TEMA 8. ESTUDIO DE LA DIRECCIÓN

1. INTRODUCCIÓN
2. MISIÓN
3. CUALIDADES
4. CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO
5. GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN
6. GEOMETRÍA DEL TREN DELANTERO
7. VERIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE ELEMENTOS
8. ALINEACIÓN DE LA DIRECCIÓN

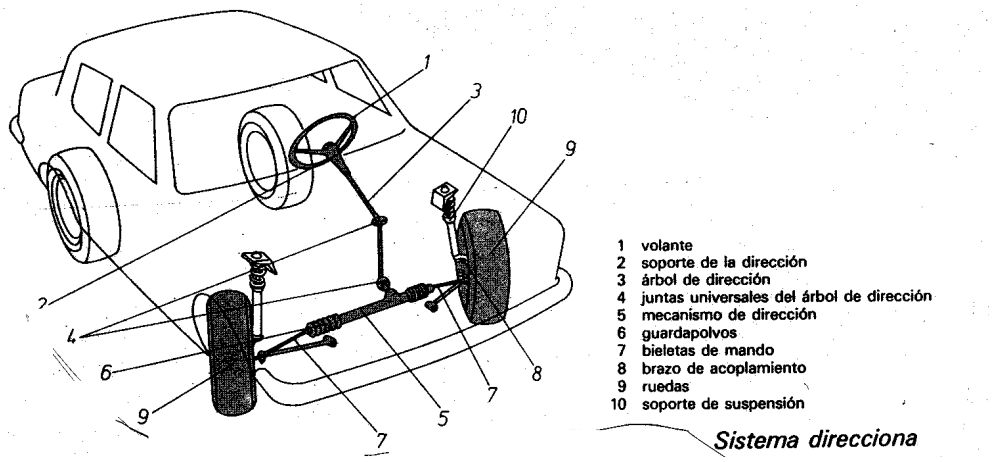
1. INTRODUCCIÓN

La conducción de un vehículo solamente es posible si el conductor puede orientar la marcha del mismo a través del movimiento preciso y armónico de las ruedas directrices. Son éstas las que determinan la trayectoria de todo el vehículo y hacen posible que éste pueda moverse en la dirección requerida, pudiendo seguir la sinuosa línea de la carretera o camino. Para realizar este trabajo se precisa mover lateralmente, y con la máxima precisión, las ruedas directrices, generalmente las delanteras, de manera que se orienten en el mismo sentido de la curva o del camino que el conductor crea necesario, y este trabajo se encomienda a una serie de mecanismos que, en su conjunto, reciben el nombre de **dirección**.

2. MISIÓN

El conjunto de mecanismos que componen la dirección tiene la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor.

Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzo en la orientación de las ruedas, el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples, o de servomecanismos de asistencia, para los vehículos pesados.



3. CUALIDADES

Para que el sistema de la dirección proporcione al conductor la seguridad y comodidad necesaria en la conducción, el conjunto de los elementos que componen la dirección han de garantizar las siguientes cualidades: Seguridad, suavidad, precisión e irreversibilidad.

La **seguridad** depende de la fiabilidad del mecanismo, de los materiales empleados y del entretenimiento efectuado.

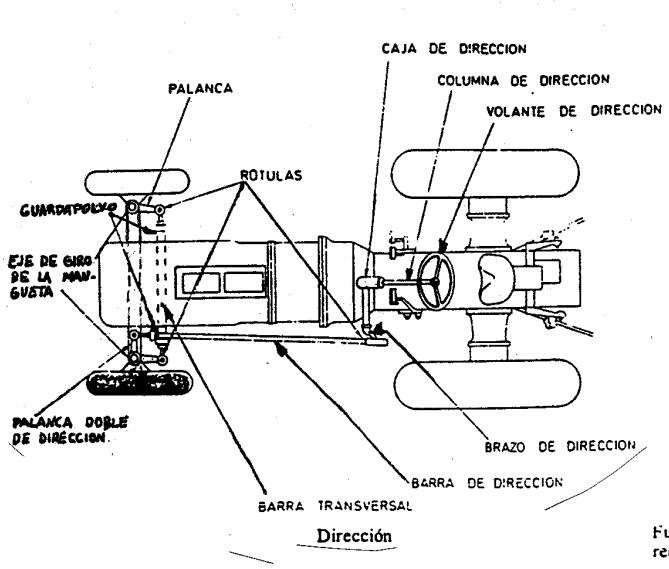
La **suavidad** se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada y un perfecto engrase. La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. La dureza o suavidad varía por colocar unos neumáticos inadecuados o mal inflados, por un ángulo de avance o salida exagerados, por carga excesiva sobre las ruedas directrices o por estar el chasis deformado.

La **precisión** se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura, la conducción se hace fatigosa e imprecisa; si por el contrario, es muy suave, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria errática. La falta de precisión puede ser debida a un excesivo juego en los órganos de la dirección, por alabeo en las ruedas, por un desgaste desigual en los neumáticos, por un desequilibrio en las ruedas o por presión inadecuada al modificarse las cotas de reglaje.

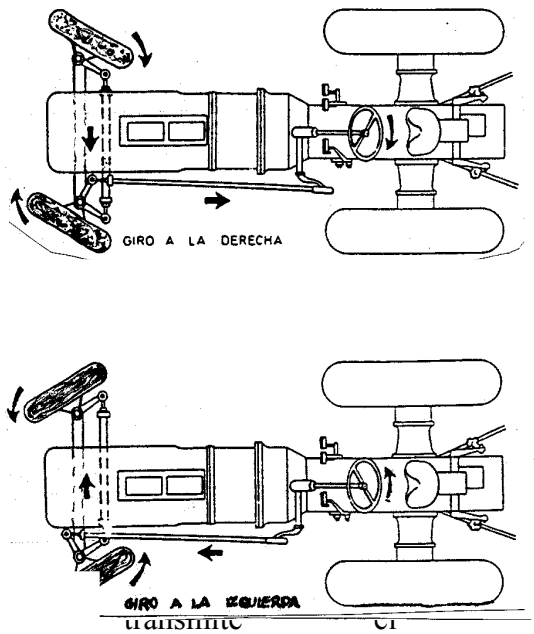
La **irreversibilidad** consiste en que el volante debe mandar el giro a las ruedas pero, por el contrario, las oscilaciones que toman éstas, debido a las irregularidades del terreno, no deben ser transimitidas al volante. Esto se consigue dando a los filetes del sin fin la inclinación adecuada, que debe ser relativamente pequeña.

3. CONSTITUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

En la siguiente figura se representan los elementos que componen un tipo de dirección convencional, los cuales se describen brevemente para comprender su funcionamiento:



Dirección



Funcionamiento dirección

El *volante de la dirección* transmite el movimiento a la ***columna de la dirección***, que es un eje que a su vez transmite el movimiento giratorio a la ***caja de la dirección***. De ésta sale el ***brazo de dirección***, que tiene forma de L, y va unido por medio de una rótula a la ***barra de dirección***. Ésta, por su extremo se une a la ***palanca doble***, que es otra pieza en forma de L, cuyo punto de giro es el ***eje de la mangueta*** de una de las ruedas directrices. En el otro extremo de la palanca doble va unida la ***barra transversal***, que por su otro extremo se une a la palanca de la otra rueda directriz, teniendo su eje de giro sobre la mangueta.

Al girar el volante en uno u otro sentido, el sinfín de la columna de la dirección desplaza al elemento que lleva engranado, el cual hace girar al brazo de dirección. Éste

imprime un movimiento hacia delante o hacia atrás, según el giro, a la barra de dirección, la cual, al mover la palanca doble, por un lado hace girar su mangueta girando al mismo tiempo la rueda; y por otro, transmite el movimiento mediante la barra transversal a la palanca de la otra rueda, haciéndola girar al mismo lado que la anterior.

Los diferentes tipos de dirección se clasifican según los siguientes criterios:

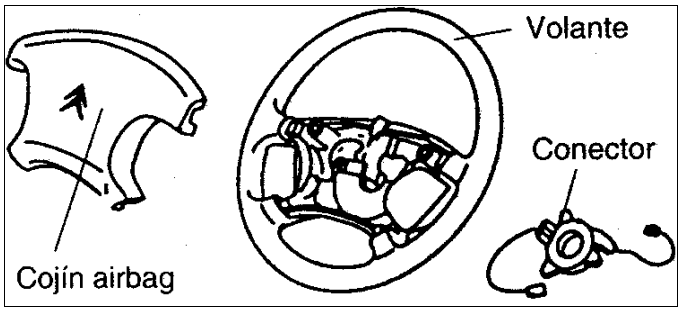
1. ***Según la construcción del eje*:**
   - Dirección central de las ruedas (remolques)
   - Dirección por giro de manguetas

2. ***Según el número de ruedas directrices*:**
   - Dirección de rueda única (tractores antiguos)
   - Dirección de las ruedas delanteras (turismos y camiones)
   - Dirección de las ruedas traseras (máquinas de obras públicas)
   - Dirección de dos ejes (camiones de doble dirección y vehículos con giro a las 4 ruedas).

