



PROYECTO FIN DE CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Leading partner in
Test & Mechatronic Simulation

Escola Politécnica Superior
Universidade da Coruña



Driving Simulator based on a High Fidelity Multiphysics Model

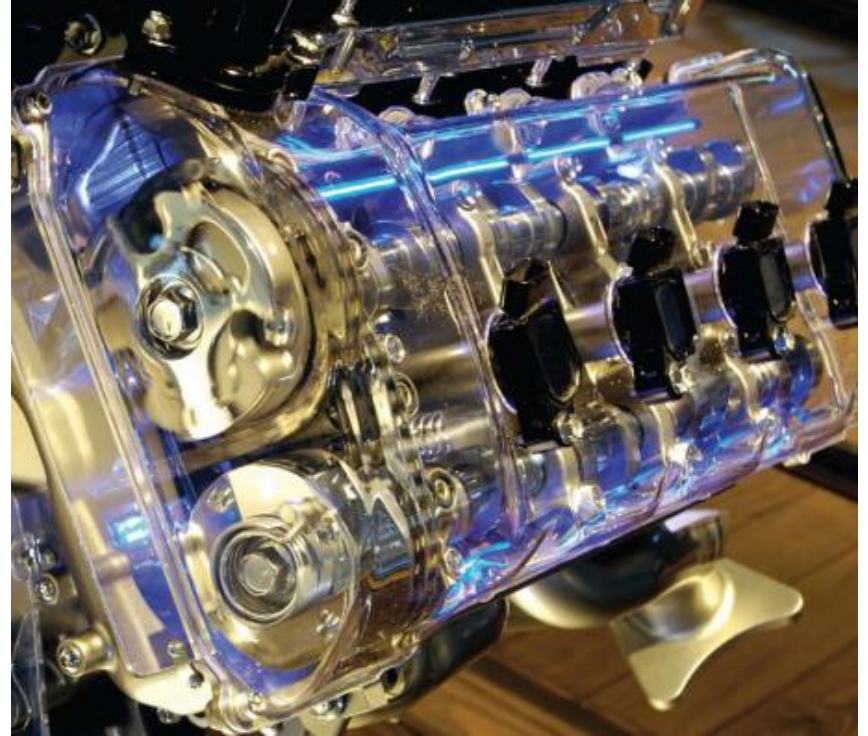
Implementation of a co-simulation set-up with ABS

Autor: Alba Dopico Dopico
Tutores: Miguel Ángel Naya Villaverde
Daniel Dopico Dopico
Marco Gubitosa (LMS Intl.)

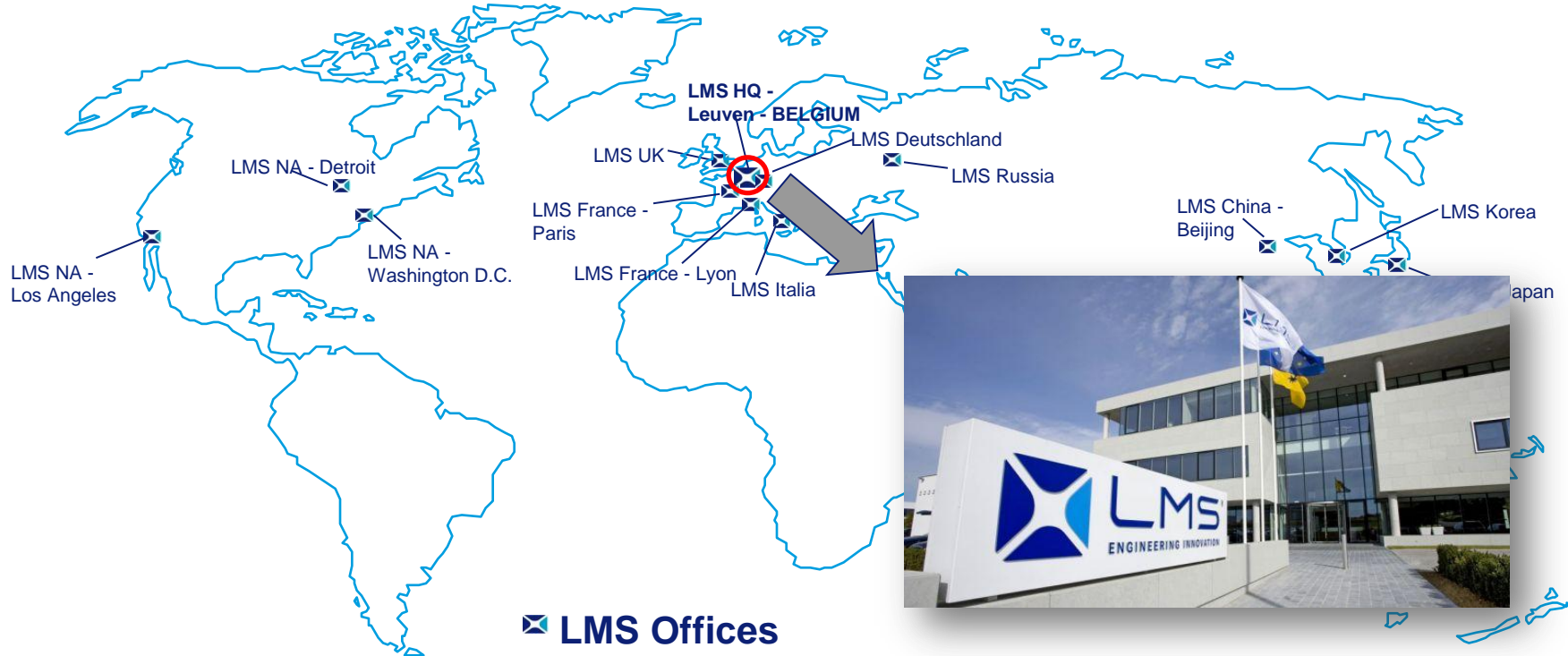


LMS[®]
A Siemens Business

- 1) Introducción
- 2) Fundamentos teóricos
- 3) Modelo mecánico
- 4) Modelo hidráulico
- 5) Co-simulación
- 6) Conclusiones y trabajo futuro



LMS International – A Siemens Business



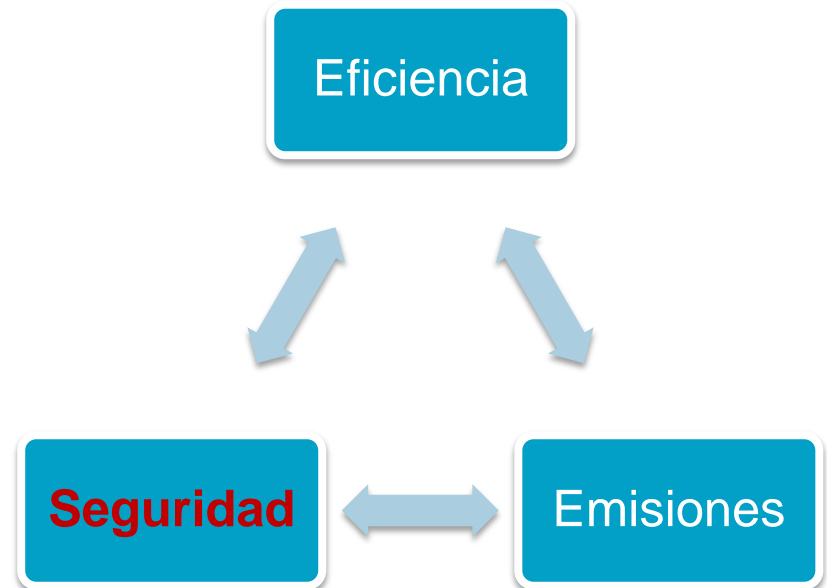
1

Introducción



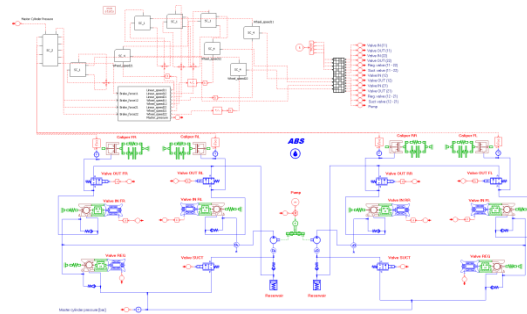
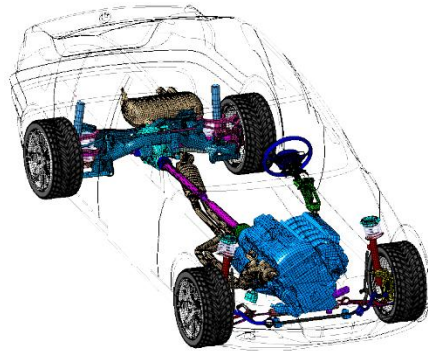
Principales objetivos del diseño de un vehículo

VEHÍCULO → Transporte seguro y cómodo, garantizando protección medioambiental y una buena economía de consumo de combustible.



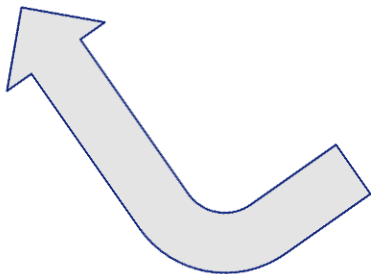
Principales objetivos del proyecto

- Realizar una simulación dinámica de un vehículo equipado con un sistema de control electrónico a bordo.
- Simular conjuntamente tres sistemas de distinta naturaleza.
- Desarrollar un ABS novedoso.

