

4 DINÁMICA DE UNA MOTOCICLETA

4.1 SQUAT Y HUNDIMIENTO

4.1.1 TRANSFERENCIA DE CARGA

El peso de cualquier cuerpo es la atracción gravitatoria de todas las partículas hacia el centro de la tierra y normalmente se considera que la suma de esas fuerzas actúa en el centro de gravedad. En el caso particular de la motocicleta, ni la aceleración ni la frenada pueden provocar que este peso se transfiera a ninguna parte.

Al frenar o al acelerar se puede sentir como la carga en uno de los neumáticos se reduce mientras la del otro aumenta. La carga transferida varía de una moto a otra, pero lo que se cumple en todas es que la carga vertical total que soportan ambos neumáticos es siempre la misma en condiciones estables, en otras palabras, que la carga transferida a una de las ruedas es la carga que se descarga la otra, de tal forma que la suma total sea el peso total de la moto. El caso más extremo sería que la moto solo estuviese en contacto con una sola rueda con la carretera, en este caso el neumático en contacto soportaría todo el peso de la moto.

A tener las motocicletas el centro de gravedad relativamente alto en comparación con la distancia entre ejes, el efecto de la transferencia de carga es mucho mayor que la que sufren otro tipo de vehículos (la relación entre el centro de gravedad y la distancia entre ejes en una moto es aproximadamente del 50%).

La transferencia de carga en una moto tiene tres fuentes principales:

1. Inercial: Provocada al acelerar y frenar la moto.
2. Aerodinámica: La fuerza de resistencia aerodinámica tiende a levantar la parte delantera de la moto y a cargar la delantera (ésta no será tenida en cuenta en la realización del modelo).

3. Posicional: Al bajar una pendiente, el tren delantero soporta más peso y viceversa.

El momento de reacción que aparece al acelerar el cigüeñal, el embrague, etc. Pero esto sólo tiene aplicación en motos con motores transversales y en nuestro caso tampoco se tendrá en consideración debido a que no se modelará motor alguno.

4.1.2 CÁLCULO DE LA TRANSFERENCIA DE CARGA

La transferencia de carga que se produce en una motocicleta cuando en ésta se produce una aceleración o una frenada se puede calcular siempre y cuando se conozca la aceleración con la que se produce tanto dicha aceleración como la frenada.

Suponiendo el siguiente modelo de motocicleta compuesta por las dos ruedas y la masa, que se supondrá concentrada en el centro de gravedad:

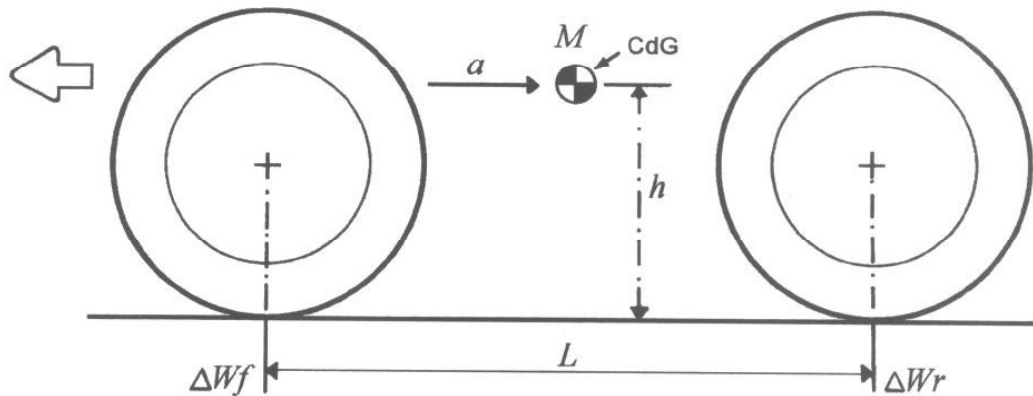


Fig. 51.- Transferencia de carga.

Donde:

L = Distancia entre ejes

h = Altura del centro de gravedad

M = Masa de la moto

a = Aceleración

ΔW_f = Transferencia de carga delante

ΔW_r = Transferencia de carga detrás

g = Constante gravitatoria

La fuerza horizontal de aceleración que actúa en el centro de gravedad tendrá un valor de (Ma/g) . Y el momento debido a esta fuerza será (Mah/g)

Este momento deberá de ser contrarrestado por otro igual debido a la transferencia de carga que actúa sobre la distancia entre ejes. Por consiguiente:

$$\Delta W_r * L = -\Delta W_f * L = (Mah/g)$$

Así que la transferencia de carga tendrá un valor:

$$\Delta W_r = -\Delta W_f = (Mah/g)$$

Se puede observar que la transferencia de carga es proporcional a la masa de la moto, la altura del centro de gravedad y la aceleración, e inversamente proporcional a la distancia entre ejes. Sin embargo cabe destacar que la posición longitudinal del centro de gravedad no afecta a la transferencia de carga pero si a la carga existente en cada rueda.