3. ***Según el sistema de mando:***
   - Tornillo sin fin
   - Cremallera
   - Dirección hidráulica
   - Dirección neumática

A continuación vamos a ver, uno por uno, los diferentes órganos constructivos de la dirección:

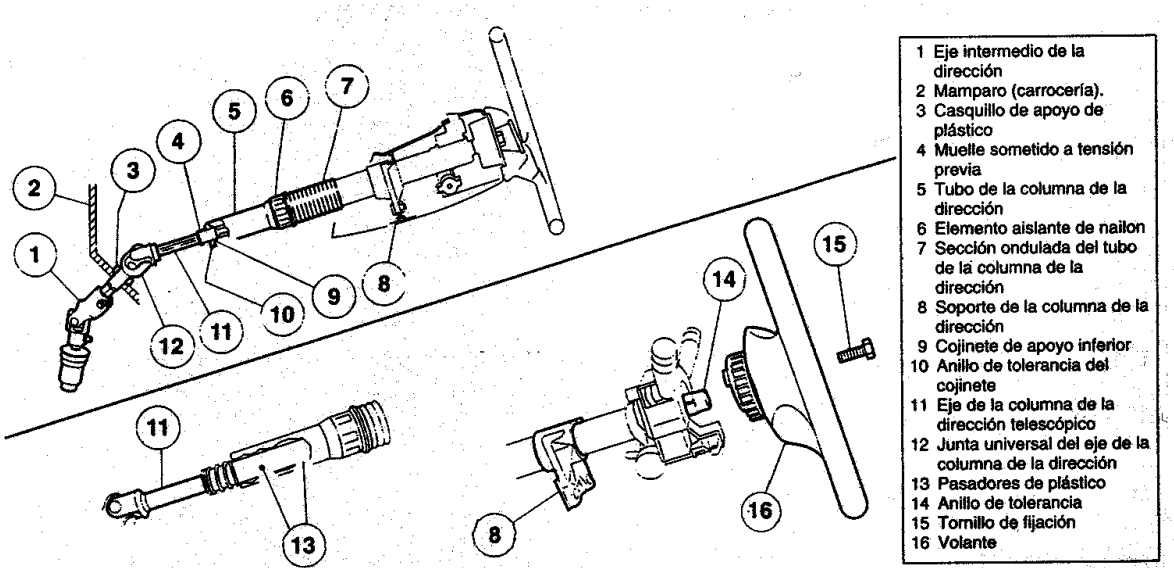
Volante: Está diseñado de forma ergonómica con dos o tres brazos. Su misión consiste en reducir el esfuerzo que el conductor aplica a las ruedas. En los vehículos con mayor equipamiento incorpora el dispositivo de seguridad pasiva de protección del conductor (airbag).



Volante

Conjunto de la dirección

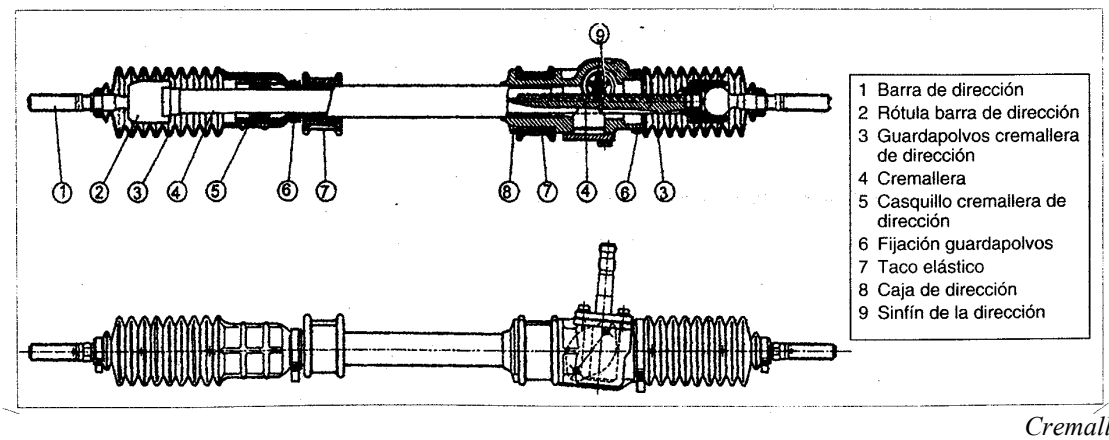
Columna de la dirección: Es un árbol articulado que une el mecanismo de la dirección con el volante. Está formada por dos o tres tramos para colapsarse y no producir daños al conductor en caso de colisión. Estos tramos están unidos mediante juntas "cardan". La columna de la dirección permite la regulación del volante en altura, y en algunos casos también la profundidad, para facilitar la conducción.



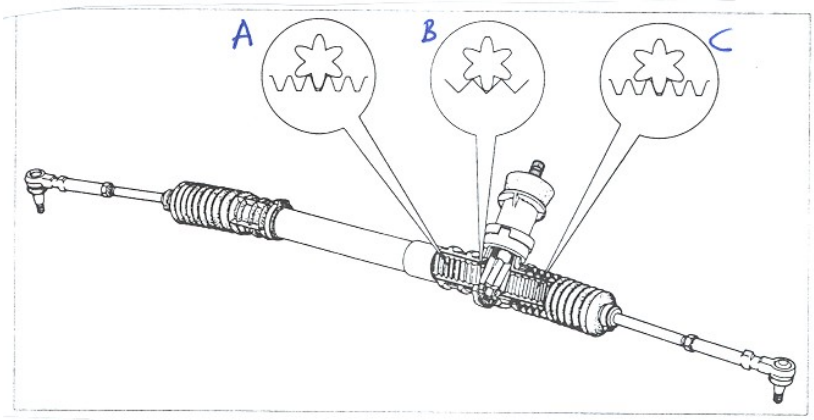
Columna o árbol de dirección.

Caja de dirección: Es la encargada de transformar el movimiento giratorio del volante en otro rectilíneo transversal al vehículo. Existen los siguientes tipos de cajas o de dirección:

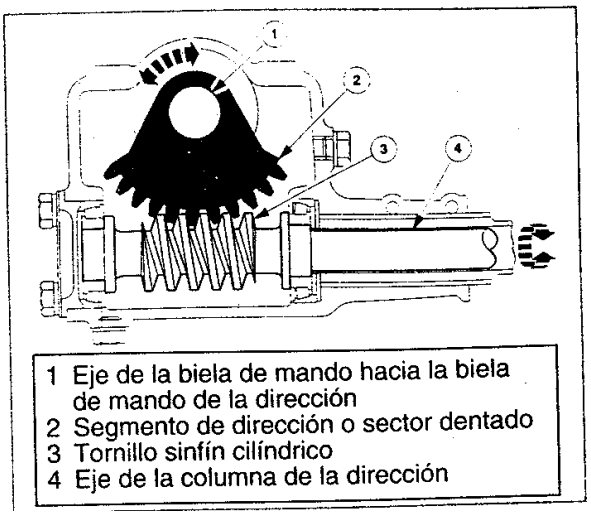
- Cremallera
- Cremallera de relación variable
- Tornillo sinfín y sector dentado
- Tornillo sinfín y tuerca
- Tornillo sinfín y tuerca con hilera de bolas



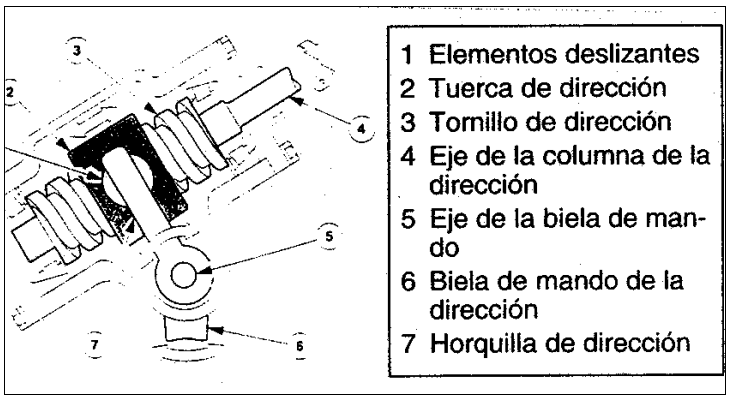
Cremallera



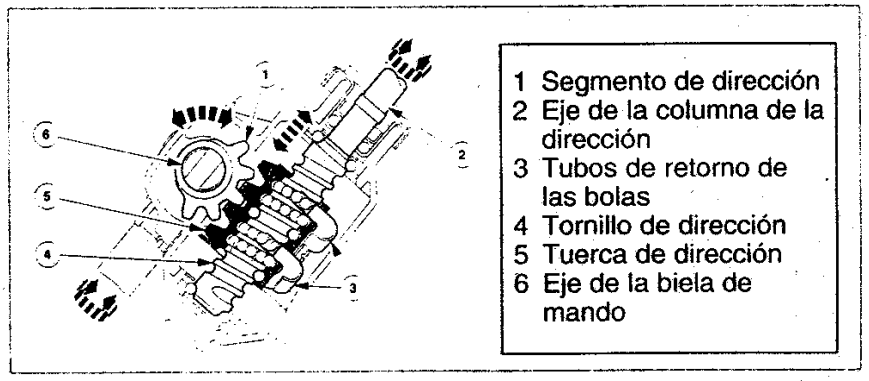
Cremallera de relación variable



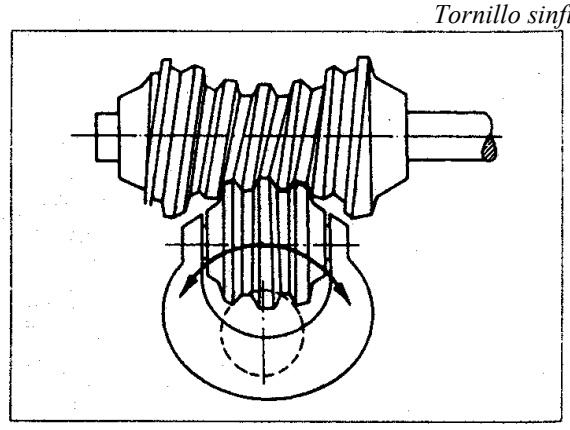
Tornillo sinfín y sector dentado

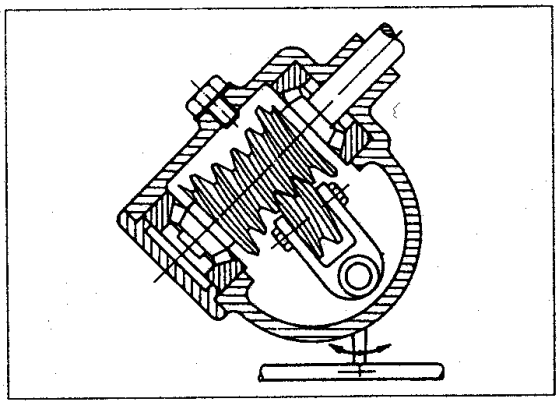


Tornillo sinfín y tuerca



Tornillo sinfín y tuerca con hilera de bolas





Tornillo sinfín globoide *Tornillo sinfín cilíndrico*

La mayoría de los turismos utilizan la dirección de cremallera, en los vehículos todo terreno y camiones la más utilizada es la caja de tornillo sinfín y tuerca con bolas. Por este motivo serán estos dos tipos los que estudiaremos más detalladamente.

