

**COMPARACIÓN  
TEÓRICO-EXPERIMENTAL  
DEL ESTADO TENSIONAL  
DEL CHASIS DE UN  
VEHÍCULO AUTOMÓVIL  
EN MOVIMIENTO**

**AUTOR: MÓNICA LANDEIRA OGANDO**

# ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
- PARTE EXPERIMENTAL
- PARTE TEÓRICA
- DESCRIPCIÓN DE MANIOBRAS
- COMPARACIÓN DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES

# 1. INTRODUCCIÓN

- **MOTIVACIÓN DEL TRABAJO:**

- cálculo de tensiones básico en el diseño de máquinas
- cada solución teórica necesita una validación experimental



- **OBJETIVO:** la obtención de medidas reales del estado tensional y cálculo del mismo a través de un modelo virtual.

**COMPARAR AMBOS RESULTADOS**

# 1. INTRODUCCIÓN

- PUNTO DE PARTIDA

## **PARTE EXPERIMENTAL:**

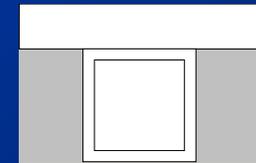
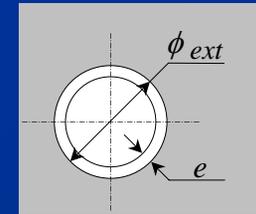
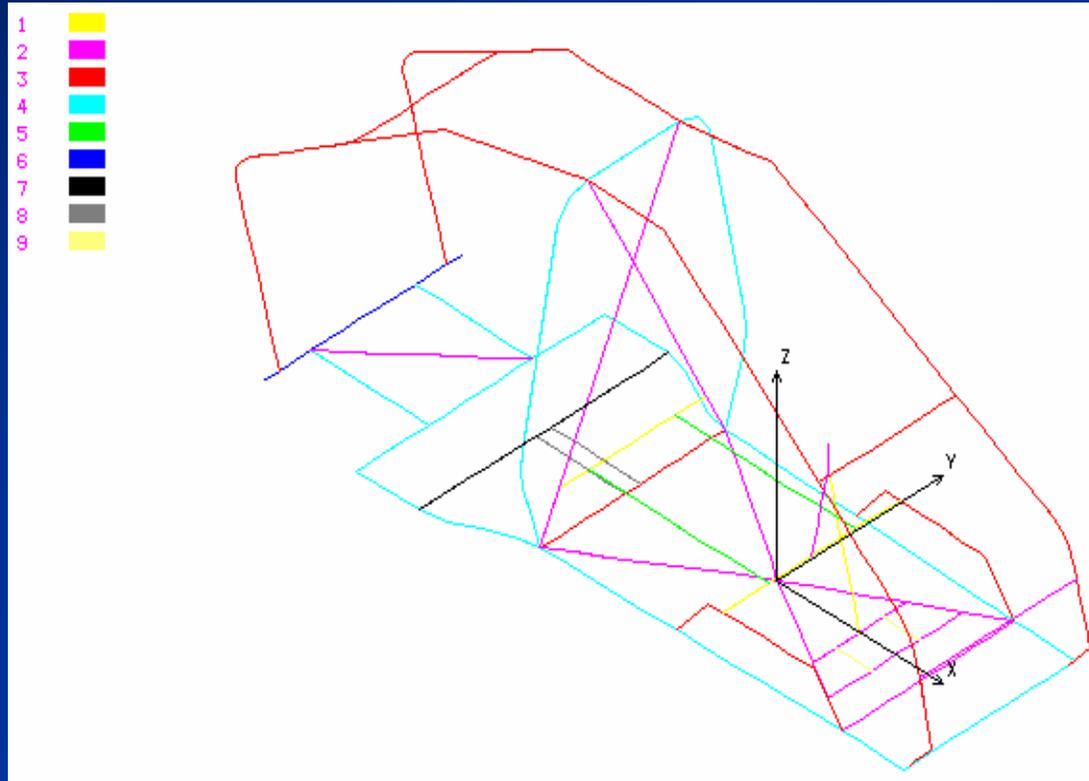
- **prototipo construido**
- **parte del sistema de adquisición instalado**
- **recogida de ciertos valores experimentales**

## **PARTE TEÓRICA:**

- **existencia de un modelo virtual con cuerpos rígidos**
- **modelizado en coordenadas naturales**

