

ESTUDIO TÉCNICO Y DOCUMENTACIÓN A EFECTOS DE  
HOMOLOGACIÓN DE LAS REFORMAS DE UN TURISMO  
MANTENIENDO LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR VÍAS PÚBLICAS



Iván Rodríguez Cambeiro  
Grado en Ingeniería Mecánica  
Curso 2023/24

# Introducción

- El fabricante de cualquier tipo de vehículo destinado a uso en vía pública debe cumplir una serie de normativas y reglamentos establecidos en el momento de la puesta en circulación.
- Los vehículos de competición se regulan mediante una normativa diferente que limita su circulación por vías públicas.



Vehículo uso vía pública



Vehículo competición

# Tipos de reforma

Reforma: modificación, instalación o sustitución de algún componente del vehículo posterior a su matriculación.

- Reforma de importancia menor → No requiere de homologación estricta
- Reforma de importancia → Legalización → Manual de Reformas

# Manual de Reformas de Vehículos

---

- Documento elaborado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo que establece las descripciones de las reformas tipificadas como de importancia, su codificación y la documentación precisa para su tramitación.
- Incluye los Actos Reglamentarios aplicables a cada Código de Reforma

# Actos Reglamentarios

- Criterios de aplicación:
  - Reformas tipo (1): El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma
  - Reformas tipo (2): El AR se aplica en la actualización en vigor a fecha de primera matriculación del vehículo.

**Un AR derogado puede ser válido para legalizar una reforma realizada  
en la actualidad**

# Vehículo objeto de estudio

- Marca: Honda
- Tipo: ED7
- Denominación comercial: Civic 1600 3P
- Fecha primera matriculación: 08/10/1991



# Reformas realizadas

---

- Modificación del sistema de suspensión
- Modificación del sistema de frenado
- Instalación jaula antivuelco
- Sustitución de asientos delanteros por otros deportivos
- Instalación cinturones de seguridad de tipo arnés



# Actos Reglamentarios afectados

- Dispositivos de protección trasera
- Emplazamiento de la matrícula posterior
- Dispositivos de visión indirecta
- Frenado
- Parásitos radioeléctricos
- Instalación de los dispositivos de alumbrado y señalización luminosa
- Guardabarros
- Masas y dimensiones
- Dispositivos de acoplamiento
- Protección delantera contra el empotramiento

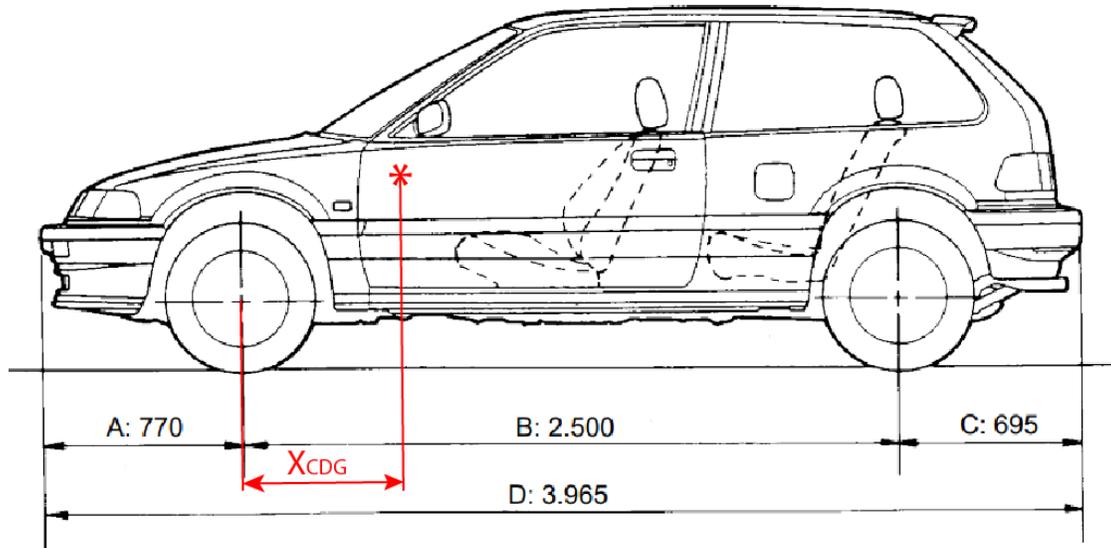
# Desplazamientos máximos carrocería

$$\text{Desplazamiento máx. del.} = \frac{MMA_{del} / 2}{k_1}$$

$$\text{Desplazamiento máx. tras.} = \frac{MMA_{tras} / 2}{k_2}$$

EJE	DELANTERO	TRASERO
Recorrido útil (mm)	100	95
Desplazamiento máx. (mm)	25,83	51,88
Diferencia	<b>74,17</b>	<b>43,12</b>

