

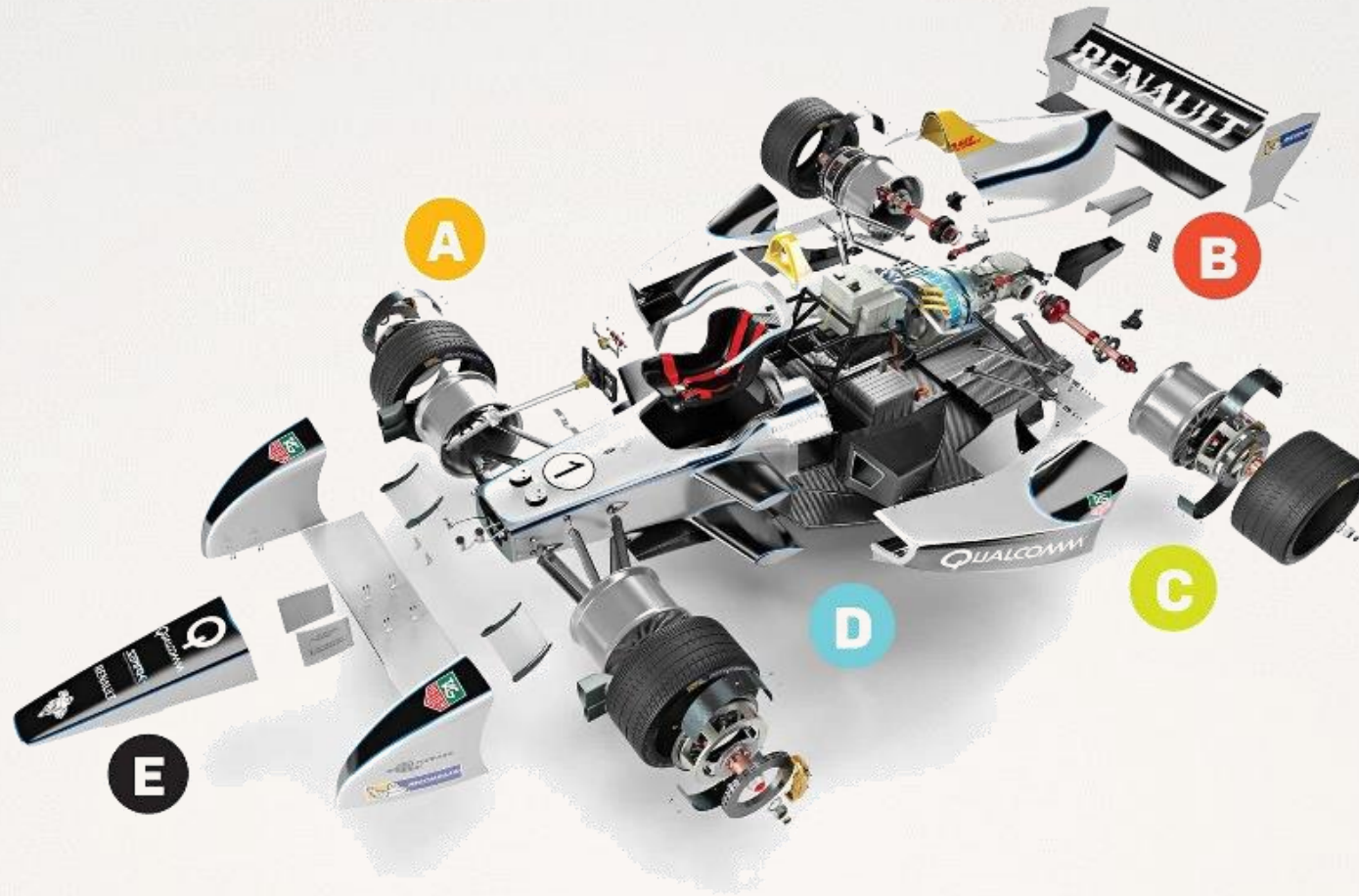
The background is a blurred image of a mechanical assembly, possibly a motor or a pump, with various colored components (blue, red, yellow) and a bright yellow light source on the right side.

DISEÑO AUTOMOTRÍZ

Ing. Martín Pacheco B.

Mpb_design@hotmail.com / +58 (412) 0554148

UNIDAD III Estructuras de Sistemas Vehiculares (Componentes)



UNIDAD II Estructura Interna de los Vehículos

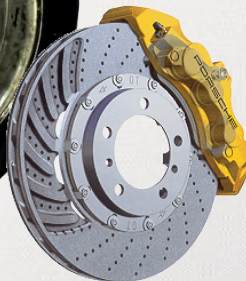
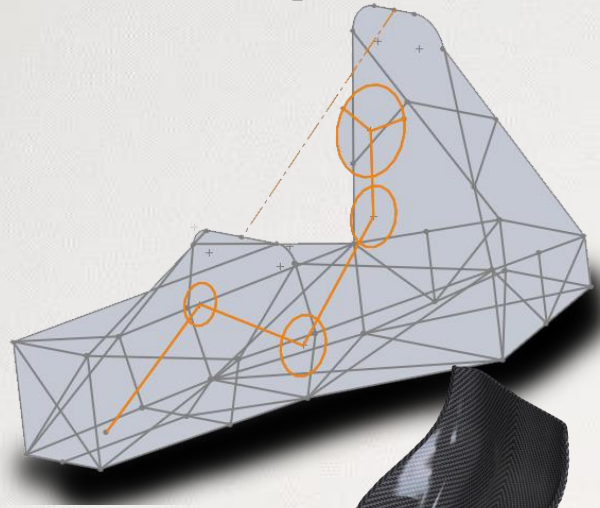
UNIDAD IV Diseño de Vehículos bajo Formula SAE

UNIDAD V Planificación de Proyecto

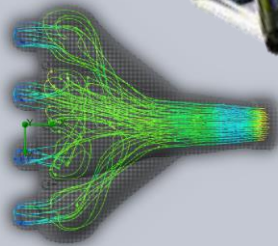
Formula Student



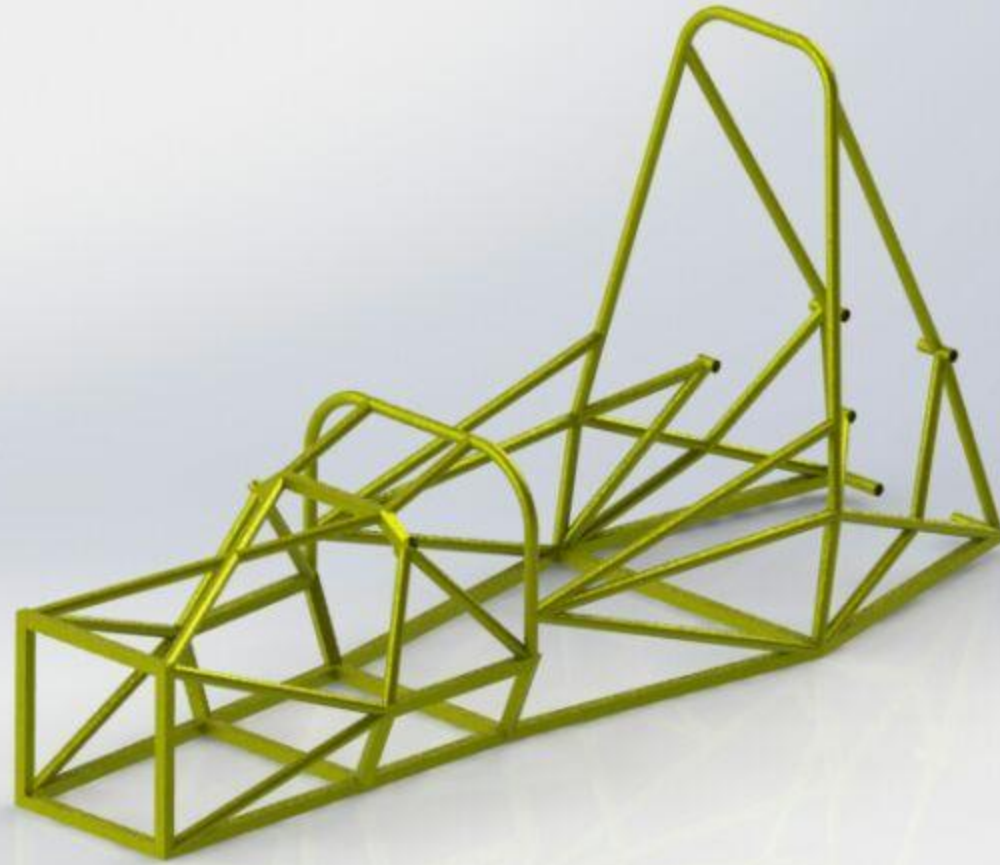
Componentes



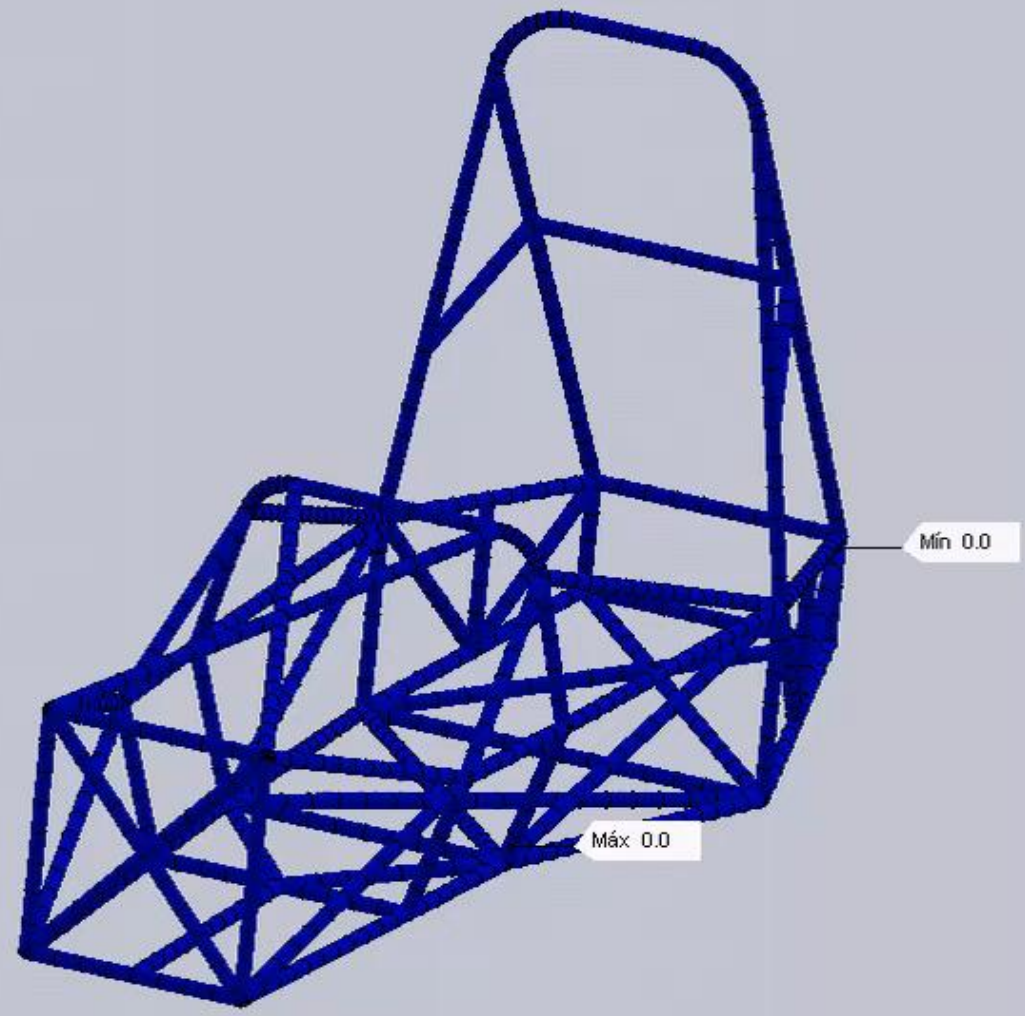
1007.95
1425.96
1403.96
1281.96
1119.97
947.97
775.974
603.977
431.981
259.984
87.989
Pressure [Bar/2]



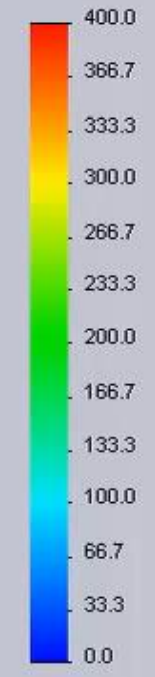
Chasis



Nombre de modelo: DISEÑO CHASIS PARA SIMULAR modificado el 12-07-2013
Nombre de estudio: Estudio torsion
Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1
Escala de deformación: 24.9361
Valor global: 0 a 234.333 N/mm² (MPa)



Tensión axial y de flexión en el límite superior (N/mm²)

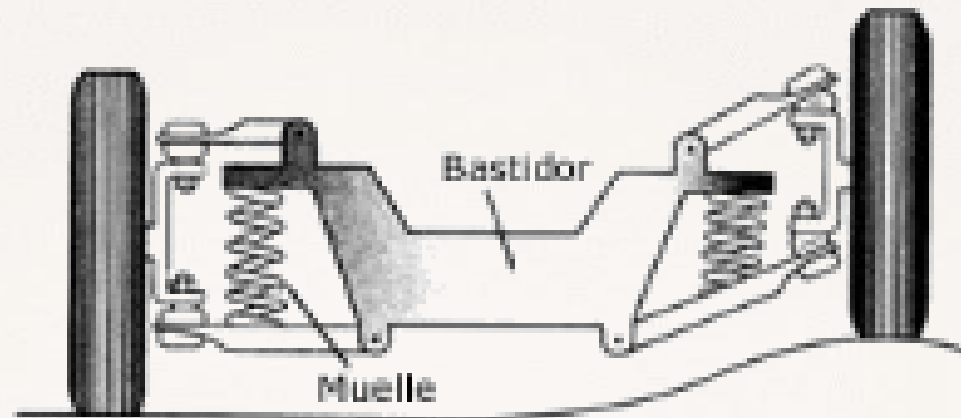




SUSPENSIÓN

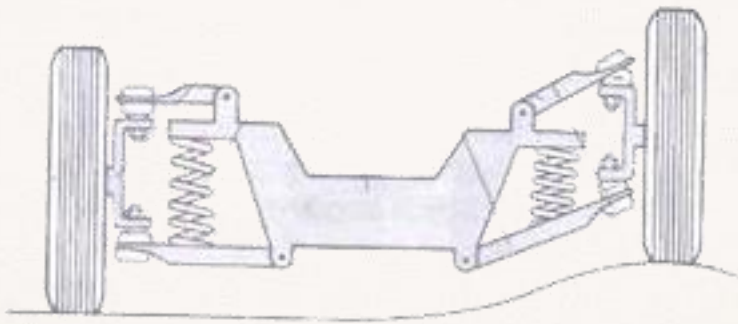
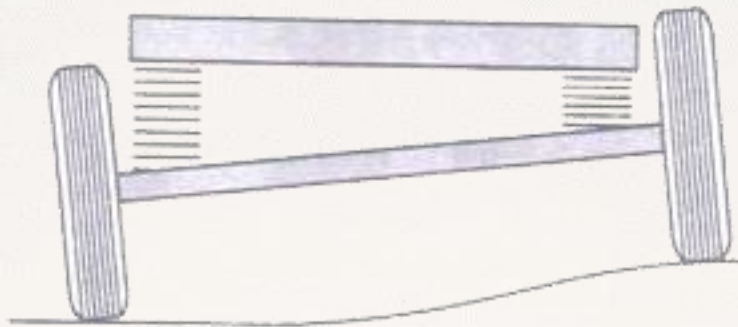
Sistema de Suspensión

“La suspensión es la encargada de soportar todo el peso del vehículo, así como también otorgarle estabilidad y absorber las irregularidades del terreno.”



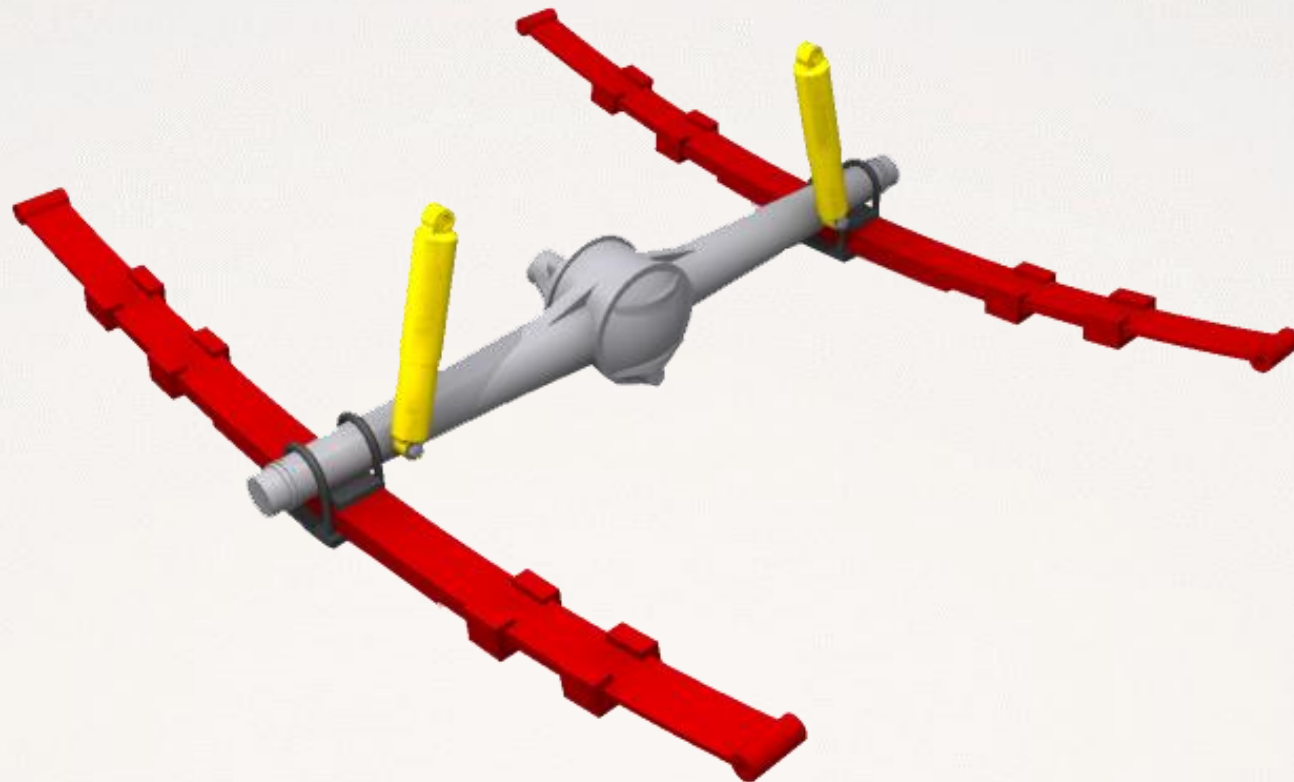
Sistema de Suspensión

Eje Rígido o Independiente



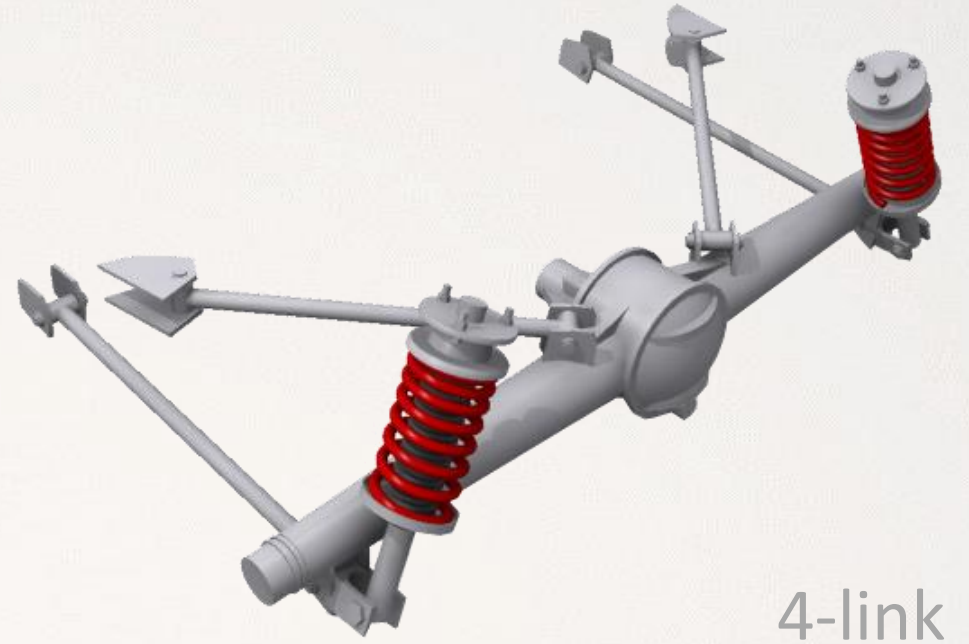
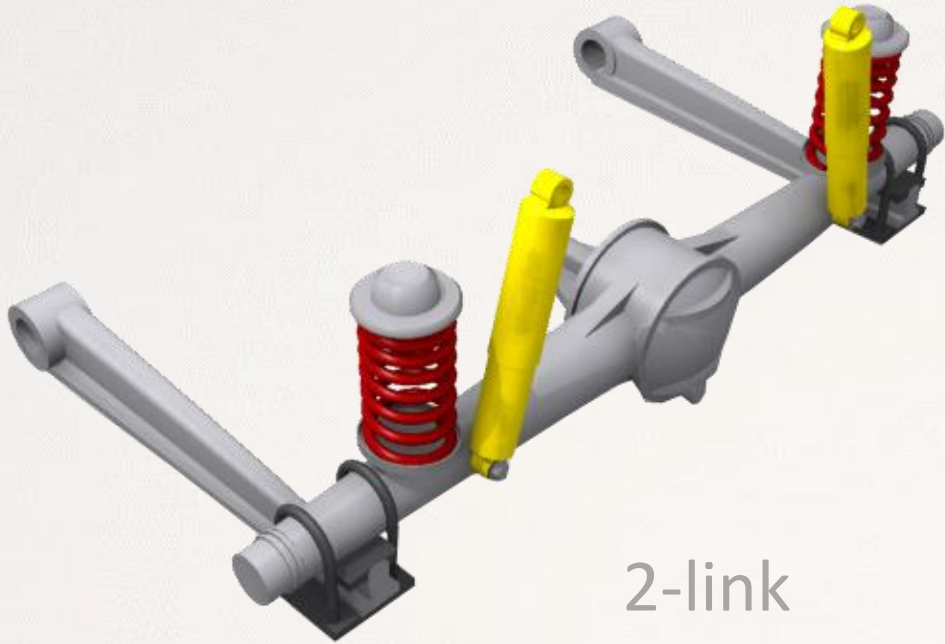
Sistema de Suspensión