Considerando los efectos que la aceleración produce en la transferencia de carga total, se observa que los únicos parámetros que intervienen son la distancia entre ejes, la altura del centro de gravedad, la aceleración existente y la masa de la moto y el piloto. Sin embargo, la posición longitudinal del centro de gravedad no afecta a la transferencia de carga pero sí a la carga existente en cada rueda, por ejemplo si el centro de gravedad está más retrasado, el tren delantero estará menos cargado y hará falta menos transferencia de carga para que la rueda delantera se levante.

4.1.3 SQUAT Y HUNDIMIENTO

Estos términos hacen referencia a cambios de cabeceo y altura de la parte suspendida de la moto. El hundimiento es un cabeceo hacia delante que ocurre normalmente al frenar y el squat es una rotación hacia atrás provocado por la aceleración y las fuerzas aerodinámicas provocando que la parte de delante se levante y la de atrás se hunda.

Para evitar el comportamiento de squat que sufre la moto, en el tren delantero de horquilla se puede hacer poca cosa debido a que se elevará dependiendo de la ubicación del centro de gravedad por lo que sólo es relevante en este aspecto el comportamiento del tren trasero que dependerá de la inclinación que tenga el basculante.

Suponiendo que nuestra motocicleta tenga un sistema de transmisión de fuerzas por cadena y que el basculante tiene un pequeño ángulo de inclinación positivo, tal y como se muestra en la figura 52:

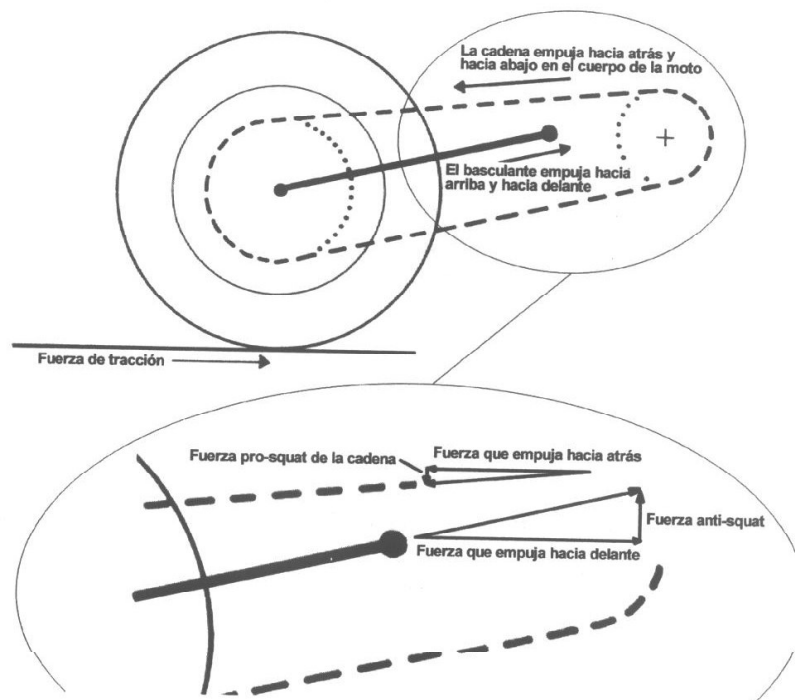


Fig. 52.- Fuerzas de tracción por cadena.

La cadena tirará hacia atrás de la mayor parte de la moto, pero la fuerza en el basculante de la moto es mayor, haciendo que el modelo, al acelerar, vaya hacia delante. Como muestra el dibujo, al tener el basculante y la cadena un ángulo positivo, la componente vertical de la fuerza de la cadena es hacia abajo, favoreciendo el pro-squat, pero la componente vertical de la fuerza del basculante es mayor y actúa hacia arriba produciéndose de esta manera un efecto global anti-squat.

