



**Universidad**  
Zaragoza

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA  
UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**



**Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura**  
**Universidad Zaragoza**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

# **EI AUTOMÓVIL Y SU SEGURIDAD**

**ESPECIALIDAD**  
**MECÁNICA**

**ALUMNO**  
**JORGE Cerdán Falces**

**DIRECTORES DEL PROYECTO**  
**SANTIAGO BASELGA ARIÑO**  
**JAVIER ABAD BLASCO**

Junio 2013  
**TOMO 2/2. ANEXOS**



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO I. CÁLCULOS**

### **ANEXO II. PLANOS**

#### **PLANO 1**

HOJA 1. BMW SIN COTAS  
HOJA 2. BMW CON COTAS

#### **PLANO 2**

HOJA 1. DISPOSITIVO HIDRÁULICO

#### **PLANO 3**

HOJA 1. VISTA EN PLANTA  
HOJA 2. VISTA EN PLANTA. CON ASIENTOS  
HOJA 3. VISTA EN PLANTA. ANCLAJE

#### **PLANO 4**

HOJA 1. ANCLAJE DISPOSITIVO 1  
HOJA 2. ANCLAJE DISPOSITIVO 2



# ANEXO I

## CÁLCULOS



## Cálculos

Lo que vamos a exponer a continuación son los cálculos de la nueva propuesta de investigación que acabamos de describir.

En un principio, hemos pensado en calcular presiones del amortiguador para saber cuál es la reducción de fuerza en éste. Luego, comprobaremos energías disipadas, y si seguimos, podemos calcular el incremento de tiempo en el que está actuando. Si todo sale bien, podemos calcular más tarde el dispositivo a pandeo, ya que trabaja a compresión.

Para comenzar, vemos que el calor generado en el proceso del cilindro pistón es:

$$Q = m c (T_f - T_i)$$

Depende de la masa, el calor específico de la sustancia y de las temperaturas tanto final como inicial. En un espacio de tiempo tan reducido como es los milisegundos en los que esto tiene lugar podemos pensar que el fluido no alcanzará una temperatura tan alta como para que este calor pueda ser apreciable frente a la gravedad del impacto. Es decir, no disipará demasiada energía; no mediante el calor.

Como disponemos únicamente de energía disipada por fricción del fluido con las paredes del amortiguador, podemos pensar que esta no será la forma más adecuada de reducir la energía, ya que será mínima. La reducción la tenemos que realizar mediante otra forma de energía; energía disipada en deformación.

De todos modos, hemos utilizado el programa Termograf v5.6 para analizarlo.

El aceite utilizado en los amortiguadores hidráulicos suele ser un aceite que cumple una serie de requisitos:

- Viscosidad poco variable con los cambios de temperatura
- Fluidez adecuada para pasar a través de los orificios calibrados
- Estanqueidad gracias a las juntas tóricas

Habíamos considerado un amortiguador con estas características, pero también vamos a considerar la posibilidad de uno a gas, pues en el programa utilizado no podemos modelar los procesos con aceite.



## Sustancias

Vamos a considerar por igual el hecho de que sea un amortiguador hidráulico o neumático. La principal diferencia entre éstos va a ser la presión de trabajo que pueden llegar a soportar. Nosotros sólo nos centraremos en la energía disipada, y ya que no podemos simular el proceso del aceite, cogeremos nitrógeno para simplemente obtener una idea numérica de la energía disipada en este proceso.

Nitrógeno. Hemos escogido este gas debido a sus propiedades para realizar este tipo de trabajos, ya que no es inflamable debido a su triple enlace atómico. No es inflamable ya que para romper un enlace triple covalente hace falta una cantidad de energía que no vamos a conseguir en ese dispositivo cilindro- pistón. Habría peligro de explosión si tenemos riesgo de que salte chispa eléctrica, no siendo así en nuestro caso. El rozamiento de las paredes no va a ser tan grande como para que llegue a suceder esto. En el caso de que por alguna razón hubiera peligro, lo descartaríamos y seleccionaríamos otro elemento. De todas maneras incluimos los datos:

A la hora de modelar el proceso en el termograf lo consideraremos como gas perfecto; Esto quiere decir que nos estamos centrando en un gas en la que se cumplen unos requisitos:

$$Pv=RT \quad U=u(T) \quad H=h(T) \quad Cp= \text{cte.} \quad Cv= \text{cte.}$$

Sabemos que el estado inicial se encuentra en unas condiciones tales que:

$$P=P_{\text{atm}}=1 \text{ atm}$$

$$T=T_{\text{amb}}=20^{\circ}\text{C}$$

El termograf nos da las demás propiedades:

Estado 1:  $P$  101.325 kPa  
 $V$  0.85861 m<sup>3</sup>/Kg  
 $T$  293.15 K  
 $U$  217.215 kJ/kg  
 $H$  304.213 kJ/kg  
 $S$  6.81388 kJ/(kg\*K)

El proceso que tiene lugar en el cilindro-pistón no es adiabático, pues existe energía disipada en forma de calor, no es isócoro, pues el volumen varía ni tampoco es isobaro pues la presión no permanece constante.

Entonces lo podemos acercar a un politrópico libre, de índice  $n=1.01$ . Lo aproximamos a este valor ya que un adiabático presenta un  $n= 1.4$ , así que siendo optimistas, este



proceso se da con un 1.01; donde el calor disipado es máximo. Para  $n$  más bajo de 1 la variación de energía interna es negativa.

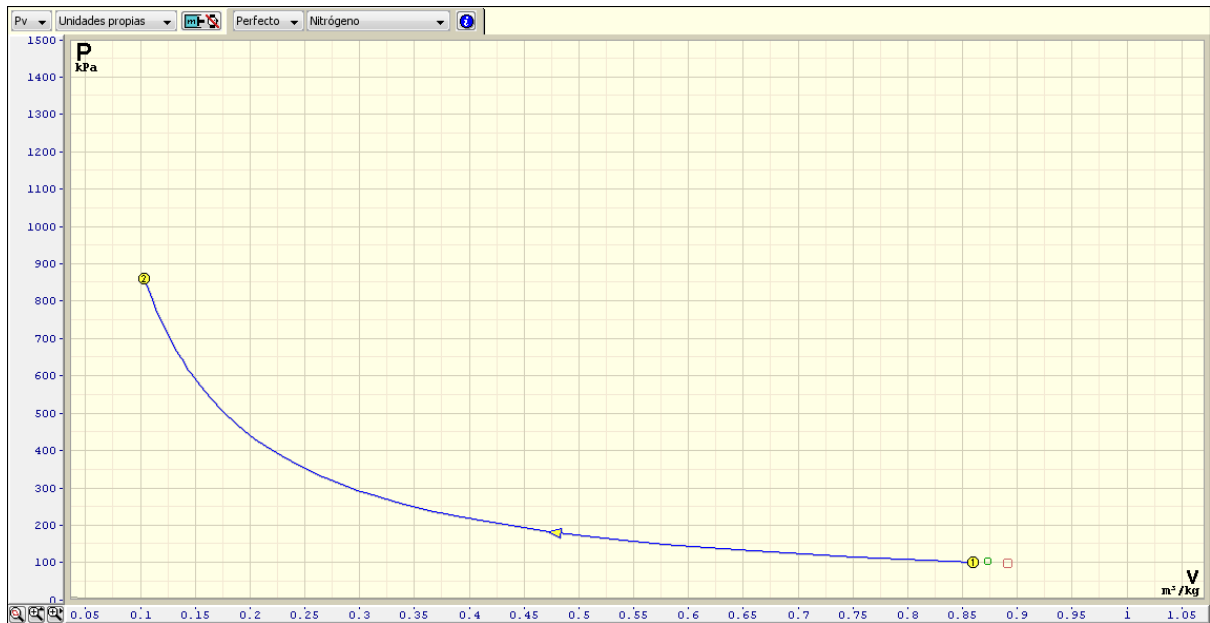


Figura 1. Gráfica termograf

Y nos da las propiedades del estado 2.