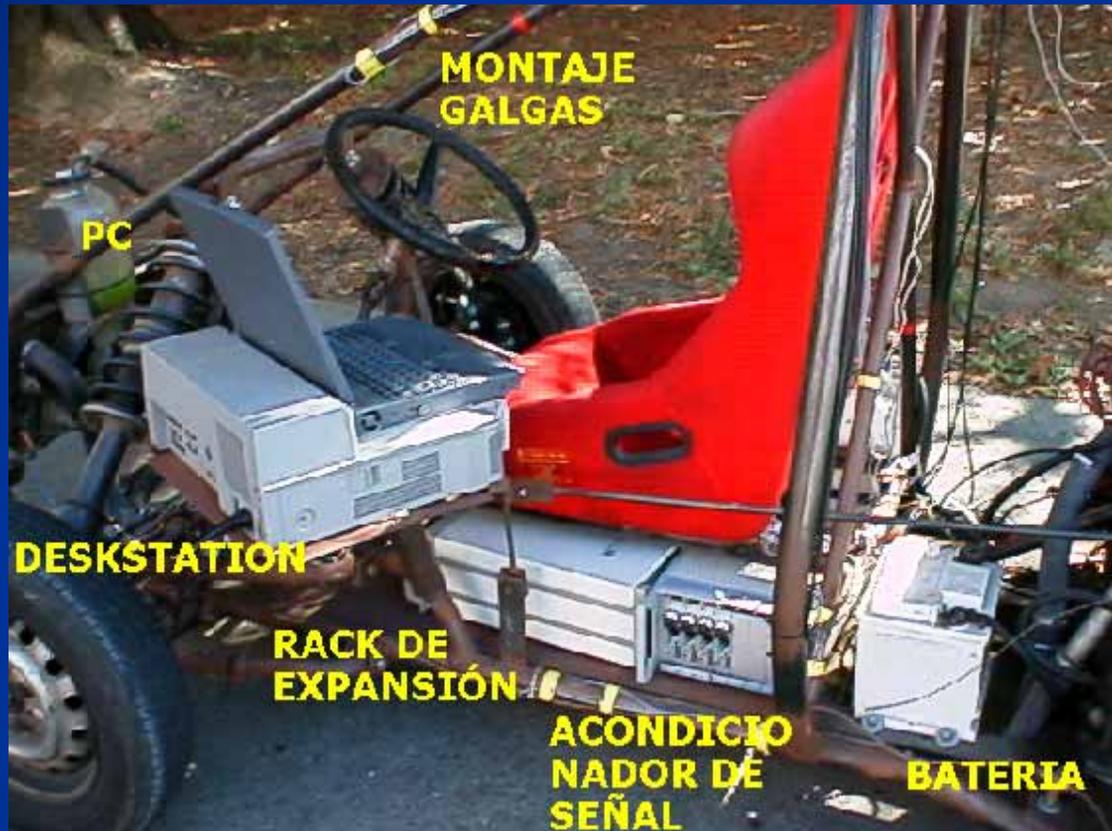
# 2. PARTE EXPERIMENTAL

- DESCRIPCIÓN DEL CHASIS



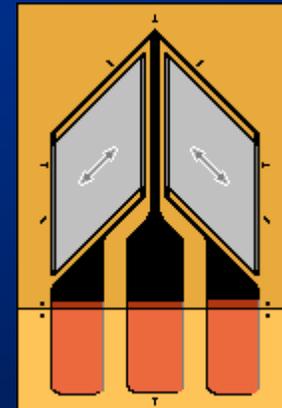
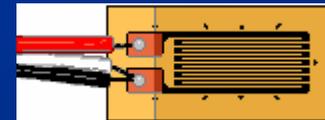
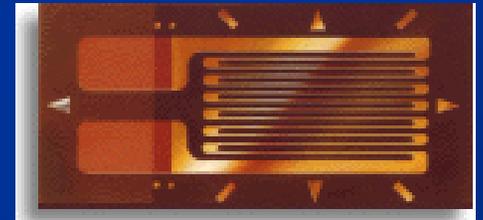
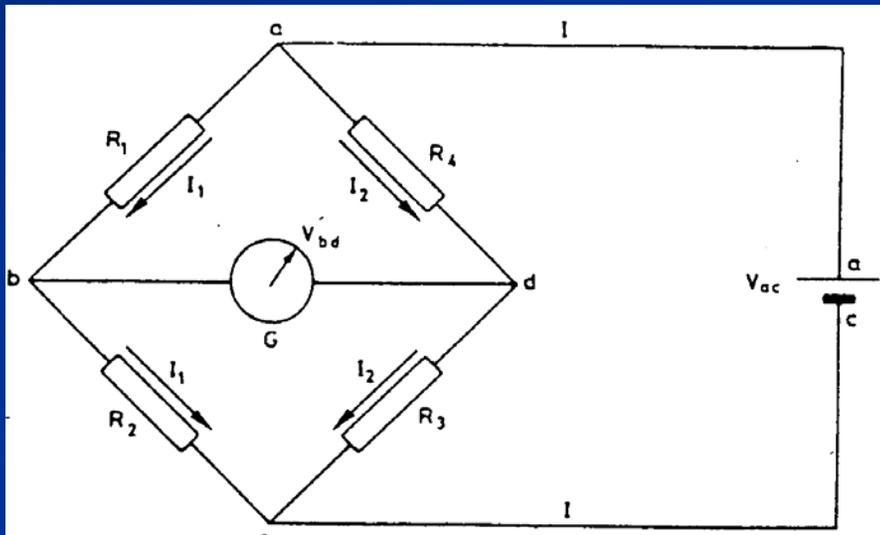
## 2. PARTE EXPERIMENTAL

- SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



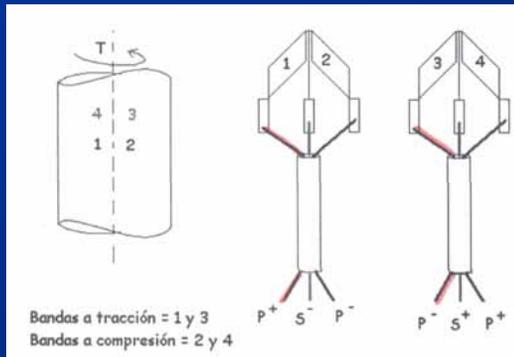
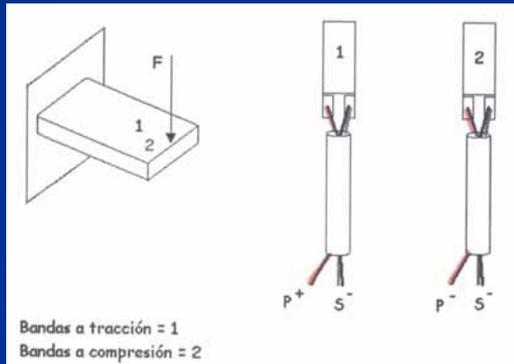
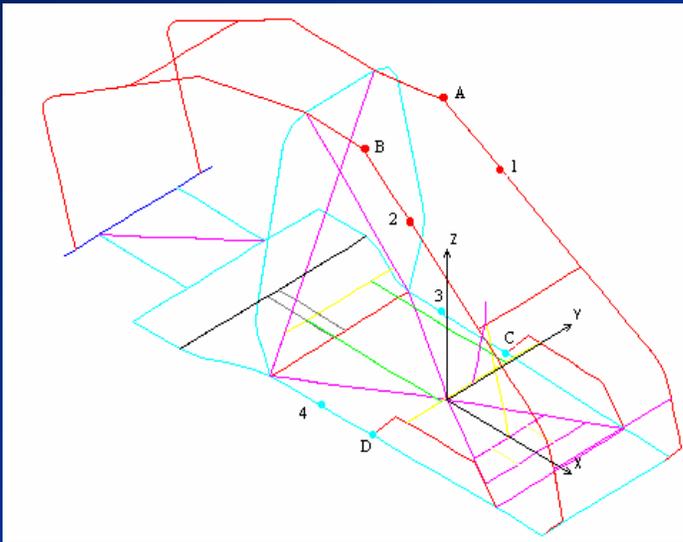
# 2. PARTE EXPERIMENTAL

- BANDAS EXTENSOMÉTRICAS



# 2. PARTE EXPERIMENTAL

- PUNTOS DE MEDIDA Y MONTAJE



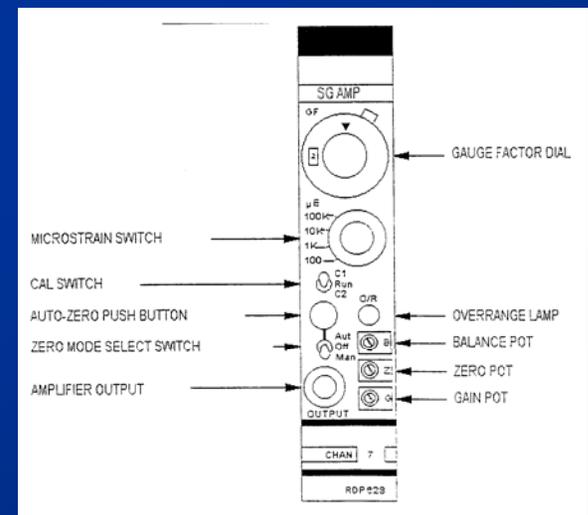
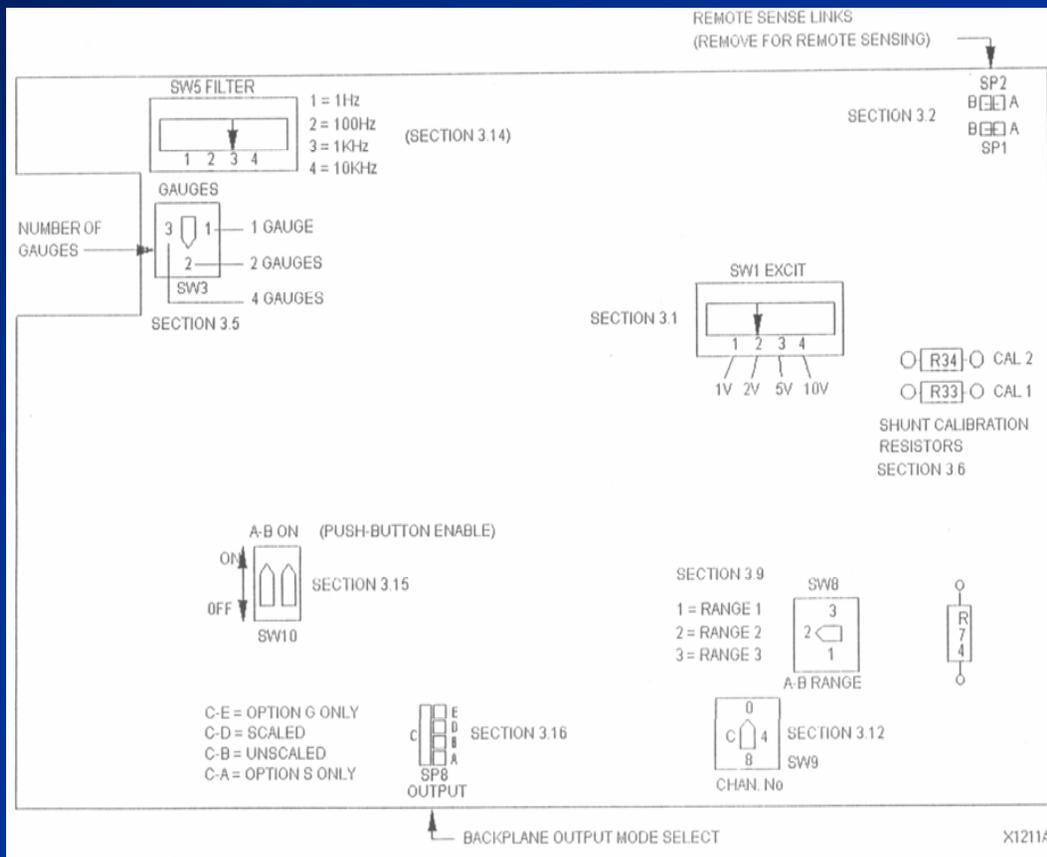
# 2. PARTE EXPERIMENTAL