Eje Rígido



Sistema de Suspensión

Eje Rígido



Sistema de Suspensión

Eje Rígido



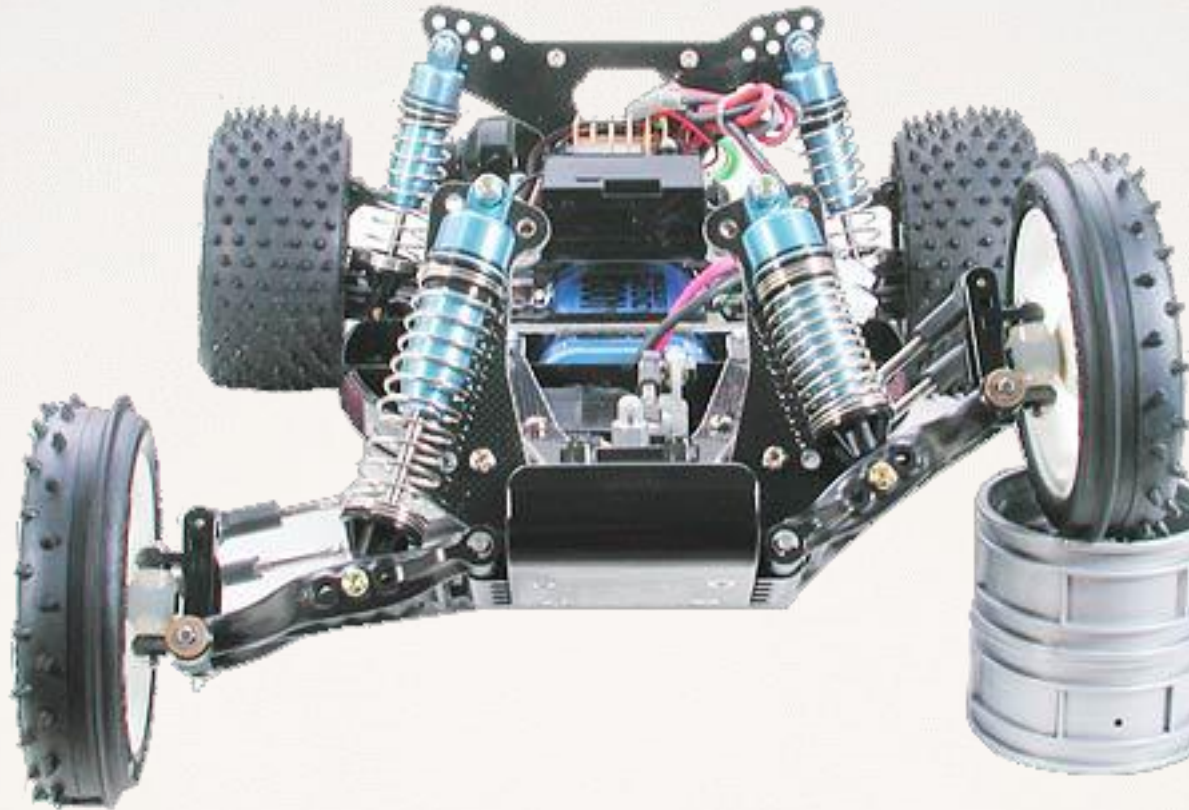
Sistema de Suspensión

Eje Rígido



Sistema de Suspensión

Independiente



Sistema de Suspensión

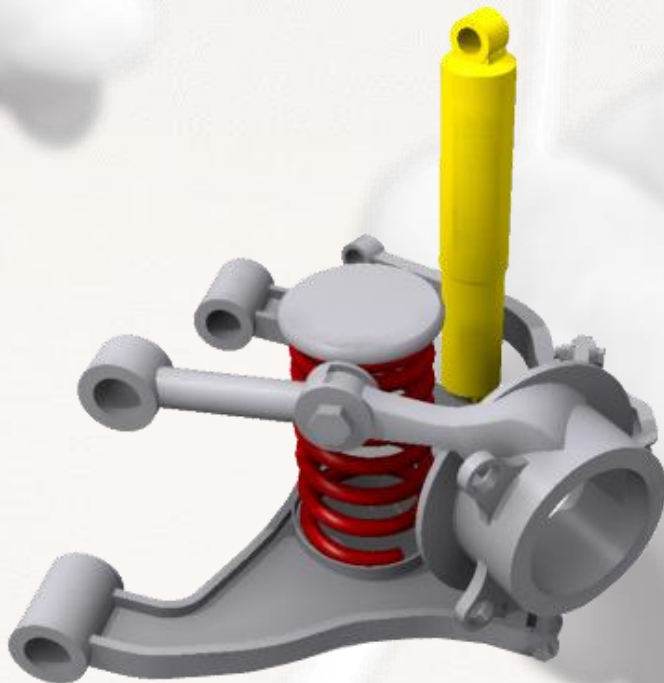


McPherson

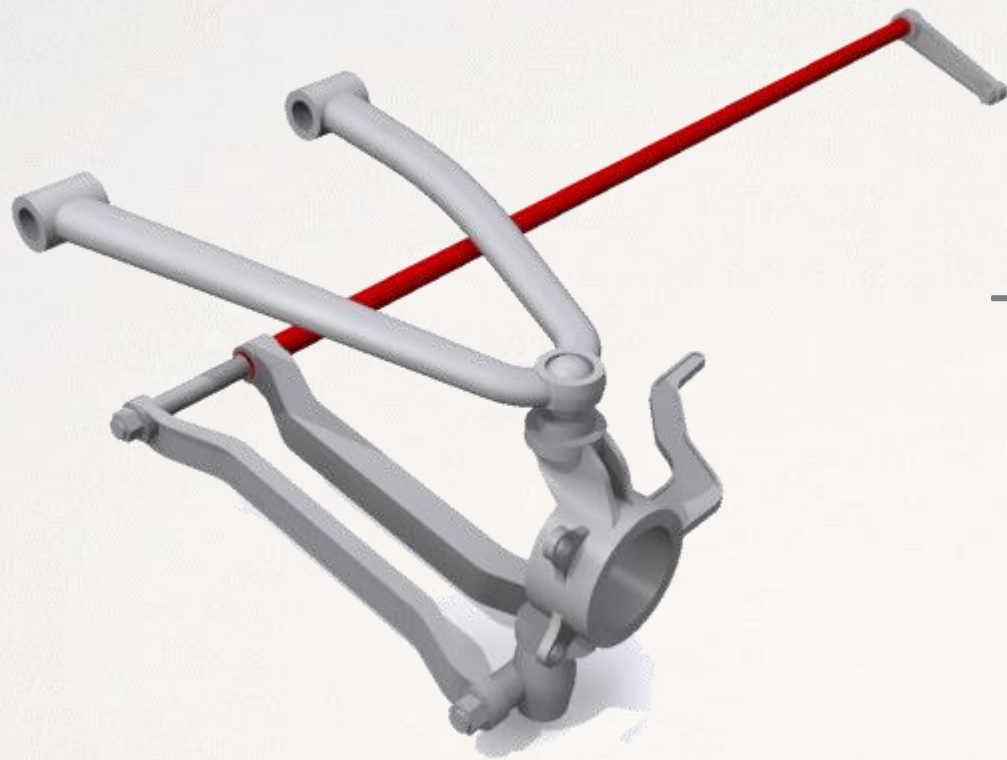


Sistema de Suspensión

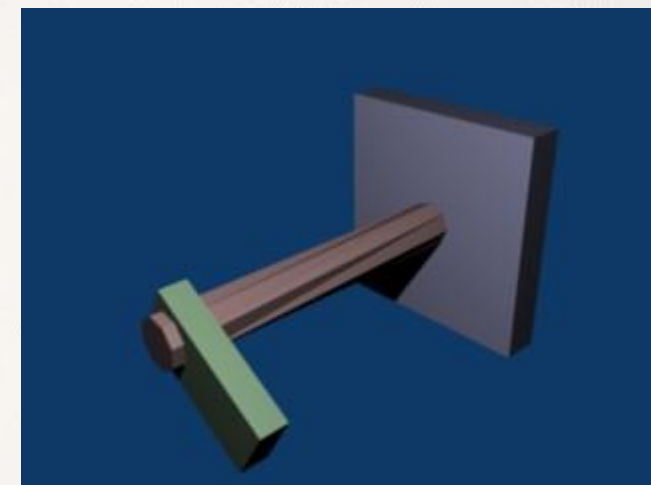
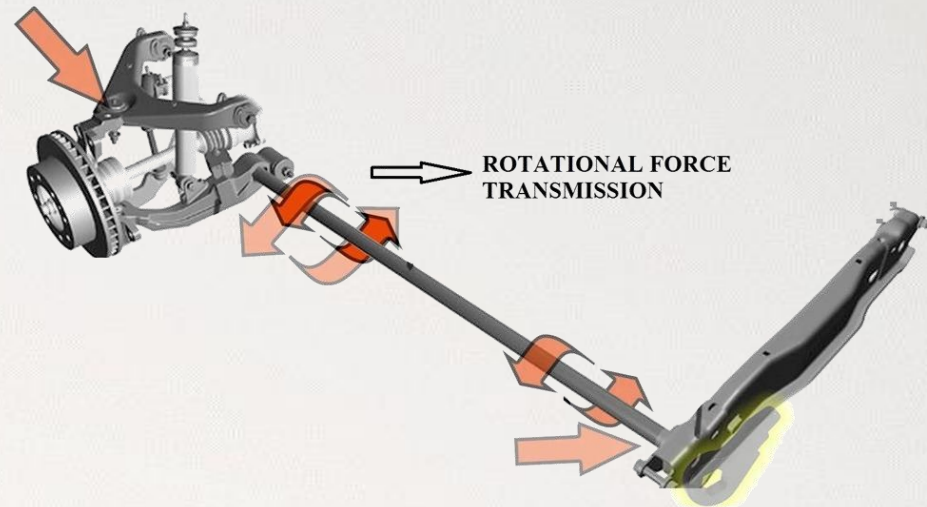
Wishbone