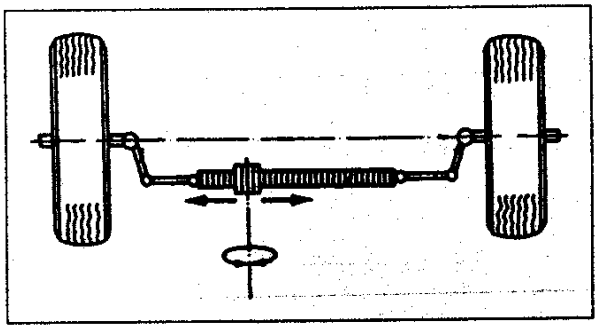
La dirección por cremallera elimina la timonería de mando. Está constituida por una barra en la que hay tallado un dentado de cremallera, que se desplaza lateralmente en el interior de un cárter y apoyada en sus extremos en unos casquillos de bronce. Está accionada por el piñón montado en el extremo del árbol de la dirección. La cremallera se une directamente a los brazos de acoplamiento de las ruedas a través de dos bielas de dirección, en cuyo extremo llevan las rótulas que, a su vez, es donde se regula la convergencia o divergencia de la dirección.

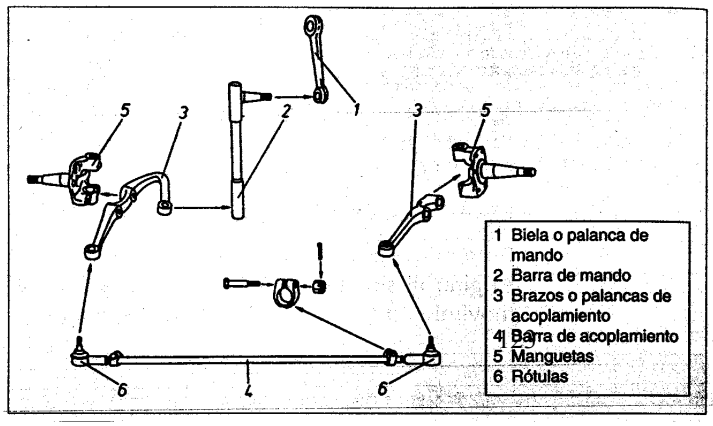
Este tipo de dirección disminuye notablemente los esfuerzos en el volante, es suave en los giros y tiene rapidez de recuperación, resultando una dirección estable y segura.

El mecanismo de tornillo sinfín y tuerca con hilera de bolas consiste en intercalar una hilera de bolas entre el tornillo sinfín y la tuerca, ésta a su vez dispone de una cremallera exterior que transmite el movimiento a un sector dentado, el cual transmite el movimiento a la palanca de ataque.

Tirantería de dirección: Está constituida por un conjunto de elementos que transmiten el movimiento desde la caja de la dirección a las ruedas. En las direcciones por cremallera se simplifican muchos elementos mientras que en la dirección por tornillo sin fin tenemos:

- ***Palanca de ataque*:** Va unida a la caja de dirección mediante un estriado fino, recibe movimiento de rotación y lo transmite en movimiento angular a la barra de mando.
- ***Barra de mando*:** De longitud variable, tiene un movimiento longitudinal de vaivén que transmite al brazo de acoplamiento.
- ***Brazo de acoplamiento*:** Va montado sobre la mangueta, perpendicular al eje de la rueda y paralelo al terreno. Los brazos de acoplamiento llevan un cierto ángulo de inclinación para que la prolongación de sus ejes coincida sobre el centro del eje trasero (para que las ruedas giren distintos ángulos al tomar una curva) y tienen por misión el desplazamiento de las ruedas directrices.
- ***Barras de acoplamiento*:** Realizan la unión de las dos ruedas por medio de los brazos para que el movimiento en las dos ruedas sea simultáneo y conjugado, al producirse el desplazamiento lateral en una de ellas.
- ***Rótulas*:** Están constituidas por un muñón cónico en cuyos extremos hay una unión roscada para facilitar su desmontaje y por otra una bola o esfera alojada en una caja esférica que realiza la unión elástica.

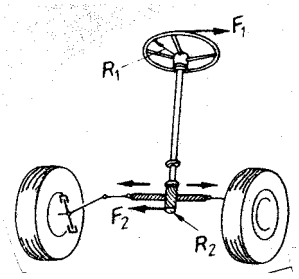




Tirantería de mando de una dirección de cremallera

Tirantería de mando de una dirección de tornillo sinfín

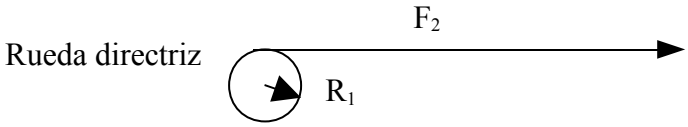
Direcciones asistidas: Para hacer más suave la conducción y evitar esfuerzos en el volante, se emplean mecanismos servo-asistidos, que tienen la finalidad de reemplazar el esfuerzo que tendría que efectuar el conductor para mover la dirección y orientar las ruedas del vehículo. Con estos mecanismos se consiguen grandes esfuerzos de orientación en las ruedas (hasta 1000 kgf.) con sólo aplicar un esfuerzo en el volante de 2 a 4 kgf. Es preciso recordar que: $F_1 \times R_1 = F_2 \times R_2$

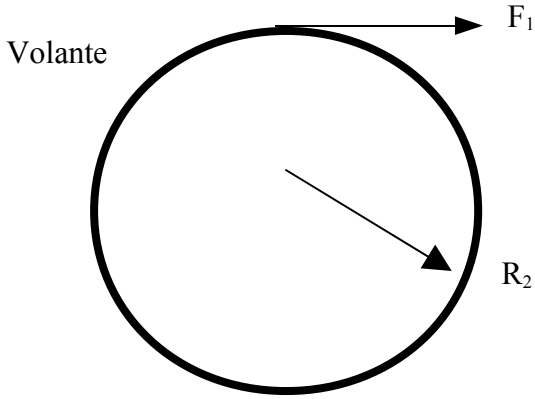


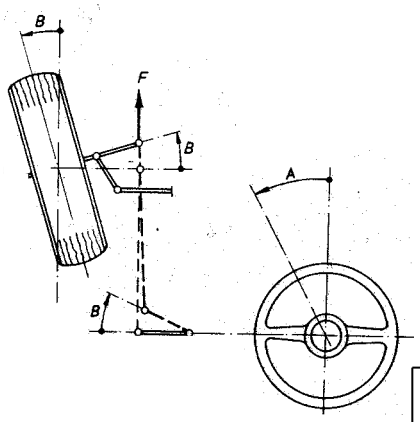
O lo que es lo mismo:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

siendo: F_1 = Fuerza en el volante
R_1 = Radio del
F_2 = Esfuerzo en las ruedas
R_2 = Radio del piñón







Relación de transmisión en la dirección

$$R_d = \frac{A}{B}$$

siendo: R_d = Relación de desmultiplicación
A = Ángulo girado en el volante
B = ángulo girado en las ruedas

El sistema consiste en acoplar a un mecanismo de dirección simple, un circuito de asistencia llamado servo-mando. Este circuito puede ser hidráulico o neumático.

Las ventajas que presenta una servo dirección son:

1ª. Reducen el esfuerzo en el volante, con menor fatiga para el conductor, ventaja muy conveniente en los largos recorridos o para maniobras en la ciudad.

2ª. Permiten acoplar una dirección más directa; es decir, con una menor reducción, con lo que se obtiene una mayor rapidez de giro en las ruedas. Esto resulta especialmente adecuado en camiones y autocares.

3ª. Si revienta un neumático, estos mecanismos corrigen instantáneamente la dirección, actuando automáticamente sobre las ruedas en sentido contrario al que el neumático reventado haría girar al vehículo.

4ª. No dan complicaciones en el montaje y no afectan a la geometría de la dirección.

5ª. Permiten realizar las maniobras más delicadas y sensibles desde la posición de paro a la de máxima velocidad.

6ª. En caso de avería en el circuito de asistencia, el conductor puede continuar su marcha, aunque lógicamente tendrá que realizar un mayor esfuerzo.

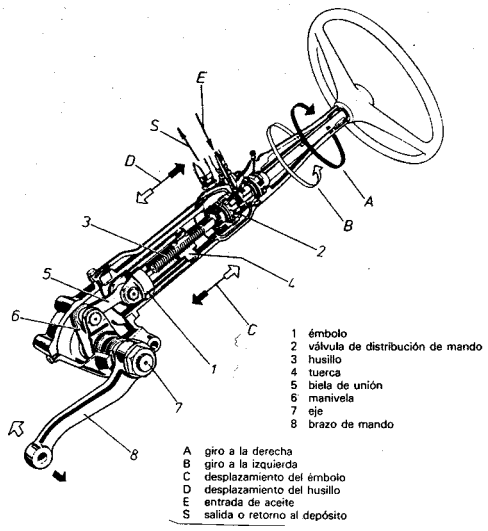
Los inconvenientes de estos mecanismos con respecto a las direcciones simples son prácticamente nulos, sólo mencionar:

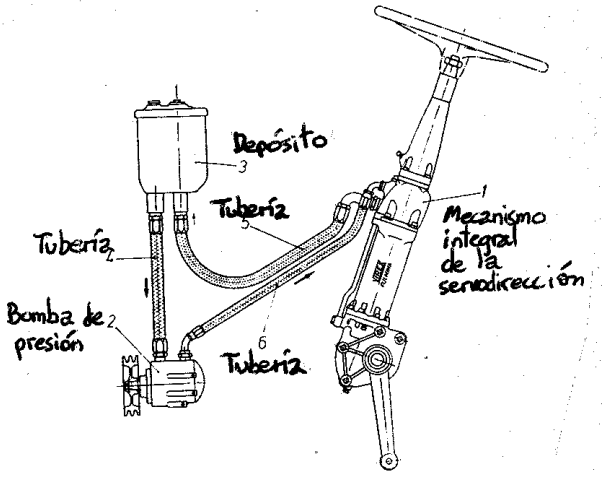
1ª. El coste de las reparaciones es más elevado, ya que requieren mano de obra especializada.