- COLOCACIÓN DE LAS BANDAS



# 2. PARTE EXPERIMENTAL

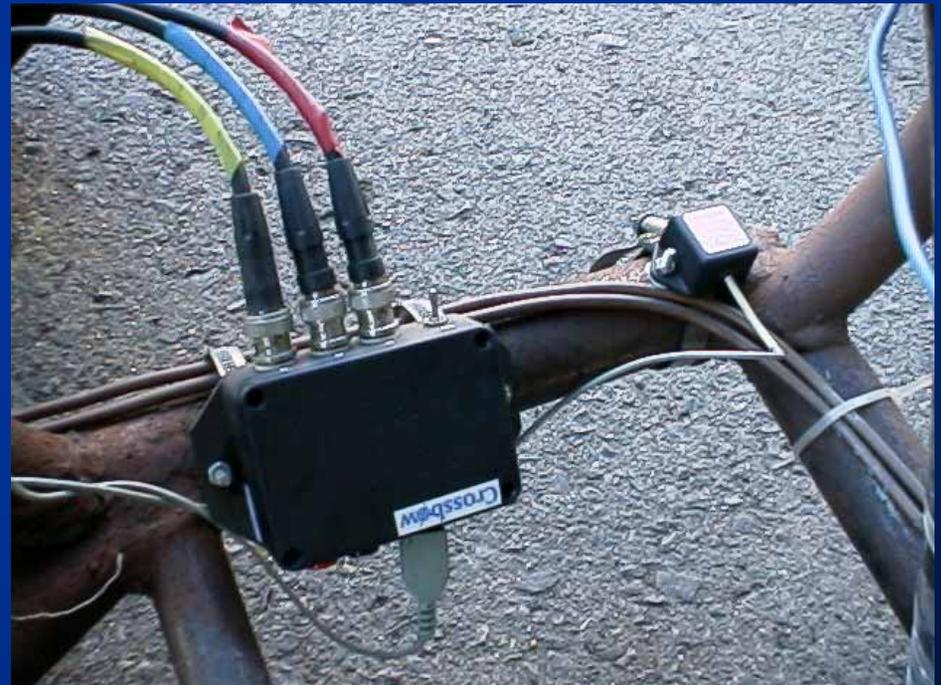
## • ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL



	FLEXIÓN	TORSIÓN
Excitación(SW1)	5V(pos 3)	5V(pos 3)
Número de Galgas	2(pos 2)	4(pos 3)
Filtro	10Hz(pos 1)	10Hz(pos 1)
Escala	1K $\mu\epsilon$	1K $\mu\epsilon$
Factor de galga	2.090	2.055

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

- MEDIDA MOVIMIENTO DEL CHASIS
  - A TRAVÉS DE CUATRO ACELERÓMETROS TRIAXIALES SITUADOS EN CADA UNA DE LAS ESQUINAS DEL CHASIS