Sistema de Suspensión

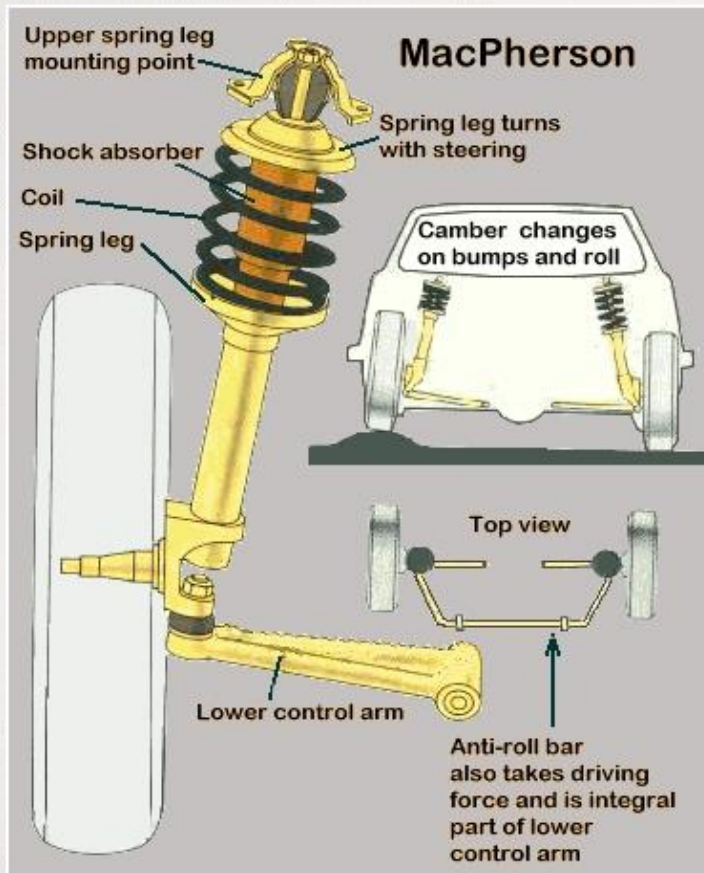


Torsion Bar

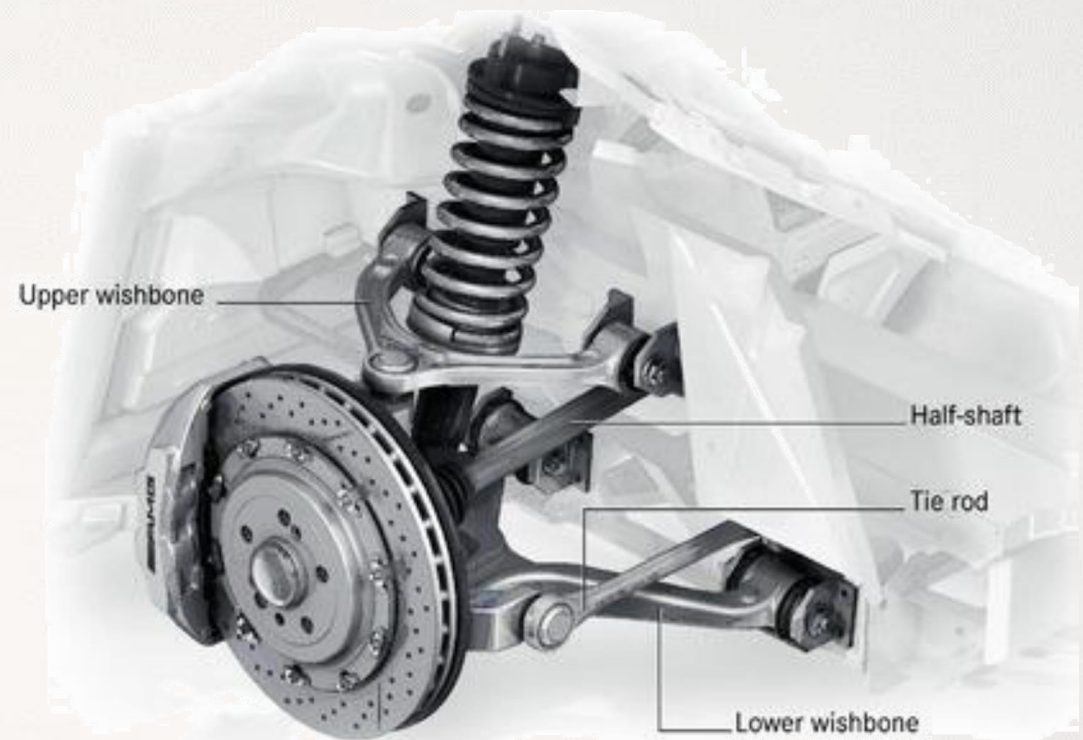


Sistema de Suspensión

Mcpherson



Wishbone



Sistema de Suspensión

Mcpherson



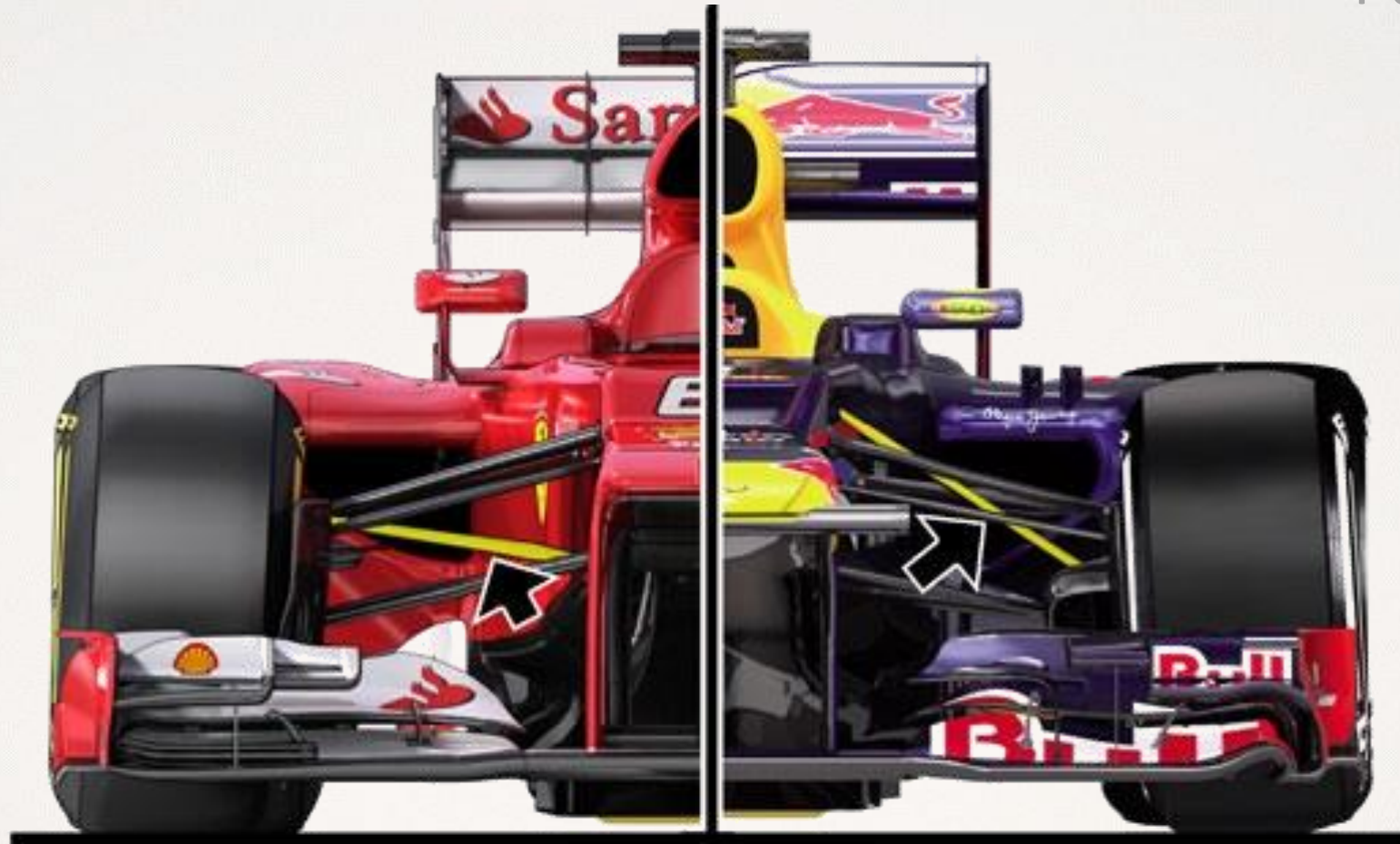
Wishbone



Sistema de Suspensión

Pull Rod

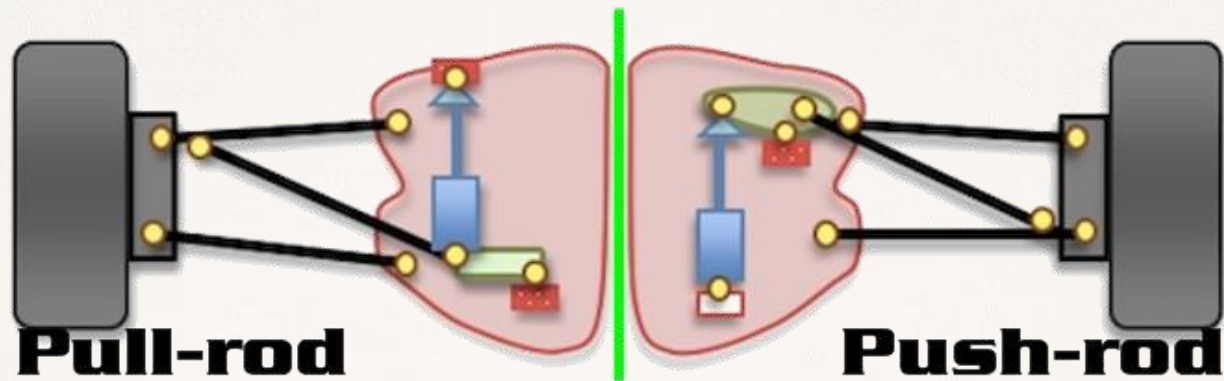
Push Rod



Sistema de Suspensión

Pull Rod

Push Rod



Sistema de Suspensión

Pull Rod



Push Rod



Sistema de Suspensión

Pull Rod



Push Rod

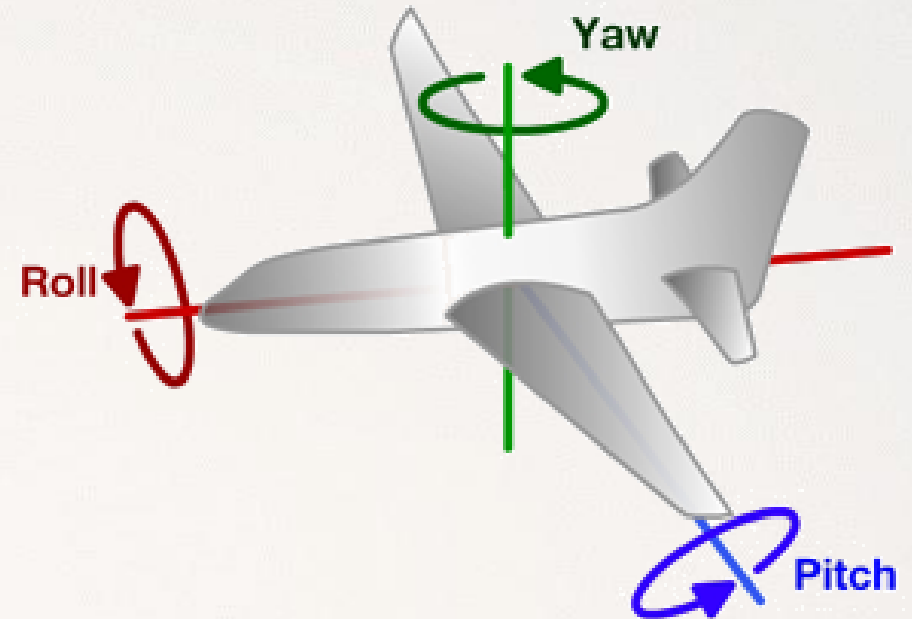
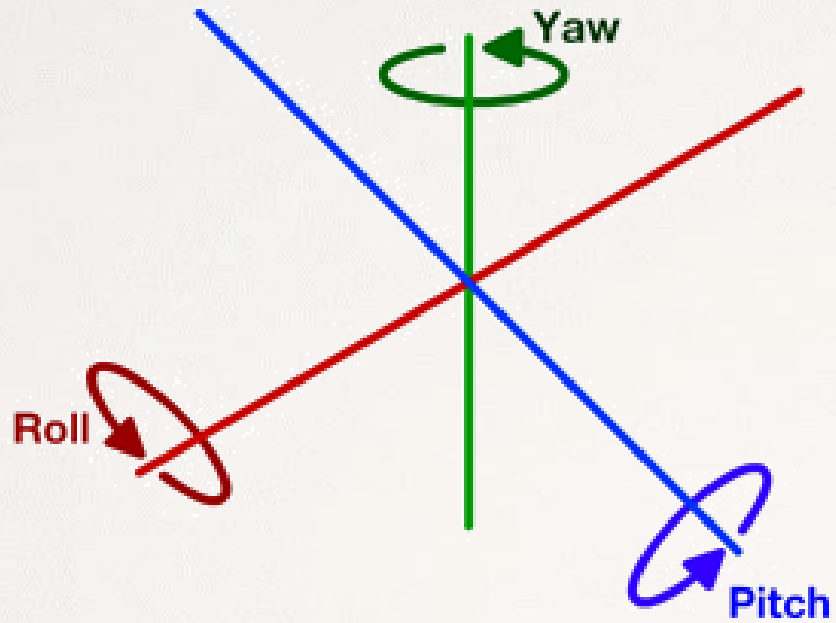


Sistema de Suspensión

	Eje Rígido	McPherson	Wishbone	Push Rod	Pull Rod
Ventajas	-Resistencia y rigidez -Económico	-Simple, efectivo y económico	-Compacto, eficiente, -Ajustable -Gran estabilidad -Camber Invariable -Mejor repartición de esfuerzos	-Compacto -Permite colocar los componentes en la posición deseada -Facilidad de ajuste de piezas -Mayor estabilidad -Gran precisión -Mejor repartición de esfuerzos	-Compacto -Permite colocar los componentes en la posición deseada -Facilidad de ajuste de piezas -Mayor estabilidad -Gran precisión -Mejor repartición de esfuerzos
Desventajas	-Invariabilidad de sus componentes -Poca estabilidad (Relativo)	-Requiere mucho espacio vertical -Invariabilidad del caster -Se ve afectada de manera directa por las irregularidades del terreno. -Variación del camber en compresión	-Fragil debido a la cantidad de components -Costosa -Mas pesada	-Cosotosa -Mayor fragilidad -Mayor peso	-Cosotosa -Mayor fragilidad -Mayor peso

Sistema de Suspensión

Pitch Roll Yaw



Sistema de Suspensión

Camber Caster Toe

Camber negativo proporciona mejor estabilidad en curvas y rectas

Caster positivo generará camber negativo al girar las ruedas

Toe se utiliza para compensar en subviraje o sobreviraje

Camber Estático & Camber dinámico



Negative Camber



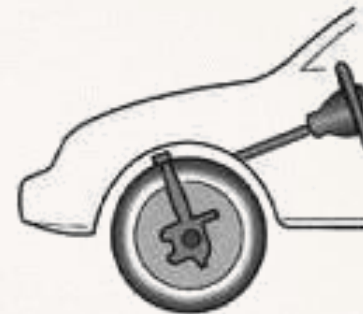
Positive Camber



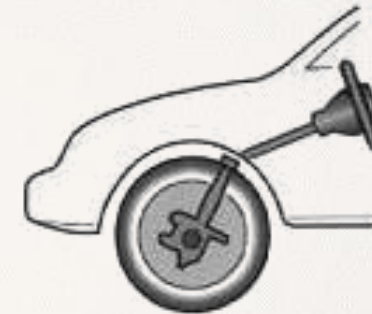
Toe In



Toe Out



Negative Caster



Positive Caster

Sistema de Suspensión

Caster



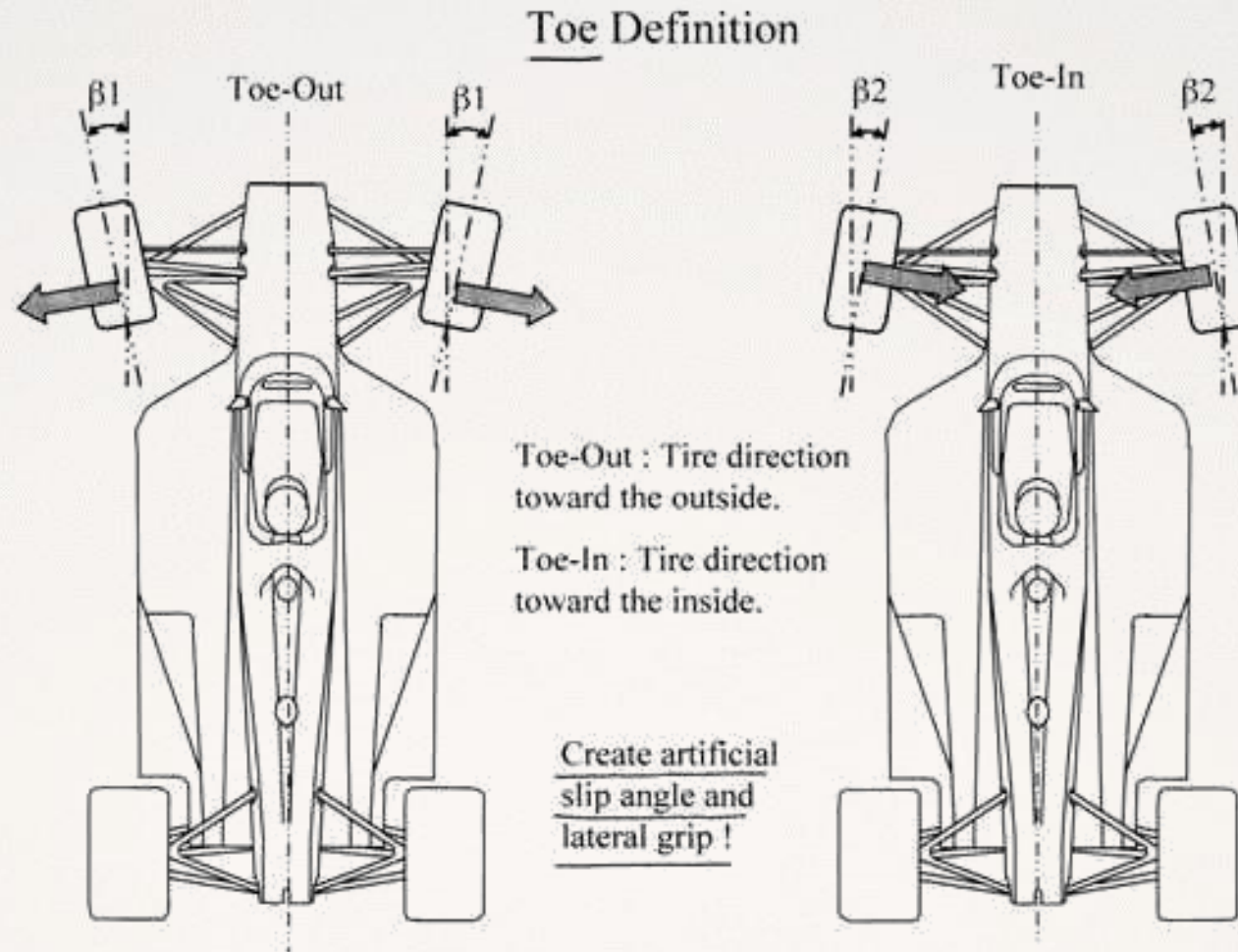
Sistema de Suspensión

Camber



Sistema de Suspensión

Toe



Sistema de Suspensión

Tire Wear and Wheel Alignment



Wear Indicator



Overinflation



Underinflation



Feathered Wear
(excessive toe in or out)



Camber Wear



Spotty/Chopped Wear
(multiproblem)



Diagonal Wear/Heel and Toe Wear



Local Wear



Negative Camber



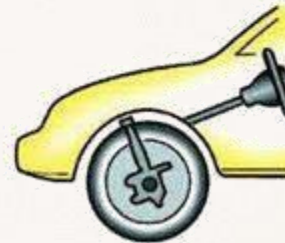
Positive Camber



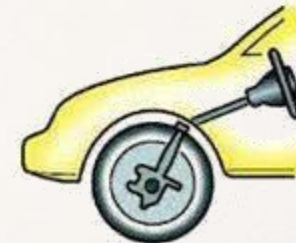
Toe In



Toe Out



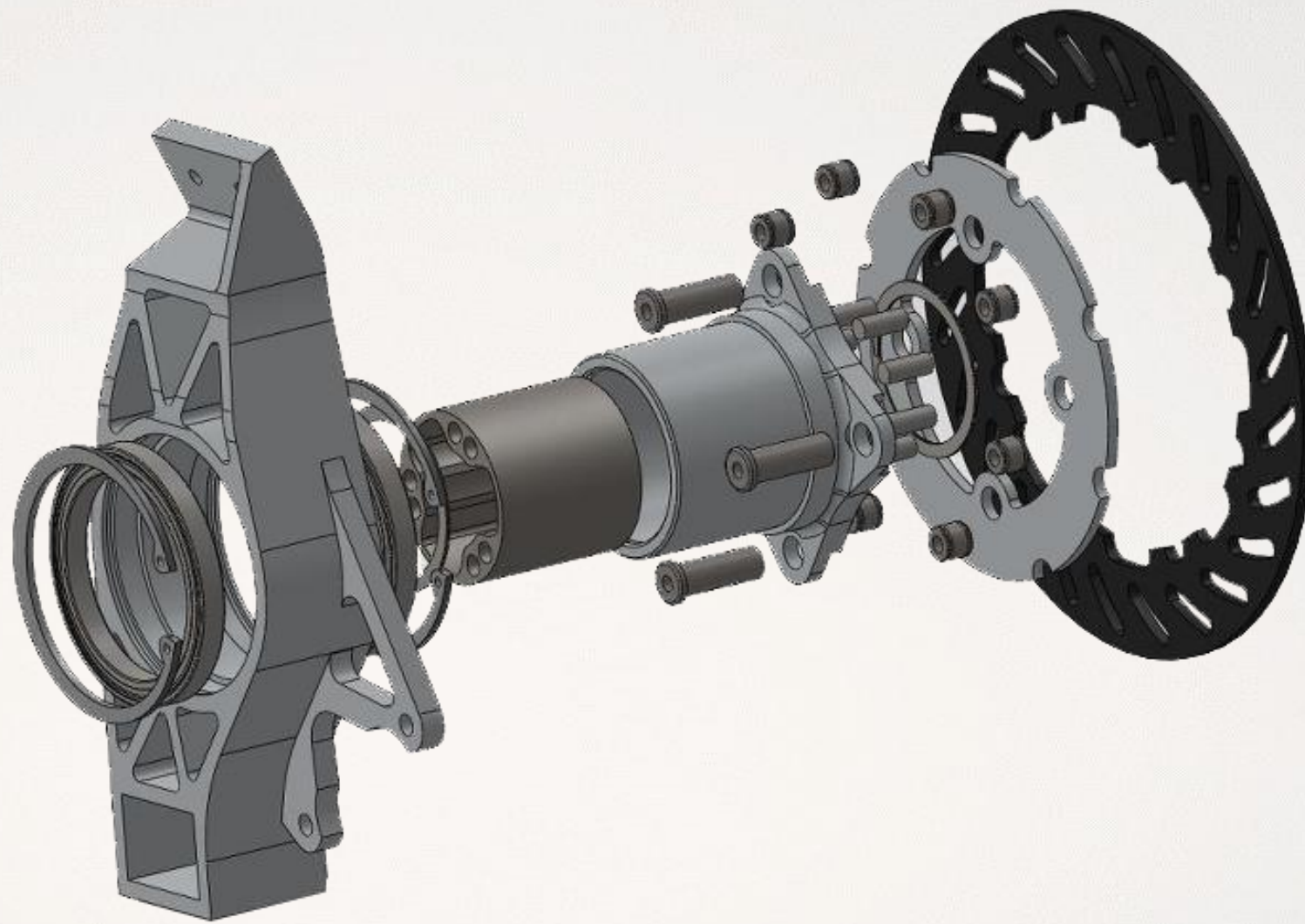
Negative Caster



Positive Caster

Sistema de Suspensión

“Porta-masas”
(upright)



Sistema de Suspensión

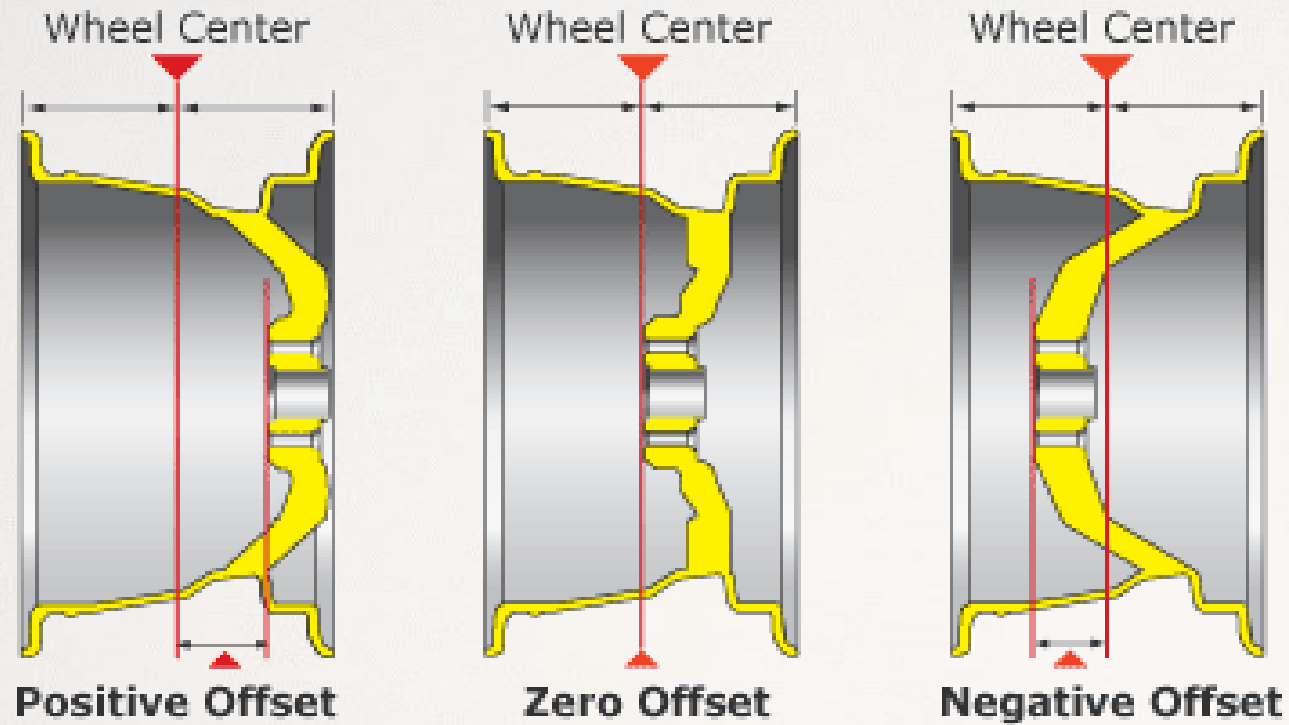
Distancia entre ejes
(Wheelbase)

Ancho de ejes
(Track Width)