2ª. El coste más elevado de este mecanismo con respecto a una dirección simple.

<u>ASISTENCIA HIDRAÚLICA:</u> La asistencia es proporcionada por un circuito en el cual el líquido está siempre circulando independientemente del ángulo de las ruedas y la importancia de la asistencia.

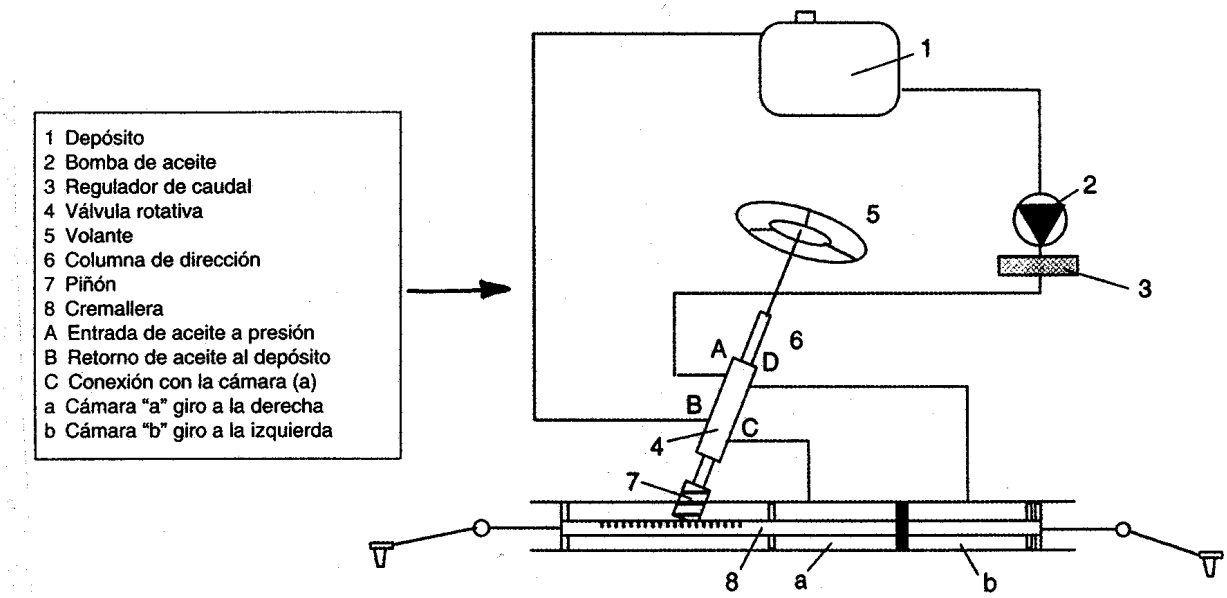
El circuito hidráulico está formado por un depósito, una bomba, una válvula distribuidora, un cilindro y una válvula de regulación encargada de mantener la presión constante en el circuito.





Esquema general de la servodirección hidráulica Virex-Fulmina.

Mecanismo integral de la servo dirección



Dirección de cremallera asistida hidráulicamente sobre el mecanismo

Como se muestra en la figura anterior, la bomba absorbe líquido desde el depósito y a través del regulador de caudal incorporado en la bomba, lo envía a la válvula distribuidora o rotativa, que es accionada por el volante a través del árbol de la dirección, en cuyo extremo se encuentra el piñón que transmite el movimiento a la cremallera.

Cuando la dirección está en posición de línea recta, la válvula distribuidora permite el paso de líquido por (C) y por (D) de forma que la presión es igual en ambas cámaras (a) y (b), por tanto, en esta situación no existe asistencia.

Al accionar el volante en cualquier sentido, por ejemplo un giro a la derecha, la válvula distribuidora proporciona alimentación por (C) a la cámara (a) y a su vez conecta la otra cámara (b) con el depósito a través de la canalización (B). De esta forma, la presión en la cámara (a) es mayor que la existente en la cámara (b), y por tanto, la cremallera es asistida en su movimiento hacia la derecha.

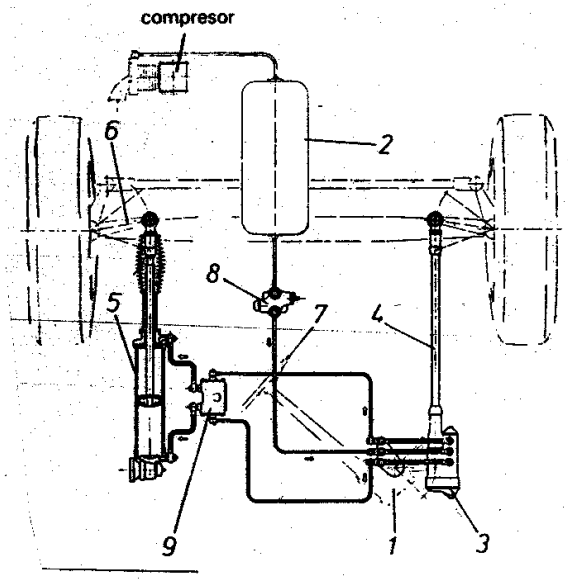
Cabe mencionar que la presión suministrada por la bomba varía entre 3,5 bares (línea recta) y 85 bares (giro máximo).

ASISTENCIA NEUMÁTICA: Esta servo-dirección está constituida esencialmente por un mecanismo desmultiplicador convencional, generalmente del tipo sin fin, y un servo-mando que funciona mediante aire a presión procedente de la central neumática de que van dotados los vehículos con frenos de aire comprimido.

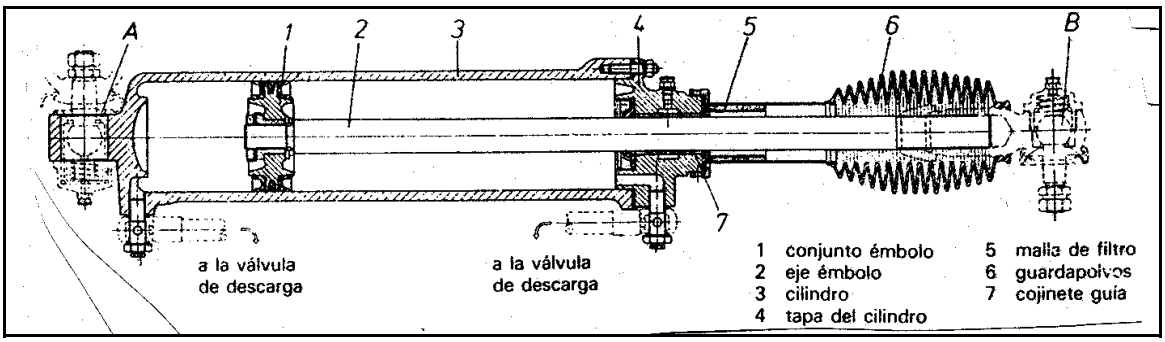
El circuito de mando está formado por una válvula de control o distribuidora que va montada sobre la palanca de dirección y un cilindro de empuje de doble efecto que actúa sobre los brazos de acoplamiento de las ruedas, haciéndolas girar hacia la derecha o hacia la izquierda, según el giro efectuado en el volante.

Además, el sistema lleva intercalado un grifo para el paso automático del aire, una válvula doble de descarga rápida y las tuberías de unión entre los elementos.

1: Mecanismo desmultiplicador convencional
2: Central neumática o calderín
3: Válvula de control o distribuidora
4: Palanca de dirección
5: Cilindro de doble efecto
6: Brazo de acoplamiento
7: Volante
8: Grifo
9: Válvula de descarga rápida



Circuito de mando de la cción neumática

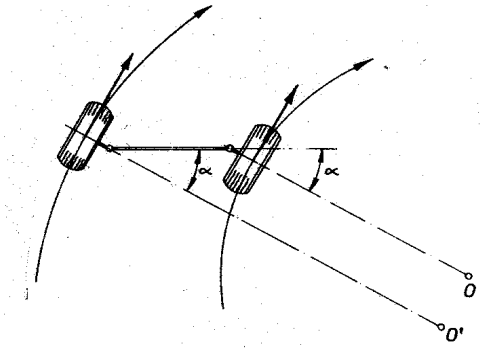


Cilindro de mando de una dirección neumática

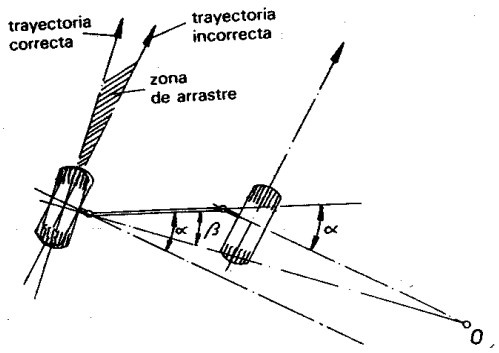
5. GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN

Se entiende por alineación de la dirección de un vehículo a la condición geométrica que tienen que cumplir todos los órganos que afectan a la dirección (elementos de mando, ruedas y suspensión) para determinar la posición de las ruedas en movimiento sobre el terreno, ya sea en línea recta o en curva.