# 2. PARTE EXPERIMENTAL

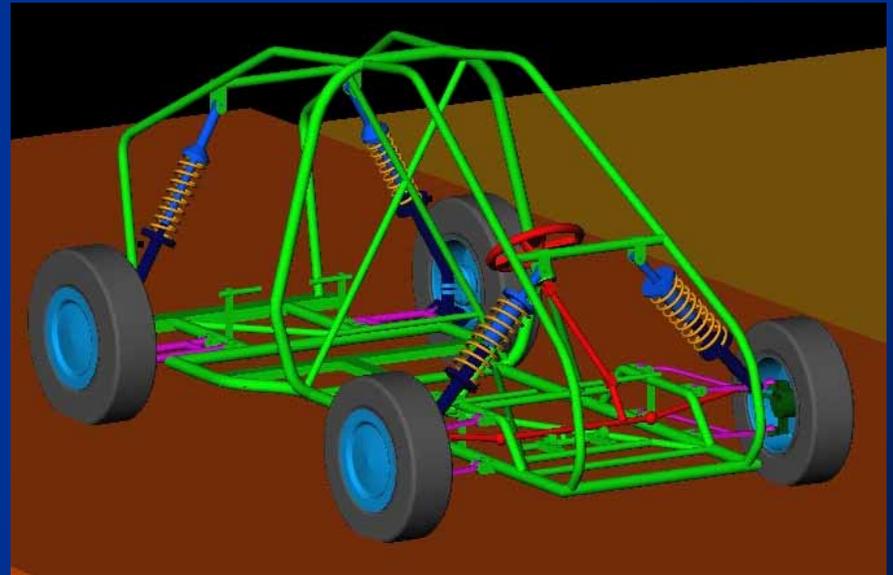
- PRUEBA DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



COSMOS				EXPERIMENTAL	
CASO	PESO (Kg)	MOMENTO (Nm)	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN	% DIF.
1	6,3	10,01	2,61E-05	2,70E-05	3,21%
2	6,1	9,689	2,53E-05	2,59E-05	2,30%
3	5,5	8,736	2,28E-05	2,39E-05	4,58%
4	4,5	7,148	1,87E-05	1,76E-05	-6,06%

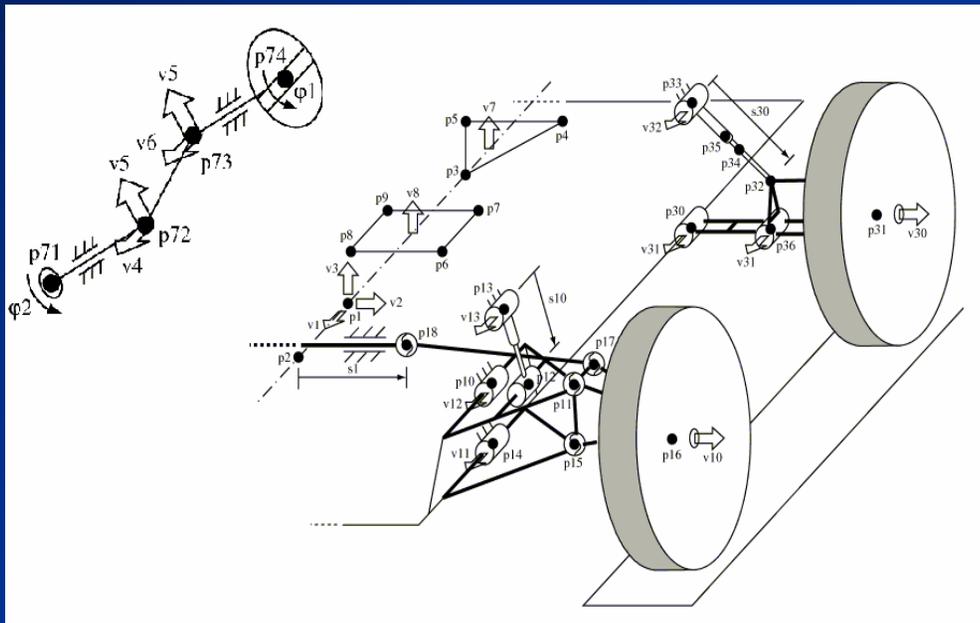
# 3. PARTE TEÓRICA

- Lugar de trabajo: centro de cálculo de la Escuela Politécnica Superior
- Estación de trabajo: SGI Octane, con procesador R12000@270 MHz.
- Lenguaje de programación: FORTRAN parte numérica  
C++ para la parte gráfica



# 3. PARTE TEÓRICA

- MODELIZACIÓN: sistema multicuerpo



283 variables

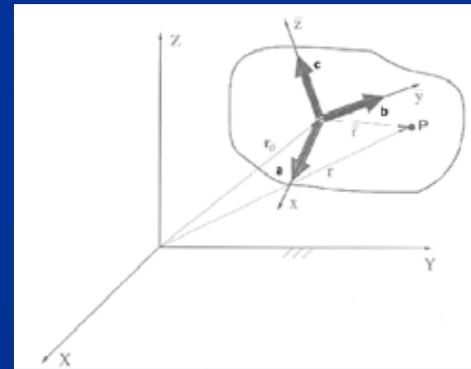
# 3. PARTE TEÓRICA

- MODELIZACIÓN EN COORDENADAS NATURALES
  - CHASIS FLEXIBLE

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{A}(\bar{\mathbf{r}}_u + \bar{\mathbf{u}})$$

$$\bar{\mathbf{u}}^* = \sum_{i=1}^{n_s} \bar{\Phi}_i \eta_i + \sum_{j=1}^{n_d} \bar{\Psi}_j \xi_j$$