Sistema de Suspensión

Offset



Sistema de Suspensión

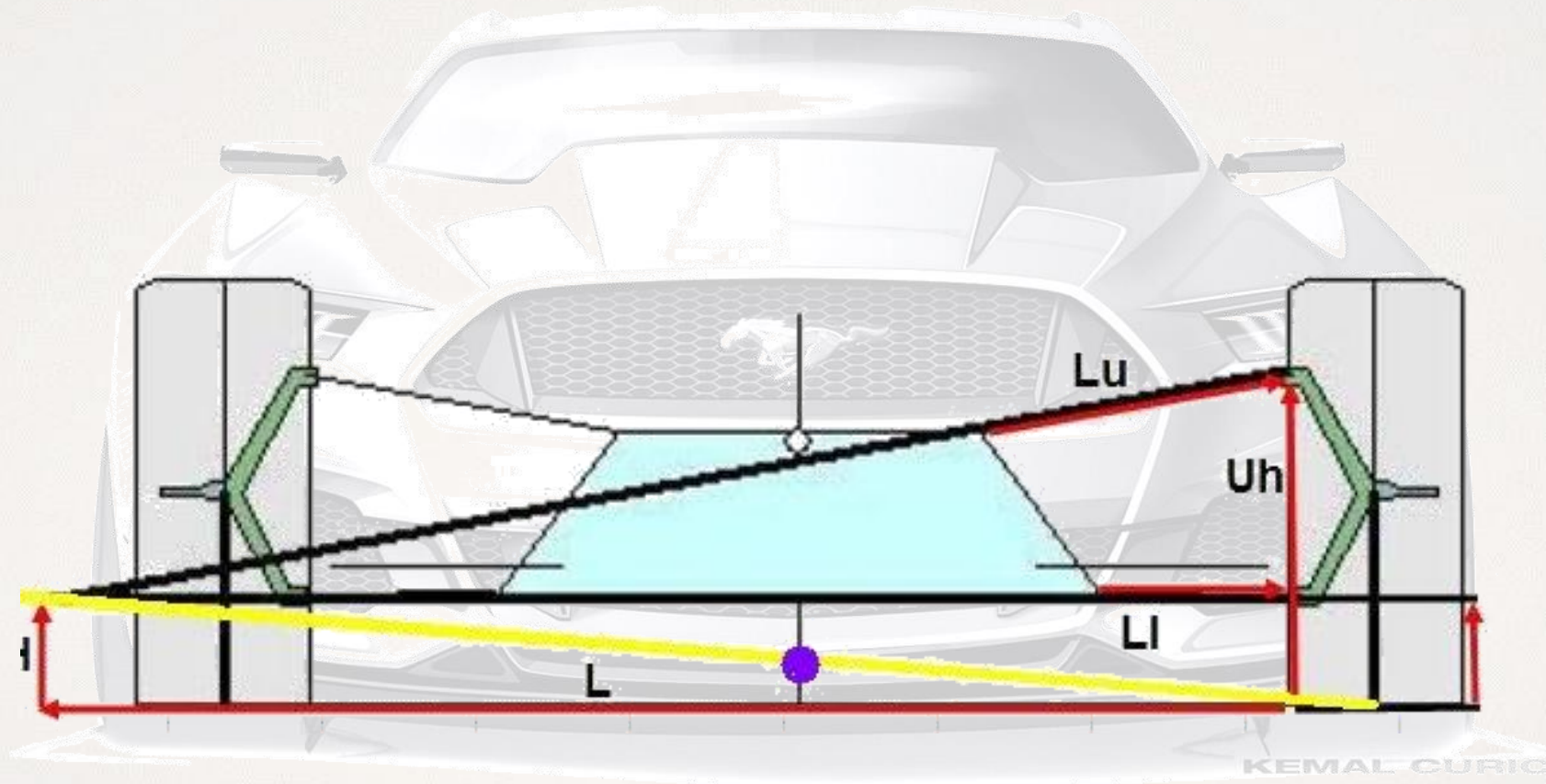
Roll Center



Sistema de Suspensión

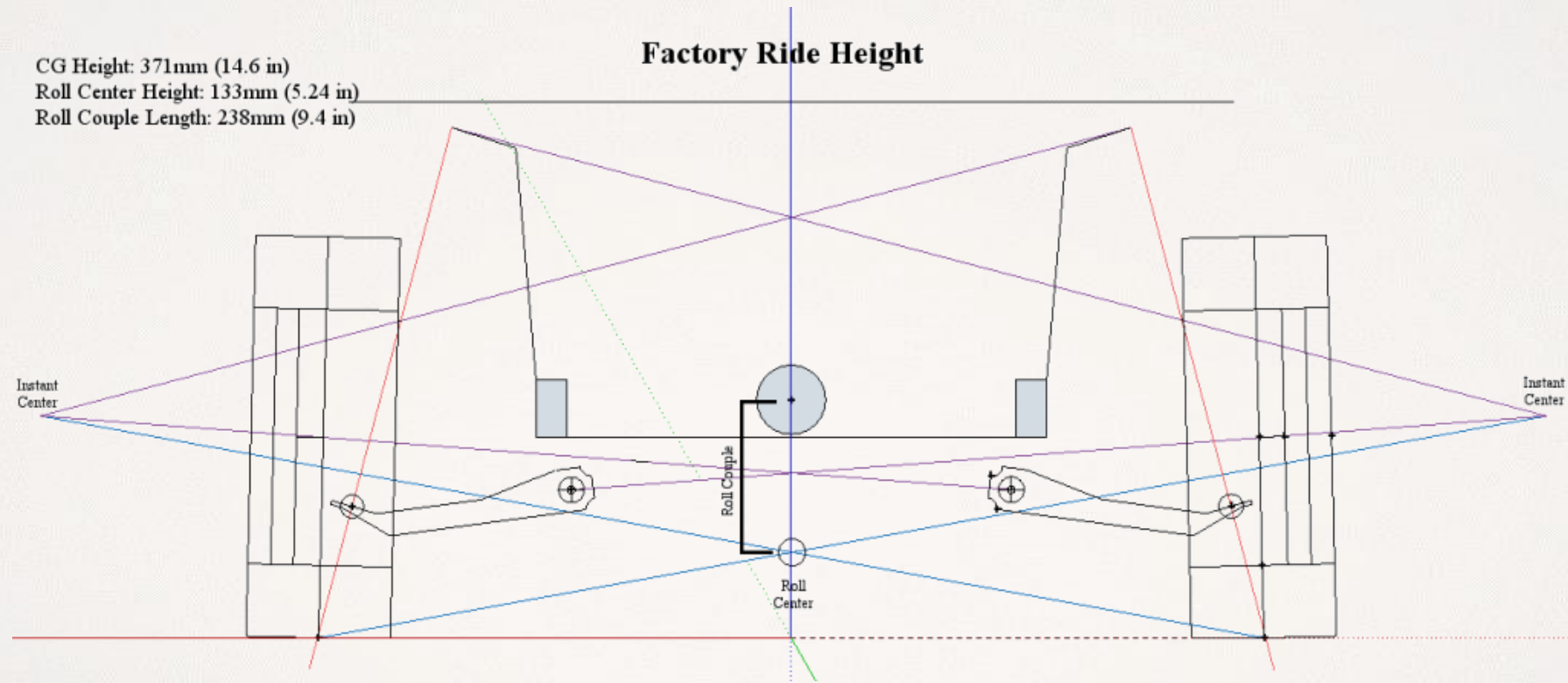
Roll Center

punto imaginario debajo del vehículo desde el cual las masas suspendidas van a rotar al sufrir los efectos de las cargas laterales.



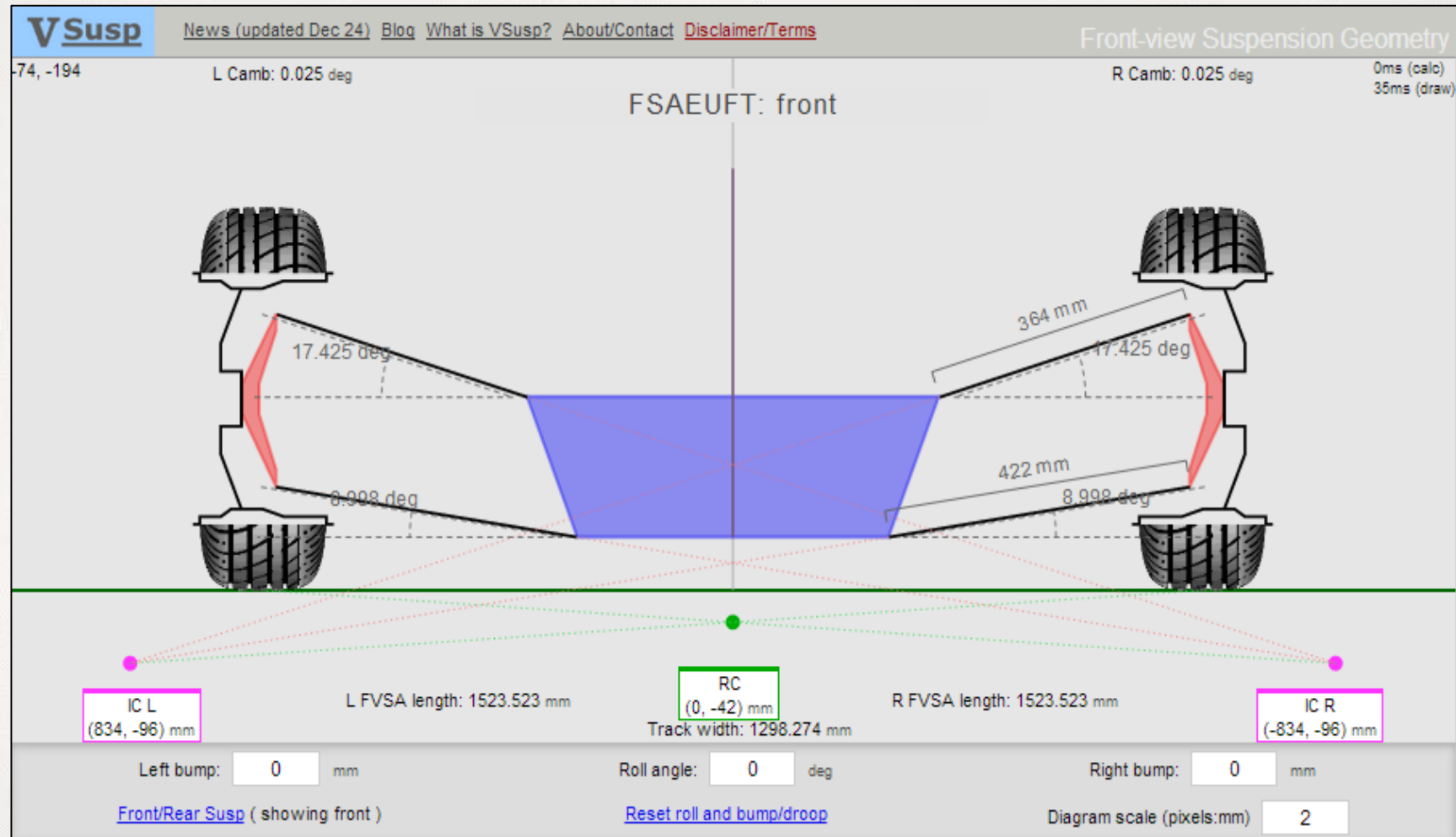
Sistema de Suspensión

Roll Center para McPhearson



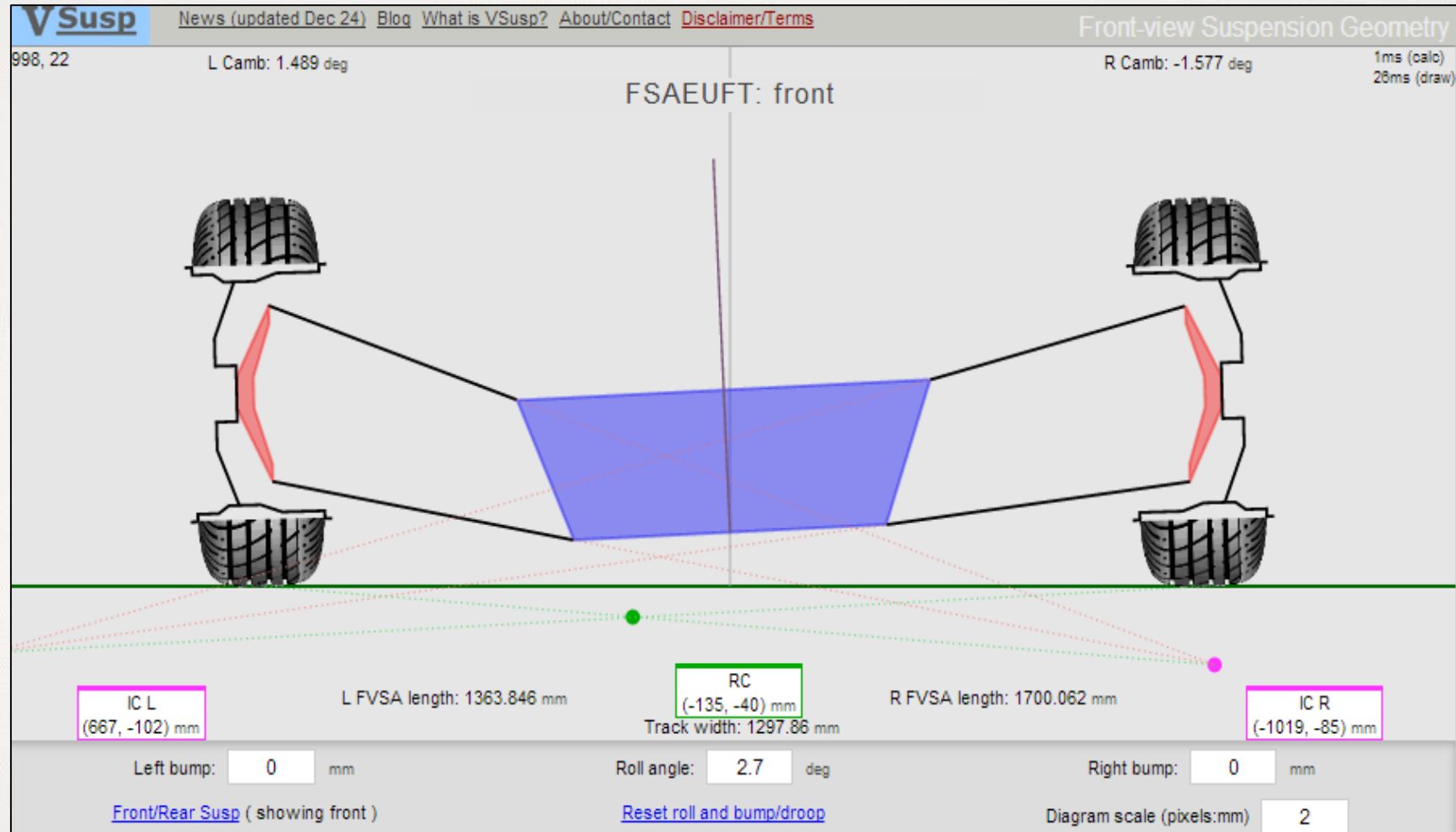
Sistema de Suspensión

Roll Center para Wishbone



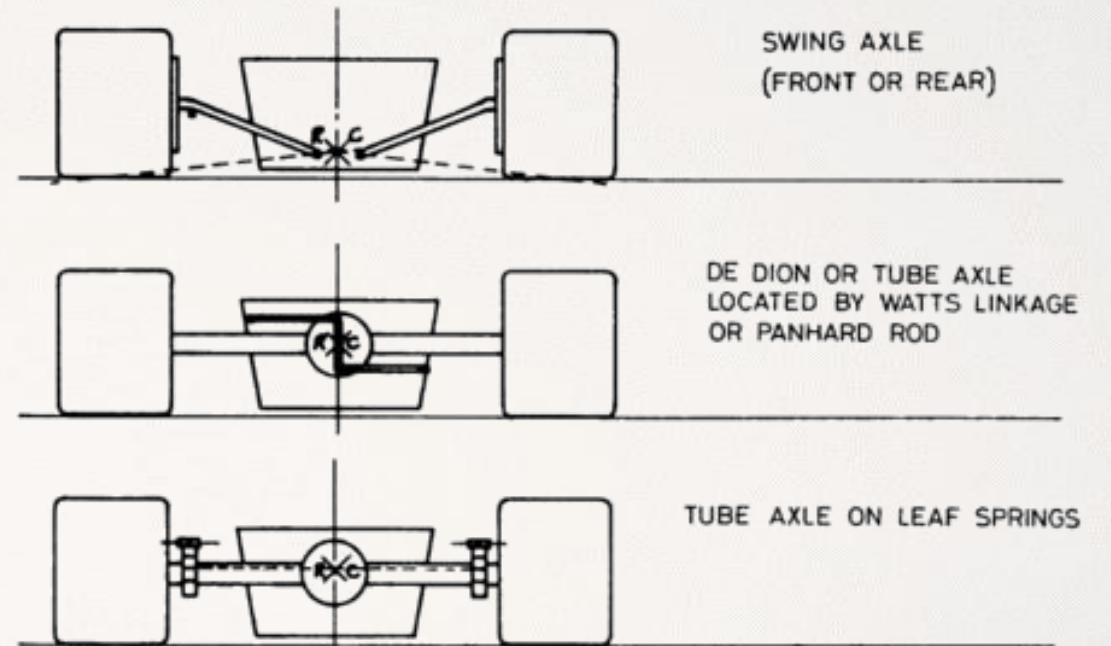
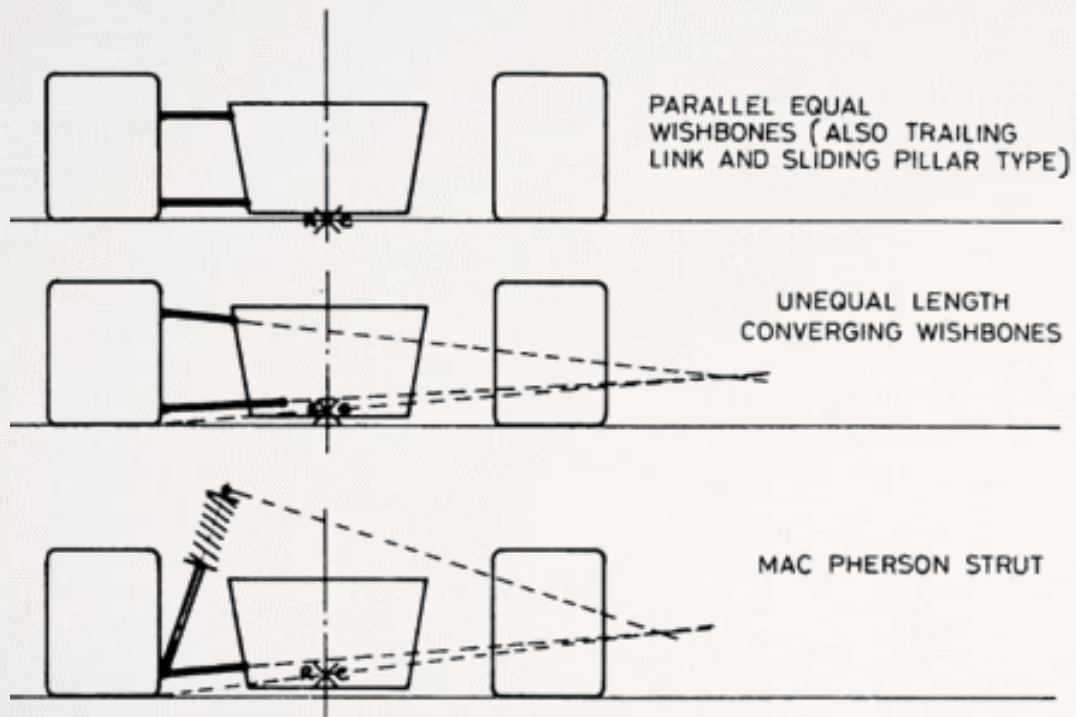
Sistema de Suspensión

Roll Center para Wishbone



Sistema de Suspensión

Roll Center para otras suspensiones



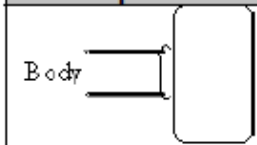
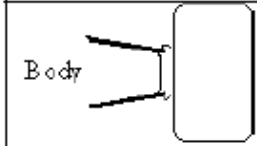
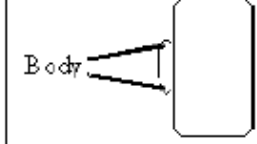
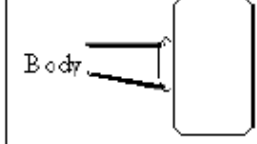
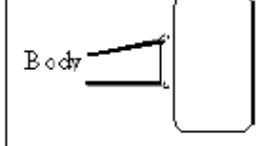
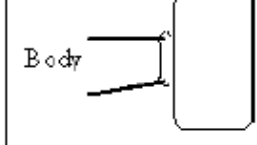
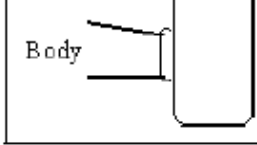
Sistema de Suspensión

Relación entre los brazos Wishbone y el Roll-center

Mientras mas bajo sea el roll center, mas bajas seran las fuerzas “jacking”.