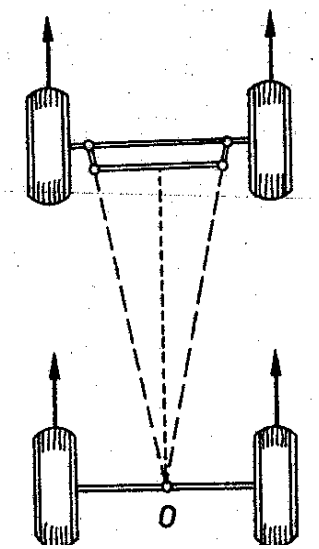
Estas condiciones, determinadas por la geometría de giro y la geometría de las ruedas, hacen que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor con toda precisión y haciendo la conducción suave y segura.



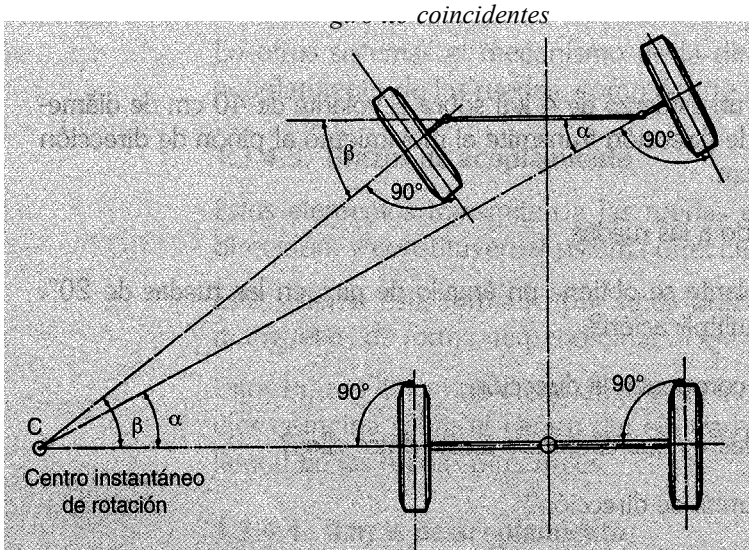
Centros de



coincidentes



Trazado recto



Trazado en curva a izquierdas

GEOMETRÍA DE GIRO: Cuando un vehículo toma una curva, la trayectoria a seguir por las ruedas directrices no es la misma en ambas, ya que cada una de ellas, tiene distinto radio de curvatura. Por tanto, si la orientación dada a ambas ruedas fuera la misma, cada una de ellas giraría perpendicular al eje de giro con distinto centro de rotación y tomarían la misma trayectoria.

Como el eje de unión de las ruedas no puede seguir las dos trayectorias a la vez, una de las ruedas sería arrastrada por la otra produciendo un deslizamiento lateral en la misma. Para que esto no ocurra, las dos ruedas deben girar concéntricas, o sea con el mismo centro de rotación. Por tanto, la orientación a dar a cada una de las ruedas debe ser distinta, de forma que las prolongaciones de sus ejes se corten en un centro de giro común.

Esto mismo ocurre con las ruedas traseras con respecto a las delanteras, pues como todo el vehículo tiene que tomar la misma curva, todo él tiene que tener el mismo centro de rotación. Esto se consigue dando a las bieletas de mando una inclinación tal, que cuando el vehículo circule en línea recta, los ejes de prolongación de las bieletas o brazos de mando, coincidan con el centro del eje trasero, y al tomar una curva, los ejes de las ruedas coincidan sobre un mismo centro (O). Con esto, los círculos descritos por las 4 ruedas en movimiento serán concéntricos en cualquier posición de giro (figura 1).

RADIO DE GIRO MÁXIMO: La distancia entre pivotes (a) que recibe el nombre de **vía** y la longitud e inclinación de los brazos de acoplamiento en función de la **batalla** (b) del vehículo, que corresponde a la distancia entre ejes, determinan una de las

características de la dirección que es su radio de giro máximo. Este radio viene determinado de forma que las ruedas puedan girar describiendo un círculo de diámetro, aproximadamente cuatro veces mayor que la batalla del vehículo.

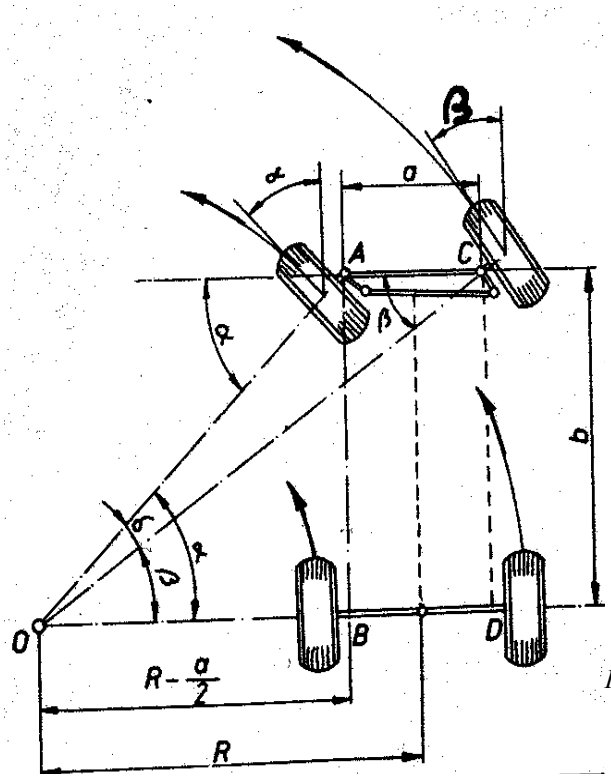


Figura 1. Geometría de giro

Los ángulos de viraje (α y β) para un determinado radio de giro (R), según los triángulos rectángulos OAB y OCD, se obtienen por la función trigonométrica de los ángulos que forman en función de la batalla (b) del vehículo y del ancho de vía (a). Así tenemos que:

$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha \frac{b}{R - a/2}} = \boxed{\frac{b}{R + a/2} \operatorname{tg} \beta} = \boxed{} \text{ y } \quad \delta = \alpha - \beta$$

Como el ángulo de giro mínimo en los vehículos suele ser aproximadamente el doble de la batalla o distancia entre ejes (R = 2b), tenemos que, el ángulo de viraje máximo en las ruedas es:

$$\boxed{\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\,b}{4\,b - a}} \qquad \boxed{\operatorname{tg} \beta = \frac{2\,b}{4\,b + a}}$$

Ejercicio: Calcular los ángulos de viraje en las ruedas directrices de un vehículo que tiene un ancho de vía de 1.400 mm y una batalla de 3.000 mm, cuando toma una curva

de 10 metros de radio. Hallar también el ángulo de viraje máximo en cada rueda y el ángulo de desviación angular entre ellas.

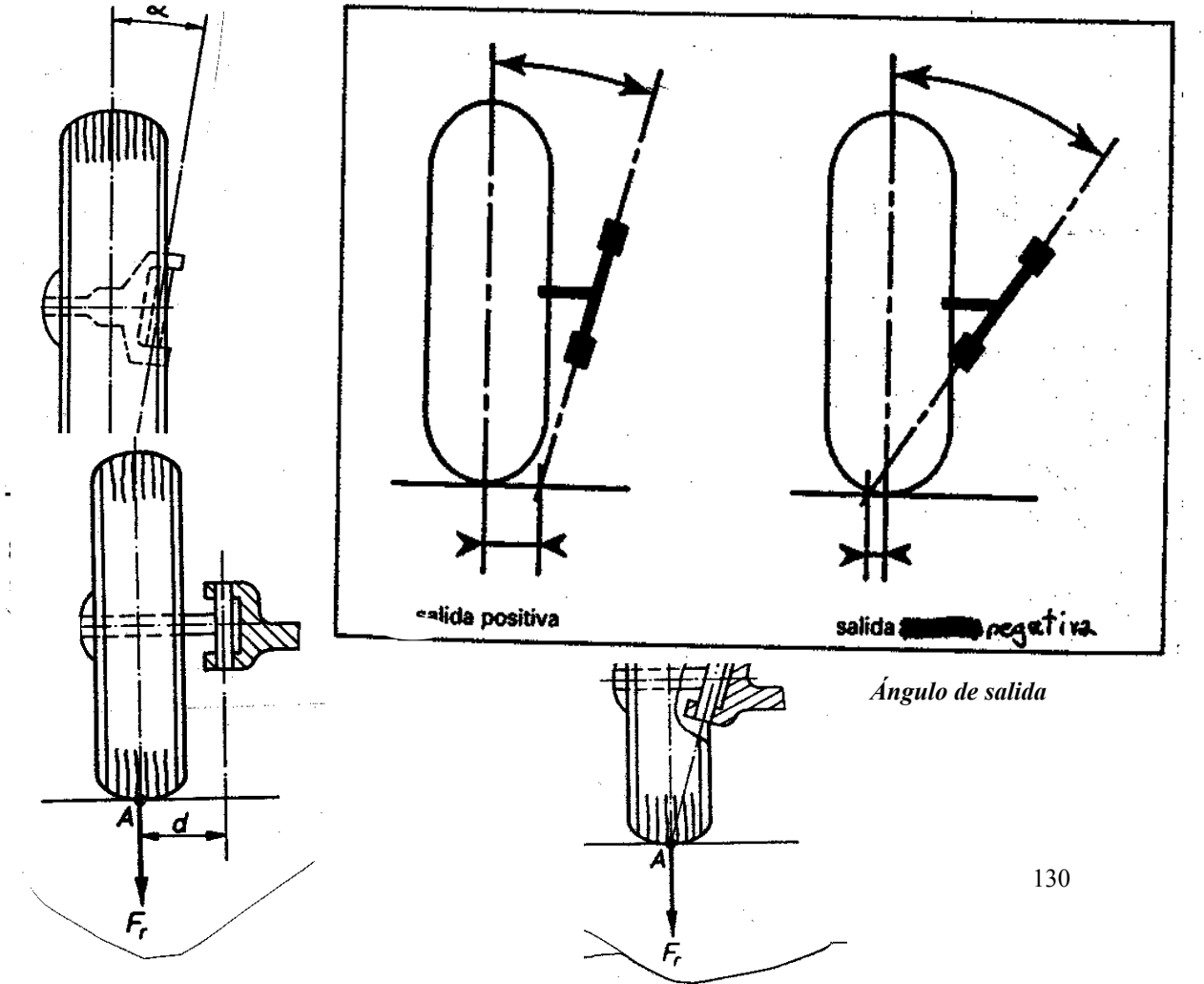
6. GEOMETRÍA DEL TREN DELANTERO

Para que el funcionamiento del sistema de la dirección sea el adecuado, es necesario que las ruedas directrices cumplan unas determinadas condiciones geométricas, llamadas cotas de dirección, mediante las cuales se logra que las ruedas obedezcan fácilmente al volante y no se altere su orientación por las irregularidades del terreno, resultando así la dirección segura y de fácil manejo.