# Localización longitudinal CDG



$$\text{Masa eje trasero} * B = \text{Masa total} * X_{CDG}$$

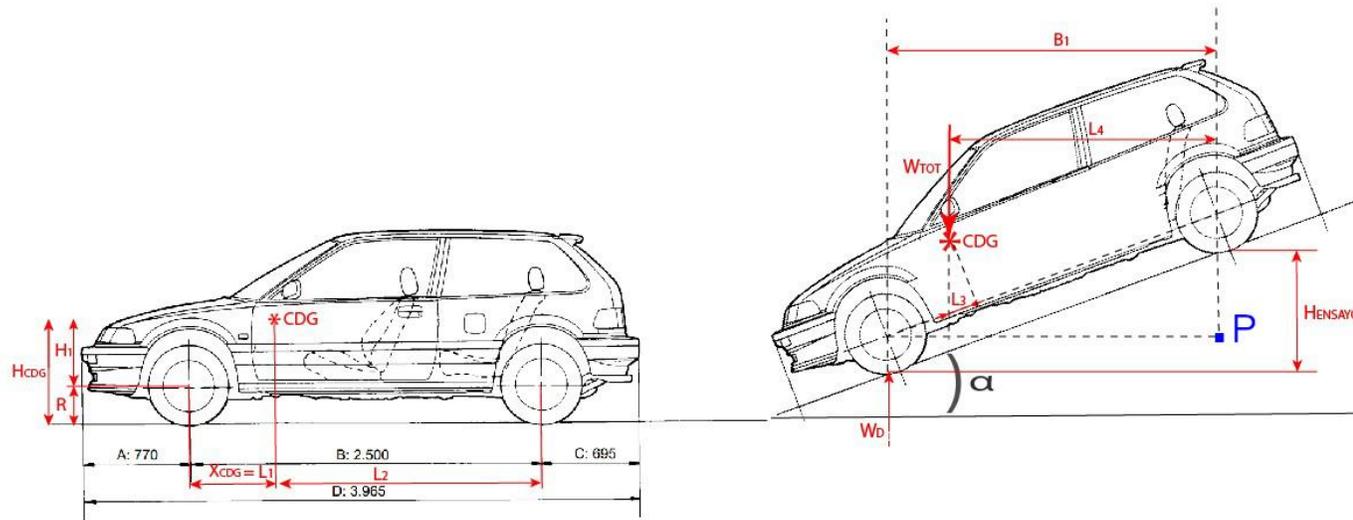
$$X_{CDG} = \frac{\text{Masa eje trasero} * B}{\text{Masa total}}$$

# Localización longitudinal CDG



$$X_{CDG} = 913,60 \text{ mm}$$

# Localización altura CDG



$$\text{sen } \alpha = \frac{H_{\text{ENSAYO}}}{B}$$

$$H_{\text{CDG}} = \frac{\frac{W_D * B}{W_{\text{TOT}}} - L_2}{\tan \alpha} + R$$