Estado 2: P 862.494 kPa  
V 0.10303 m<sup>3</sup>/Kg  
T 299.432 K  
U 221.903 kJ/kg  
H 310.765 kJ/kg  
S 6.20046 kJ/(kg\*K)



Proc.12		n	1.01	
Est.1		Est.2		n 1.01
P	101.325	P	862.494	kPa
v	0.85861	v	0.10303	m³/kg
T	293.15	T	299.432	K
u	217.215	u	221.903	kJ/kg
h	304.213	h	310.765	kJ/kg
s	6.81388	s	6.20046	kJ/(kg·K)
Proc.12		Total		
m	5.854E-3	5.854E-3	kg	
W:	<b>-1.09137</b>	<b>-1.09137</b>	kJ	
Q:	<b>-1.06393</b>	<b>-1.06393</b>	kJ	
ΔU:	<b>0.027442</b>	<b>0.027442</b>	kJ	
ΔH:	<b>0.038356</b>	<b>0.038356</b>	kJ	

Legend: P, v, T, u, h, s, a<sub>r</sub>, a  
m, W, Q, ΔU, ΔH, ΔS, Δa<sub>r</sub>, η, η', γ=β

Figura 2. Datos de las propiedades de los estados

Q disipado = 1.06393 kJ

Vemos que el calor disipado es insignificante. Los cálculos de la fuerza, que íbamos a continuación a realizar, no proceden, pero ya que los hemos hecho, diremos cómo.

Fuerza del impulso en el accidente:  $8Tn. = 73 \text{ kN}$ .

Fuerza reducida en el primer muelle:  $F=1/2 * K1 * X1$

$X1= 75\text{mm}$      $K1=10000\text{N/m}$

$F=0.375\text{kN}$



Fuerza reducida en el conjunto de los 2 muelles (actúan en paralelo;  $K_{tot}=7500 \text{ N/m}$ )

$$F=1/2 \cdot K_{tot} \cdot X^2$$

$$X=25 \text{ mm}$$

$$F = 0.375 \text{ kN}$$

F reducida en los muelles = 0.75 kN. Vemos que no es una cantidad muy grande, pero ya queda la fuerza inicial en  $73\text{kN} - 0.75\text{kN} = 72.75 \text{ kN}$

$$\text{Amortiguador: } F = p \cdot A$$

Cabe decir, que la manera de entender el anterior dispositivo es compleja, por ello hemos conseguido unas tablas de amortiguadores comerciales que sabemos exactamente cómo funcionan. Colocamos aquí la tabla para hacernos una idea de las dimensiones que pueden tener los cilindros. Los cálculos los vamos a realizar teniendo como si se tratara de un elemento comercial, ya que simplifica mucho más las cosas.

TABLA DE SECCIONES Y FUERZAS  
AREAS AND FORCES TABLE

Ø PISTON	Ø VASTAGO PISTON ROD Ø	SECCIONES (cm <sup>2</sup> ) AREAS (cm <sup>2</sup> )			FUERZAS (kg)* FORCES (kg)*		
		PISTON	VASTAGO PISTON ROD	ANULAR ANNULAR	EMPUJE PUSH	TRACCION PULL	DIFFERENCIAL DIFFERENTIAL
40	22	12,57	3,80	8,77	2.827,4	1.972,1	855,3
	28		6,16	6,41		1.442,0	1.385,4
50	28	19,64	6,16	13,48	4.417,9	3.032,4	1.385,4
	36		10,18	9,46		2.127,6	2.290,2
63	36	31,17	10,18	20,99	7.013,8	4.723,6	2.290,2
	45		15,90	15,27		3.435,3	3.578,5
80	45	50,27	15,90	34,36	11.309,8	7.731,3	3.578,5
	56		24,63	25,64		5.768,0	5.541,8
100	56	78,54	24,63	53,91	17.671,5	12.129,7	5.541,8
	70		38,48	40,06		9.012,5	8.659,0
125	70	122,72	38,48	84,23	27.611,7	18.952,7	8.659,0
	90		63,62	59,10		13.297,8	14.313,9
160	90	201,06	63,62	137,45	45.239,0	30.925,1	14.313,9
	110		95,03	106,03		23.856,5	21.382,5
200	125	314,16	122,72	191,44	70.686,0	43.074,3	27.611,7
	140		153,94	160,22		36.049,9	34.636,1
250	140	490,87	153,94	336,93	110.445,8	75.809,6	34.636,1
	180		254,47	236,40		53.190,1	57.255,7

Figura 3. Tabla de secciones y fuerzas de amortiguadores comerciales

$$\text{Altura} = 250\text{mm}$$

$$\text{Diámetro} = 160 \text{ mm}$$

$$\text{Área} = \pi \cdot r^2; A = 2.0106 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$P? \quad P = \text{presión final del proceso} = 862.494 \text{ kPa}$$

$$F = 17.34 \text{ kN.}$$





Fuerza que le llega al ocupante =  $72.75 - 17.34 = 55.4$  kN.