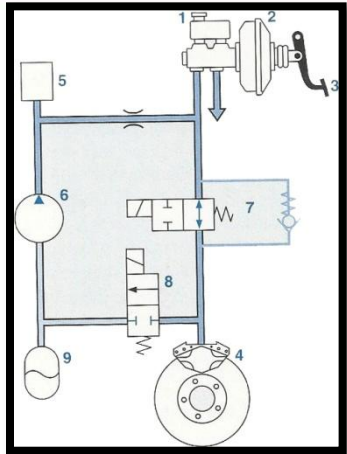
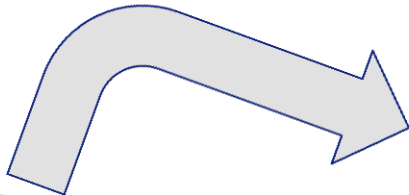


Simulación dinámica del modelo

MECÁNICA
LMS Virtual.Lab



CO - SIMULACIÓN

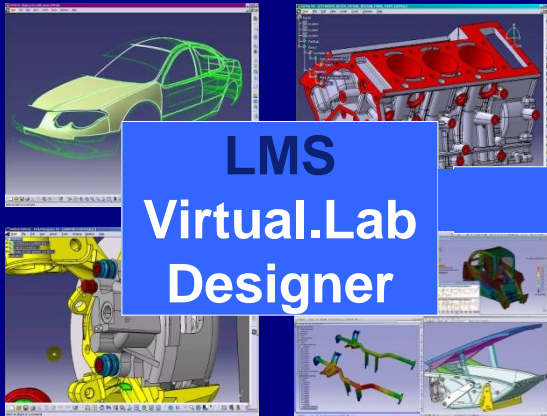


**HIDRÁULICA
Y CONTROL**
LMS AMESim



LMS Virtual.Lab

V5 Environment



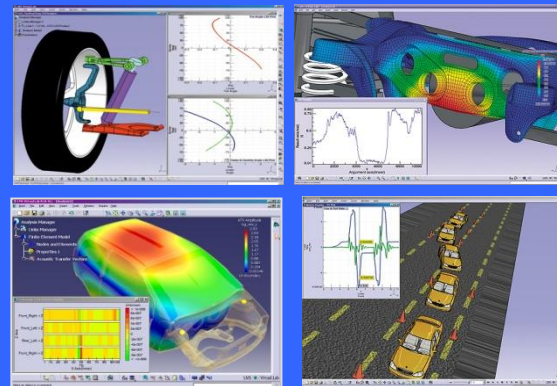
**LMS
Virtual.Lab
Designer**

CATIA V5

LMS Virtual.Lab Designer

Proporciona diseño CAD a Virtual.Lab

Extended CAE Functionality



LMS Virtual.Lab

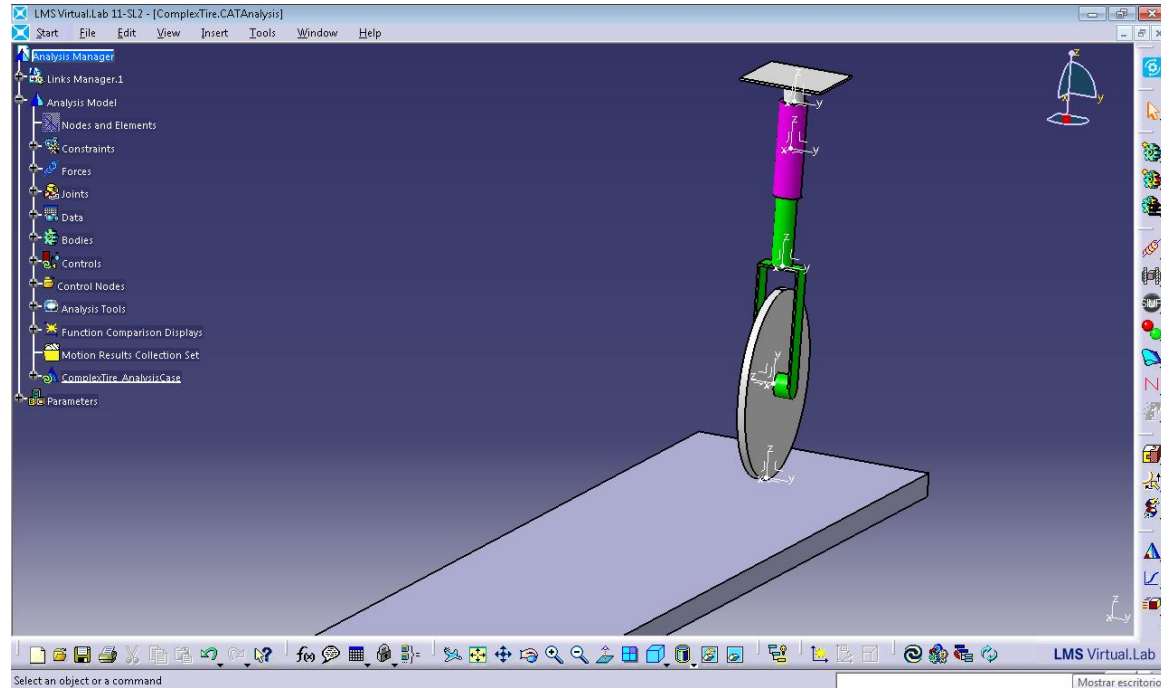
LMS Virtual.Lab

Entorno de ingeniería de diseño y análisis productos. Módulos: vibración, acústica, cinemática y dinámica, la durabilidad

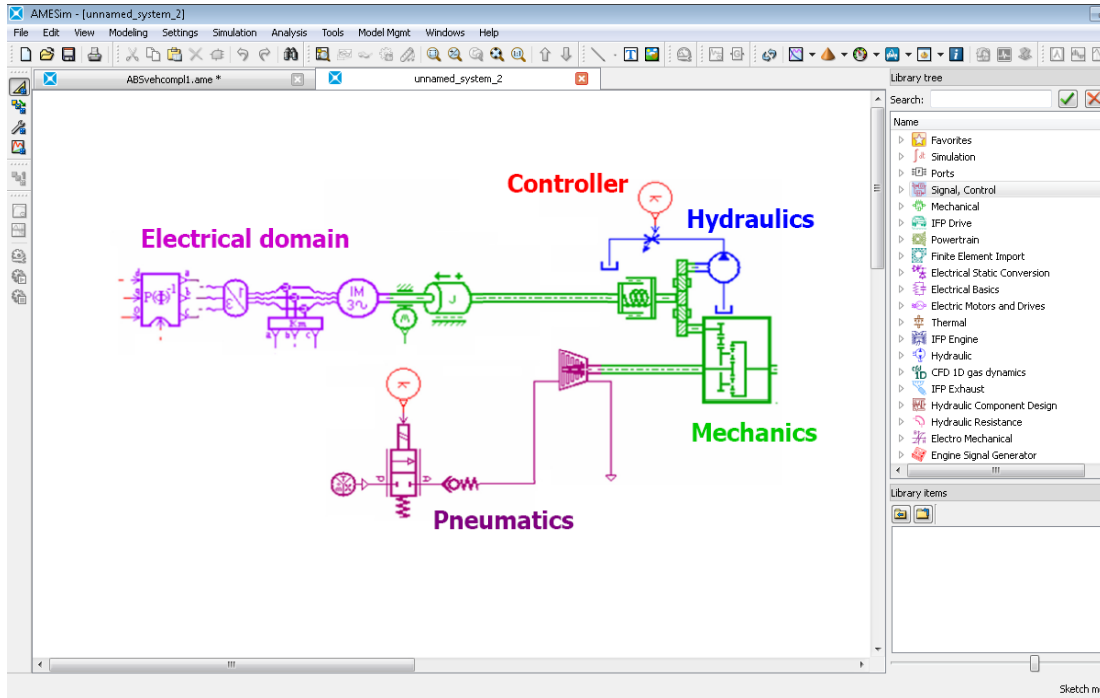


LMS Virtual.Lab - Motion

- Entorno de cinemática y dinámica de sistemas multicuerpo (análisis de mecanismos).
- Simulación dinámica en condiciones reales del comportamiento del mecanismo.
- Para problemas hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc., es posible hacer uso de la capacidad de simulación mecatrónica mediante la co-simulación con el software LMS Imagine.Lab AMESim.



LMS Imagine.Lab AMESim



- Paquete de simulación 1D que permite modelar y analizar el rendimiento funcional de sistemas desde un punto de vista multi-físico.
- Componentes validados analíticamente, organizados en bibliotecas.

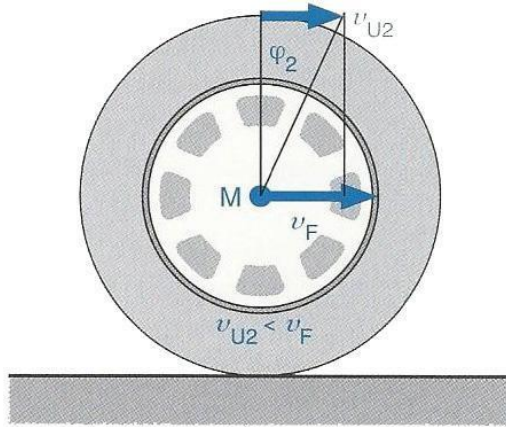
2

Fundamentos teóricos



Situación de frenado

Deslizamiento (Slip ratio)

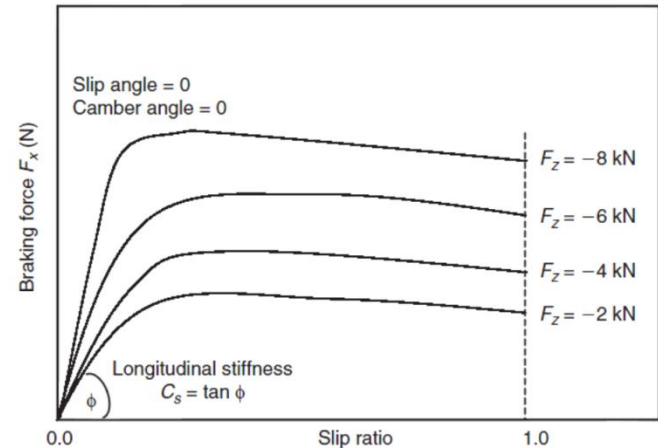


$$\lambda = \frac{v_F - \omega \cdot R}{v_F}$$

v_F : velocidad de marcha
 $\omega \cdot R$: velocidad angular por el radio efectivo

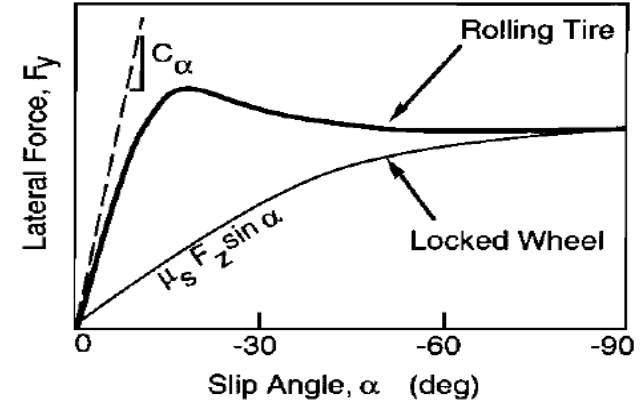
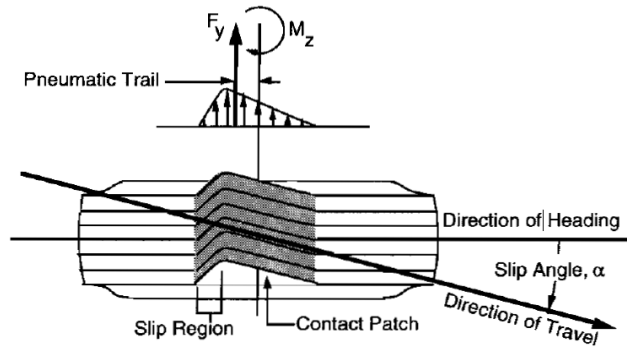
$\lambda=1$ → Rueda bloqueada

$\lambda=0$ → Rueda rodadura libre



Fuerza lateral y slip angle

- Un neumático en rodadura sujeto a una fuerza lateral → se desvía hacia un lado en el contacto neumático – carretera
- El ángulo entre la dirección de desviación y la dirección del neumático → **slip angle**