Este proceso dependerá de la inclinación del basculante y de su longitud, así como del radio del piñón de la cadena, obteniéndose de la intersección entre ambas líneas el centro instantáneo de fuerzas. Un piñón de pequeño radio proporciona un mayor anti-squat que un piñón de mayor tamaño. De la misma forma una corona trasera más grande produce un efecto similar que un piñón delantero pequeño.

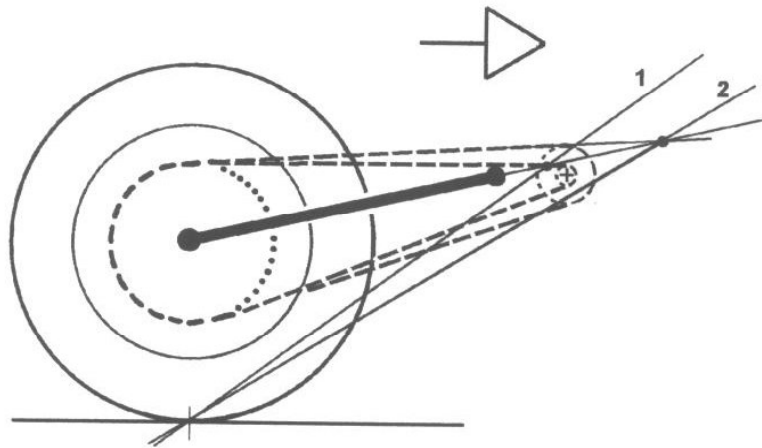


Fig. 53.- Anti-squat para diferentes tamaños de piñón delantero.

También si la suspensión está extendida, la moto tendrá un elevado grado de anti-squat, sin embargo al comprimirse, debido a baches, fuerzas generadas en una curva o una mayor carga, el efecto anti-squat se verá reducido.

Por tanto cómo puede verse el squat es un proceso bastante complicado que depende de muchos factores, los cuales algunos no se han

tenido en cuenta a la hora de hacer el modelo de motocicleta, como por ejemplo que la motocicleta está modelada sin transmisión y la aceleración vendrá o por una fuerza que actuará en la rueda trasera de la motocicleta o por una velocidad que se le imponga en dicha rueda.

4.1.3.1 REACCIÓN AL FRENAR

Al frenar, tanto si se hace con el freno delantero como con el trasero, se produce una transferencia de carga del tren trasero al delantero, actuando el momento del freno trasero sobre el chasis a través del basculante, tratando de bajar el eje de giro del mismo, de forma que la suspensión trasera tiende a comprimirse, produciendo el efecto contrario al que se producía cuando se acelera.

Cuando al frenar se aprieta la maneta del freno se produce un momento brusco sobre el basculante, que tiende a comprimir la suspensión, y debido a que la masa no suspendida es mucho menor que la masa suspendida, la rueda tenderá a despegarse del suelo más rápido que el resto de la motocicleta debido a que al pesar menos, la gravedad tendrá una menor influencia sobre ella. Conforme la rueda se va separando de la carretera y el neumático va perdiendo tracción, el freno se bloquea y el momento anterior que tendía a comprimir la suspensión desaparece, volviendo la rueda (todavía bloqueada) al suelo, pudiendo derrapar debido a dicho bloqueo y la carga repentina sobre el neumático vuelve a causar una nueva frenada brusca haciendo que se vuelva a repetir el proceso anterior.

A este fenómeno anteriormente descrito se le conoce con el nombre de anti-levantamiento. En la figura 54 puede observarse que el grado de anti-levantamiento depende de la longitud del basculante. En el caso de que se tenga un basculante corto, éste puede proporcionar más de un 100% de anti-levantamiento, excediendo de esta forma al levantamiento debido a la transferencia de carga, provocando que la parte trasera baje solamente al frenar con el freno trasero. Cualquier anti-levantamiento de este tipo depende de las reacciones que provienen del freno trasero, de tal forma que si sólo se frena con el freno, estos efectos desaparecerán.