Las cotas que determinan la geometría del sistema son las siguientes:

- Ángulo de salida.
- Ángulo de caída.
- Ángulo de avance.
- Cotas conjugadas
- Convergencia de las ruedas.

<u>ÁNGULO DE SALIDA:</u> Es el ángulo (α) que forman la prolongación del eje del pivote con la prolongación del eje vertical de la rueda. Suele estar comprendido entre 5 y 10º. En la figura puede verse que ambas líneas coinciden en el punto A'.



Ángulo de salida

Con esta disposición del pivote se consigue reducir el esfuerzo necesario para orientar la rueda (el esfuerzo necesario sería $C_R = F_r \cdot d$). Por tanto, cuanto menor sea (d) menor será el esfuerzo necesario para orientar la rueda. Éste será nulo cuando el eje del pivote pase por el punto (A), centro de la superficie de contacto del neumático con el terreno. En la práctica conviene que los ejes se corten un poco por debajo del punto (A); es decir, el par resistente es $C'_R = F_r \cdot d'$. Este pequeño esfuerzo en la orientación de la rueda proporciona una mayor estabilidad en la dirección, ya que cuando la rueda, por las irregularidades del terreno tienda a desorientarse, se le opone el par resistente (C'_R) originado en la misma.

Es de vital importancia la presión correcta de los neumáticos, pues, con menor presión, el punto (A') se desplaza más hacia abajo, aumentando la distancia (d') y, por tanto, el par resistente. En este caso aumenta la estabilidad en la dirección pero es necesario realizar un mayor esfuerzo para orientar las ruedas.

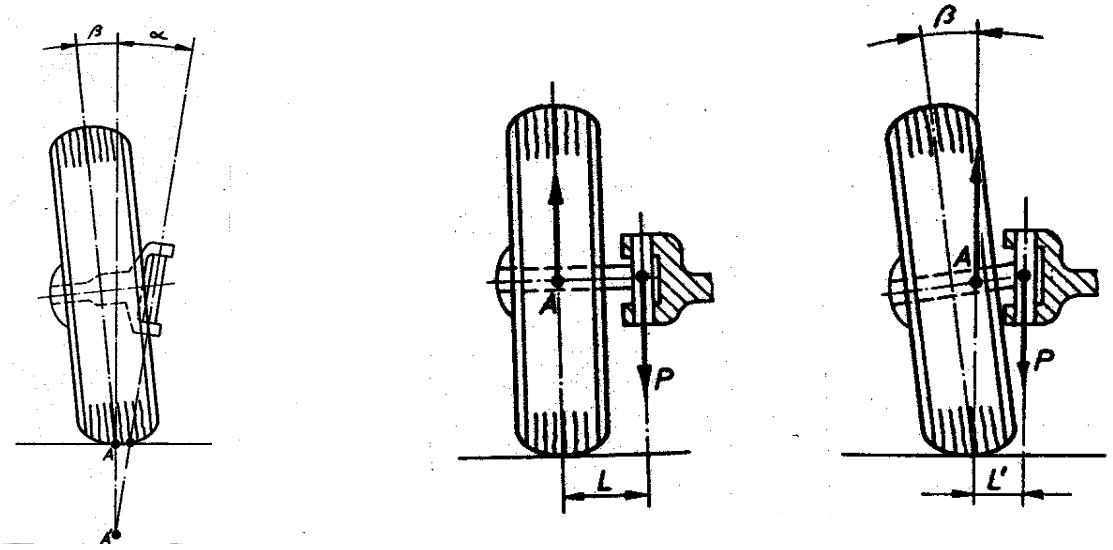
El ángulo de salida facilita la vuelta de la dirección a la posición de línea recta después de un viraje, pues al orientar la rueda para tomar la curva, como gira sobre el pivote y éste está inclinado, la rueda tiende a hundirse en el suelo y, como no puede hacerlo, es la carrocería la que se levanta, oponiéndose a esto su propio peso, por lo cual, en cuanto se suelte el volante de la dirección, el peso de la carrocería hará volver la rueda a su posición de marcha en línea recta.

Los síntomas de un ángulo de salida en mal estado son:

- Desgaste anormal y rápido en la banda de rodadura del neumático.
- La banda de rodadura estará desgastada de forma creciente de un lado a otro.
- Un exceso de salida provoca dureza en la dirección y retorno a la línea recta de forma brusca.
- Una salida escasa provoca excesiva suavidad en la dirección, poca reversibilidad de la dirección y reacción en la dirección ante esfuerzos laterales.

<u>ANGULO DE CAÍDA:</u> Es el ángulo (β) que forma la prolongación del eje de simetría de la rueda con el eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda.

Este ángulo se consigue dando al eje de la mangueta una cierta inclinación con respecto a la horizontal. Tiene por objeto desplazar el peso del vehículo que gravita sobre este eje hacia el interior de la mangueta, disminuyendo así el empuje lateral de los cojinetes sobre los que se apoya la rueda.

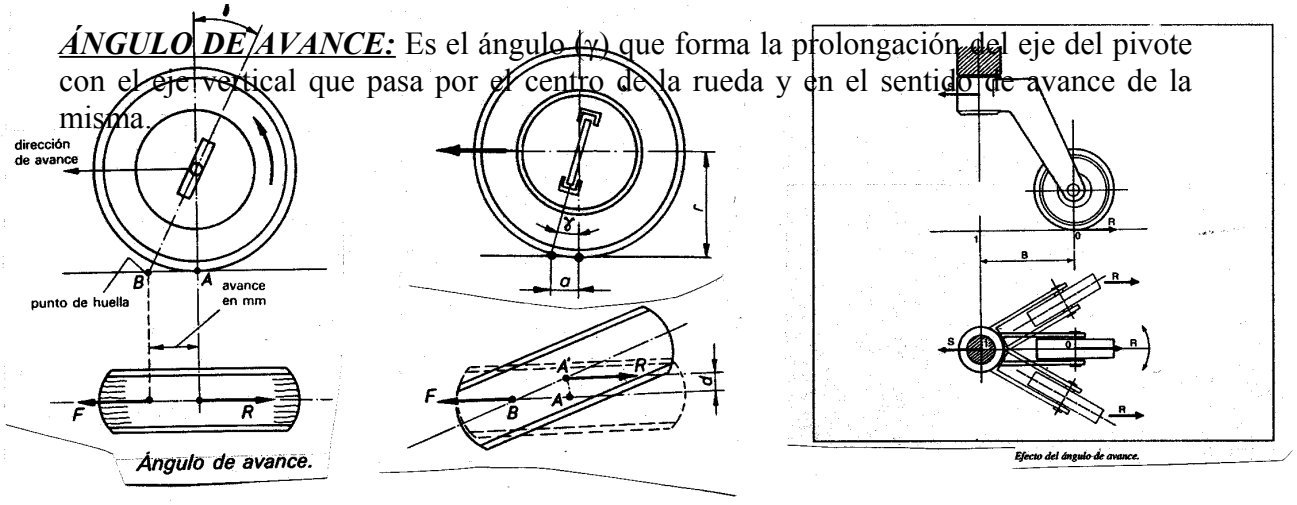


Ángulo de caída

La mangueta está sometida a esfuerzos de flexión equivalentes al peso que sobre ella gravita (P) por su brazo de palanca (L), obteniendo un momento resultante: $M_f = P \cdot L$.

Al inclinar la rueda, se desplaza el punto de reacción (A) hacia el pivote, con lo cual el brazo de palanca es ahora menor (L < L') y, por tanto, también lo es el esfuerzo a que están sometidos los rodamientos de la mangueta. El valor del ángulo de salida suele estar comprendido entre 0 y 2º. Además de aliviar la carga que soportan los cojinetes dificulta una posible salida de la rueda de su fijación a la mangueta.

ÁNGULO DE AVANCE: Es el ángulo (γ) que forma la prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en el sentido de avance de la misma.



Ángulo de avance.

Efecto del ángulo de avance.

Ángulo de avance

Es el ángulo formado por la prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en sentido de avance de la misma (Figura 30).

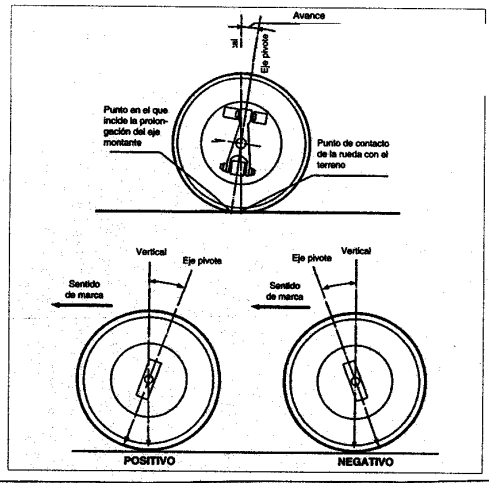


Figura 30. Ángulo de avance.

cia del ángulo de avance

lo de incorrecto o mal repartido de forma desigual en las dos ruedas, provo- esviación del vehículo de su trayectoria, hacia el lado donde el avance sea menor (Figura 32).