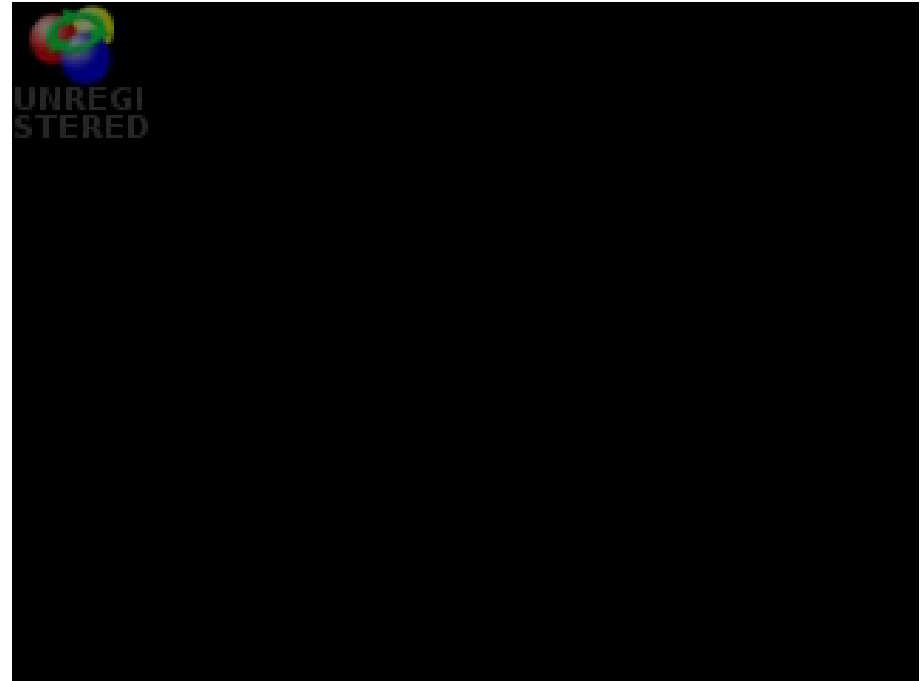
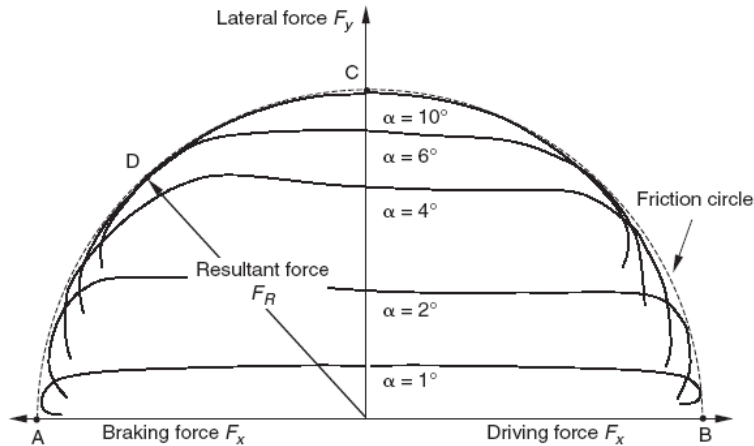


- Slip angle grande → comportamiento de **rueda bloqueada**

Antiblockiersystem (ABS)

ABS

- Ruedas mantengan contacto de tracción.
- Evita bloqueo de ruedas durante frenados de emergencia.
- Disminuye distancia de frenado.
- Limita posible derrape lateral.



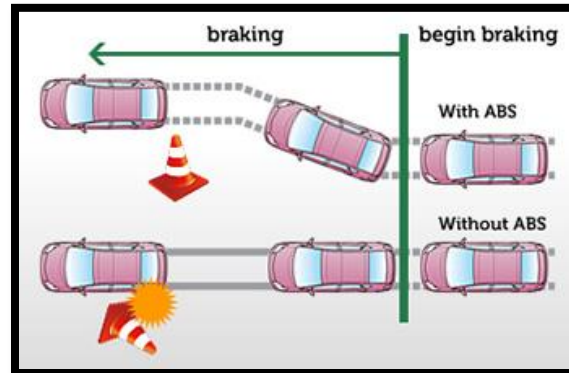
Antiblockiersystem (ABS)

ABS Tradicional

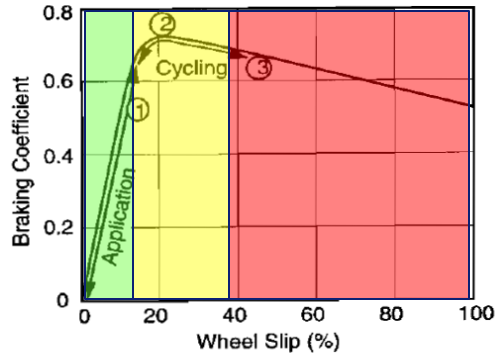
- Modos de operación de ABS basados en valores umbrales establecidos para la deceleración angular.
- El sistema de control mide la deceleración angular de las ruedas y determina en si actúa el ABS o no.
- Sólo se conoce la velocidad de giro de la rueda.

ABS Diseño propio

- Modos de operación de ABS basados en el deslizamiento del neumático.
- El sistema de control se basa en la velocidad angular por el radio y en la **velocidad del centro de las ruedas** y determina si actúa el ABS o no.
- Se conoce la velocidad de giro de la rueda y la velocidad del centro de cada rueda.



Modos de operación del modelo de control ABS



1) Modo por defecto

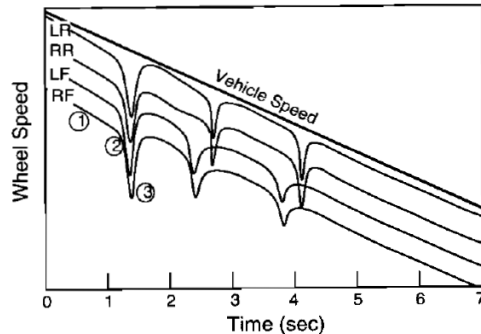
- Presión en el pedal \rightarrow Presión proporcional en los cilindros (deslizamiento menor que 0,15).

2) Modo ABS de retención de presión

- Presión retenida en los cilindros (deslizamiento entre 0,15 y 0,30).

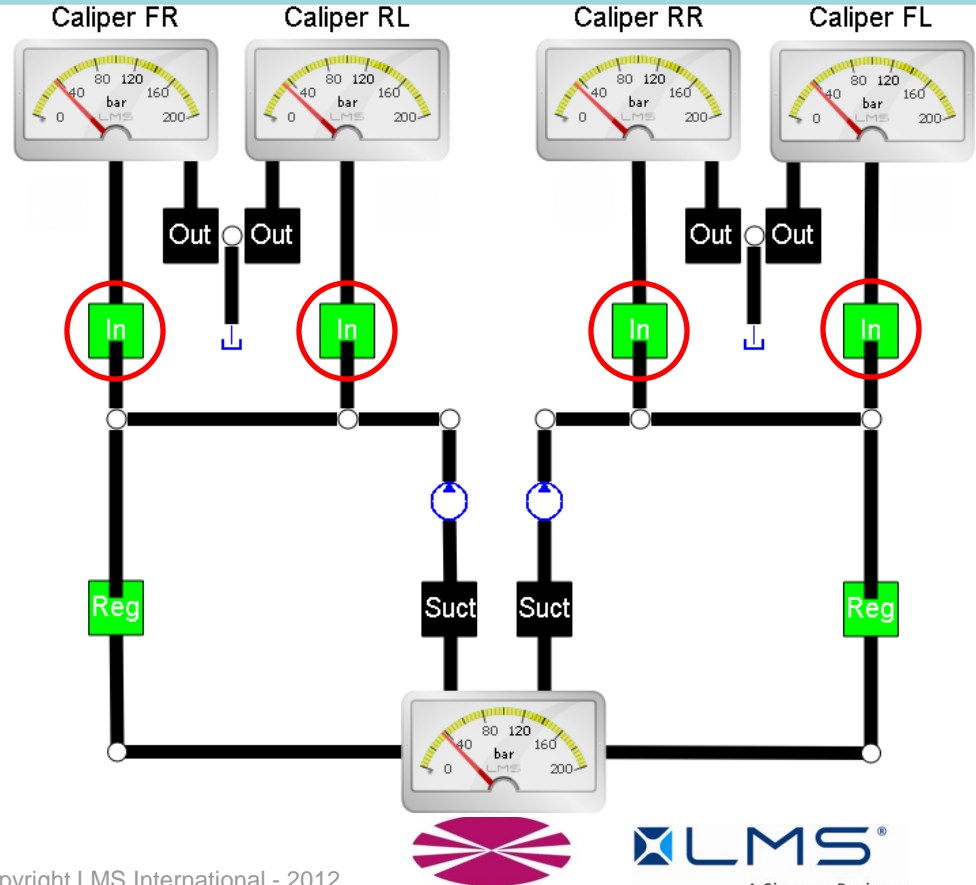
3) Modo ABS de reducción de presión

- Reducción de presión en los cilindros (deslizamiento mayor que 0,30).



1) Modo por defecto (no actúa ABS)

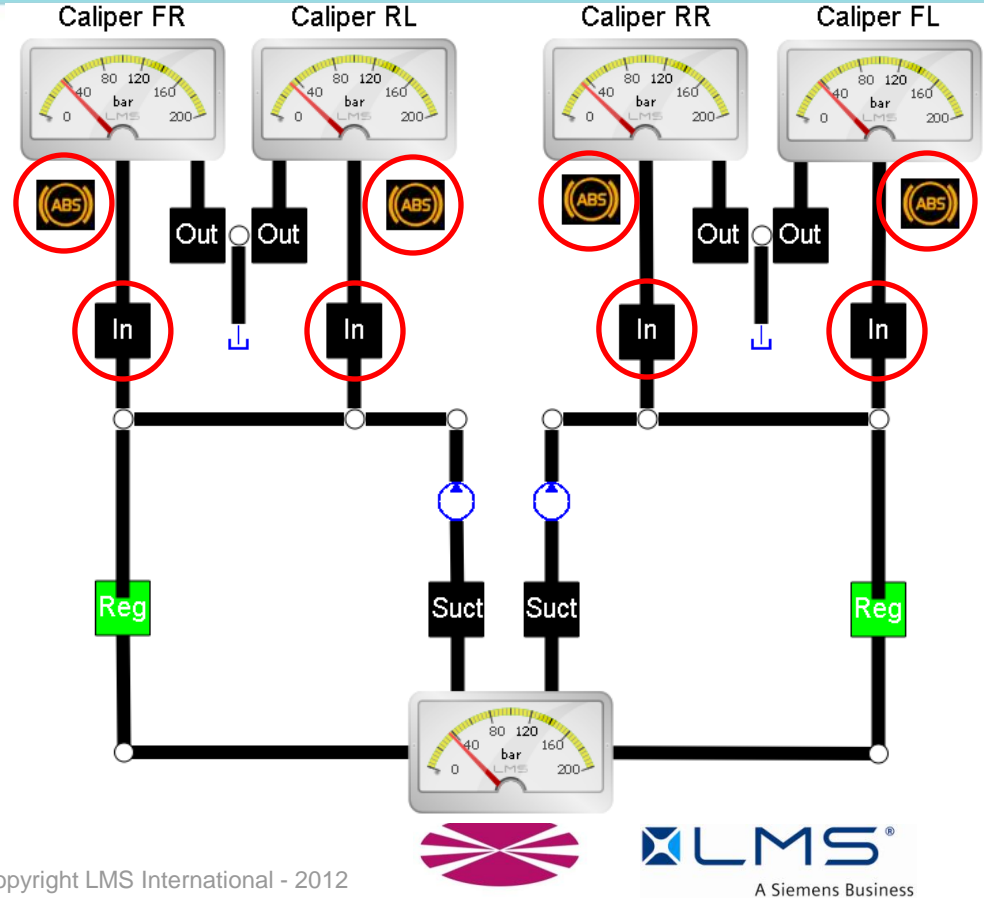
Elemento	Estado
IN	ON
OUT	OFF
REG	ON
SUCT	OFF
PUMP	OFF