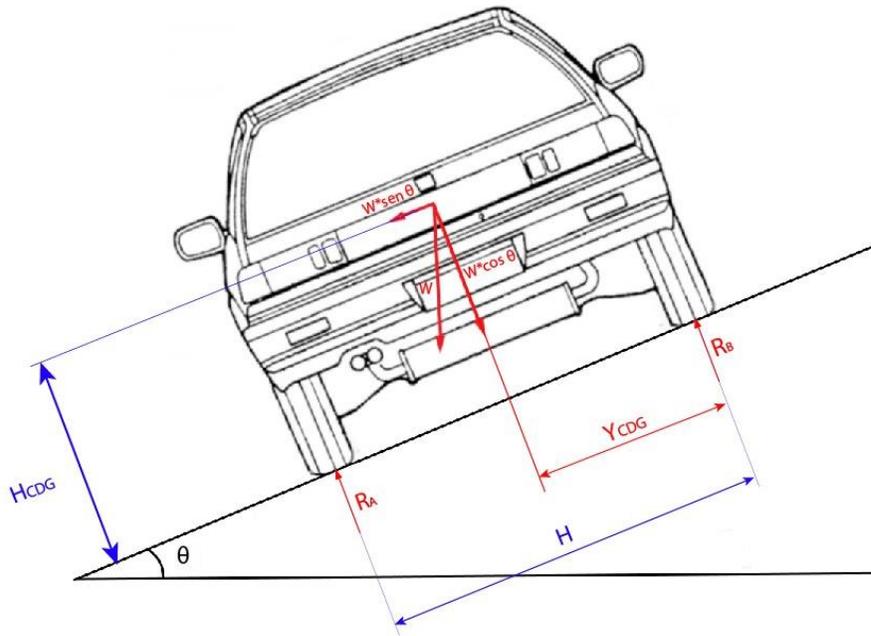
$$H_{\text{CDG}} = H_1 + R$$

# Localización altura CDG



$H_{CDG} = 460,18 \text{ mm}$

# Localización transversal CDG



$$Y_{CDG} = \frac{R_A * H - W * \sin \theta * H_{CDG}}{W * \cos \theta}$$

# Localización transversal CDG



$$Y_{CDG} = 665,60 \text{ mm}$$

# Frenado

- **Manual de Reformas:** Frenos: 7.1 Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes.



Frenada eje delantero  
antes de reforma



Frenada eje delantero  
después de reforma

# Frenado



Bomba principal freno  
después/ antes de  
reforma



Servofreno  
antes/después  
de reforma

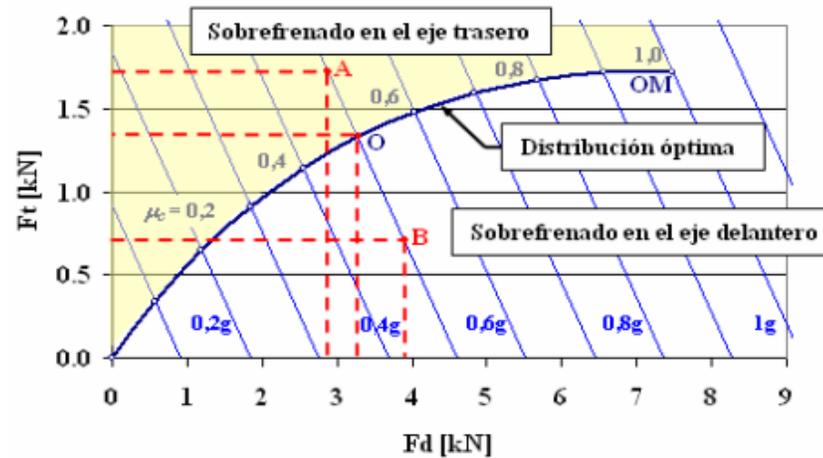
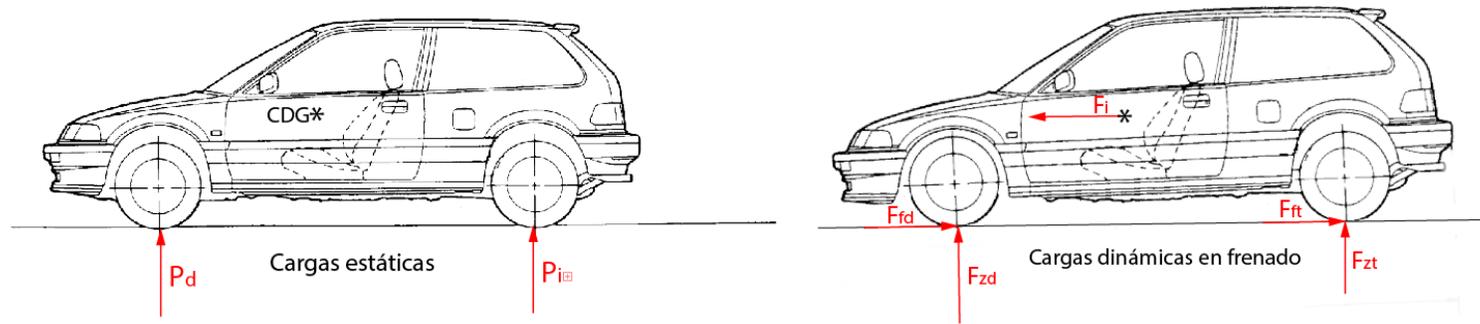
# Actos Reglamentarios afectados

- Mecanismos de dirección
- Frenado
- Parásitos radioelétricos
- Acondicionamiento interior