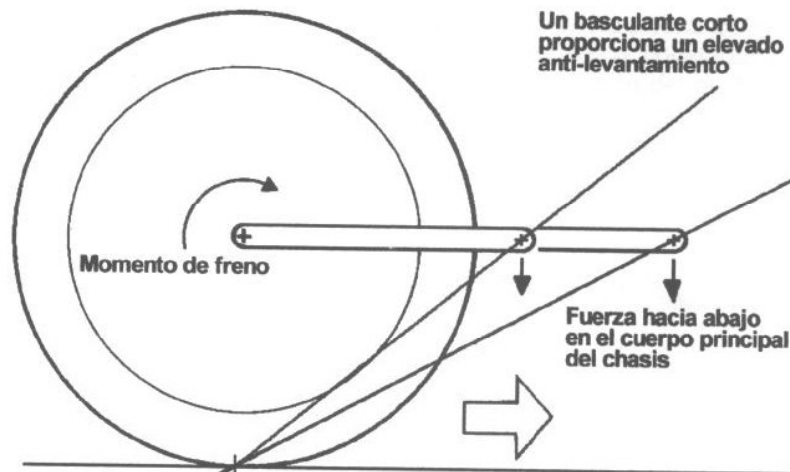


Fig. 54.- Grado de anti-levantamiento en función de la longitud del basculante.

4.1.4 HUNDIMIENTO DEL TREN DELANTERO

En este caso el tren delantero está formado por una horquilla telescópica, existiendo en este caso dos fuentes de hundimiento siendo una de ellas el efecto de la transferencia de carga, que depende de la altura del centro de gravedad de la motocicleta y de la distancia entre ejes, y la otra fuente de hundimiento sería debido al lanzamiento de la horquilla, siendo este hecho menos obvio que el anteriormente mencionado.

El lanzamiento del tren delantero hace que la fuerza de frenado en el neumático delantero pueda descomponerse en dos componentes, una en línea con la horquilla que tiende a comprimir los muelles (teniendo un valor aproximado del 42% de la fuerza de frenado para valores de lanzamiento normales) y una segunda componente que formará un ángulo recto con la horquilla y tratará de doblarla (que será un 90% de la fuerza de frenado). La transferencia de carga hace que la fuerza en los muelles se vea incrementada en un 45% aproximadamente. Debido a estos incrementos de fuerzas, las horquillas telescópicas sufren unos grandes hundimientos.

El hundimiento del tren delantero está relacionado con la compresión de la horquilla por el coseno del ángulo de lanzamiento. Por otro lado, para mantener fija la constante del muelle en sentido vertical, la dureza del muelle debe reducirse conforme aumenta el ángulo de lanzamiento.

Todos los modelos de motocicletas que aquí se van a realizar irán montados con una horquilla telescópica, teniendo por tanto un grado de anti-hundimiento de un 100%.

4.1.5 EFECTOS DINÁMICOS

Las características de tracción y de frenada y la conexión neumático /suelo están controladas por la variación dinámica de la carga vertical que existe en el punto de contacto con la carretera, que dependerá en gran medida de las reacciones del squat/ anti-squat y del hundimiento/ anti-hundimiento así como de las características generales de las suspensión y de los neumáticos.

En el caso de que se produzca una aceleración, el basculante trasero producirá en su recorrido una variación del nivel de anti-squat de la motocicleta, dependiendo la compresión producida del porcentaje de anti-squat que posea la moto, aunque en el caso de este modelo el porcentaje tendrá un valor de 0% y la suspensión se comprimirá solamente por la transferencia de carga.

Si lo que se realiza es una frenada solamente con el freno trasero se produce una transferencia de carga que descarga la suspensión y el neumático del tren trasero, haciendo que se levante. Esto puede llegar a provocar rebotes de la rueda pudiéndose llegar incluso a que ésta rebote de forma intermitente. Esta forma de frenar también hará que la suspensión delantera se cargue, dependiendo del grado de anti-levantamiento de la parte trasera.

4.1.6 EFECTOS DE LA PRECARGA

Se ha visto que gracias a los efectos de la transferencia de carga y a varias respuestas dinámicas (frenar y acelerar) la carga en cada rueda puede verse reducida. El caso extremo se daría en una aceleración o frenada muy fuerte donde el tren trasero o el delantero respectivamente aguantaría todo el

peso de la motocicleta y estando las diferentes suspensiones que están en el aire estiradas hasta sus topes de extensión.

En consecuencia, sería de esperar que el nivel de precarga de los muelles tuviera un efecto significativo en las respuestas transitorias en la suspensión durante este tipo de maniobras. Existen dos aspectos importantes a tener en cuenta si existe un elevado nivel de precarga:

- La primera es que la posición estática de la suspensión cuando está cargada está más cerca del tope de extensión, existiendo menos recorrido disponible antes de que la suspensión golpee el tope.
- El otro aspecto a tener cuenta es que cuando la suspensión golpea el tope, lo hará de forma más violenta.