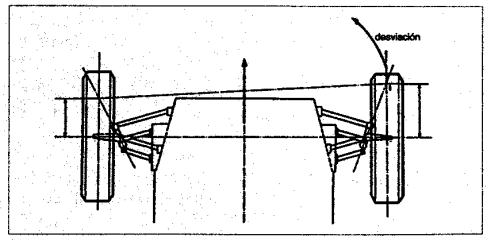


Figura 32. Efecto de un diferente avance entre las ruedas.

Cuando el empuje del vehículo se realiza desde las ruedas traseras, el eje delantero es arrastrado desde atrás, lo que supone una inestabilidad en la dirección. Esto se corrige dando al pivote un cierto ángulo de avance (γ), de forma que su eje corte a la línea de desplazamiento un poco por delante del punto de apoyo de la rueda (A). Con ello aparece una acción de remolque que da fijeza a la dirección Este ángulo está comprendido entre 5 y 10º. Cuando el vehículo es de tracción delantera, este fenómeno de arrastre de las ruedas delanteras prácticamente desaparece, por eso el ángulo de avance es mucho menor (entre 0 y 3º).

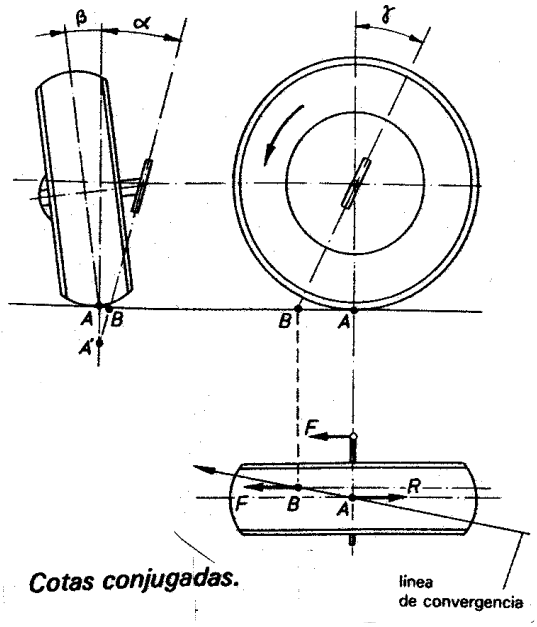
El ángulo de avance permite conseguir las siguientes funciones:

- La dirección es estable y precisa por conseguirse un "autocentrado" del vehículo.
- Favorecer la reversibilidad para que las ruedas vuelvan a la línea recta después de tomar una curva.
- Evitar las vibraciones en las ruedas y la consiguiente repercusión en la dirección.
- Un ángulo incorrecto o repartido de forma desigual en las dos ruedas, provoca la desviación del vehículo en su trayectoria, hacia el lado donde el avance sea menor.

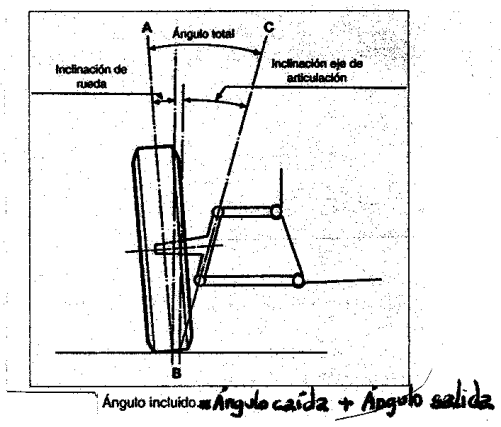
COTAS CONJUGADAS: Las cotas de salida y caída hacen que el avance corte a la línea de desplazamiento por delante y hacia la derecha del punto (A). De ello resulta que, para vehículos de propulsión trasera, el empuje que se transmite al eje delantero pasa de éste a la rueda por el pivote, teniendo su punto de tiro en la rueda sobre el punto (B). Como la resistencia de rodadura actúa sobre el punto de apoyo (A), resulta un par de fuerzas que tiende a abrir la rueda por delante, debiendo dar una convergencia a la rueda para corregir esta tendencia.

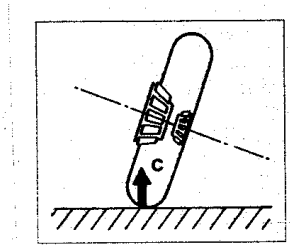
La convergencia será tanto mayor cuanto más adelantado y hacia la derecha se encuentre el punto (B). Esta posición viene determinada por los ángulos de caída, salida y avance, lo que quiere decir que la convergencia depende directamente de estas 3 cotas.

En vehículos con tracción delantera, la fuerza de empuje está aplicada al mismo punto de apoyo de la rueda, siendo las ruedas traseras remolcadas sin ejercer efecto alguno sobre la dirección. No obstante, se les da un pequeño avance para mantener estable la dirección resultando, junto a las cotas de salida y caída, una convergencia que puede ser positiva o negativa.



Cotas conjugadas.





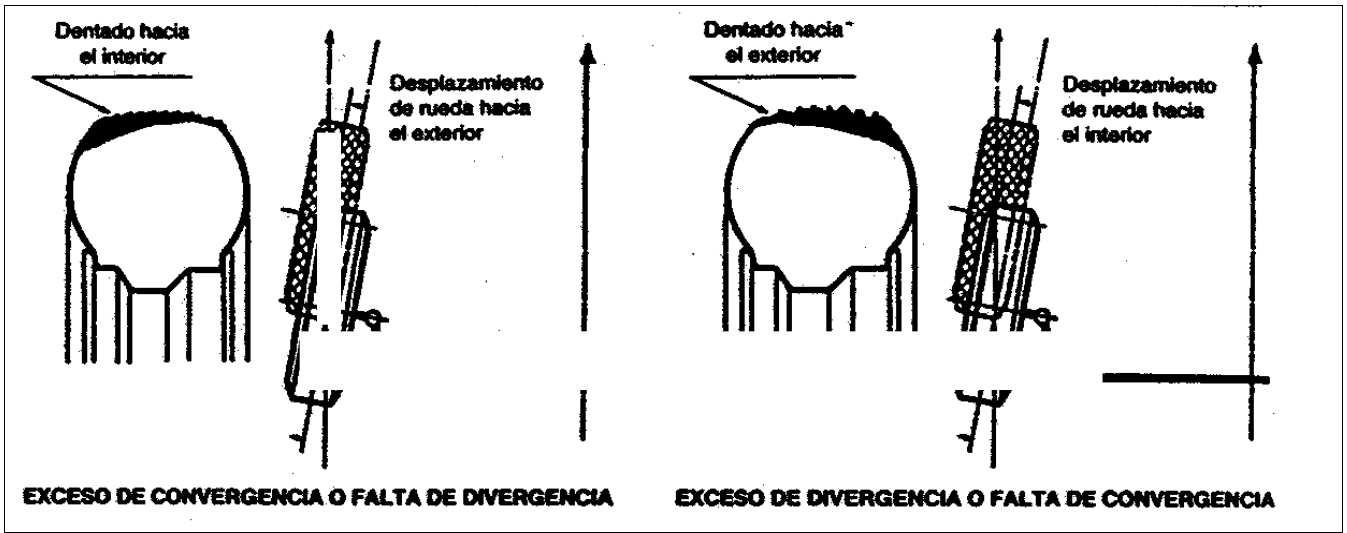
Carga soportada por un rodamiento cónico.

Al conjunto formado por los ángulos de salida, caída y avance se denomina cotas conjugadas y tiene una gran importancia ya que permite:

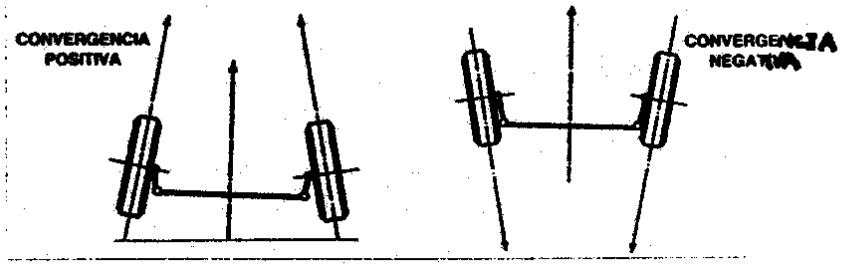
- Reducir los efectos de reacción del suelo sobre las ruedas.
- Disminuir el desgaste de las rótulas y rodamientos de la mangueta.
- Aplicar los pesos sobre el rodamiento interior del buje.

<u>CONVERGENCIA DE LAS RUEDAS:</u> La convergencia determina el paralelismo que existe entre los ejes longitudinales de las ruedas visto el vehículo desde arriba y en sentido de marcha normal.

Cuando las prolongaciones longitudinales de los ejes de simetría de las ruedas tienden a encontrarse delante del vehículo (en el sentido de la marcha), se dice que la



convergencia es positiva, o simplemente, convergencia. Por el contrario, si tienden a encontrarse por detrás, la convergencia es negativa, también llamada divergencia.



Convergencia positiva y negativa (divergencia).

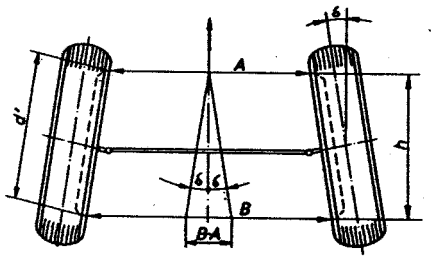
Influencia del paralelismo sobre las ruedas

La convergencia de las ruedas la establece el fabricante del vehículo en un valor tal que viajando en las condiciones medias de uso quede en un valor próximo a cero bajo los efectos dinámicos que se produzcan. Los efectos de la carga al deformar los paralelogramos de la suspensión, el efecto de empuje del motor aplicado a las ruedas y la resistencia al avance de las mismas pueden modificar notablemente la convergencia.

La convergencia se mide por la diferencia de cotas entre la parte delantera y trasera de las ruedas, tomadas en puntos diametralmente opuestos de las llantas; suele estar comprendida entre 1 y 10 mm, según las características del vehículo.