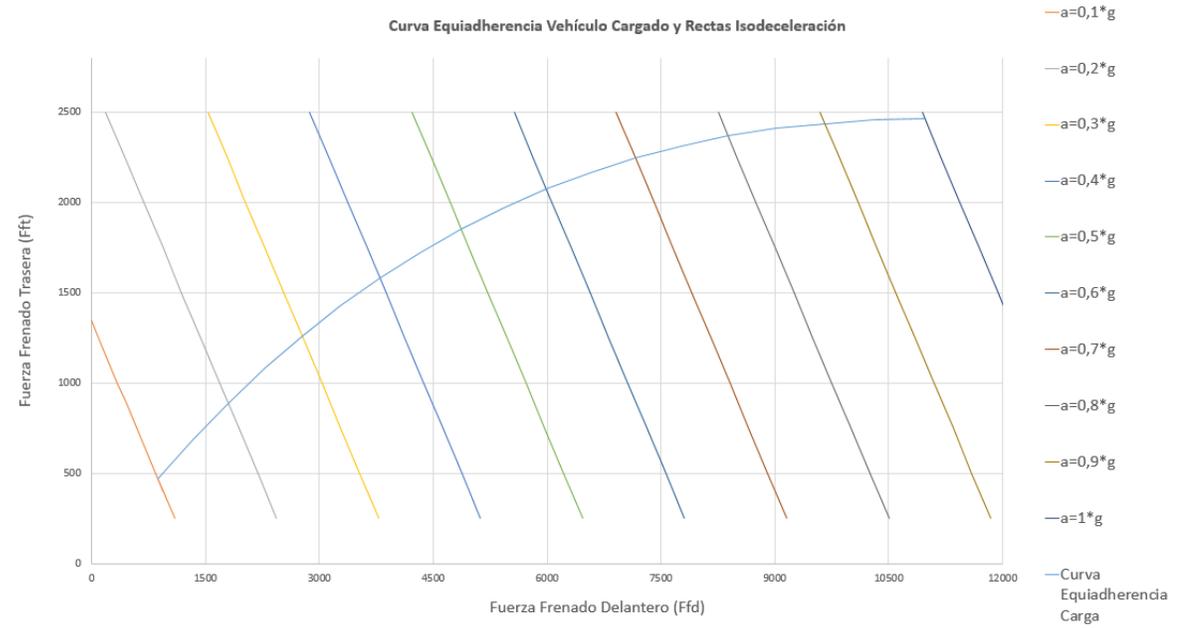
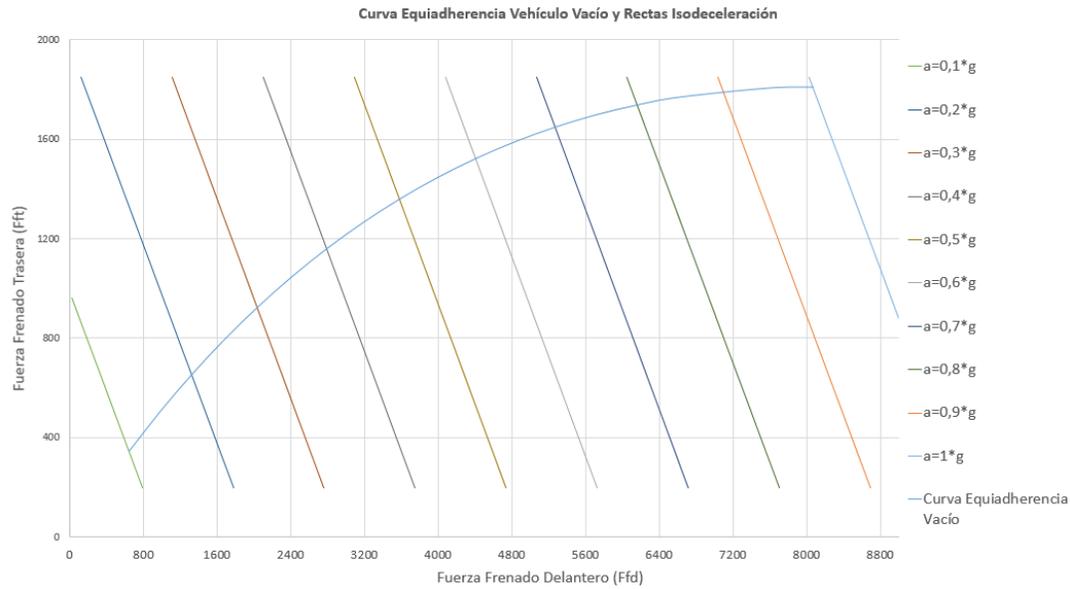
# Frenado

	ANTES REFORMA	DESPUÉS REFORMA
Fuerza sobre forro de freno eje delantero (kN)	26,57	32,93
Fuerza sobre forro de freno eje trasero (kN)	9,32	11,86
Par frenada eje delantero (N*m)	2367,7	3455,75
Par frenada eje trasero (N*m)	873,4	1181,05
Presión suministrada por la bomba (Mpa)	13,0082	13,068