Se puede reducir la altura del roll center inclinando los brazos de la suspensión pero esto tambien generará que la respuesta de la suspensión cuando se desee girar los neumáticos sea muy lenta.

En cambio una corta distancia entre el centro de gravedad y el roll center dará una respuesta mucho más rápida de la suspensión, pero se generarán también fuerzas “jacking”.

Configuración de la suspensión	Desplazamiento de la rueda	Caida	Roll Center
	↑	Ninguno	Negativo
	↓		Positivo
	↑	↑	Siempre negativo
	↓	↓	
	↑	↑	Siempre positivo
	↓	↓	
	↑	↓	Siempre positivo
	↓	↓	
	↑	↓	Mayormente positivo
	↓	↑	
	↑	↑	Mayormente negativo
	↓	↓	
	↑	↑	Mayormente negativo
	↓	↓	

Sistema de Suspensión

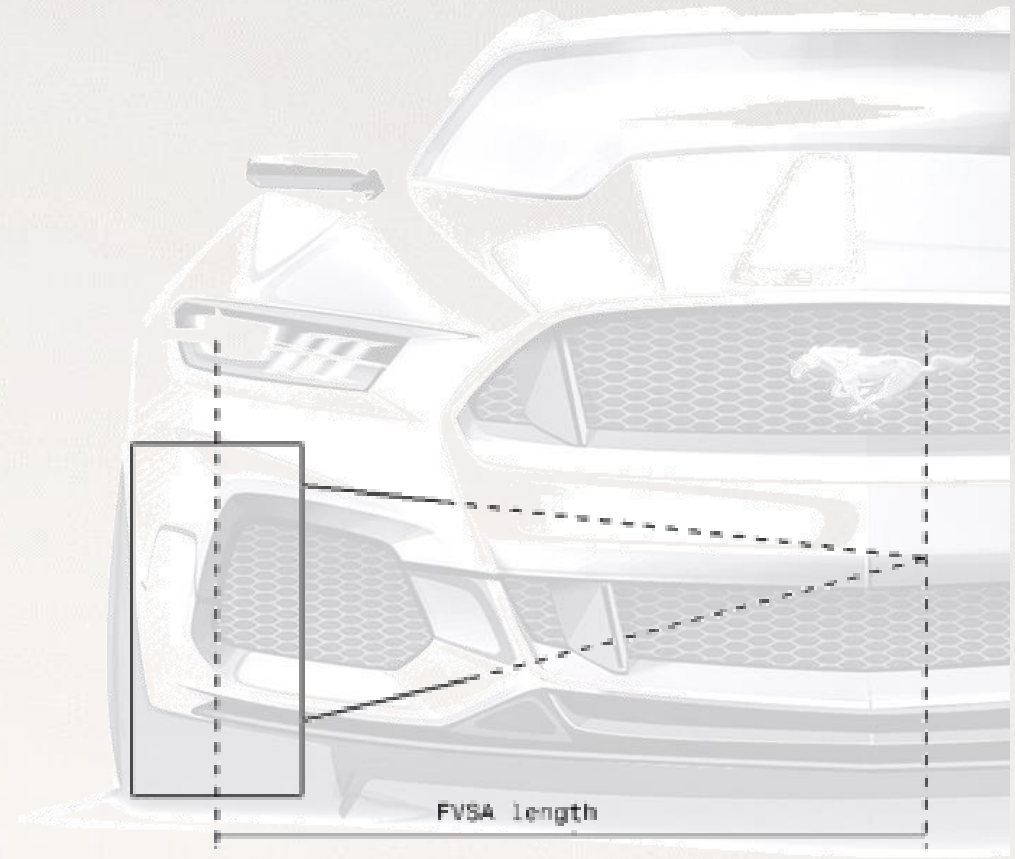
Relación entre los brazos Wishbone y el Roll-center

Distancia FVSA (front view swing arm) se refiere a la distancia entre el centro de rotación de la rueda y la línea central del neumático.

Ésta distancia depende directamente de la inclinación de los brazos wishbone. Mientras mas larga, menor será el aumento de camber dinámico, y mientras mas corta, mayor será la ganancia de camber dinámico.

En estimaciones generales se hacen coincidir las líneas de forma que la distancia FVSA sea solo ligeramente mayor que el Track Width

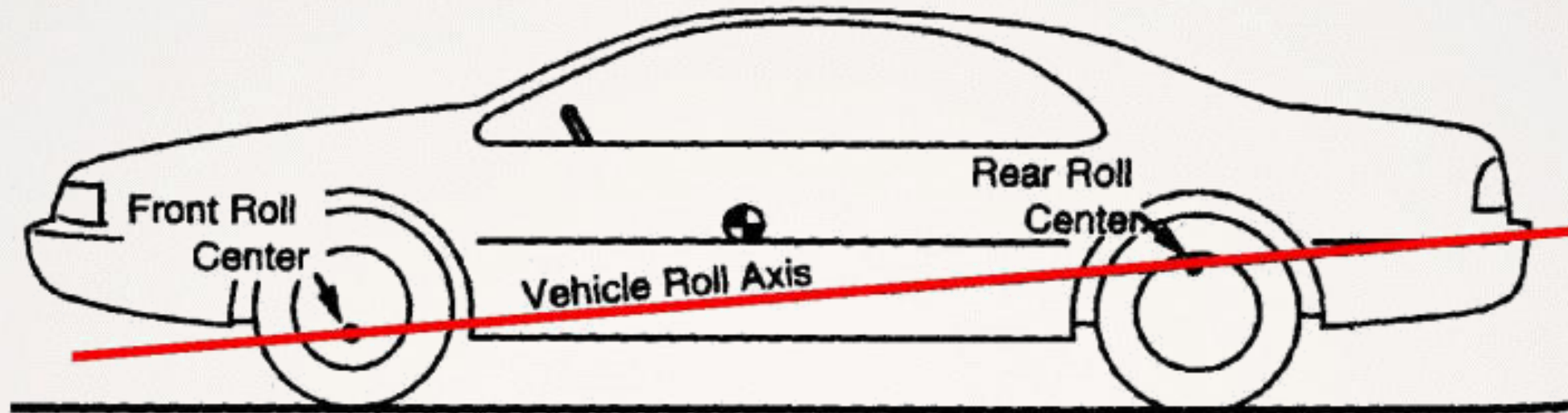
Adicionalmente por lo general el Track Width del eje delantero es ligeramente mayor que el del eje trasero, ésto ultimo tiene como resultado una reducción en la transferencia lateral de masas y para minimizar el efecto de torsión en el eje trasero.



Sistema de Suspensión

Roll Axis

Eje de Rotación Roll



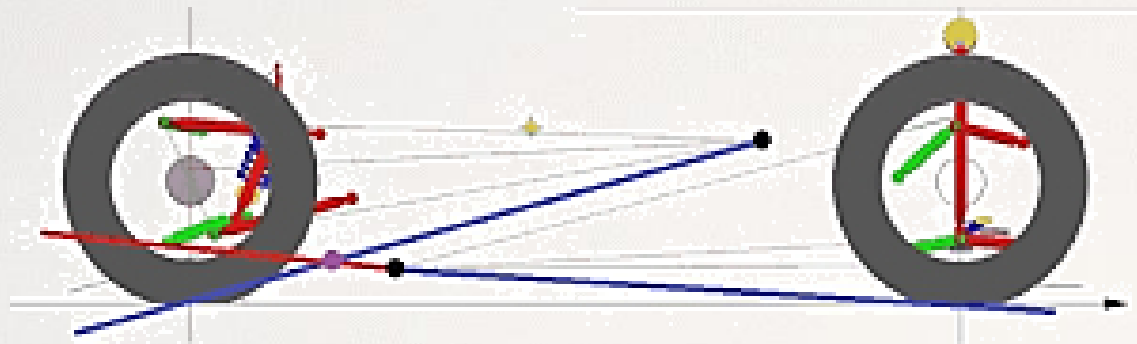
Sistema de Suspensión

Squat / Dive

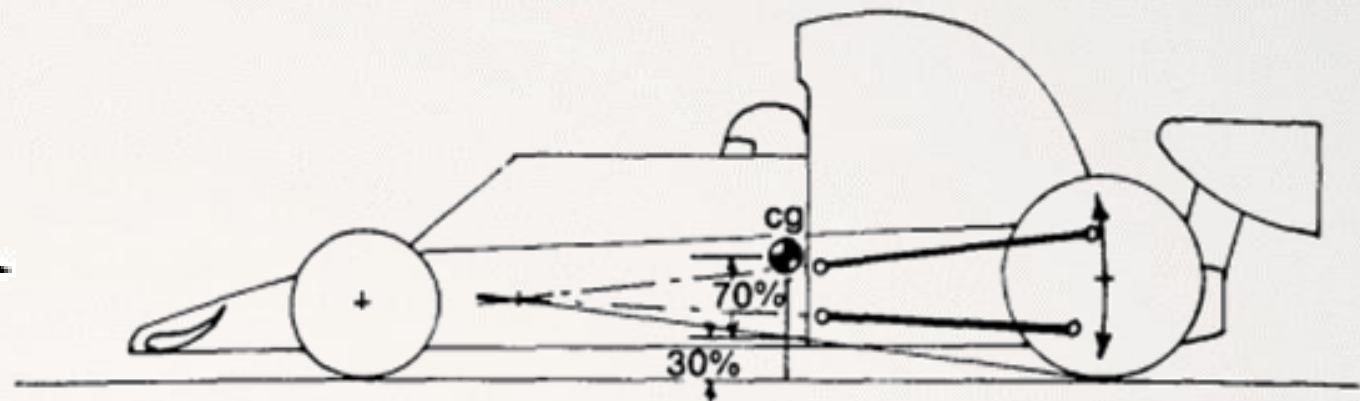


Sistema de Suspensión

Pitch Center



- Pitch center ?!
- Instantaneous center extension
- SVIC



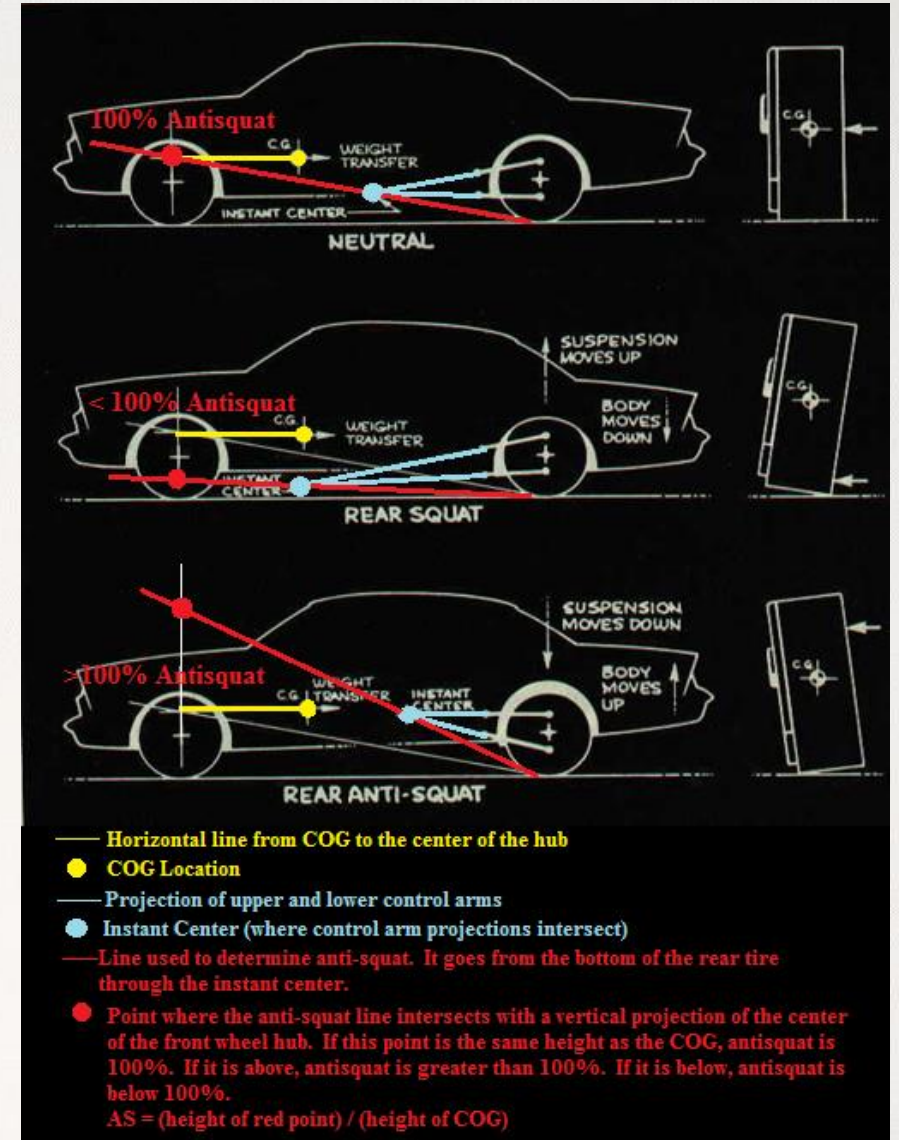
B 30% ANTI-SQUAT BY CONVERGENCE AXES. LINE DRAWN BETWEEN TIRE CONTACT POINT AND CONVERGENCE POINT INTERSECTS PERPENDICULAR FROM cg AT 30% OF cg HEIGHT. SAME PRINCIPLE APPLIES TO ANTI-DIVE.

Sistema de Suspensión

Anti-Squat / Anti-Dive

Para reducir el efecto squat o dive en la suspensión se le otorga una cierta inclinación a las mesetas de la suspensión de forma que (en una vista lateral) la proyección de la línea que sale del centro del neumático hasta el pitch center coincida con el eje de las ruedas opuestas.

Si la altura de dicho punto posee la misma que el centro de gravedad se puede decir que el efecto squat será reducido en su totalidad (100%), en cambio si se encuentra por debajo de la altura del centro de gravedad el anti-squat o anti-dive serán menores al 100%.



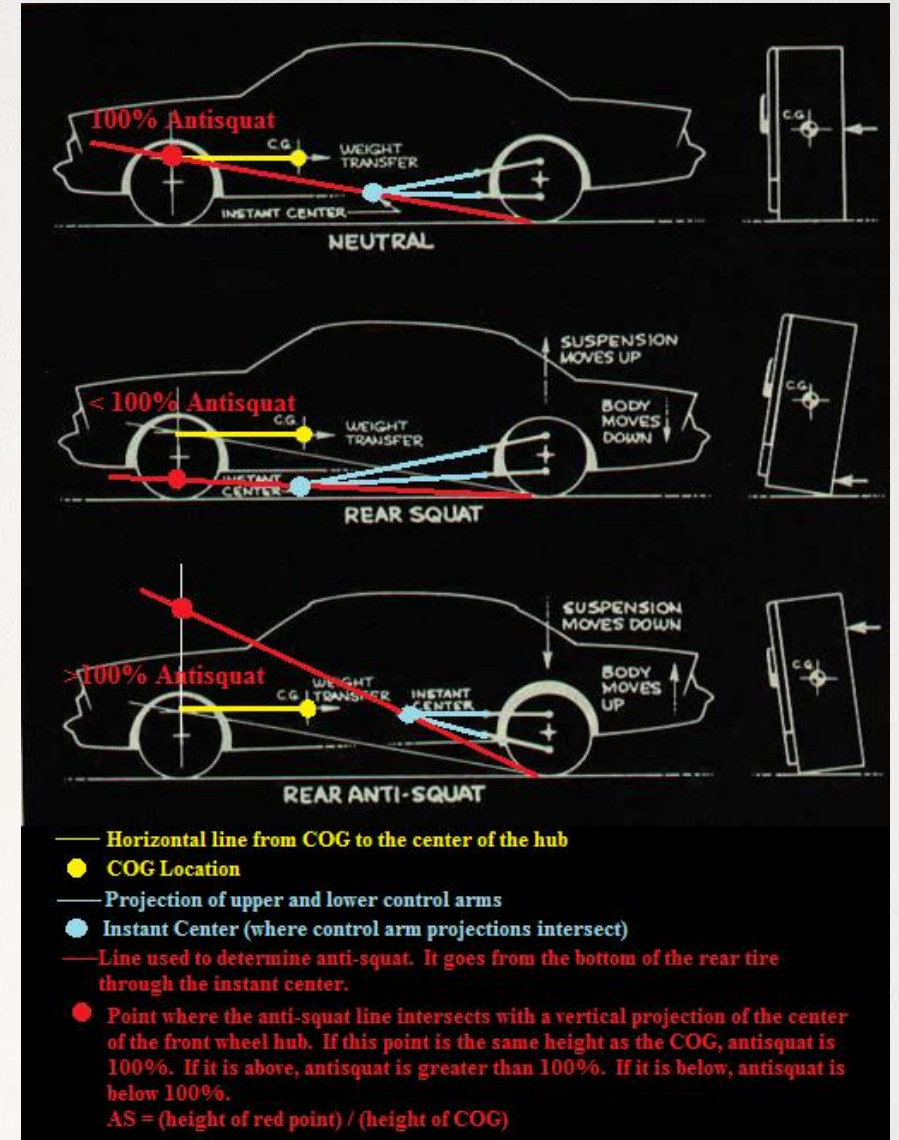
Sistema de Suspensión

Anti-Squat / Anti-Dive

Sabiendo que el squat y dive en la dinámica de una suspensión se deben a la transferencia de masas producto de una aceleración o frenada del vehículo, es importante resaltar que una anti-squat o anti-dive del 100% reducirán por completo el efecto de "cabeceo" en el vehículo así como la absorción de las fuerzas en los amortiguadores, esto quiere decir que dichas fuerzas serán absorbidas por las mesetas y sus anclajes en forma de fuerzas jacking

En autos de carreras por lo general se utiliza un valor cercano al 100% para el anti-squat

Mientras que para vehículos de producción en serie para abaratar los costos y aumentar la durabilidad se utilizan valores menores al 50% de anti-squat



Sistema de Suspensión

WEIGHT TRANSFER

Now that we've impressed upon you the importance of pushing your tires to the edge of their performance envelope, you should know that this performance envelope is not always constant.

- The performance envelope will change continuously depending on road conditions, tire quality and driving technique.

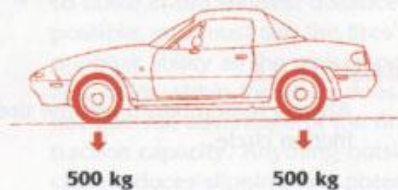
A simple example to illustrate this point is the difference in tire traction depending on the road conditions. There is a clear difference in traction on an asphalt road and on a dirt road, with the asphalt road providing a much larger friction circle. Even with the same asphalt road, the traction will change dramatically depending on whether it is dry or wet.

As for tire quality, sports tires provide much greater traction than normal tires. The size of a tire also affects traction, with a larger contact surface area between tire and road providing greater traction.

Driving techniques such as weight transfer also affect the tires' road gripping ability. A car's weight is supported by its four tires. If a car weighs 1000kg and its weight is distributed evenly between front and rear and left and right sides, then each tire supports 250kg. This of course only applies to a car at rest.

As a car begins to move, this weight distribution changes. For example, a car at rest viewed from the side will appear level. But once the car begins to

Even weight distribution at constant speed or at rest.



accelerate, its tail will sink down. If the brakes are applied, the nose will dip. This is due to the weight transfer occurring in the car.