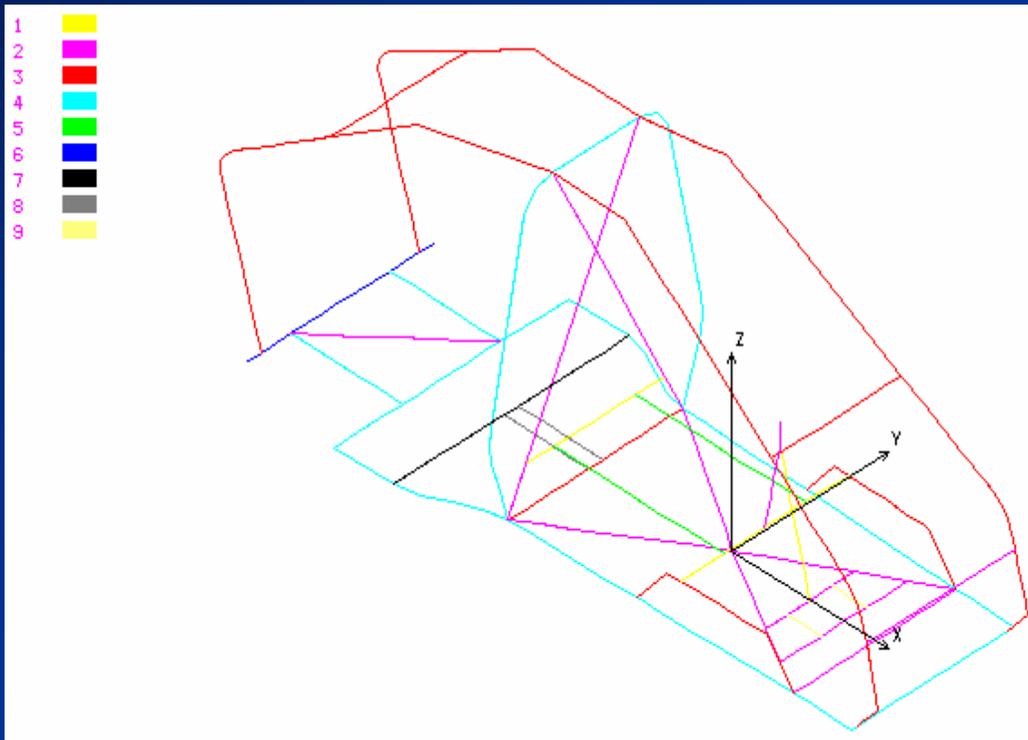
$$\dot{\mathbf{r}} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{v}^*$$



- RESTO DE ELEMENTOS RÍGIDOS

# 3. PARTE TEÓRICA

- **MODELIZACIÓN:** elementos finitos con COSMOS/M 2.0



- **MODOS DE DEFORMACIÓN ESTÁTICOS Y DINÁMICOS**
- **MATRIZ DE MASAS**
- **MATRIZ DE RIGIDEZ CONDENSADA A LOS NUDOS**

# 3. PARTE TEÓRICA

- ECUACIONES DINÁMICAS E INTEGRACIÓN

formulación  
Lagrangiana  
aumentada de  
índice-3

$$\mathbf{M} \cdot \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{\Phi}_q^T \cdot \boldsymbol{\alpha} \cdot \mathbf{\Phi} + \mathbf{\Phi}_q^T \cdot \boldsymbol{\lambda}^* = \mathbf{Q}$$

$$\boldsymbol{\lambda}_{i+1}^* = \boldsymbol{\lambda}_i^* + \boldsymbol{\alpha} \cdot \mathbf{\Phi}_{i+1}$$

regla  
trapezoidal  
implícita de  
paso simple

$$\dot{\mathbf{q}}_{n+1} = \frac{2}{\Delta t} \mathbf{q}_{n+1} + \hat{\mathbf{q}}_n$$

$$\ddot{\mathbf{q}}_{n+1} = \frac{4}{\Delta t^2} \mathbf{q}_{n+1} + \hat{\mathbf{q}}$$



$$\hat{\mathbf{q}}_n = -\left( \frac{2}{\Delta t} \mathbf{q}_n + \dot{\mathbf{q}}_n \right)$$

$$\hat{\mathbf{q}}_n = -\left( \frac{4}{\Delta t^2} \mathbf{q}_n + \frac{4}{\Delta t} \dot{\mathbf{q}}_n + \ddot{\mathbf{q}}_n \right)$$

# 3. PARTE TEÓRICA

- ECUACIONES DINÁMICAS E INTEGRACIÓN

combinando las ecuaciones dinámicas con el integrador

$$\mathbf{f}(\mathbf{q}_{n+1})=0$$

iteración de Newton-Raphson

$$\left[ \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}} \right]_i \Delta \mathbf{q}_{i+1} = -[\mathbf{f}(\mathbf{q})]_i$$

$$[\mathbf{f}(\mathbf{q})] = \frac{\Delta t^2}{4} (\mathbf{M} \cdot \ddot{\mathbf{q}} + \Phi_q^T \alpha \Phi + \Phi_q^T \lambda^* - \mathbf{Q})$$

$$\left[ \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}} \right] = \mathbf{M} + \frac{\Delta t}{2} \mathbf{C} + \frac{\Delta t^2}{4} (\Phi_q^T \alpha \Phi_q + \mathbf{K})$$