2) Modo ABS de retención de presión

ACTÚA EL ABS

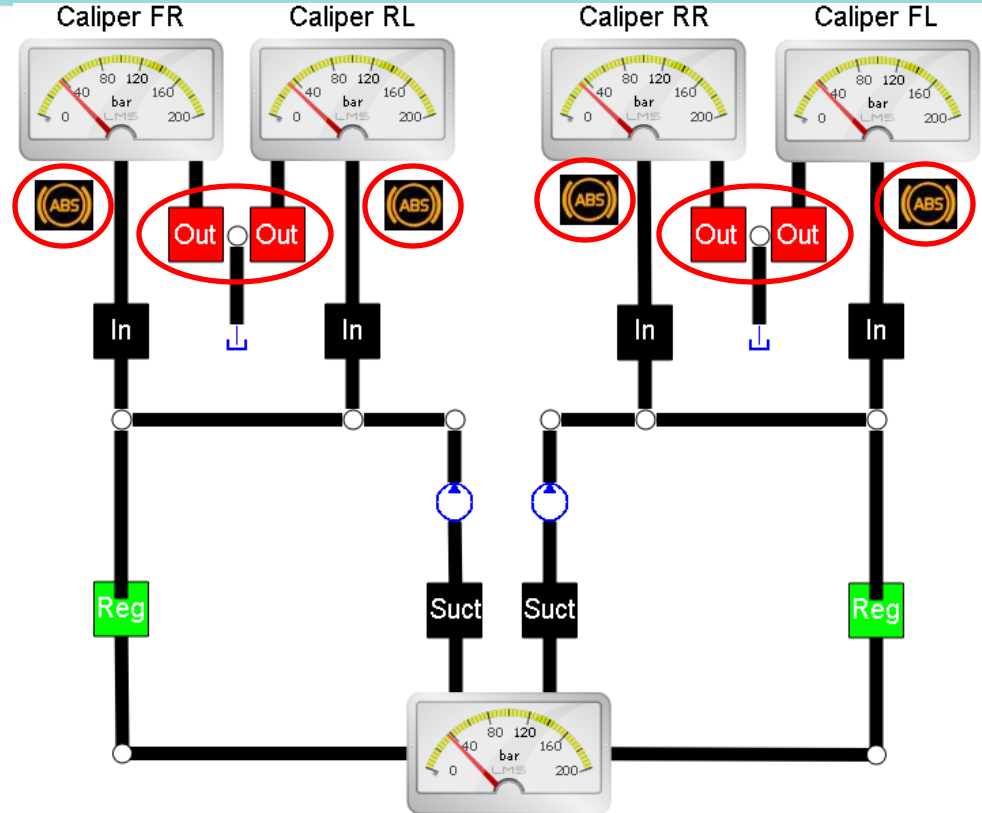
Elemento	Estado
IN	OFF
OUT	OFF
REG	ON
SUCT	OFF
PUMP	OFF



3) Modo ABS de reducción de presión

ACTÚA EL ABS

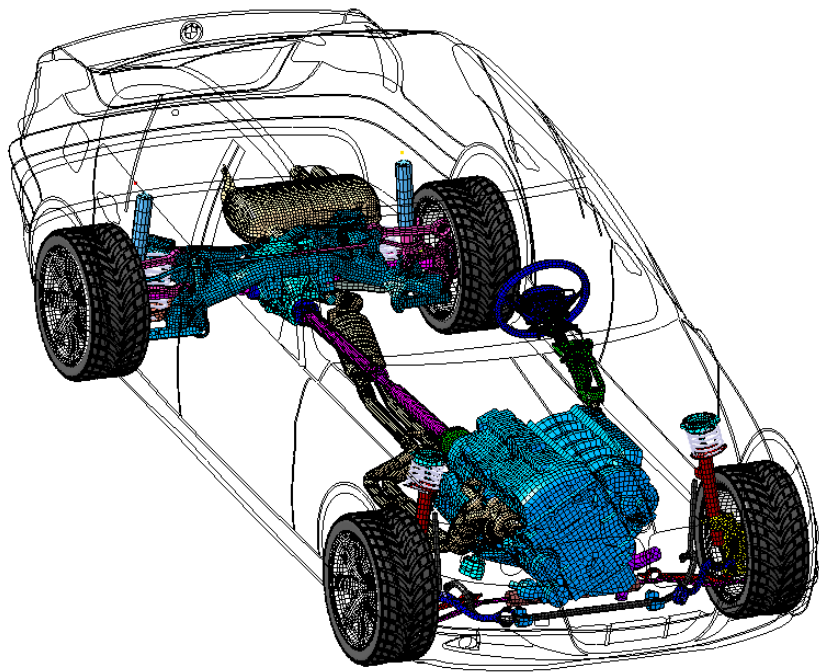
Elemento	Estado
IN	OFF
OUT	ON
REG	ON
SUCT	OFF
PUMP	OFF



3

Modelo mecánico (Virtual.Lab)

Modelo mecánico (Virtual.Lab)



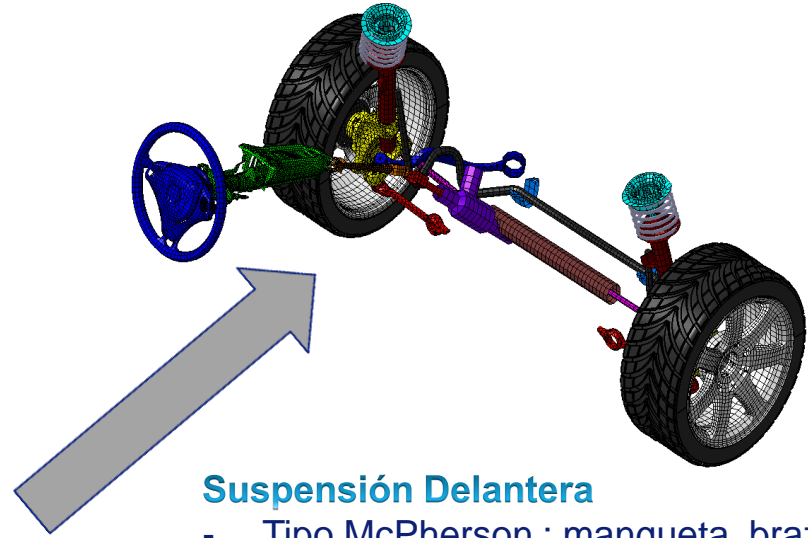
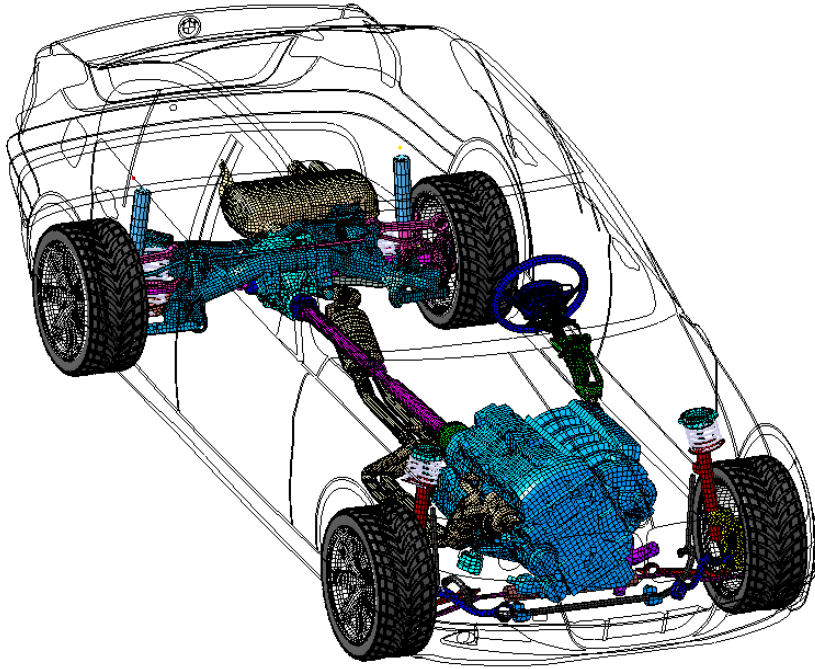
Dinámica de Sistemas Multicuerpo

- LMS Virtual.Lab se basa en coordenadas de punto de referencia.

Subsistema	Nº Sólidos	GDL
Chásis	1	6
Susp LF	11	2
Susp LR	11	2
Dirección	8	0
Susp RL	12	2 (*)
Susp RR	12	2 (*)
TOTAL	55	14 (*)

* teóricos

Modelo mecánico (Virtual.Lab)



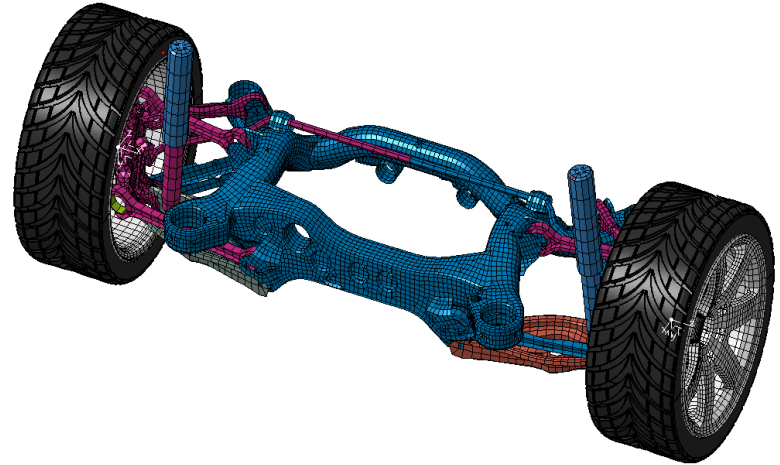
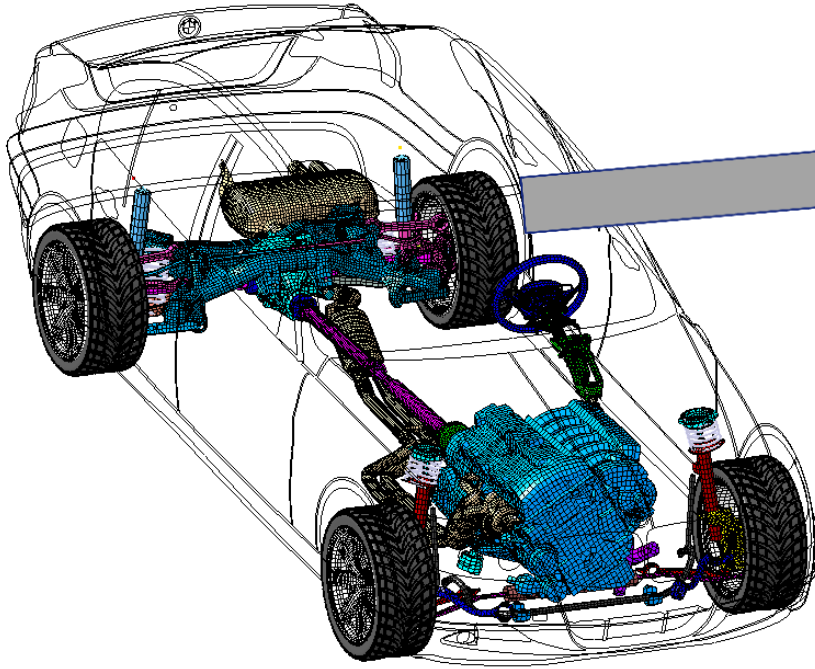
Suspensión Delantera

- Tipo McPherson : mangueta, brazos de control (*lower control arm aft* y *lower control arm fore*) y el strut (*upper strut* y *lower strut*).