At rest, the front and rear tire sets each support 500kg. During acceleration, however, weight is transferred to the rear. If the load in the rear increases to 600kg, the load in front decreases to 400kg. This weight transfer can be felt when driving. If you step on the gas, your back gets pressed against the car seat. If you step on the brake, your body leans forward.

Depending on the weight transfer that occurs in a car, each tire's traction will change. As more weight is transferred to a tire, its traction also rises. To illustrate this example, think about a pencil eraser. The harder you rub it against a piece of paper, the greater the friction between the eraser and paper. If a car supporting 500kg on the front tires at rest decelerates so that the front load increases to 600kg, the traction of the front tires will rise accordingly. In terms of the tires' friction circle, think of the circle increasing in size. If the load in front increases 20% from 500kg to 600kg, then the surface area of the friction will also increase 20%.

By using the weight transfer that occurs in a moving car, you can do things like stabilize the car or drive faster.

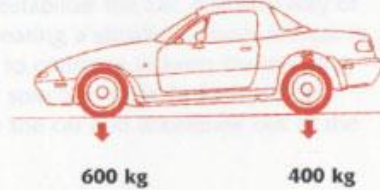
BASIC RULE

Always be aware of how much weight is being carried by each of the car's four tires.

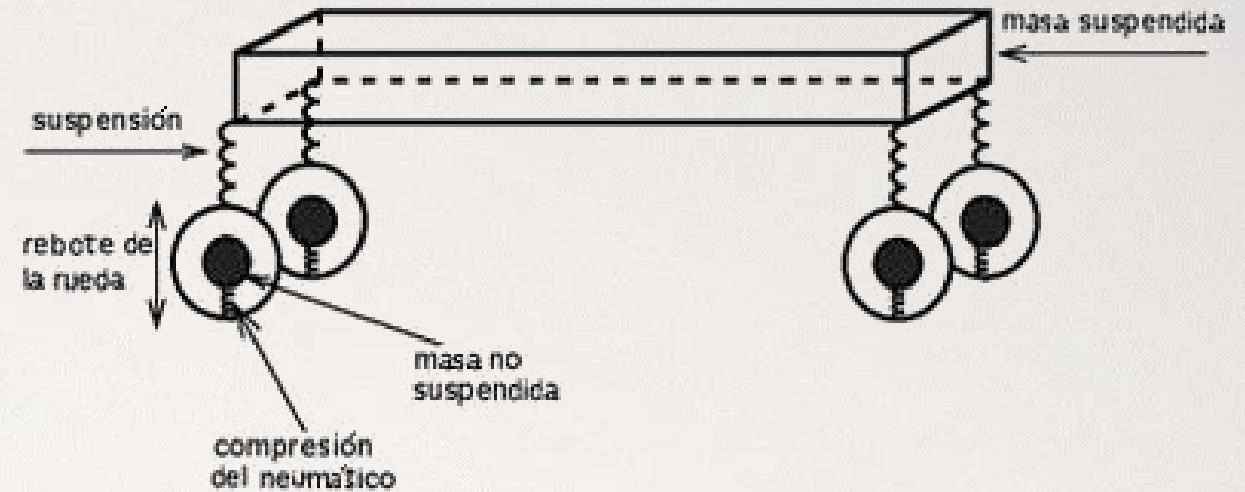
Weight transfer to rear during acceleration.



Weight transfer to front during braking.



Sistema de Suspensión



Masas Suspendidas

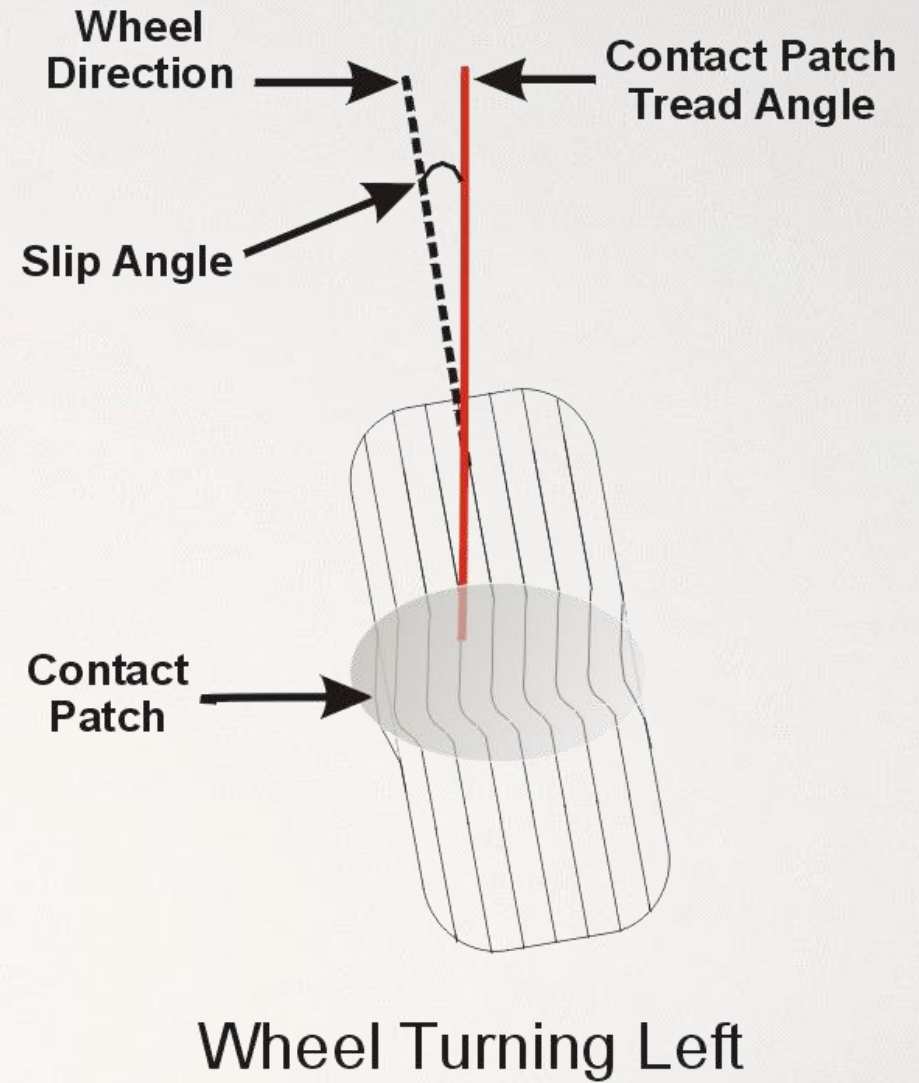
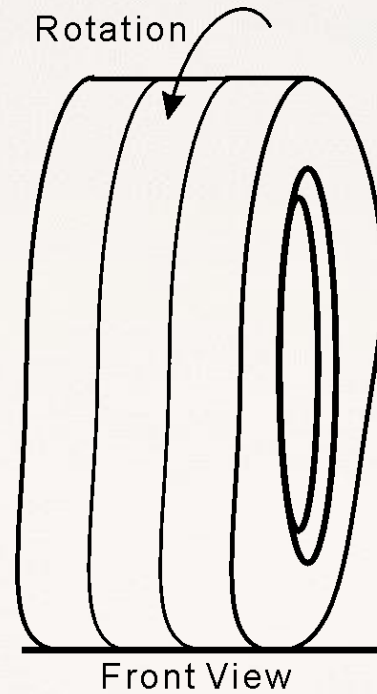
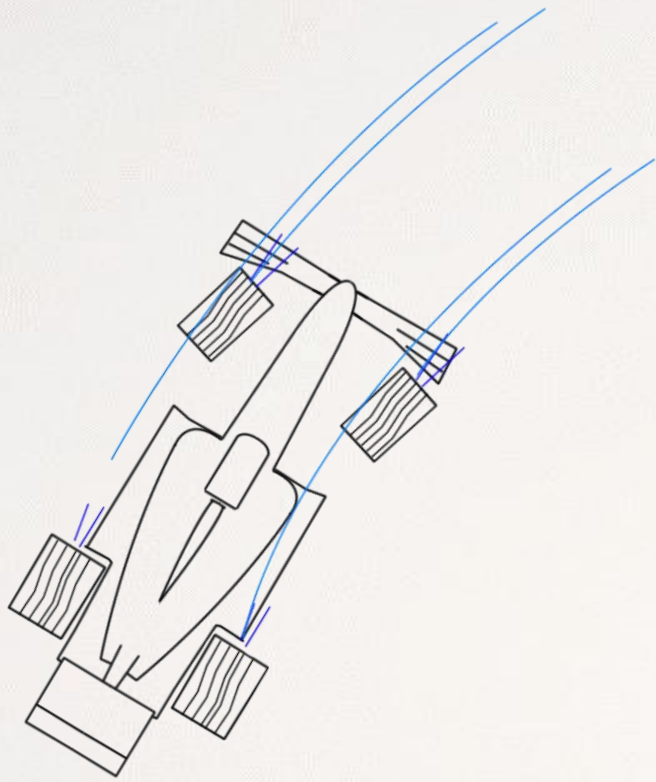
Cuerpos cuyo peso es soportado netamente por el sistema de suspensión, como lo son el chasis, los pasajeros y piloto, carrocería, motor, transmisión, asientos, dirección, etc.

Masas no suspendidas

Cuerpos cuyo peso no afectan al sistema de suspensión, por ejemplo el sistema de frenos, porta-masas, neumáticos, rines, mesetas. Etc.

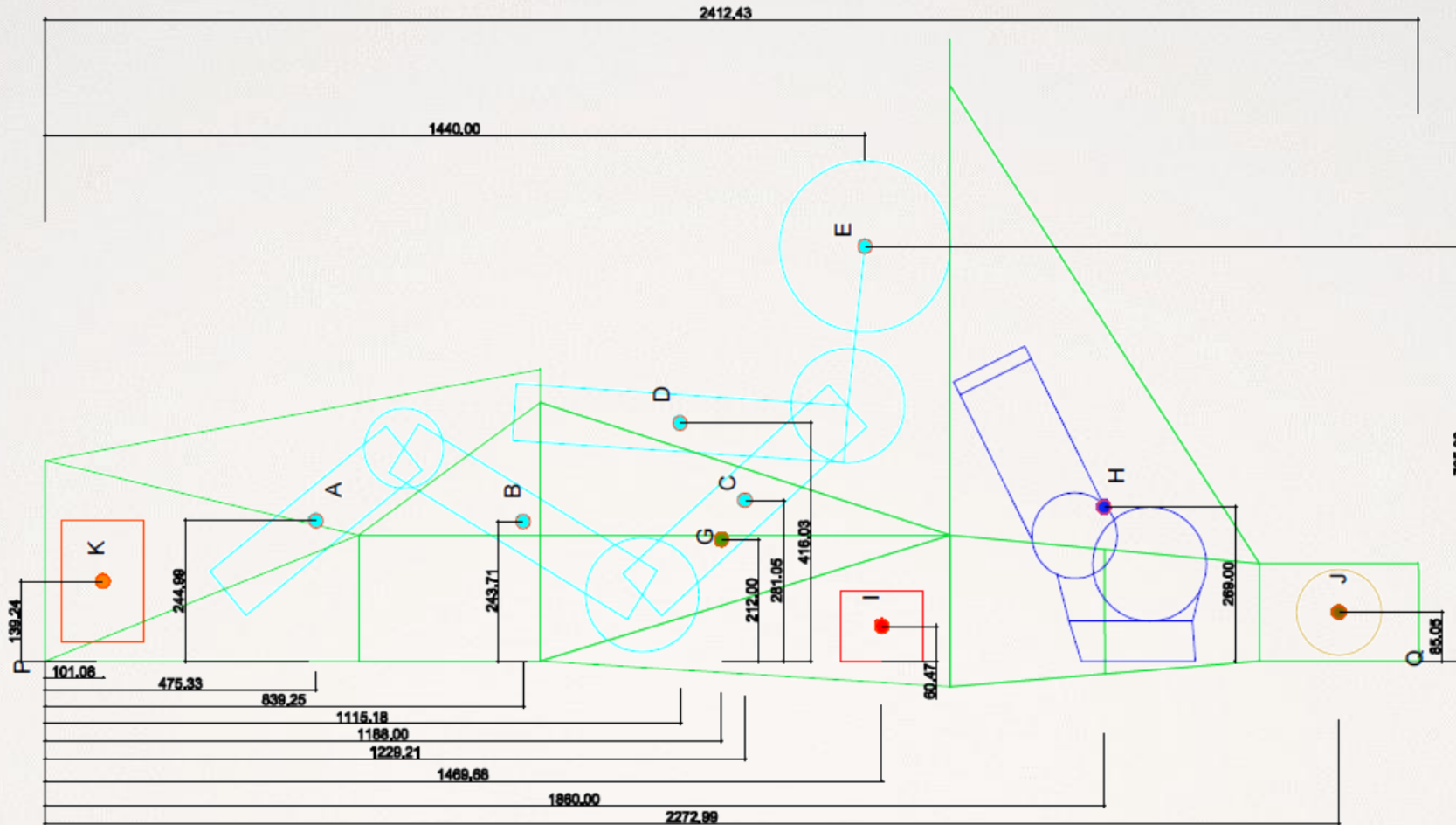
Sistema de Suspensión

Ángulo de Slip



Sistema de Suspensión

Centro de Gravedad

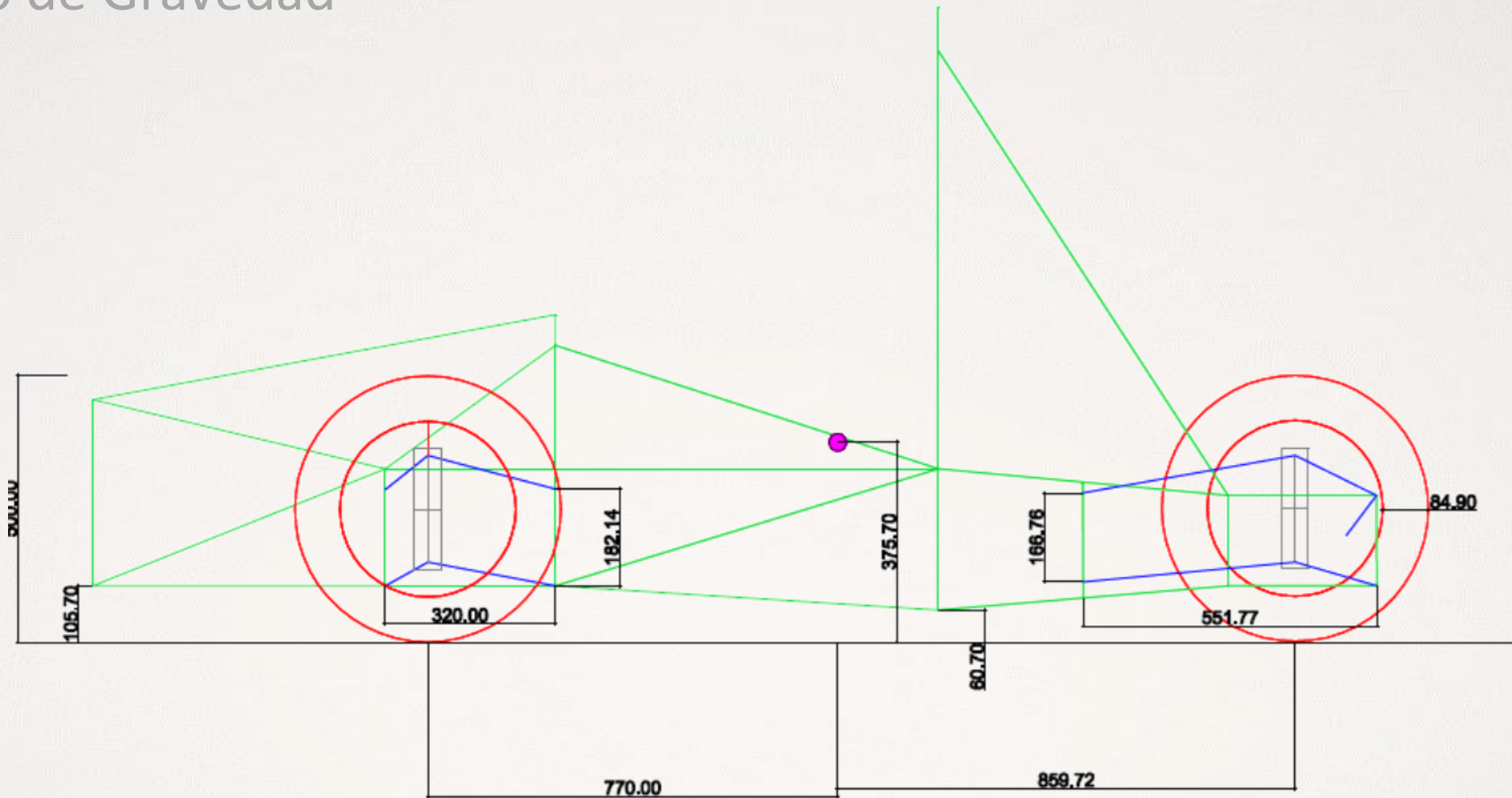


$$X_c = \frac{\sum(mi * xi)}{\sum mi}$$

$$Y_c = \frac{\sum(mi * yi)}{\sum mi}$$

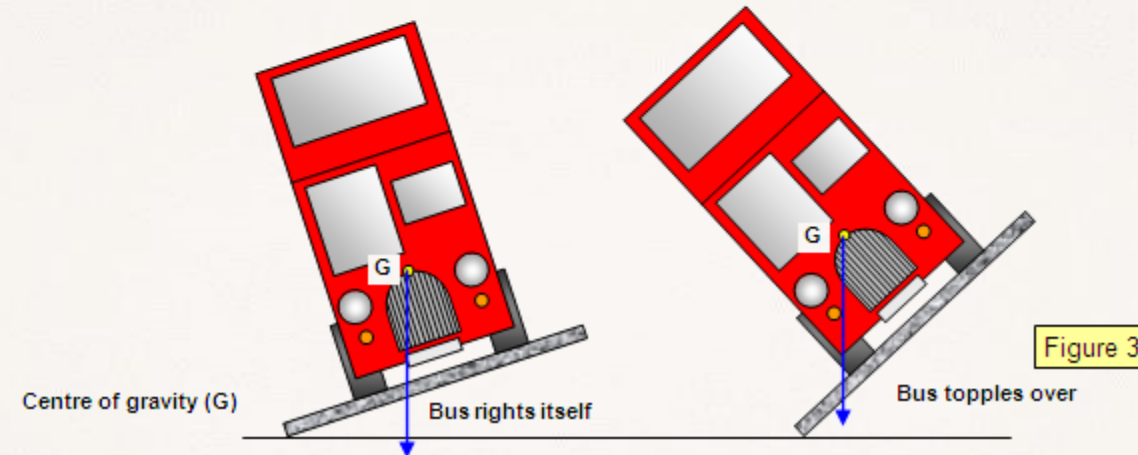
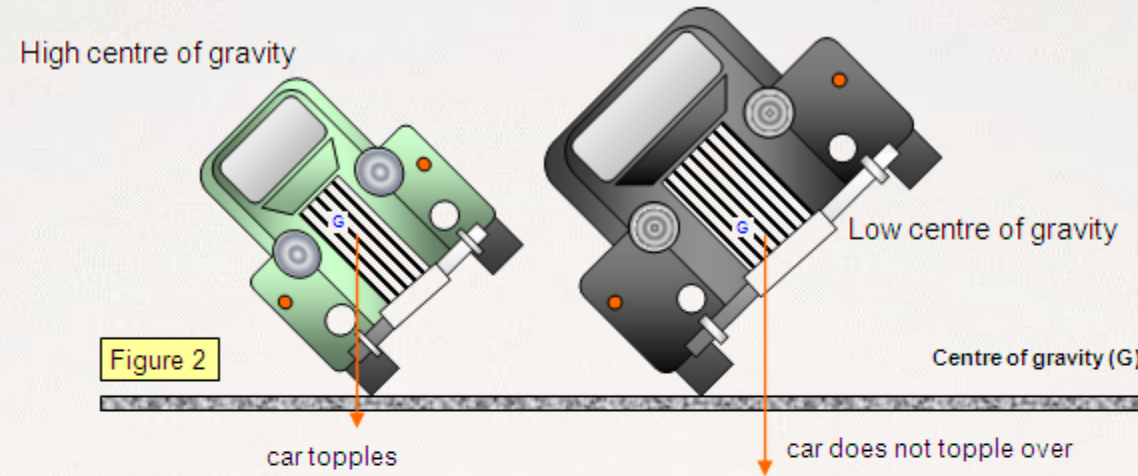
Sistema de Suspensión