# 3. PARTE TEÓRICA

- ECUACIONES DINÁMICAS E INTEGRACIÓN

proyección de las velocidades

$$\left[ \mathbf{M} + \frac{\Delta t}{2} \mathbf{C} + \frac{\Delta t^2}{4} (\mathbf{\Phi}_q^T \alpha \mathbf{\Phi}_q + \mathbf{K}) \right] \dot{\mathbf{q}} = \left[ \mathbf{M} + \frac{\Delta t}{2} \mathbf{C} + \frac{\Delta t^2}{4} \mathbf{K} \right] \dot{\mathbf{q}}^* - \frac{\Delta t^2}{4} \mathbf{\Phi}_q^T \alpha \mathbf{\Phi}_t$$

proyección de las aceleraciones

$$\left[ \mathbf{M} + \frac{\Delta t}{2} \mathbf{C} + \frac{\Delta t^2}{4} (\mathbf{\Phi}_q^T \alpha \mathbf{\Phi}_q + \mathbf{K}) \right] \ddot{\mathbf{q}} = \left[ \mathbf{M} + \frac{\Delta t}{2} \mathbf{C} + \frac{\Delta t^2}{4} \mathbf{K} \right] \ddot{\mathbf{q}}^* - \frac{\Delta t^2}{4} \mathbf{\Phi}_q^T \alpha (\dot{\mathbf{\Phi}}_q \dot{\mathbf{q}} + \dot{\mathbf{\Phi}}_t)$$

# 3. PARTE TEÓRICA

- REPRODUCCIÓN MOVIMIENTO REAL
  - vector de 12 componentes aceleraciones locales
  - las posiciones tienen que cumplir restricciones

$$\ddot{\mathbf{q}} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\lambda} = \mathbf{A}(\mathbf{q}) \cdot \mathbf{a}$$

- multiplicando por la matriz identidad  $\mathbf{I}\ddot{\mathbf{q}} + \Phi_{\mathbf{q}}^T \boldsymbol{\lambda} = \mathbf{A}(\mathbf{q}) \cdot \mathbf{a}$

- seguimos un procedimiento similar a las ecuaciones dinámicas

- valores de salida:

$$\mathbf{q}_{t+\Delta t}, \dot{\mathbf{q}}_{t+\Delta t}, \ddot{\mathbf{q}}_{t+\Delta t}, \boldsymbol{\lambda}_{t+\Delta t}$$

# 4. DESCRIPCIÓN DE MANIOBRAS



**MANIOBRA DE  
FLEXIÓN**

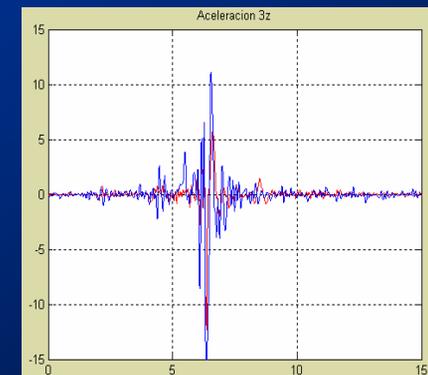
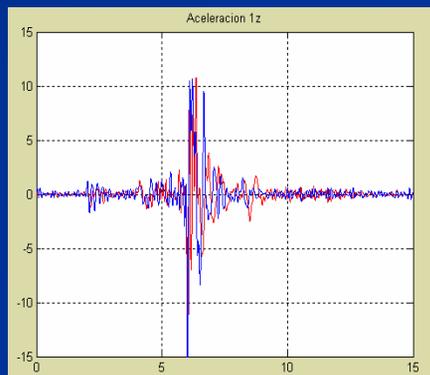
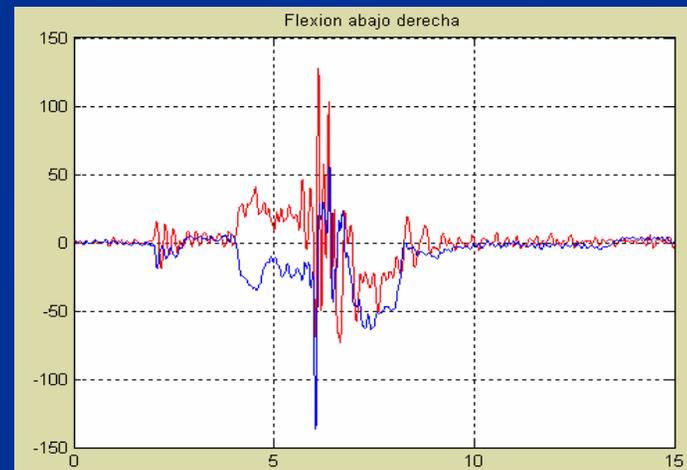
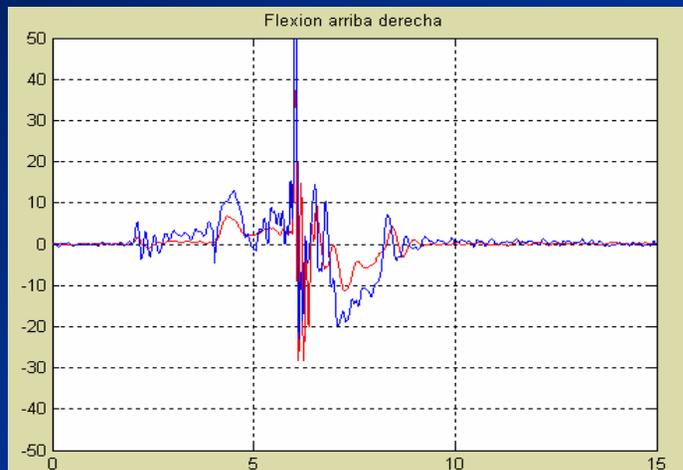