# Frenado: Curvas Equiadherencia



# Frenado: Curvas Equiadherencia



# Jaula antivuelco de 6 puntos

- **Manual de Reformas:**

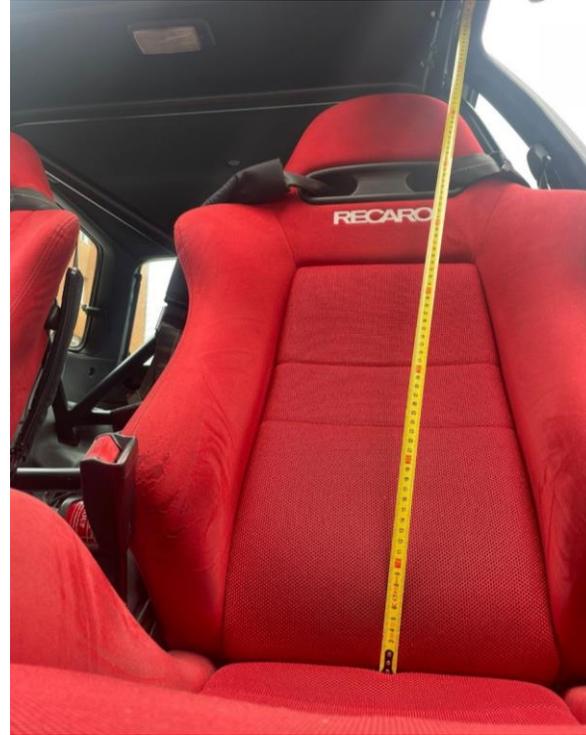
- Carrocería: 8.1. Reducción de plazas de asiento
- Carrocería: 8.33. Instalación o desinstalación arco de seguridad interior contra vuelco



# Actos Reglamentarios afectados

- Carrocería: 8.1. Reducción de plazas de asiento
  - Resistencia de los asientos
  - Anclajes de los cinturones de seguridad
  - Cinturones de seguridad y sistemas de retención
  - Masas y dimensiones (automóviles)
- Carrocería: 8.33. Instalación o desinstalación arco de seguridad interior contra vuelco
  - Acondicionamiento interior
  - Masas y dimensiones

# Acondicionamiento Interior



# Resistencia mecánica estructura

$$F_{MMA} = 2 * MMA * g = 26879,4 \text{ N}$$

$$\sigma_{RES} = F_{MMA} / A$$

<b>Ø 40 mm, e= 2 mm</b>	<b>Ø 45 mm, e = 2,5 mm</b>
A = 238,76 mm <sup>2</sup>	A = 333,79 mm <sup>2</sup>
$\sigma_{RES} = 112,58 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{RES} = 80,51 \text{ N/mm}^2$

<b>ACERO E-355</b>
$\sigma_e = 295 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{RES} < \sigma_e$$

# Sustitución asientos delanteros

- **Manual de Reformas:** Carrocería: 8.10. Sustitución de asiento por otro distinto



# Actos Reglamentarios afectados

---

- Cerraduras y bisagras
- Dispositivos de visión indirecta
- Parásitos radioeléctricos
- Acondicionamiento interior
- Resistencia de los asientos
- Anclajes de los cinturones de seguridad
- Cinturones de seguridad y sistemas de retención
- Masas y dimensiones (automóviles)