Reducción % =  $100 * (F_{\text{inicial}} - F_{\text{final}}) / F_{\text{inicial}} = 24.097$  %

Esta fuerza se repartiría entre los 2 dispositivos que hay colocados.

No se llega a reducir tanta fuerza como lo esperado, ya que es un dispositivo cilindro pistón bastante grande. Podríamos seleccionar otro de mayores dimensiones; se reduciría más la fuerza, pero seguiríamos con la falta de disipación de la energía acumulada.

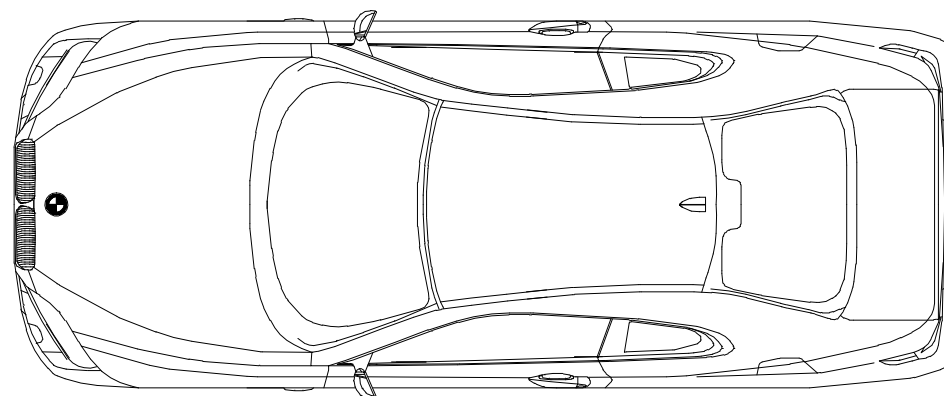
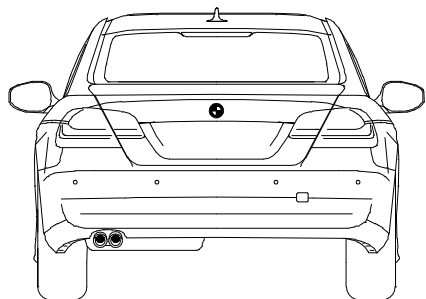
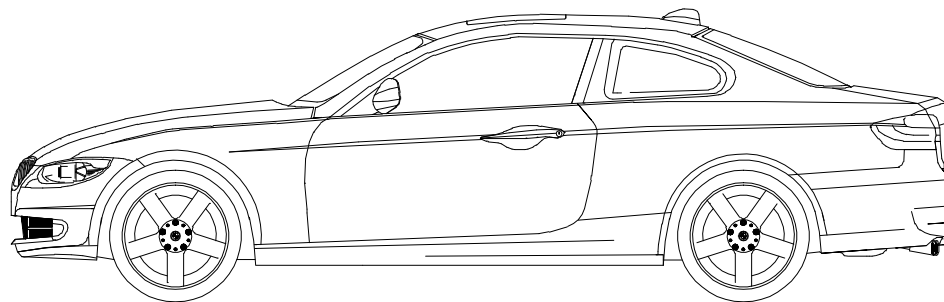
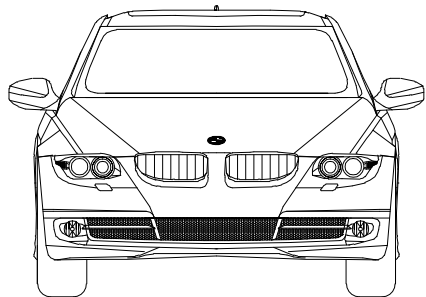
Además, estamos viendo un accidente a 80 Km/h. A 120 Km/h la fuerza se eleva a más de 11 Tn.