**MANIOBRA DE  
TORSIÓN**



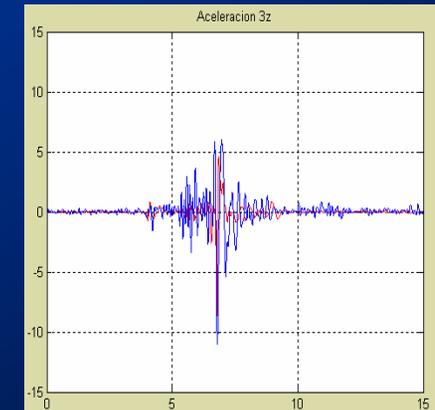
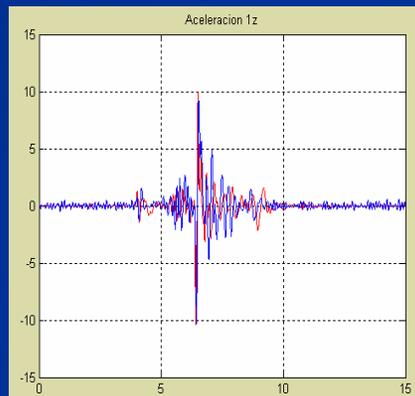
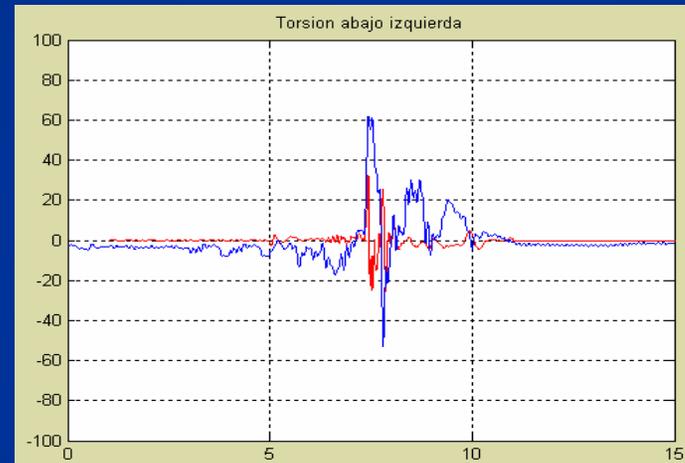
# 5. COMPARACIÓN RESULTADOS

- MANIOBRA DE FLEXIÓN



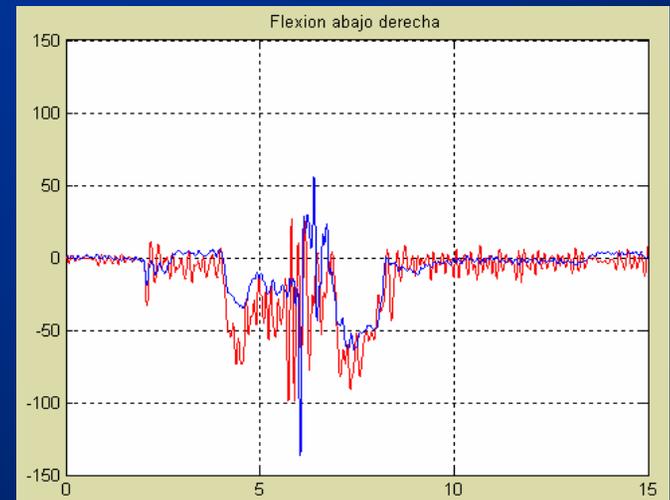
# 5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

- MANIOBRA DE TORSIÓN



# 6. CONCLUSIONES

- **NO INCLUSIÓN DE CIERTOS DETALLES CONSTRUCTIVOS**
  - soporte de PC y Deskstation
  - chapa metálica que soporta equipo de adquisición
  - unión de ruedas delanteras al chasis
- **GUIADO DEL MODELO**
  - guiado sobre las cuatro ruedas
  - incluir las fuerzas sobre ruedas
- **REACCIONES EN LA ACELERACIÓN Y FRENADO**



# 6. CONCLUSIONES

- **AFINAR REPARTO DE MASAS**
- **COMPROBAR EL AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL (análisis modal)**
- **DIFICULTADES EN MEDIDAS EXPERIMENTALES:**
  - colocación de las bandas en el prototipo
  - falta de recuperación cuando se alcanza un pico
- **EFICIENCIA:** seis veces el tiempo real de la maniobra
- **ROBUSTEZ:** muchas variables y distintas rigideces