Dirección

- Driver constraint controla dirección

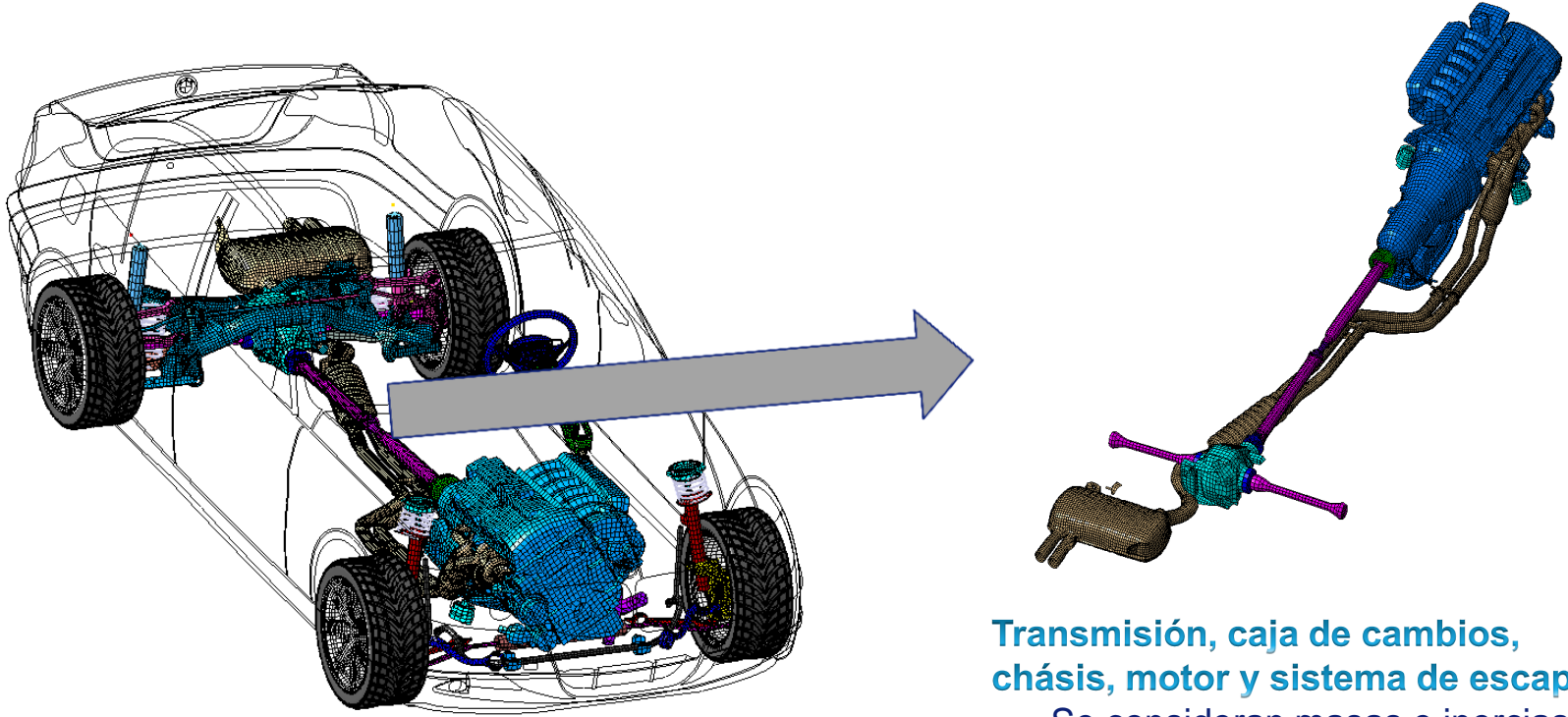
Modelo mecánico (Virtual.Lab)



Suspensión Trasera

- Tipo Multibrazo (5 brazos) : mangueta, dos uniones *lower control* y dos uniones *upper control*, y unión *tie-rod*.
- Uniones *Bushing*

Modelo mecánico (Virtual.Lab)



**Transmisión, caja de cambios,
chásis, motor y sistema de escape**
- Se consideran masas e inercias

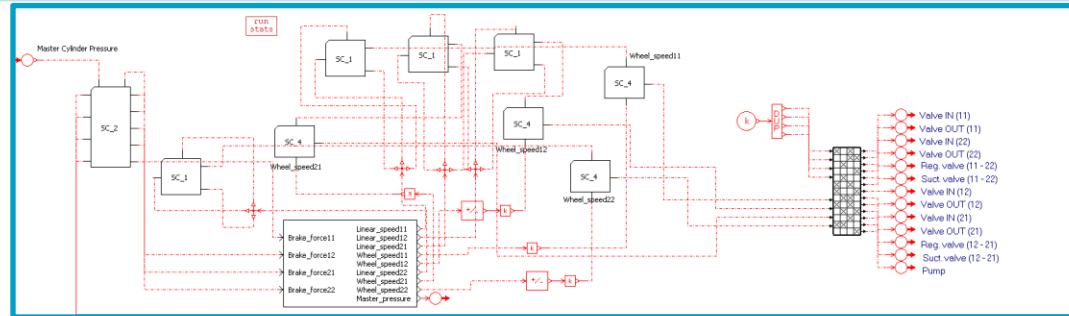
4

Modelo hidráulico (AMESim)

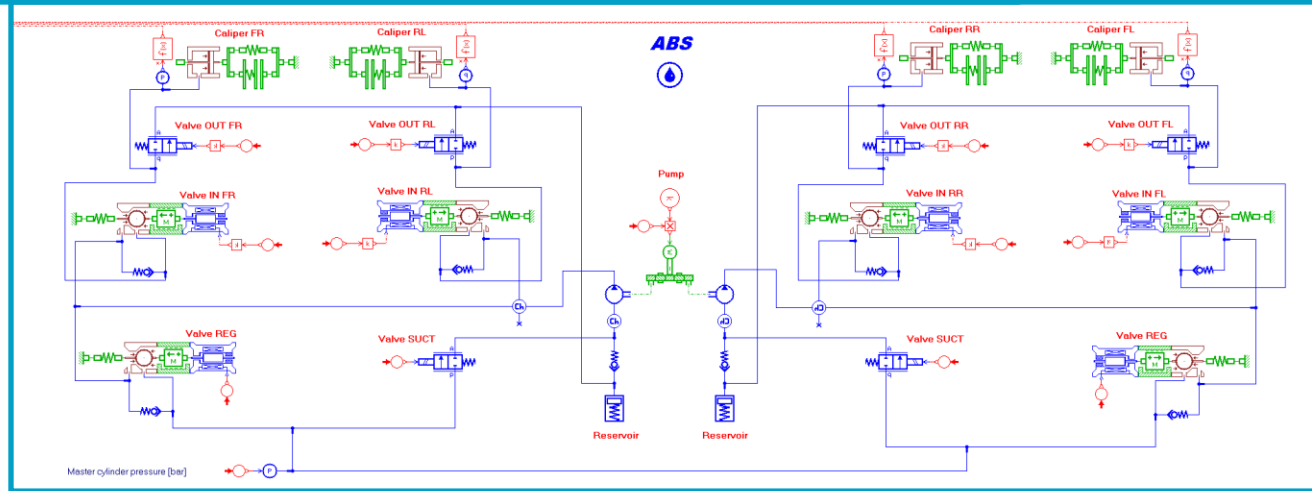


Modelo hidráulico (AMESim)

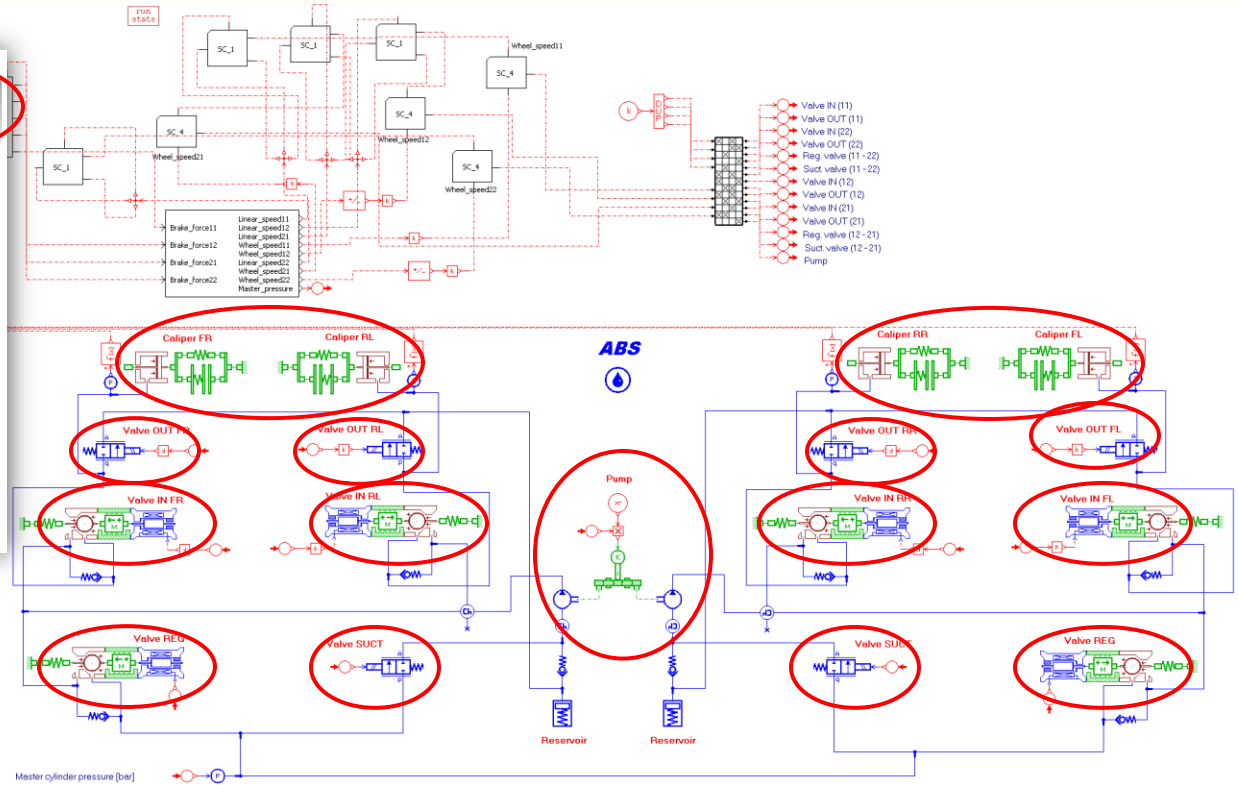
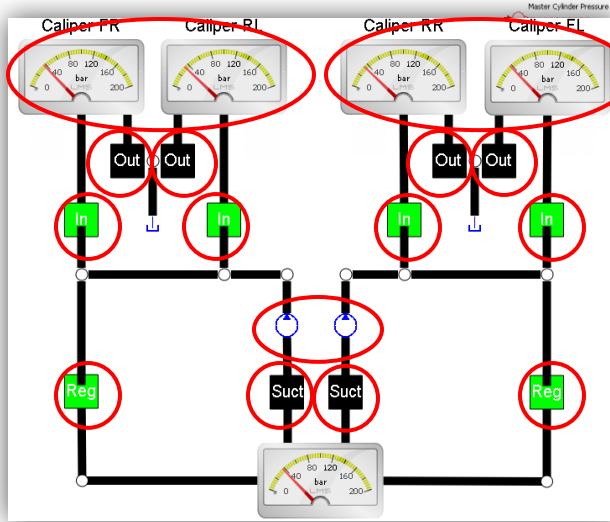
PARTE DE CONTROL