El tipo de precarga a la que se hace referencia es de longitud no de carga. Si el amortiguador hace tope debido a la precarga, esto perjudica al comportamiento de la motocicleta, haciendo que se agrave un mal comportamiento, por ejemplo si al frenar la rueda trasera se levanta de la carretera, da lugar a una secuencia creciente de rebotes de la rueda.

4.1.7 RESUMEN

La transferencia de carga que se produce tanto al acelerar como al frenar hace que la moto tenga cierta tendencia a cambiar su posición. Las fuerzas horizontales que se producen tanto al frenar como al acelerar, reaccionan en función de las características geométricas de la moto en cuestión, produciendo fuerzas y momentos internos que pueden oponerse o favorecer los movimientos de hundimiento o anti-hundimiento de las suspensiones.

Existen multitud de opciones de ajuste en una suspensión de una motocicleta, y sin embargo de entre todas esas posibilidades ninguna de ellas será la óptima porque algo que funcione bien en una situación puede ser que en otras circunstancias diferentes pueda dar problemas. Por tanto hay que llegar a un compromiso para que la amortiguación funcione razonablemente bien en la mayoría de las situaciones.

4.2 ESTABILIDAD Y CONTROL

La estabilidad es la tendencia a volver a la posición de equilibrio después de sufrir una perturbación estando en estado de equilibrio. El control por otra parte, consiste en cambiar desde un estado de equilibrio a otro por lo que ambos términos están relacionados.

4.2.1 INESTABILIDADES

Generalmente se considera que existen tres tipos de inestabilidades inherentes al diseño de una motocicleta y que son las mismas para todas las motos. Estos tres modos se conocen como:

1. Capsize: Esta inestabilidad es aquella en la que una moto estacionaria se cae si no se mantiene vertical y también el caso de que una moto viaje a baja velocidad y comienza a girar e inclinarse hacia un lado dando la curva cada vez más cerrada hasta que termina por caerse.
2. Wobble: Es una oscilación angular de la masa que gira alrededor del eje de dirección. Ocurre cuando al circular normalmente, la moto sufre una perturbación que hace que la rueda delantera se desplace y el momento corrector, creado debido a la influencia estabilizadora del avance, es demasiado grande. Esto hará que la rueda comience a oscilar yendo más allá de la posición de la línea recta y girará en la dirección contraria provocando de nuevo otra fuerza correctora opuesta, repitiéndose todo el proceso, de forma que se tendrá un wobble.

Éste movimiento se puede asemejar al de un péndulo oscilando con un movimiento lo suficientemente rápido para cuando llegue al centro desde un lado continúe hacia el otro lado, continuando de esa forma el proceso de lado a lado. Conforme va pasando el tiempo esas oscilaciones serán cada vez menores haciendo que el péndulo acabe en reposo, debiéndose este hecho a la resistencia del aire y del rozamiento en el punto de giro, que actúa como amortiguador. También se puede dar el caso de que el sistema oscilante no tienda al reposo o que incremente la magnitud de las sucesivas oscilaciones, necesitando un amortiguamiento negativo, es decir, una fuerza periódica, lo

que implica la adición de algunos impulsos al sistema en el momento adecuado.

La experiencia demuestra que el número de oscilaciones que tienen lugar en un intervalo de tiempo, es prácticamente constante e independiente de la amplitud del movimiento. Esto es lo que se conoce como frecuencia de resonancia o frecuencia natural estando determinada por la longitud del péndulo.

Aplicando los principios del movimiento armónico simple a nuestro modelo de motocicleta, se encontrará que el movimiento de la rueda delantera, lo que se conoce como wobble, tiene una frecuencia natural que vendrá determinada por:

- El momento de inercia de la horquilla y la rueda delantera alrededor del eje de dirección.
- La magnitud del momento corrector debido a un desplazamiento angular determinado y que depende del lanzamiento, el avance, el tamaño del neumático y sus características y por la rigidez del chasis y horquilla.

Para obtener una frecuencia natural menor, el momento de inercia tendrá que ser mayor y el momento corrector menor por cada grado de giro. La fuerza que hace que aparezca un wobble será fuerzas periódicas y provienen de las imperfecciones de la motocicleta que por otro lado serán inevitables y que puede venir de alguna pequeña imperfección en el neumático o por una abolladura en la llanta. La frecuencia de las fuerzas periódicas van a depender de las revoluciones de la rueda y si la velocidad coincide con la frecuencia natural del wobble, la moto tendrá un wobble a esa velocidad.