Centro de Gravedad



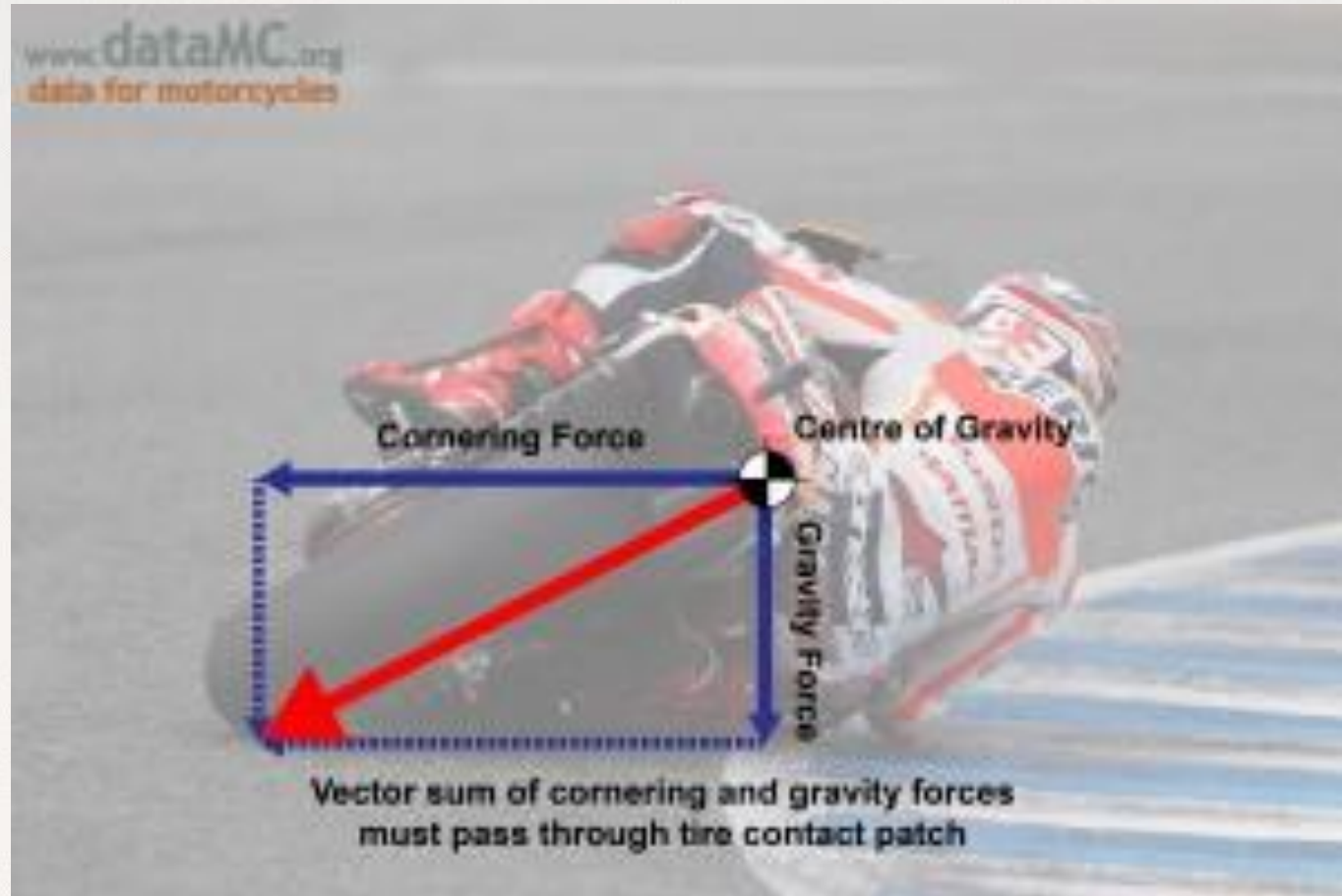
Sistema de Suspensión

Centro de Gravedad



Sistema de Suspensión

Centro de Gravedad



Sistema de Suspensión

Restricciones de FSAE

Masas Suspendidas
Masas No Suspendidas

Ubicación del Centro de
Gravedad

Ubicación del Roll Center

Camber & Caster

Dimensiones del Sistema de Suspensión

Ángulo de Ackermann
&
Ángulo de Slip

Cálculo de Aceleración Lateral

Cálculo de Fuerzas en las Ruedas

Diseño del Sistema de Suspensión

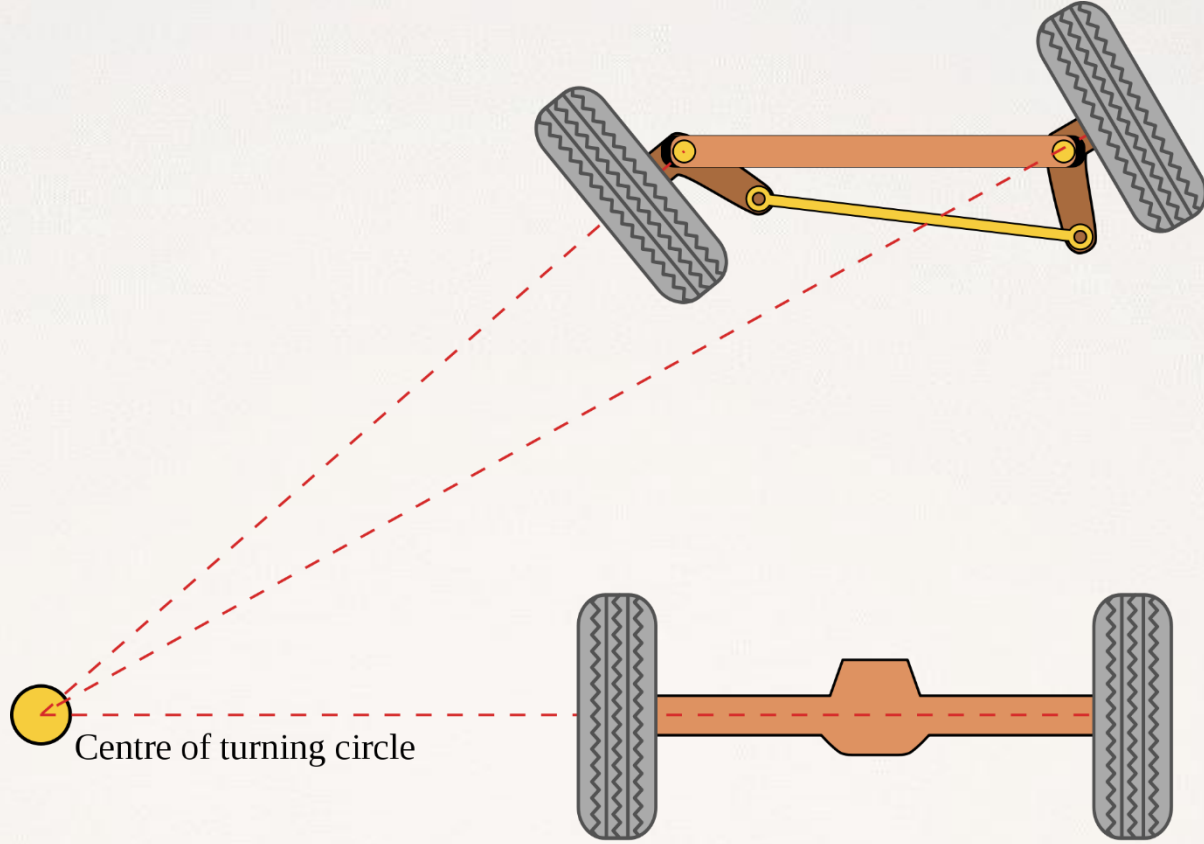
Diseño de Resortes
Helicoidales

Diseño de Rocker

Diseño de brazos
Wishbone

Diseño de Barra
Push Rod

Sistema de Suspensión



Sistema de Suspensión

$$(\delta - \alpha_1) = \frac{v+r.a_1}{u} \quad \text{Ec. 1}$$

$$(-\alpha_2) = \frac{v-r.a_2}{u} \quad \text{Ec. 2}$$

La ecuación 1 se refiere a las ruedas delanteras y la ecuación 2 a las ruedas traseras, en las que:

δ es el ángulo de giro de los neumáticos en una curva determinada

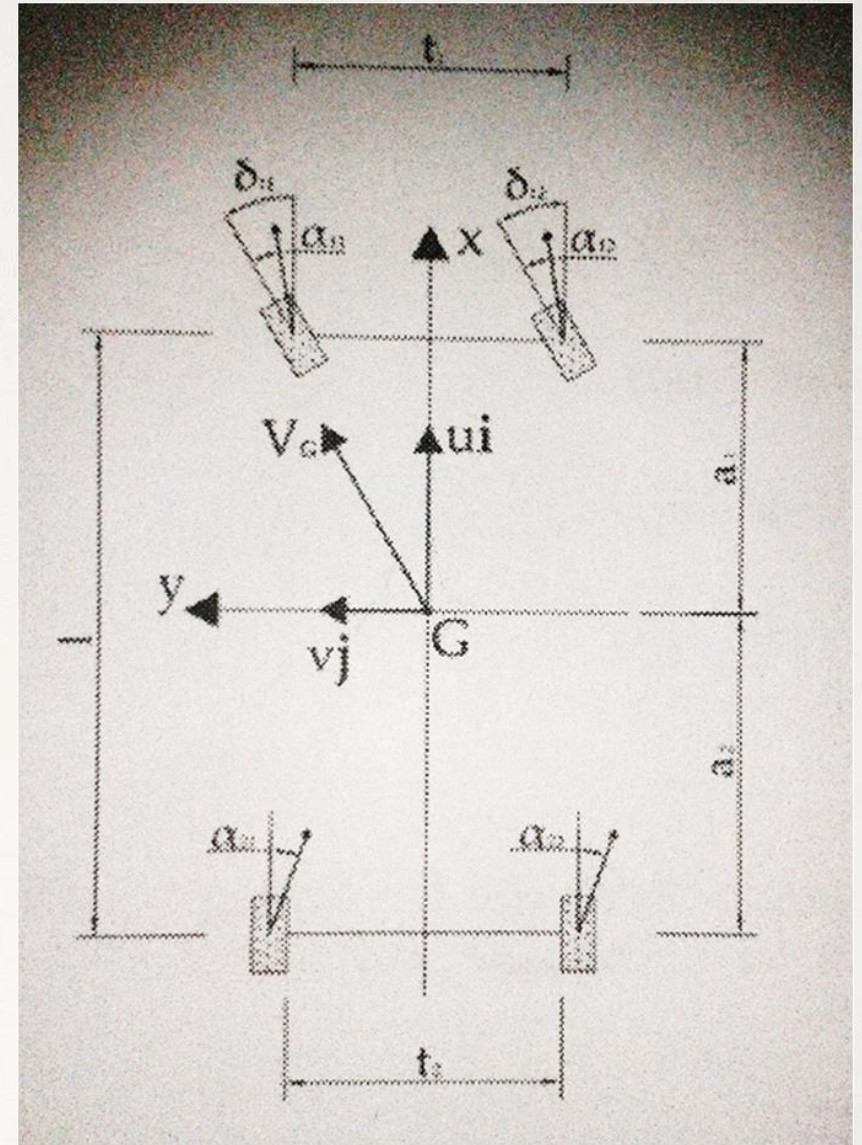
α_1 y α_2 se refieren al ángulo de slip de los neumáticos delanteros y traseros

a_1 y a_2 es la distancia desde el centro de gravedad hasta el eje de las ruedas

r es la velocidad angular del vehículo o a la que se desea ir en la curva

v representa la velocidad lateral del vehículo

u es la velocidad lineal longitudinal del vehículo



Sistema de Suspensión

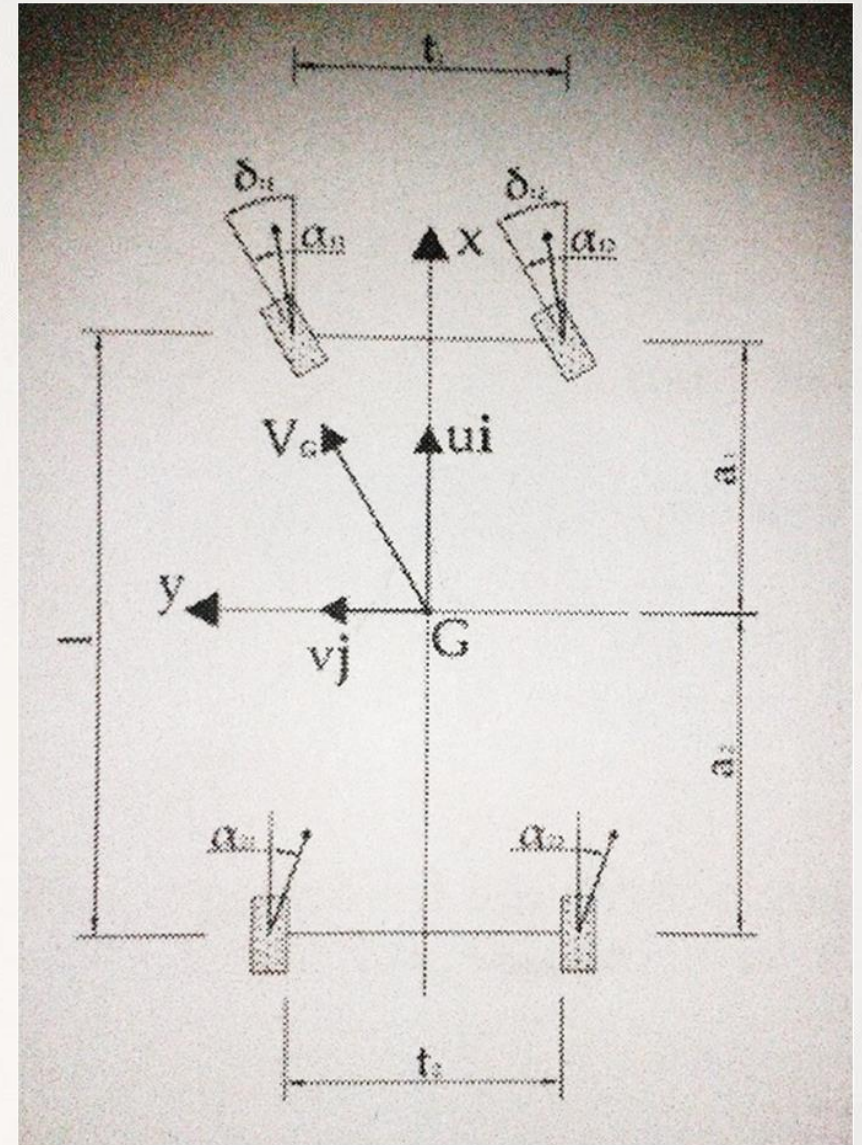
Caso práctico

Luego, obteniendo las velocidades u y v , se calculan las aceleraciones longitudinales y laterales a través de la ecuación 3 y 4 respectivamente extraídas del estudio de Inocenti (2013) también.

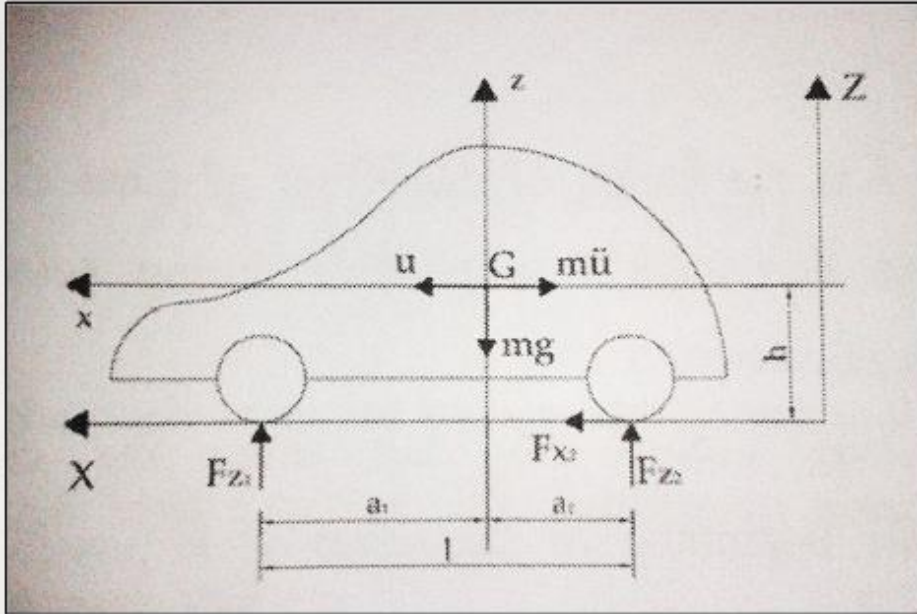
$$a_x = \dot{u} - v.r \quad \text{Ec. 3}$$

$$a_y = u.r = \frac{u^2}{R} \quad \text{Ec. 4}$$

En la que \dot{u} representa una velocidad en un estado invariable y R es una constante que representa el radio de la curva sobre la que está girando el vehículo, en



Sistema de Suspensión



Fuente: Innocenti (2013)

Figura 16
Fuerzas actuantes en las ruedas

$$F_{z_1}^0 = \frac{m \cdot g \cdot a_2}{l} - \frac{m \cdot h}{l} \dot{u}$$

Ec. 5

$$F_{z_2}^0 = \frac{m \cdot g \cdot a_1}{l} + \frac{m \cdot h}{l} \dot{u}$$

Ec. 6

$$F_{z_{11}} = F_{z_{11}}^0 - m \cdot B_1 \cdot a_y - \frac{m \cdot h}{2l} \dot{u} \quad \text{Ec. 7}$$

$$F_{z_{12}} = F_{z_{12}}^0 + m \cdot B_1 \cdot a_y - \frac{m \cdot h}{2l} \dot{u} \quad \text{Ec. 8}$$

$$F_{z_{21}} = F_{z_{21}}^0 - m \cdot B_2 \cdot a_y + \frac{m \cdot h}{2l} \dot{u} \quad \text{Ec. 9}$$

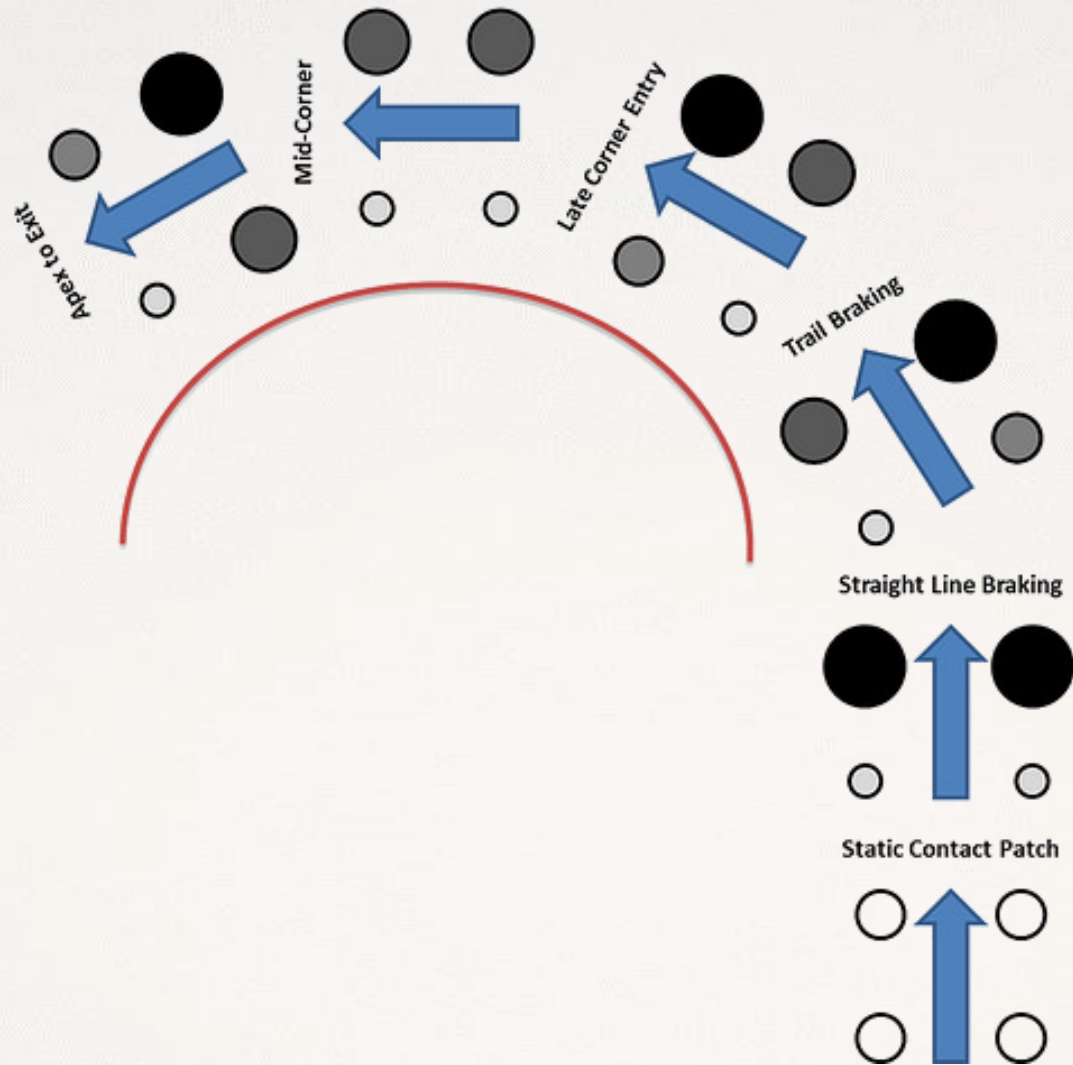
$$F_{z_{22}} = F_{z_{22}}^0 + m \cdot B_2 \cdot a_y + \frac{m \cdot h}{2l} \dot{u} \quad \text{Ec. 10}$$