PARTE HIDRÁULICA



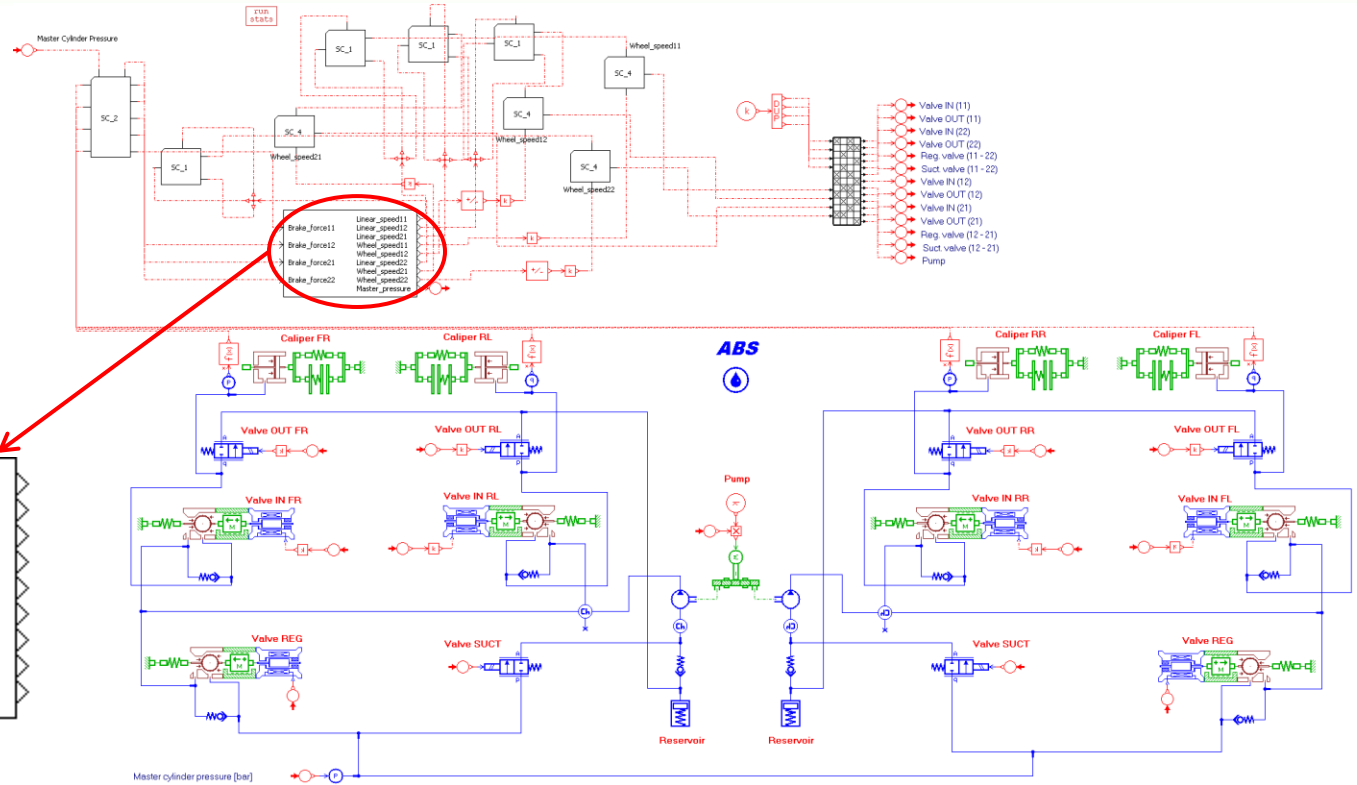
Modelo hidráulico (AMESim)



Modelo hidráulico (AMESim)

Control Inputs: Master pressure, wheel speed 11, 12, 21, 22 y vehicle speed 11, 12, 21, 22.

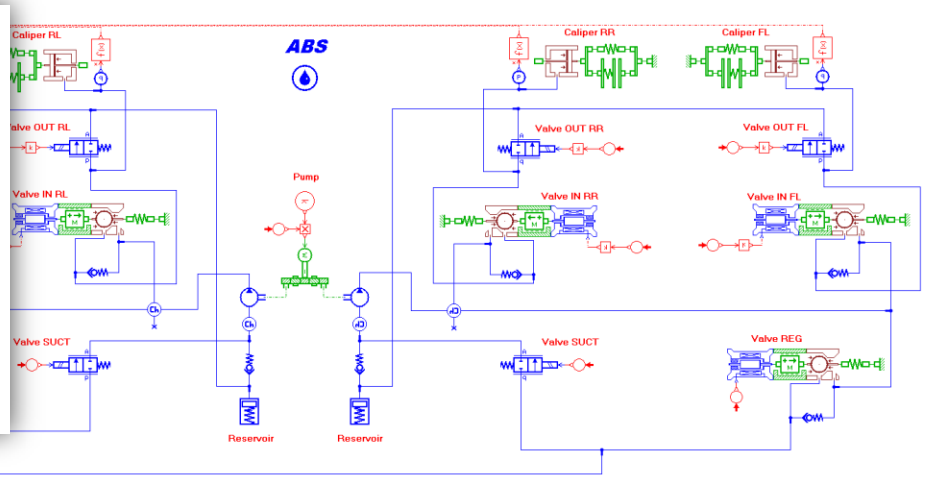
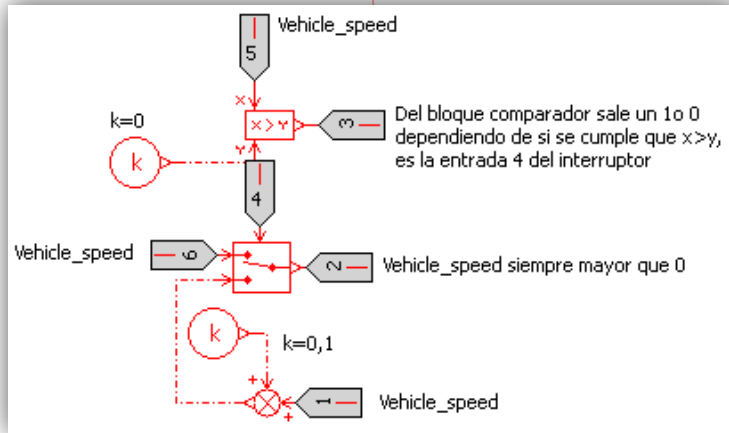
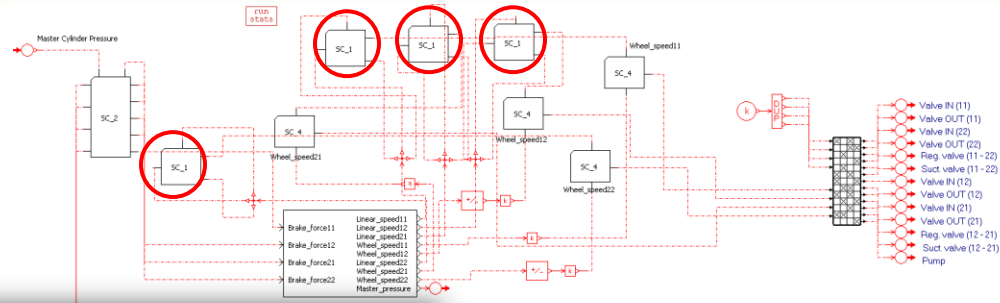
Control Outputs: Braking Torque 11, 12, 21, 22.



➤ Brake_force11	Linear_speed11
➤ Brake_force12	Linear_speed12
➤ Brake_force21	Linear_speed21
➤ Brake_force22	Linear_speed22
	Wheel_speed11
	Wheel_speed12
	Wheel_speed21
	Wheel_speed22
	Master_pressure

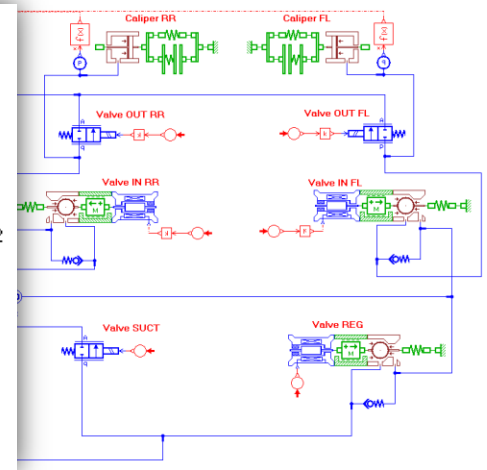
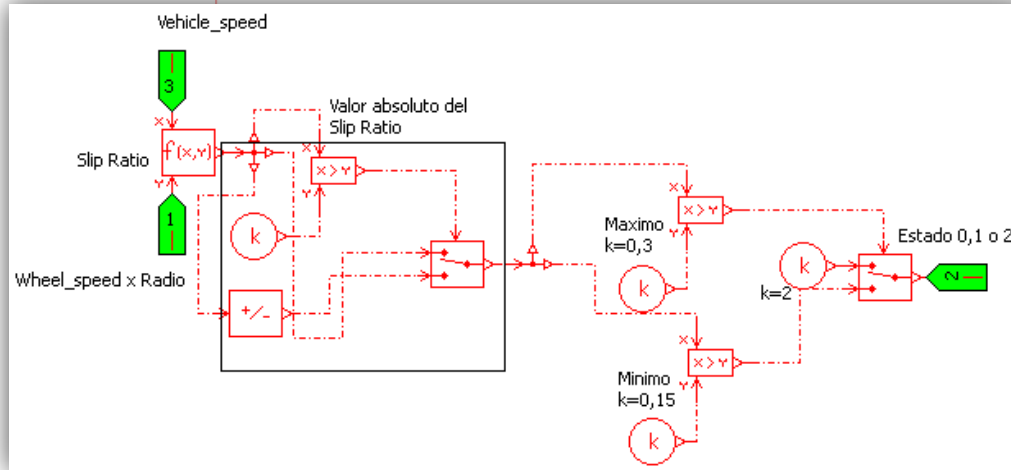
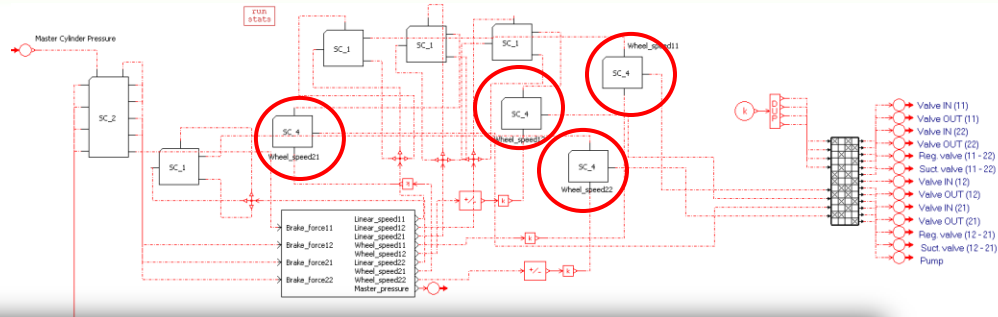
Modelo hidráulico (AMESim)