La principal medida para reducir los efectos que producen los wobbles es la amortiguación de la misma motocicleta pero también hay otras series de medidas que reducen los efectos de los wobbles:

- Aumentar la rigidez lateral de la horquilla

- Reducir el avance, pudiéndose llegar a perjudicar la estabilidad direccional si se supera un determinado límite.
 - Reducir la masa de la rueda delantera y la horquilla, consiguiendo de esta forma disminuir la inercia alrededor del eje de dirección, teniendo un mayor efecto la amortiguación del sistema y aumentando la frecuencia natural del wobble.
 - Instalar un amortiguador hidráulico de dirección.
3. Weave: Es una oscilación de la parte trasera de la moto, con movimientos altamente acoplados de inclinación, guiñada, dirección y algunas veces cabeceo teniendo lugar normalmente a alta velocidad y la frecuencia de oscilación es menor que en el caso del wobble.

La tendencia al weave está relacionada con varios parámetros tales como el tamaño de los neumáticos, el lanzamiento, el avance, la distribución de peso, etc.

4.2.2 EQUILIBRIO EN LÍNEA RECTA

Las motocicletas carecen de equilibrio estático inherente pero una vez que alcanzan una cierta velocidad, ésta se mantiene en equilibrio, pudiéndose diferenciar dos casos en el proceso de equilibrio:

- a.- El que tiene lugar a baja velocidad.
- b.- Cuando se viaja a velocidades más elevadas.

Para que haya equilibrio, el centro de gravedad combinado de moto y piloto tiene que estar en la vertical de la línea que une las huellas de contacto de los neumáticos delantero y trasero, aunque este equilibrio es inestable debido a que cualquier perturbación, por ejemplo una pequeña brisa, será suficiente para que se consiga perder el equilibrio, desplazándose el centro de gravedad hacia un lado, creándose un momento que romperá el equilibrio.

Para que la motocicleta se mantenga en equilibrio se pueden realizar dos cosas, la primera consiste en mover la línea que une las huellas de

contacto de ambos neumáticos hasta que vuelvan debajo del centro de gravedad. Para ello se moverá el manillar hacia donde se necesite. La segunda forma de mantener el equilibrio cuando se circula a baja velocidad, consiste en mover el centro de gravedad combinado de la moto y piloto para que se sitúe sobre la línea que une las huellas de contacto.

El equilibrio a baja velocidad depende en gran medida de la habilidad del piloto habiendo también parámetros de la moto que ayudan a mantenerla vertical como por ejemplo:

- Un centro de gravedad bajo.
- Si el avance es grande, la posición de la línea que existe entre las huellas de contacto de los neumáticos varía más para un giro de manillar.
- Un ángulo de lanzamiento pequeño reduce la caída de la pipa de dirección al girar el manillar hacia los lados, facilitando el proceso de equilibrio.

En cuanto a lo que se refiere al equilibrio a velocidades mayores, éste es más automático e independiente de la habilidad del piloto, aunque también es más complejo. Para poder explicar este equilibrio se tendrán en cuenta algunas propiedades giroscópicas, por ejemplo, cuando una rueda gira se dice que tiene un eje de rotación estable debido a la conservación del momento angular, o sea, que tiende a mantener su plano de rotación y habrá que aplicar un par para variar ese momento angular. Si el par aplicado es alrededor de un eje que forme 90 grados con el eje de rotación, la variación del momento angular se manifestará en forma de variación de velocidad angular alrededor de un tercer eje perpendicular a los dos anteriores, esto es lo que se conoce como precesión giroscópica. Si se aplica esta propiedad a las motocicletas significará que cuando se inclina para tomar una curva existirá una velocidad de inclinación que deberá ir acompañada de un par en el eje de dirección, siendo este efecto proporcional a la velocidad de rotación de la rueda, teniendo más importancia cuando se circula a mayor velocidad.

Si se hace un experimento con una rueda de bicicleta se podrá observar este hecho, para ello se sujeta la rueda en posición vertical y la se hace girar con fuerza de tal forma que se asemejaría a la rueda delantera de una moto en su conducción. Ahora se intenta inclinar el eje hacia la izquierda, de forma equivalente a como si se estuviera tomando una curva, y se notará como la rueda tiende a girar instantáneamente también hacia la izquierda. Otra alternativa será girar la rueda hacia la izquierda alrededor de su eje vertical, girando esta vez de forma instantánea hacia la derecha.