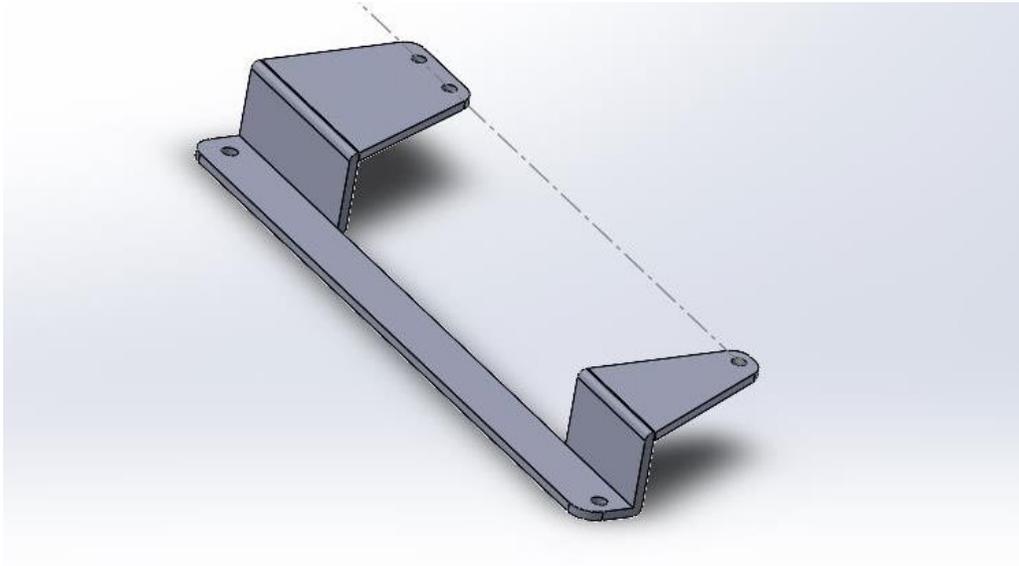
# Diseño bases adaptadoras asiento

- Base túnel central



# Diseño bases adaptadoras asiento

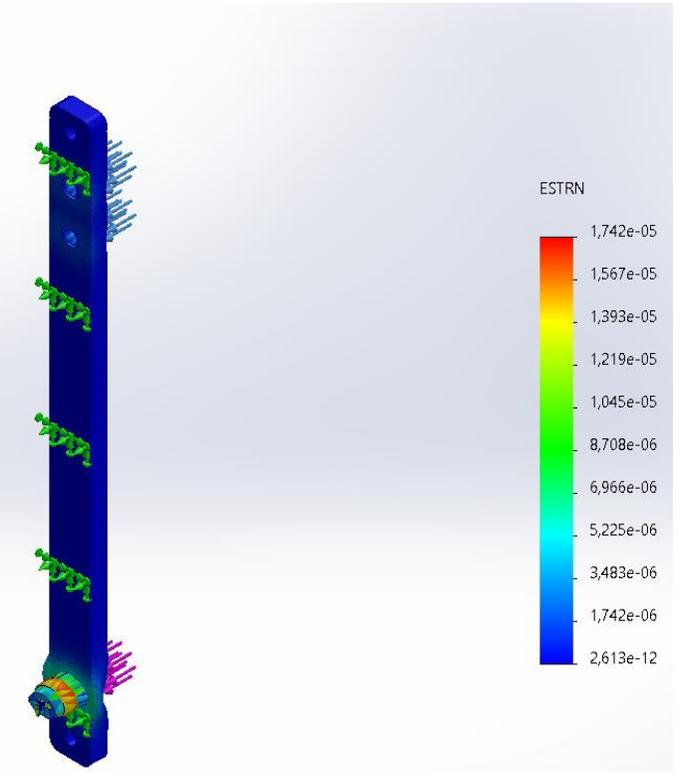
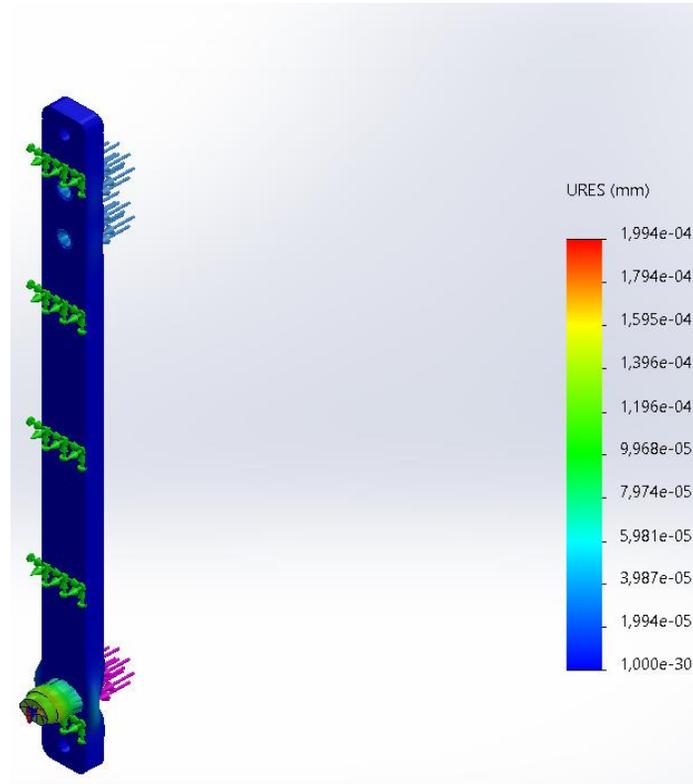
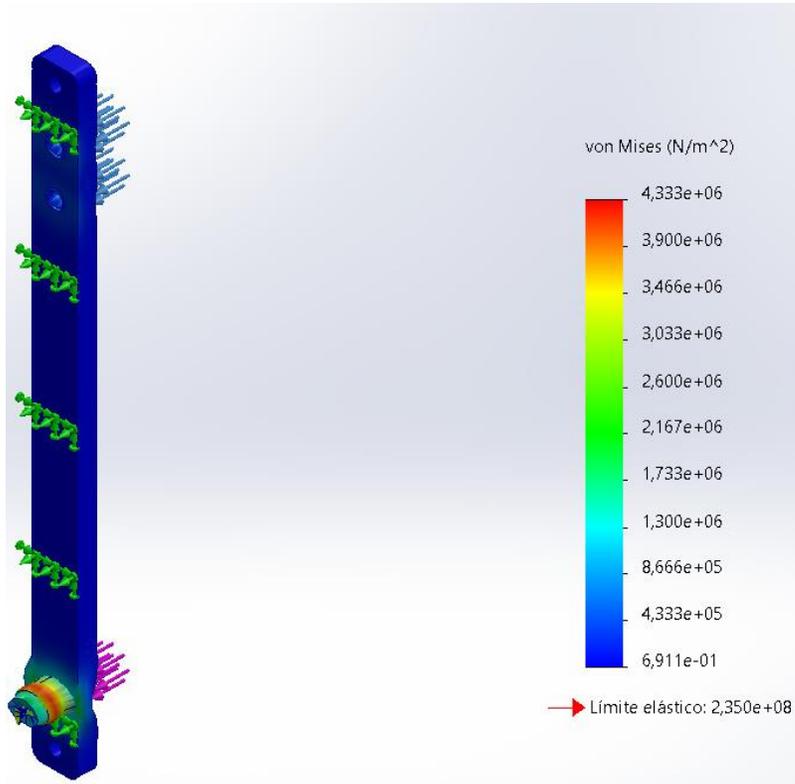
- Base umbral de puerta