Ya no vamos a calcular el tiempo en el que ocurre todo esto, pues es indiferente.

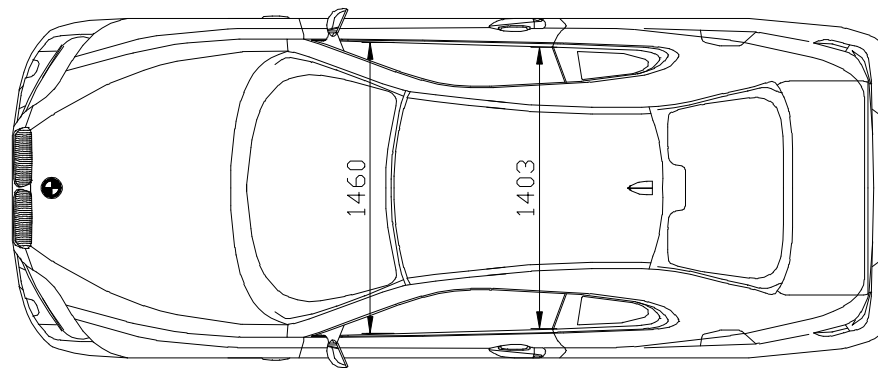
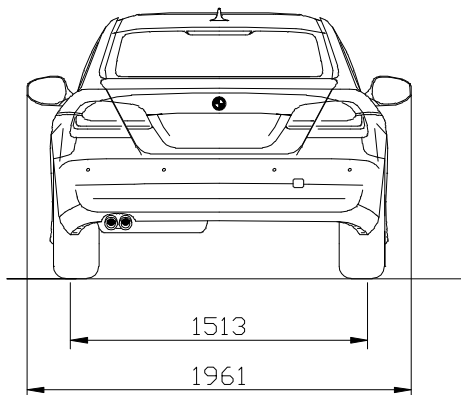
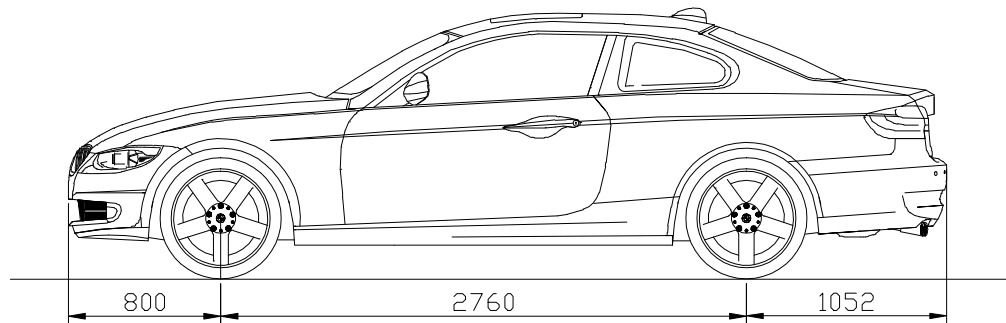
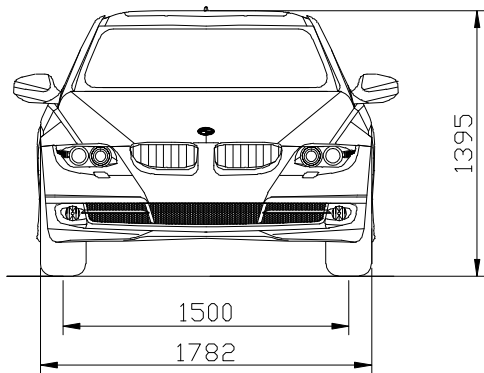