Estas fuerzas y otras ayudan a que la moto se mantenga en equilibrio siguiendo una trayectoria relativamente recta sin mucha ayuda por parte del piloto. Ahora se verá como se aplican estas fuerzas giroscópicas en la motocicleta. Suponiendo que la moto circula a una velocidad normal y debido a alguna influencia externa comienza a inclinarse hacia la izquierda. Debido a la precesión giroscópica y al avance de la rueda delantera, la moto tenderá a girar hacia la izquierda apareciendo como consecuencia una fuerza centrífuga hacia la derecha, que se opondrá a que la moto se incline e intentando ponerla vertical. En resumen, las reacciones giroscópicas hacen que la dirección tienda a girar hasta que la moto vuelva a ponerse recta. En la practica, circulando en línea recta se van produciendo una serie de correcciones de forma continua para mantener la moto en equilibrio, por lo que las trayectorias reales que tiene las líneas centrales de la rueda delantera y trasera se van cruzando continuamente.

4.2.3 FRENADA

A nivel básico, la frenada de un vehículo es la conversión de la energía cinética en energía térmica (calor). La energía cinética es la energía que tienen los objetos que están en movimiento y depende de su masa y del cuadrado de su velocidad. Así para pasar de una velocidad elevada a otra más baja habrá que eliminar la diferencia de energía cinética que pueda existir entre estas dos velocidades.

Unos de los puntos más importantes en la conducción de una motocicleta es controlar la frenada siendo el freno principal de una motocicleta

el delantero, que será con el que se detendrá el vehículo, aunque no se debe olvidar el freno trasero.

Al frenar, el reparto de los pesos cambia aumentado de manera considerable el peso sobre la rueda delantera, aumentando de esa forma la adherencia disponible y provocando como consecuencia una descarga sobre la rueda trasera, llegando incluso, en una frenada fuerte, a que la rueda posterior pierda la adherencia con el suelo, bien por bloqueo al frenar, o bien por la pérdida de contacto del neumático con la superficie.

4.2.3.1 EFECTOS DE LA ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD

En el capítulo de squat y hundimiento se pudo ver la transferencia de carga que tiene lugar al frenar y su relación con la altura del CdG y la distancia entre ejes. Cuanto más alto esté el CdG mayor será la transferencia de carga que se produzca, pudiendo incluso llegar a levantar la rueda trasera en frenadas fuertes a baja velocidad.

Esto ocurrirá normalmente, dependiendo de la adherencia de los neumáticos, cuando la altura del CdG sea mayor que un 45-55% de la distancia entre ejes. Si sucede este hecho descrito, la rueda delantera será la que haga todo el trabajo en la frenada, siendo la trasera (al estar en el aire) incapaz de ayudar en la frenada. Sin embargo, si el centro de gravedad estuviera más bajo se puede frenar con la rueda trasera liberando a la rueda delantera de parte del trabajo de la frenada. En la figura 55 se puede observar como las máximas fuerzas de frenada varían entre los neumáticos traseros y delanteros dependiendo de la relación entre la altura del CdG y la distancia entre ejes.

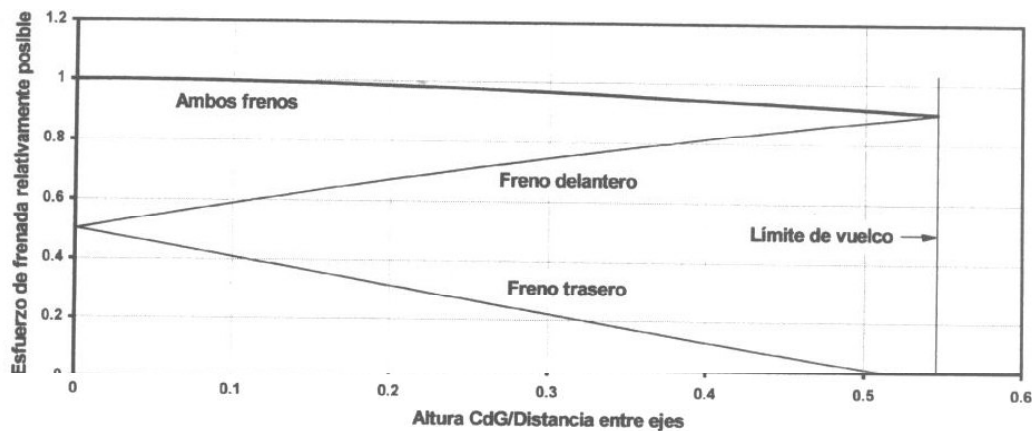


Fig. 55.- Esfuerzo en la frenada frente a altura del CdG/ Distancia entre ejes

La mejor frenada técnicamente posible tendría lugar con un CdG muy bajo que minimizara la transferencia de carga, repartiéndose el esfuerzo de la frenada entre ambas ruedas. Normalmente la altura del CdG suele estar en torno al 50% de la distancia entre ejes.