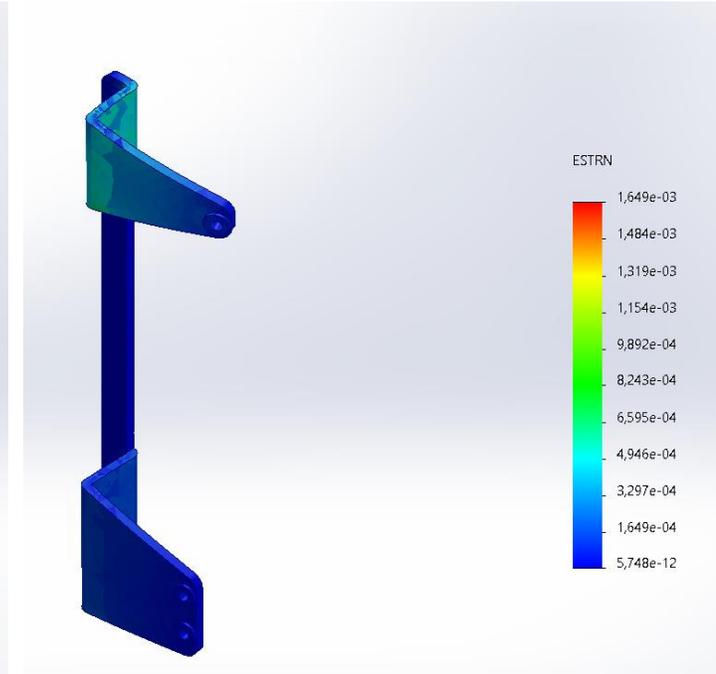
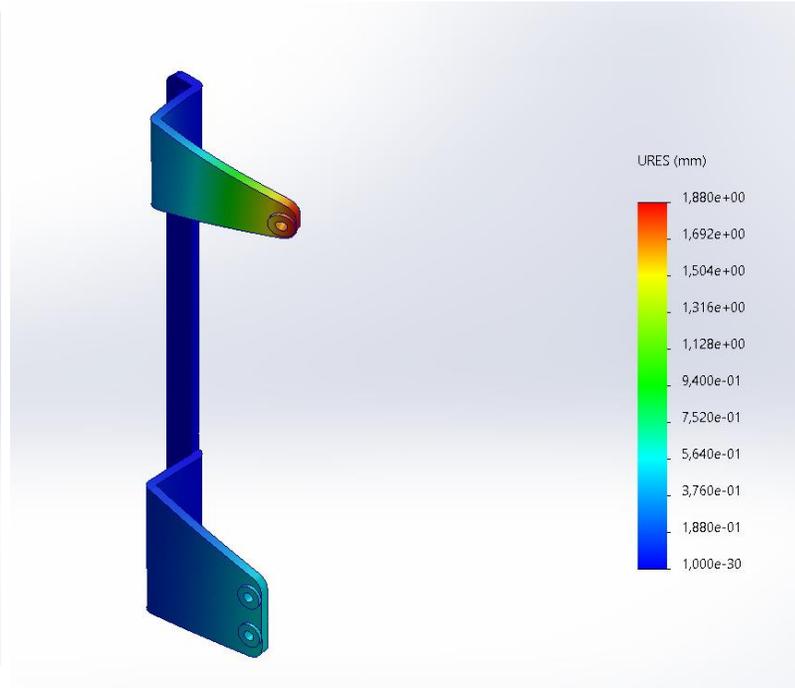
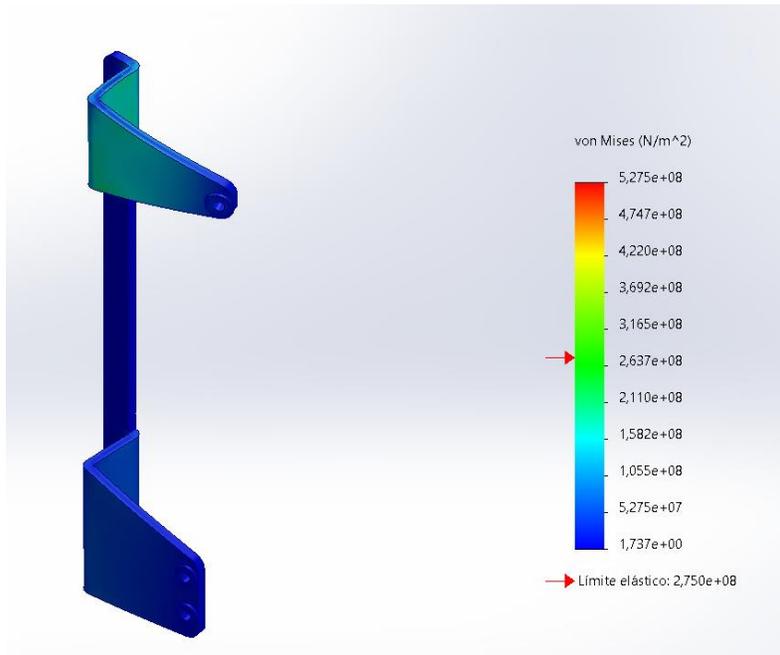
# Análisis FEM bases adaptadoras

