en el cubo. Así mismo algunas llantas poseen un rebaje en el centro de su cara interior de manera que la llanta encaje con un saliente del cubo auto centrándose.

De cara a evitar vibraciones durante la conducción, el conjunto de llanta y neumático ha de equilibrarse dinámicamente para asegurar que el reparto de la masa del conjunto respecto de su eje de rotación y del plano circunferencial medio es homogéneo.

6 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y DOCUMENTALES.

Automotive handbook. Quinta edición. Editorial Robert Bosch GMBH, 2000.

Cálculo teórico práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil. Volumen II. Francisco Muñoz García.

Cálculo teórico práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil. Volumen IV. Francisco Muñoz García.

Diseño en ingeniería mecánica. Quinta edición. J.E. Shigley y C.R. Mischke. Editorial Mc.Graw Hill, 1996.

Elementos de máquinas. Volumen I. G. Niemann. Editorial Labor, 1987.

Enciclopedia del camión. Embrague, cambio, transmisión. Oriol de Castro. Ediciones CEAC, 1993.

El todoterreno 4x4 - 4WD. Guido Marchini. Editorial De Vecchi, 1990.

Light and heavy vehicle technology. Tercera edición. M. J. Nunnery. Editorial Butterworth-Heinemann, 1998.

Teoría de máquinas y mecanismos. J.E. Shigley y J.J. Uicker. Editorial Mc.Graw Hill, 1991.

www.haldex-traction.com