El ángulo de convergencia (δ) o desviación angular de las ruedas respecto a la dirección de marcha, se expresa en función de las distancias (A) y (B) y del diámetro de llanta (D'):

$$\text{sen}\ \delta = \frac{B - A}{2 \cdot d'}$$



Convergencia.

En un vehículo de propulsión trasera, el empuje (St) de las ruedas traseras se transmite a las delanteras a través del pivote, por lo que el empuje de cada rueda (Sp), junto con la resistencia a la rodadura (Rs) opuesta por ellas al avance, produce un par que tiende a abrir la rueda de su parte delantera. La dirección deberá tener convergencia

En los vehículos de tracción delantera, el esfuerzo de tracción no se ejerce en el eje sino en la rueda y directamente en el centro de la superficie de contacto-rotación transmitido a la rueda produce un empuje (Sp), que en oposición al resistente (Rm) aplicado en el eje del pivote, tiende a cerrar la rueda de su parte delantera. La dirección deberá tener divergencia.

Pero, además la convergencia depende también de los valores de inclinación de la rueda y del ángulo de avance.

7. VERIFICACIÓN Y REPARACIÓN DE ELEMENTOS

Las averías en la dirección son consecuencia de las holguras por desgaste en sus elementos de mando, del mal reglaje en la alineación de las ruedas o de un mal entretenimiento. Puede estar también afectada indirectamente por la intervención o mal estado de otros elementos del vehículo, como pueden ser las ruedas, frenos o suspensión.

Para diagnosticar la avería que acusa el sistema de dirección, antes de proceder a su revisión y reparación, conviene someter al vehículo a una prueba por carretera, observando la causa o causas que afectan al normal funcionamiento de la misma.

Los defectos más frecuentes que acusa el conductor en la dirección del vehículo, son:

1. Holguras en el volante: Es una de las averías más frecuentes, son debidas al desgaste lógico de sus componentes mecánicos por el uso. Estas holguras comienzan a ser preocupantes cuando exceden 10º (en condiciones normales). Se pueden localizar en los siguientes puntos:

- Rótulas de las barras de dirección flojas o desgastadas.
- Holgura en la palanca de mando.
- Mal apriete en la fijación de la caja de dirección o la cremallera al chasis.
- Conjunto desmultiplicador desgastado, en cuyo caso se sustituirá.

Se revisarán estos puntos, se realizará un apriete al par recomendado por el fabricante en todos los elementos de unión y se hará el reglaje del mecanismo de dirección según las instrucciones del fabricante.

2. Dirección muy dura: Este defecto se acusa porque el conductor debe realizar un esfuerzo excesivo en el volante para mover las ruedas. También se nota en la falta de reversibilidad de las ruedas para volver a su posición de línea recta... Esta dureza en la dirección se produce, generalmente, por las siguientes causas:

- Baja presión de inflado en los neumáticos.
- Desalineación en las ruedas.
- Dureza en las articulaciones de mando por un excesivo apriete.
- Excesivo ataque en el mecanismo de la dirección.
- Falta de engrase en la caja de dirección.
- Deformaciones en los brazos de suspensión debidas a golpes, en cuyo caso es necesario cambiar las piezas defectuosas.
- Ballestas o amortiguadores cedidos, lo que altera las cotas de dirección y, por tanto, se hace necesaria la sustitución. Si lleva barras de torsión se efectuará el reglaje de alturas.

3. El vehículo tiende a girar a un lado: Este defecto se debe, generalmente, al mal estado de alguno de los componentes del vehículo ajenos al sistema direccional o mal reglaje de la alineación. Las causas más frecuentes que hacen que el vehículo tienda a desplazarse lateralmente son las siguientes:

- Presión de inflado desigual en ambas ruedas.
- Cubiertas desiguales o más desgastada una que otra.
- Uno de los frenos agarrotado o mal reglado.
- Amortiguador de un lado en mal estado.
- Brazo de mando mal colocado.
- Mal reglaje en la alineación de las ruedas.
- Deformación en una mangueta o en el sistema de la suspensión.

4. Vibraciones en las ruedas delanteras: Este fenómeno es detectado cuando se circula a grandes velocidades por terreno liso, produciéndose trepidaciones en el volante. Este fenómeno también se llama "shimmy". Las causas más frecuentes son:

- Presión de inflado incorrecta en los neumáticos.
- Excesiva holgura en los elementos de mando.
- Ruedas desequilibradas.
- Cubiertas con desgaste desigual en su banda de rodadura.
- Ángulos de caída o avance con un valor excesivo.
- Huelgo en los cojinetes del cubo de rueda.
- Mala regulación de las cotas de la dirección.

5. Ruidos extraños: Este defecto, es acusado en un momento determinado. Se debe generalmente a holguras o rotura en alguno de los elementos mecánicos o mal montaje. Estos ruidos pueden ser producidos por las siguientes causas:

- Rodamiento de la rueda en mal estado.
- Falta de engrase en la caja de la dirección (quitar tapón de llenado y comprobar nivel).
- Cojinetes, rótulas, brazos de la suspensión, eje del pivote, ..., parcialmente agarrotados. Se desmontarán y limpiarán antes de proceder a engrasar. Si están en mal estado se sustituirán.
- Hojas de ballesta, muelles helicoidales rotos o silentblock desgastados, en cuyo caso se sustituirán.

6. Desgaste anormal en los neumáticos: Se produce generalmente por un mal reglaje en la alineación, sirviendo como índice para una revisión de las cotas direccionales.

Una excesiva convergencia produce un desgaste lateral en la zona exterior de los neumáticos, mientras que, una excesiva divergencia produce el desgaste en la zona interna lateral de los mismos.

Cuando el desgaste se produce por igual en uno o en los dos neumáticos en ambos lados de la banda de rodadura, se debe generalmente a falta de inflado en las ruedas.

7. Chillido de los neumáticos en las curvas: Puede ser debido a:

- Defecto de alguna cota de la dirección, lo que deberá comprobarse mediante la operación de alineado.
- Deformaciones en los brazos de suspensión que provoca anomalías en las cotas de dirección. Los brazos defectuosos deben ser sustituidos.

8. Averías en la servodirección hidráulica:

Si el servo dirección no funciona:

- Falta de aceite.
- Fallos de presión en la bomba.
- Obstrucción o rotura en las tuberías.
- Comunicación entre ambos lados del émbolo del cilindro de mando.
- Avería en la válvula distribuidora.
- Obstrucción en el depósito de aceite.
- Correas de mando de la bomba deterioradas o rotas.

Dureza en la dirección:

- Falta de aceite.
- Aire en el circuito.
- Obstrucción en las tuberías.
- Avería en la válvula distribuidora.
- Baja presión en los neumáticos.

El vehículo tiende a girar a un lado:

- Ajuste incorrecto de la válvula de distribución.
- Defectos de alineación de la dirección o neumáticos mal inflados.

Vibraciones o ruidos extraños en la servo dirección:

- Aire en el circuito.
- Aceite inadecuado o sucio.
- Aireación del depósito obstruido.
- Bomba de aceite sucia.
- Elementos mecánicos con holgura.

9. Averías en la servodirección neumática:

La servodirección no funciona:

- Presión de aire insuficiente (menos de 4 kgf/cm^2).
- Grifo de paso cerrado u obstruido.
- Tuberías de aire rotas u obstruidas.
- Defecto de reglaje en la válvula de control.

Funcionamiento parcial o en un solo sentido:

- Obstrucción en alguno de los tubos.
- Reglaje defectuoso de la válvula de control.
- Anillos de retención en el cilindro de mando averiados.
- Válvula de descarga rápida obstruida.
- Presencia de algún cuerpo extraño que impide el cierre de las válvulas.

La dirección no retorna:

- Reglaje defectuoso de la válvula de retención.
- Válvula de descarga obstruida.

8. ALINEACIÓN DE LA DIRECCIÓN

Cuando se detecte un anormal comportamiento de la dirección del vehículo (vibraciones, inestabilidad, etc.), o cuando se produzca un desgaste irregular de los neumáticos, deberá procederse a la operación de alineado de trenes, para lo cual existen máquinas apropiadas, cuyo manejo no difiere mucho unas de otras y con las cuales puede determinarse si las cotas de la dirección son las adecuadas. La variación de las mismas se realiza quitando o poniendo arandelas en diversos puntos o mediante tirantes regulables.

Antes de comenzar a medir los distintos ángulos de los trenes de un vehículo, es preciso realizar una verificación de los sistemas de dirección y suspensión, atendiendo a los siguientes puntos:

1) Presión de inflado, estado y dimensiones de los neumáticos.
2) Alabeo y alineación de las llantas.
3) Estado y apriete de articulaciones de los brazos de suspensión.
4) Estado y apriete de las juntas elásticas de la dirección.
5) Estado de las ballestas, los amortiguadores y los muelles de suspensión.
6) Posibles holguras de los rodamientos de buje de rueda.
7) Simetría de alturas bajo casco.

CUALQUIER ANOMALÍA ENCONTRADA DEBERÁ SER SUBSANADA ANTES DE EFECTUAR CUALQUIER MEDICIÓN O CORRECCIÓN.

Ejercicios sobre direcciones:

1. Si giro una vuelta completa el volante y el vehículo tiene una relación de desmultiplicación en la dirección de 20: 1, ¿qué ángulo han girado las ruedas?

2. Si he de tomar una curva con un automóvil que tiene un volante de 0,2 metros de radio, el radio del tornillo sinfín es de 5 cm y la fuerza necesaria en las ruedas es de 10 kgf., ¿qué fuerza necesito aplicar en la periferia del volante?

3. Un vehículo que tiene de batalla 2.750 mm. y de ancho de vía 1.800 mm. Se dispone a tomar una curva a la izquierda de 40 metros de radio. ¿Qué ángulo girará la rueda delantera derecha?

4. Si el vehículo anterior gira a tope la dirección y comienza a hacer círculos (sin producir deslizamientos), ¿cuántos grados girará cada rueda? (Nota: tomar R= 2 x b)