- Hipótesis de carga:
  - Masa ocupante: 75 kg
  - Masa asiento: 20 kg
  - Coeficiente de seguridad: 2
- $F_{total} = m_{conjunto} * g * CS = 1863,9 \text{ N}$
- Reparto cargas:
  - 80% intersección culera-respaldo asiento
  - 20% zona delantera culera

# Análisis FEM bases adaptadoras



# Análisis FEM bases adaptadoras



# Instalación cinturones de tipo arnés

- **Manual de Reformas:** Carrocería: 8.11. Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje.



# Actos Reglamentarios afectados

- Resistencia de los asientos
- Anclajes de los cinturones de seguridad
- Cinturones de seguridad y sistemas de retención

# Tornillería arneses

- Tornillería Whitworth 7/16, Clase 8.8

$$F_{v,Rd} = n * 0,6 * R_m * A / \gamma = 37,25 \text{ kN}$$

$$F_{i \text{ choque}} = m_{ocupante-asiento} * a_{choque}$$

$$V_f^2 = V_o^2 + 2 * a_{choque} * d$$

$$a_{choque} = -11,01 \text{ g}$$

$$F_{v,Ed} = 2 * F_{i \text{ choque}} = 20,52 \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}}$$

# Presupuesto

- Documentación y redacción

CONCEPTO	TIEMPO (H)	COSTE UNITARIO (€/H)	COSTE TOTAL (€)
Sistema suspensión	2	60	120
Frenada	2	60	120
Jaula antivuelco	1,5	60	90
Asientos delanteros	1,5	60	90
Cinturones de seguridad tipo arnés	1	60	60
SUBTOTAL M.O DOCUMENTACIÓN Y REDACCIÓN (€)			480

# Presupuesto

- Diseño y análisis FEM

CONCEPTO	TIEMPO (H)	COSTE UNITARIO (€/H)	COSTE TOTAL (€)
Mediciones vehículo	1	60	60
Diseño bases adaptadoras	2	80	160
Análisis FEM	1,5	80	120
SUBTOTAL M.O DISEÑO Y ANÁLISIS FEM (€)			340

- Ensayos

CONCEPTO	UNIDAD	COSTE UNITARIO (€)	COSTE TOTAL (€)
Ensayo posición CDG	1	150	150
SUBTOTAL M.O ENSAYOS (€)			150

# Presupuesto

- Resumen

CONCEPTO	COSTE (€)
SUBTOTAL M.O DOCUMENTACION Y REDACCION	480
SUBTOTAL M.O DISEÑO Y ANÁLISIS FEM	340
SUBTOTAL ENSAYOS	100
COSTE TOTAL	980 €

**Coste total realización estudio técnico y documentación correspondiente: 980€**



Gracias por su atención