Las fuerzas $F_{z_{11}}$, $F_{z_{12}}$, $F_{z_{21}}$ y $F_{z_{22}}$ representan las fuerzas que actúan de manera dinámica en los neumáticos al estar sometido a cargas laterales, estas fuerzas

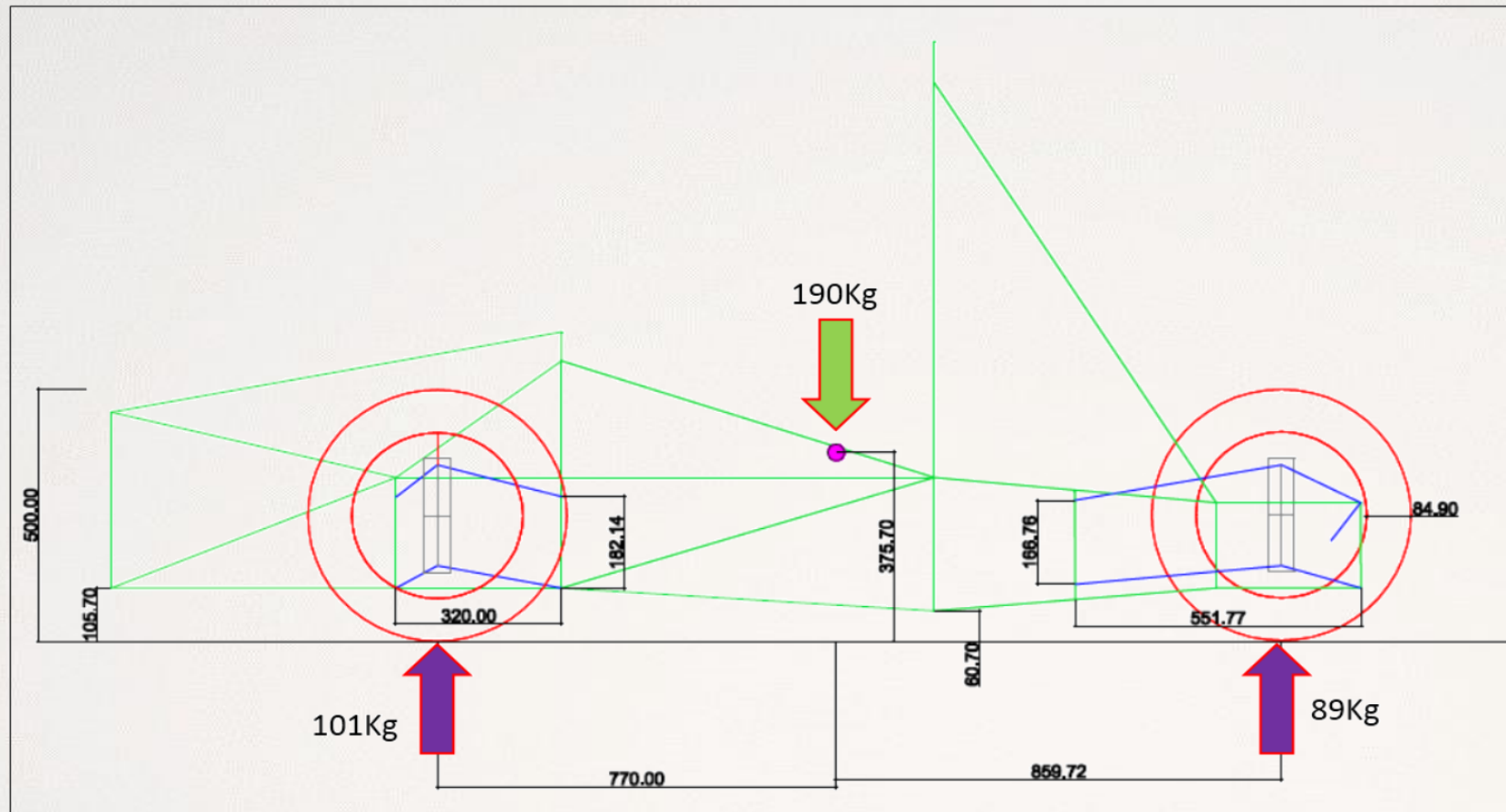
$$B_1 = \frac{1}{t_1} \left(\frac{h \cdot a_2}{l} \right) \quad \text{Ec. 11}$$

$$B_2 = \frac{1}{t_2} \left(\frac{h \cdot a_1}{l} \right) \quad \text{Ec. 12}$$

Sistema de Suspensión



Sistema de Suspensión



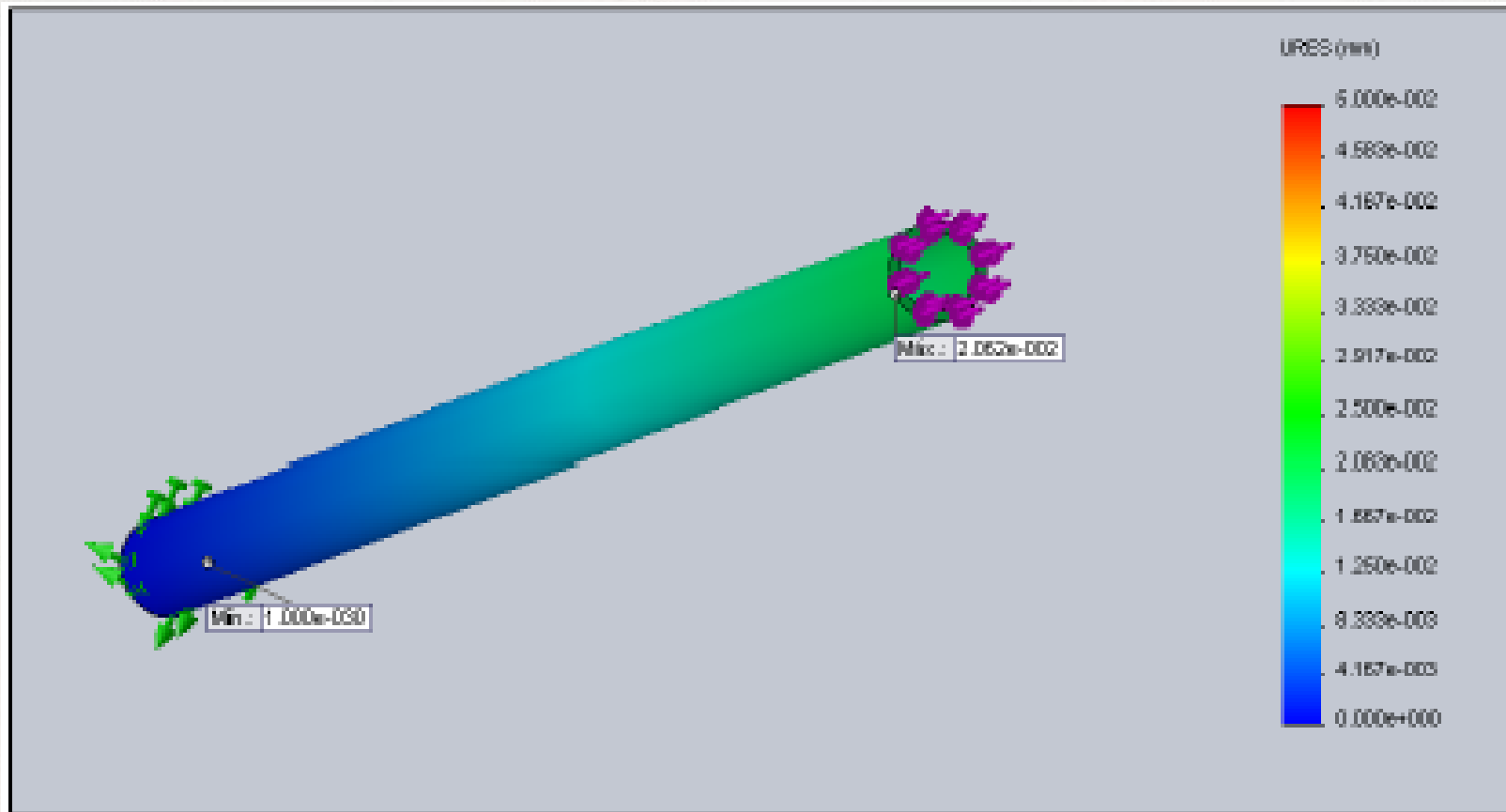
$$F_{z_{11}} = -305.71N$$

$$F_{z_{12}} = 644.74N$$

$$F_{z_{21}} = -371.85N$$

$$F_{z_{22}} = 520.8N$$

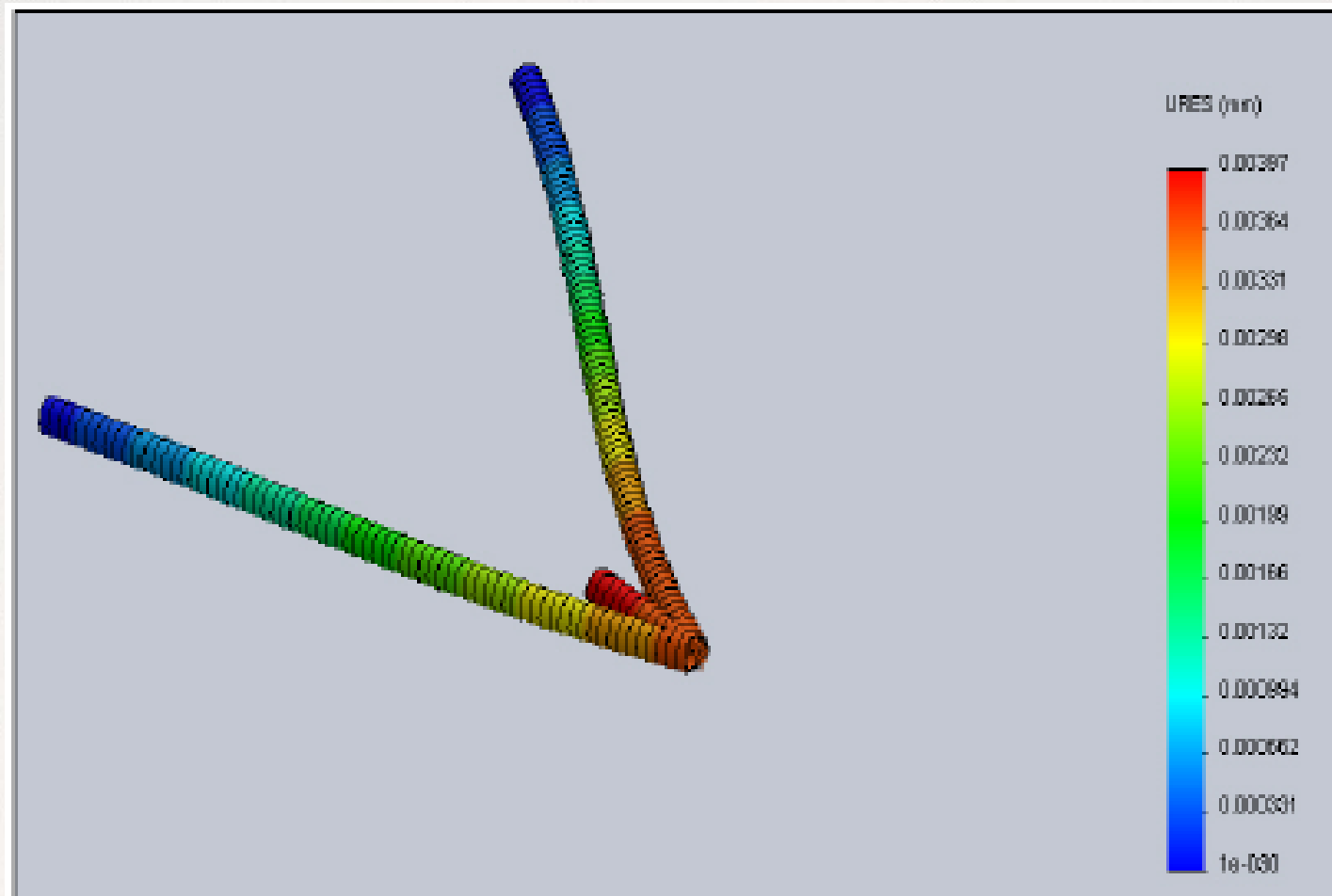
Sistema de Suspensión



Fuente: Pacheco (2014)

Figura 46
Máxima deformación de la barra Push Rod crítica

Sistema de Suspensión



Fuente: Pacheco (2014)

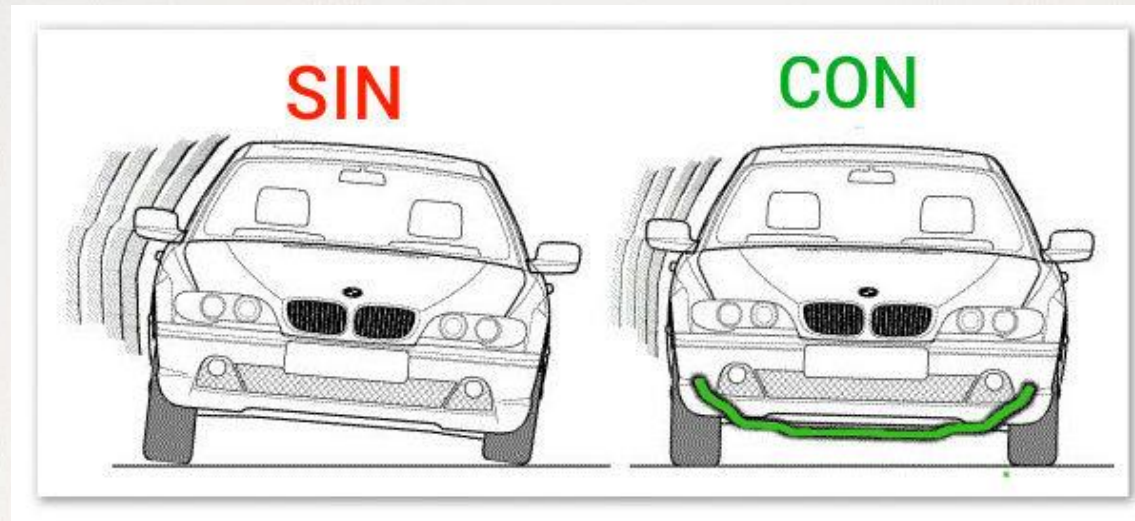
Figura 48
Deformación máxima en brazo wishbone delantero

Sistema de Suspensión



Sistema de Suspensión

Anti Roll Bar / Strut Bar / Barra Estabilizadora



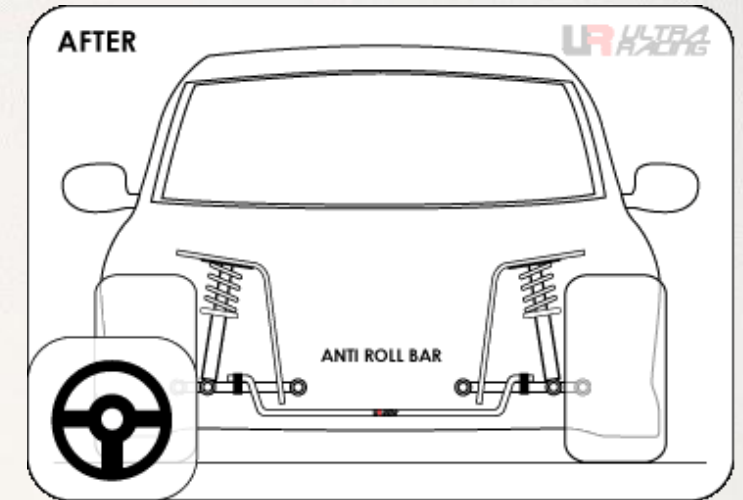
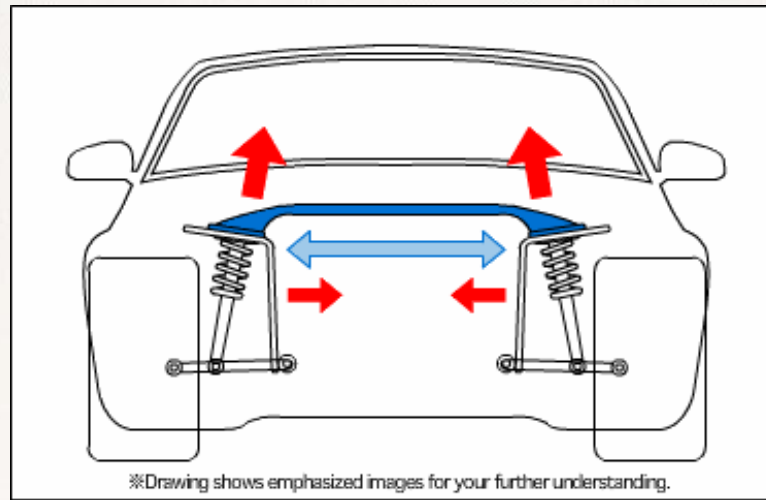
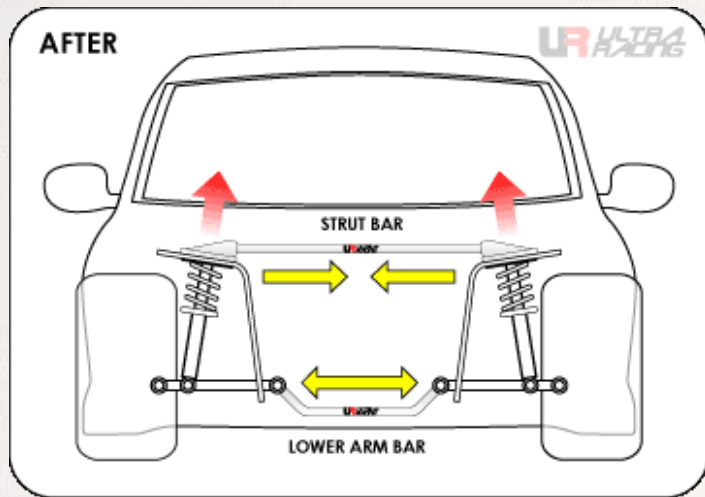
Sistema de Suspensión

Anti Roll Bar / Strut Bar / Barra Estabilizadora



Sistema de Suspensión

Anti Roll Bar / Strut Bar / Barra Estabilizadora



Sistema de Suspensión

Anti Roll Bar / Strut Bar / Barra Estabilizadora

***Wrangler JK; off road modifications
anti-roll bar function and limitations***



***on street curve, the anti-roll
bar reduces body roll for
improved handling***



***off road, the anti-roll bar must
be disconnected, to allow full
suspension articulation***

scott phillips