SC_1: Evitar que la velocidad del vehículo sea cero.



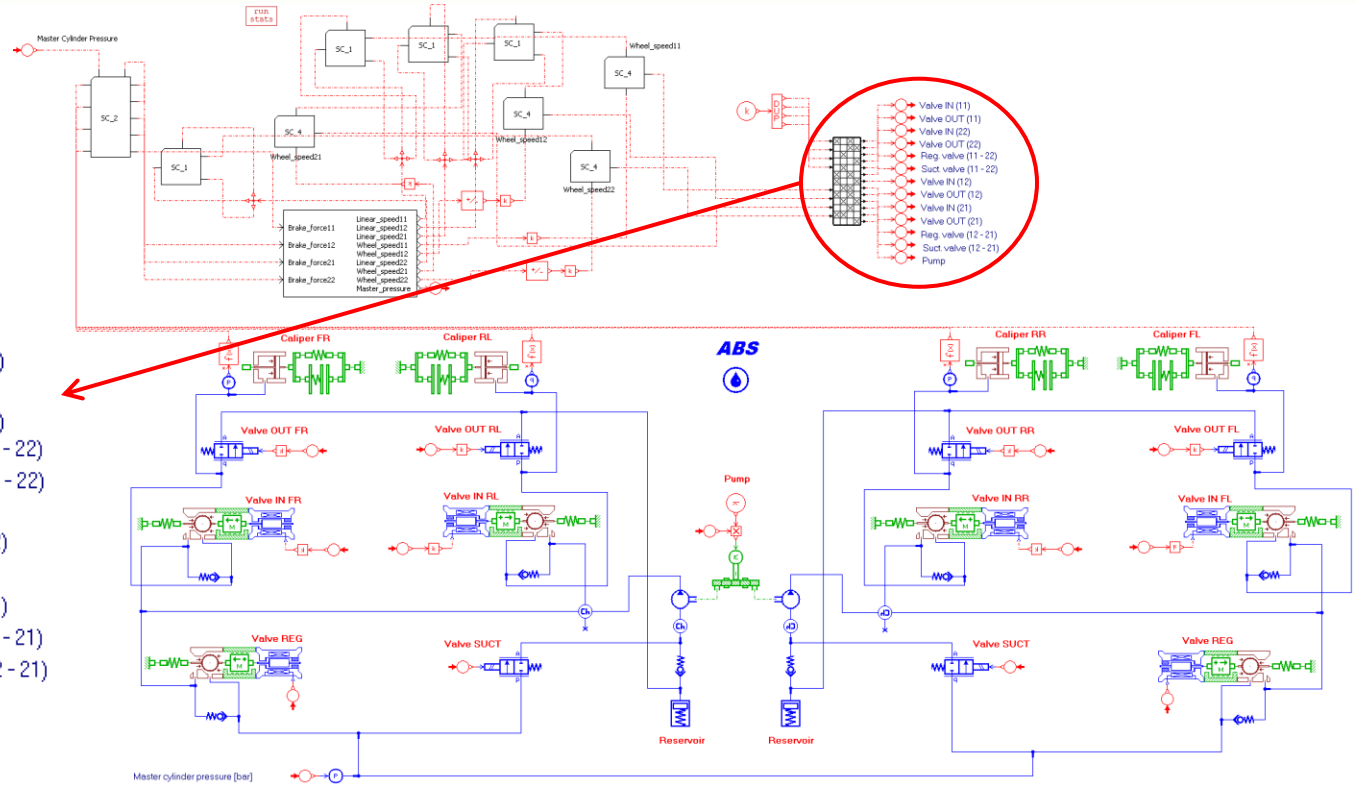
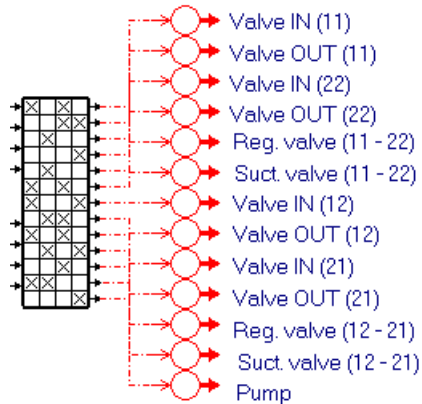
Modelo hidráulico (AMESim)

SC_4: Buscamos señales 0, 1 y 2 de control correspondientes a los diferentes modos de operación.



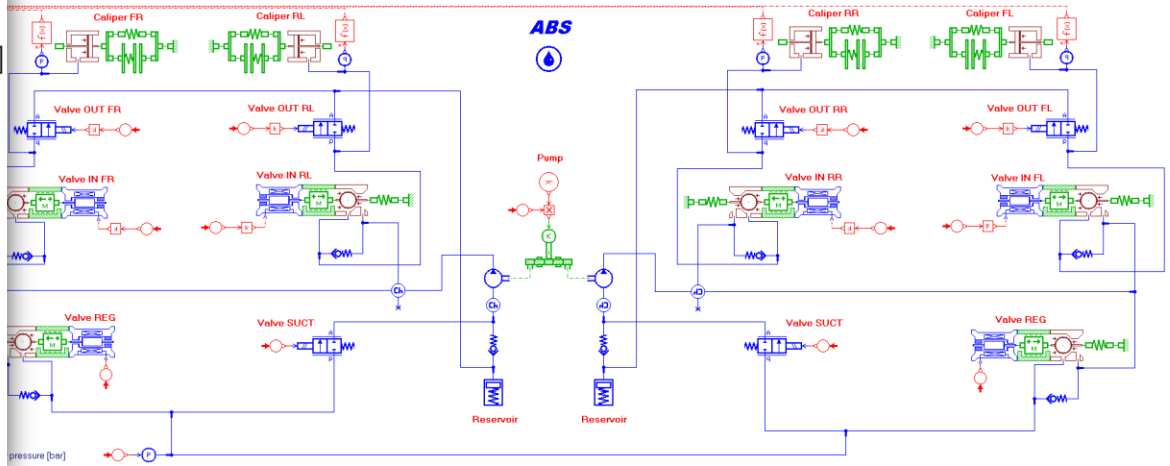
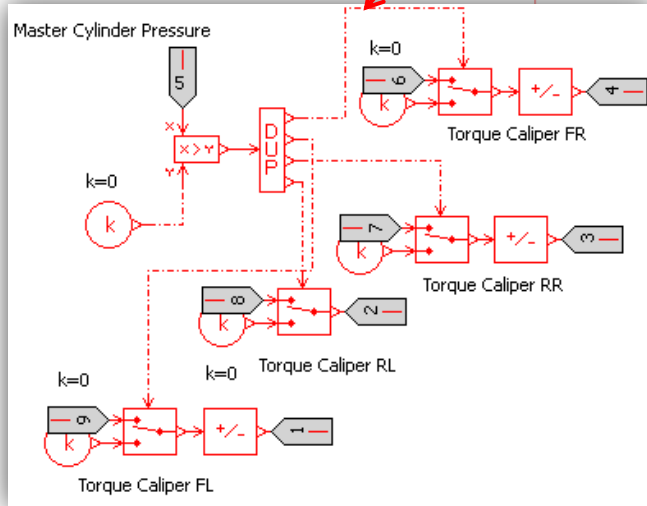
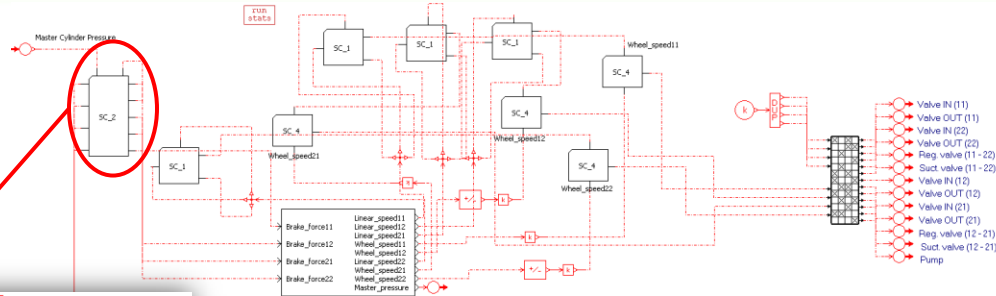
Modelo hidráulico (AMESim)

Truth Table: Recibe para cada rueda el estado de la misma y envía señal de apertura/cierre de válvulas



Modelo hidráulico (AMESim)

SC_2: Evita cálculos innecesarios

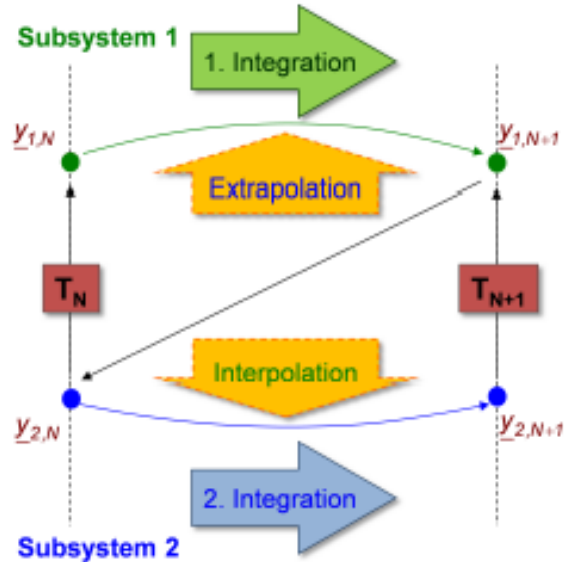


5

Co-simulación

Co-simulación

- Permite simular sistemas multifísicos.
- Utilizando diferentes herramientas de análisis.
- Intercambio de información de manera colaborativa.