A velocidades altas, la resistencia aerodinámica produce una transferencia de carga de la rueda delantera a la rueda trasera, llegando incluso al extremo de que la rueda delantera pierda casi toda su carga, de forma que el equilibrio de las fuerzas verticales y las fuerzas de frenada a altas y bajas velocidades sean diferentes.

4.2.3.2 LA ESTABILIDAD EN FRENADAS

Si circulando normalmente, se realiza una frenada fuerte puede ser que esto conlleve una pérdida de estabilidad direccional, siendo la fuerza de inercia el momento perturbador, alrededor de la huella de contacto del neumático delantero y la fuerza de frenada de la rueda trasera el momento corrector. Para poder mantener la estabilidad, el momento corrector debería ser mayor que el momento desequilibrador. Este caso se dará en deceleraciones bajas o moderadas, que serán aquellas en las que exista poca transferencia de carga y por tanto la frenada de la rueda trasera pueda proporcionar una parte importante de la frenada total. Sin embargo cuando la frenada es brusca, se produce una gran transferencia de carga hacia la parte delantera, siendo el

freno delantero el que proporciona toda o la mayoría de la carga de la frenada, siendo el momento desestabilizador mayor que el corrector dándose una condición inestable de estabilidad. La forma de poder combatir esta tendencia sería aumentando la distancia entre ejes y un centro de gravedad bajo, para minimizar la transferencia de carga.

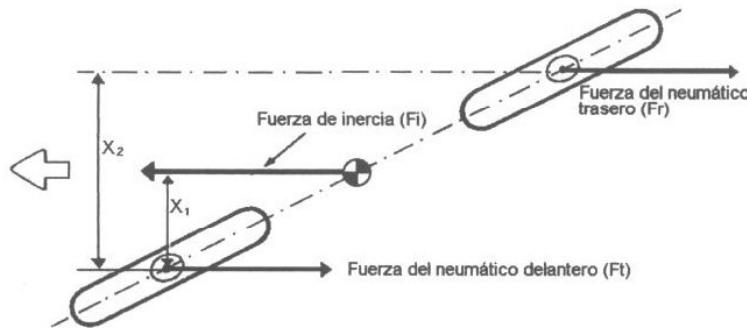


Fig. 56.- Momentos de guiñada al frenar.

Al frenar se puede hacer de diferentes maneras entre las que cabe destacar:

- Sólo con el freno trasero: La fuerza del neumático trasero equilibra la fuerza de inercia y el momento resultante tiende a estabilizar la máquina. Cuando se aprieta la maneta del freno aparece una fuerza de frenado dando lugar a su vez a una componente en la dirección de los muelles de la horquilla. Así, hasta que no exista una transferencia de carga suficiente, esta fuerza que comprime los muelles intentará levantar la rueda.
- Sólo con el freno delantero: En esta situación, el momento tiende a desestabilizar la motocicleta. En el caso que la rueda delantera esté completamente bloqueada se perderá el control de la dirección, incrementando de forma drástica la pérdida de estabilidad direccional.
- Frenando con los dos frenos con la rueda trasera bloqueada: En el momento en el que la rueda trasera se bloquee, el neumático perderá parte de su adherencia teniendo como consecuencia o que se pierda

parte del efecto estabilizador del freno trasero o que debido a que la fuerza total de frenado es menor, la transferencia de carga hacia delante se verá reducida, pudiéndose llegar al límite en el que la rueda delantera se bloquee también, llegándose a un final desastroso.

- Frenando con ambos frenos, con la rueda delantera bloqueada: Al no estar la rueda trasera bloqueada, ésta seguirá frenando proporcionando de esta manera estabilidad direccional, también la reducción de la transferencia de carga devuelve cierta carga a la rueda trasera incrementándose de esta forma la capacidad de frenado con el tren trasero. Pero de todos modos, la rueda delantera tenderá a perder el control de la dirección y la moto perderá el equilibrio, como sucede en el caso anterior.