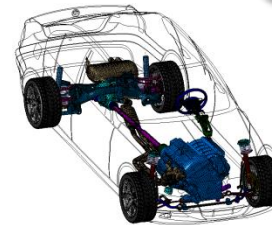
Virtual.Lab

- Controles para co-simulación con AMESim

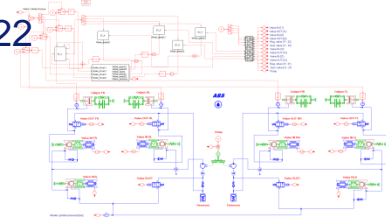
$\omega_{11}, \omega_{12}, \omega_{21}, \omega_{22}, v_{11}, v_{12}, v_{21}, v_{22}, P$

Virtual.Lab

AMESim

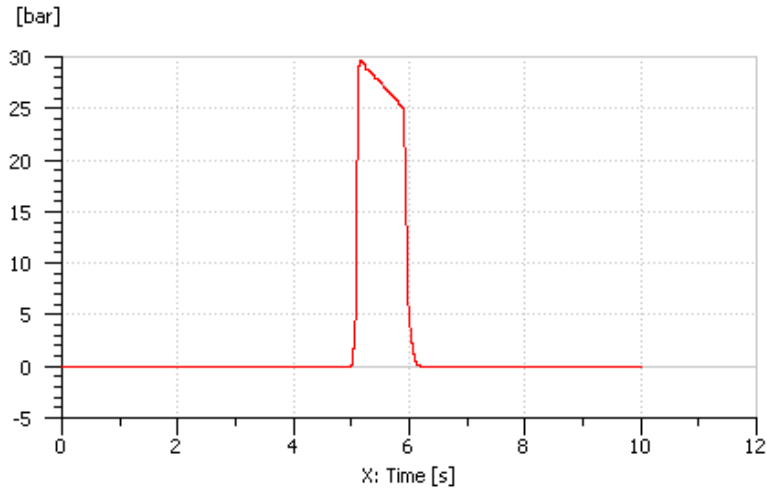


$T_{11}, T_{12}, T_{21}, T_{22}$



Co-simulación

Virtual.Lab: velocidad angular de las ruedas, velocidad del centro de las ruedas y presión en el pedal de freno

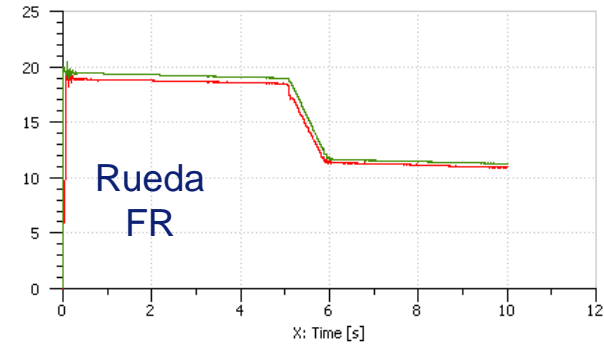
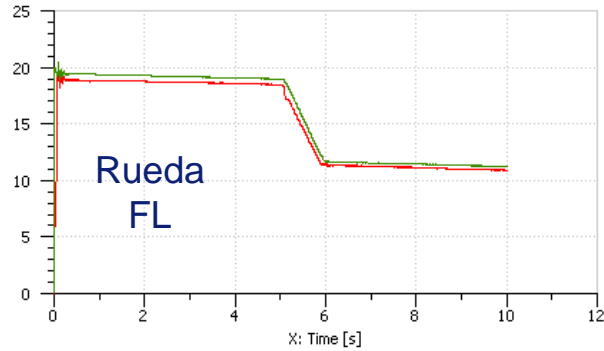


Vídeo: Simulación mecánica de la cosimulación, parte de una velocidad inicial de 20 m/s.

	Virtual.Lab (mecánico)	AMESim (hidráulico)
Tiempo de inicio	0s	0s
Tiempo final	10s	10s
Print interval	0,01	0,1
Tolerancia de la solución	0,01	1e-5
Máximo paso de integración	0,01	No se limita

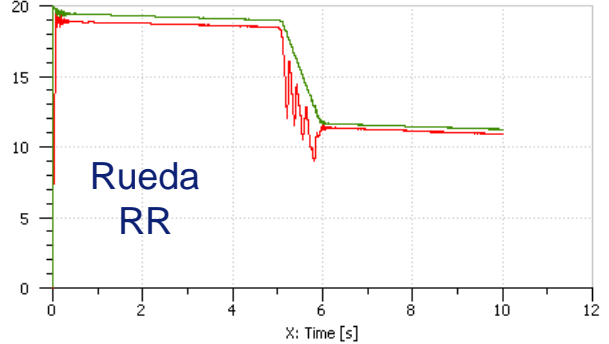
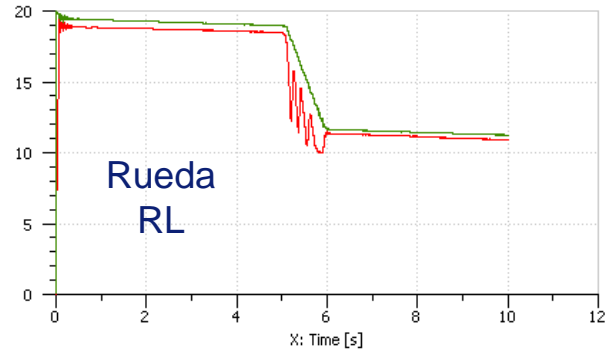
Co-simulación

En las ruedas delanteras NO actúa el ABS

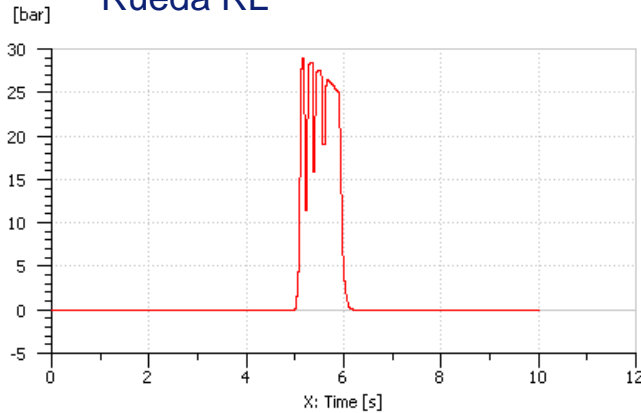
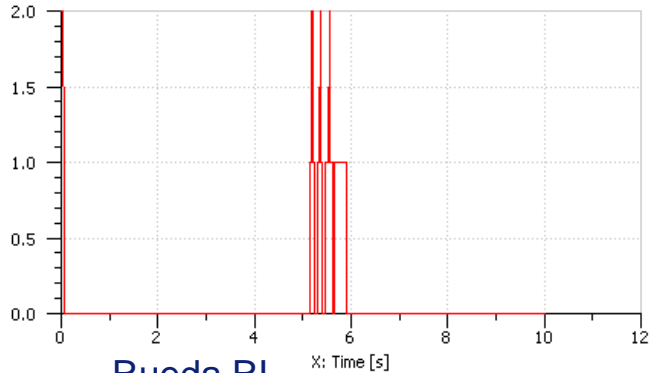


Velocidad del centro
de las ruedas

Velocidad angular
por radio efectivo



Co-simulación

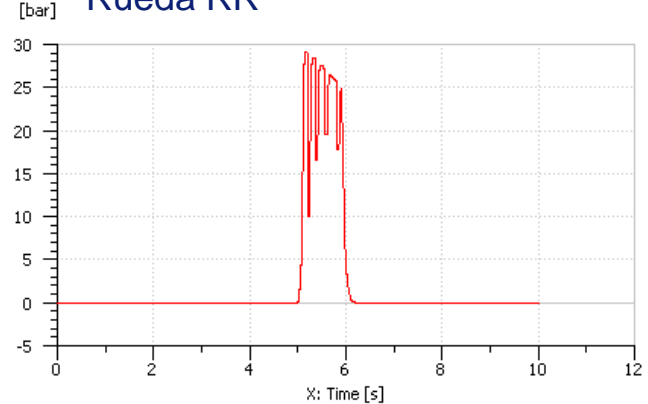
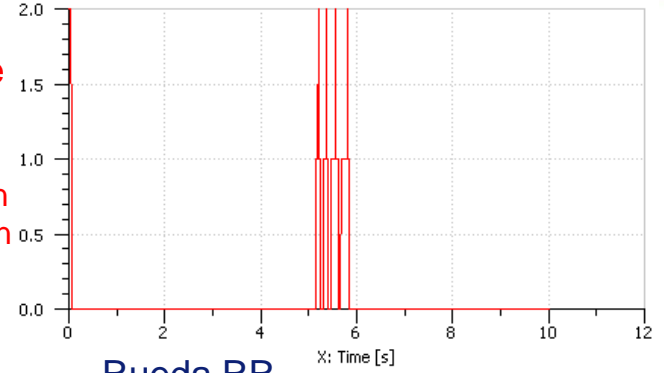


Modos de operación de ABS

- 0 – Modo por defecto
- 1- ABS retención de presión
- 2- ABS reducción de presión

Vídeo: [Animación del circuito hidráulico](#)

Presión en los cilindros de las ruedas



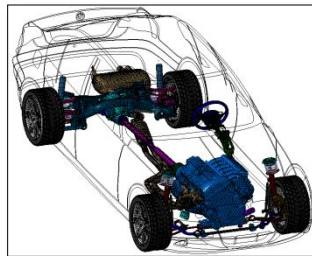
6

Conclusiones y trabajo futuro



Conclusiones y trabajo futuro

- El objetivo del proyecto, fue la simulación dinámica de un vehículo equipado con un sistema de control electrónico a bordo. El simulador creado reproduce el comportamiento de un vehículo equipado con ABS.
- Se simulan conjuntamente tres sistemas de distinta naturaleza: un sistema mecánico, un sistema hidráulico y un sistema de control acoplados entre sí.
- Se puede cambiar la configuración del modelo mecánico ajustándolo para diferentes modelos de vehículos y poder simular el comportamiento mecánico de cualquier vehículo real del que se dispongan datos.
- Se puede cambiar la configuración del modelo hidráulico, ajustando las características del circuito de frenado y simular su comportamiento hidráulico.
- El sistema ABS desarrollado es más avanzado que los sistemas actuales que montan los vehículos de serie, puesto que se basa en un vehículo equipado con un observador de estados, para conocer la velocidad del centro de las ruedas, magnitudes que no pueden ser medidas en la realidad.



ESP, ASR... Diferentes sistemas de control



PROYECTO FIN DE CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Leading partner in
Test & Mechatronic Simulation

Escola Politécnica Superior
Universidade da Coruña



Gracias por su atención

Autor: Alba Dopico Dopico
Tutores: Miguel Ángel Naya Villaverde
Daniel Dopico Dopico
Marco Gubitosa (LMS Intl.)