# ANEXO II

## PLANOS

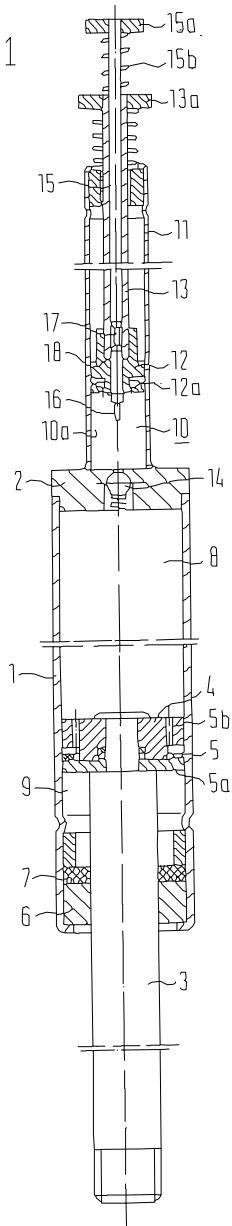


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdán Falces		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Planos BMW Sin cotas			Plano: 1
S/N				Hoja: 1
				Especialidad: Mecánica



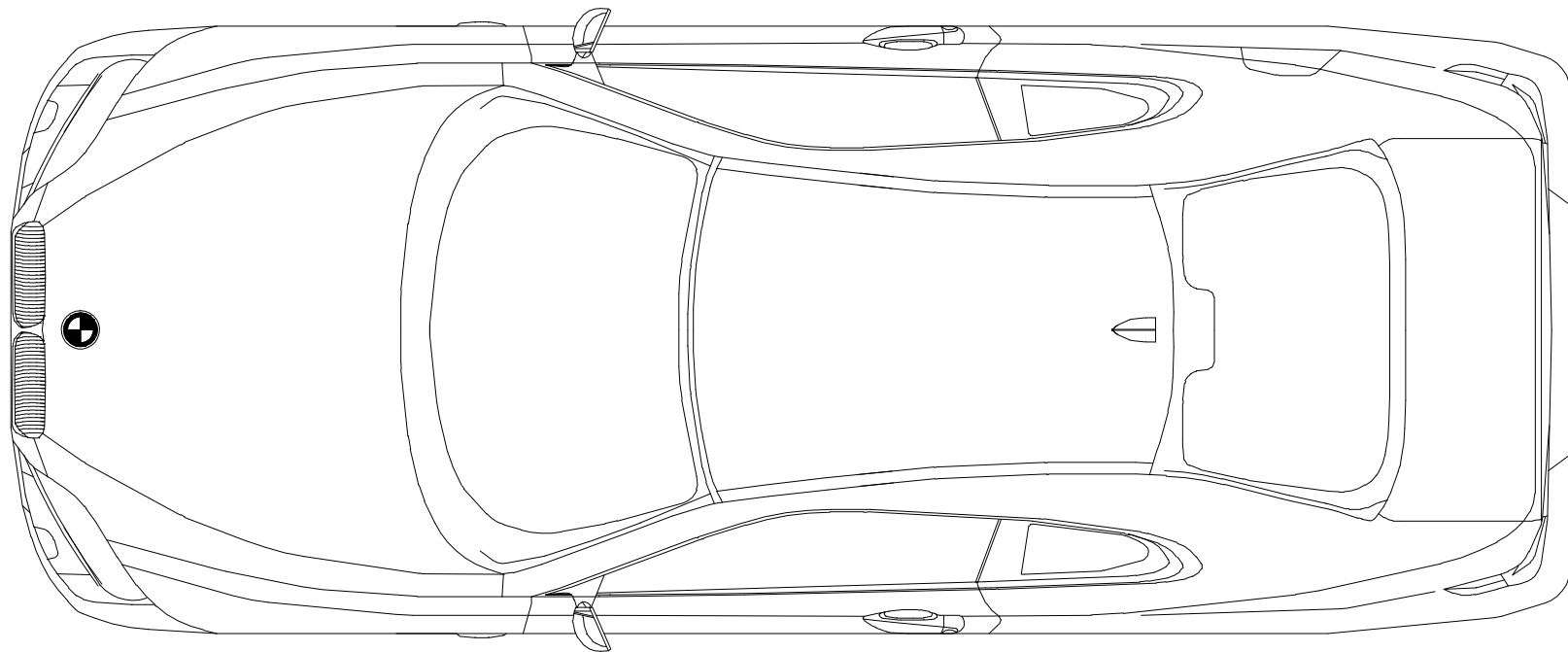
	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdán Falces		ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Planos BMW			Plano: 1
1:40				Hoja: 2
				Especialidad: Mecánica

FIG 1

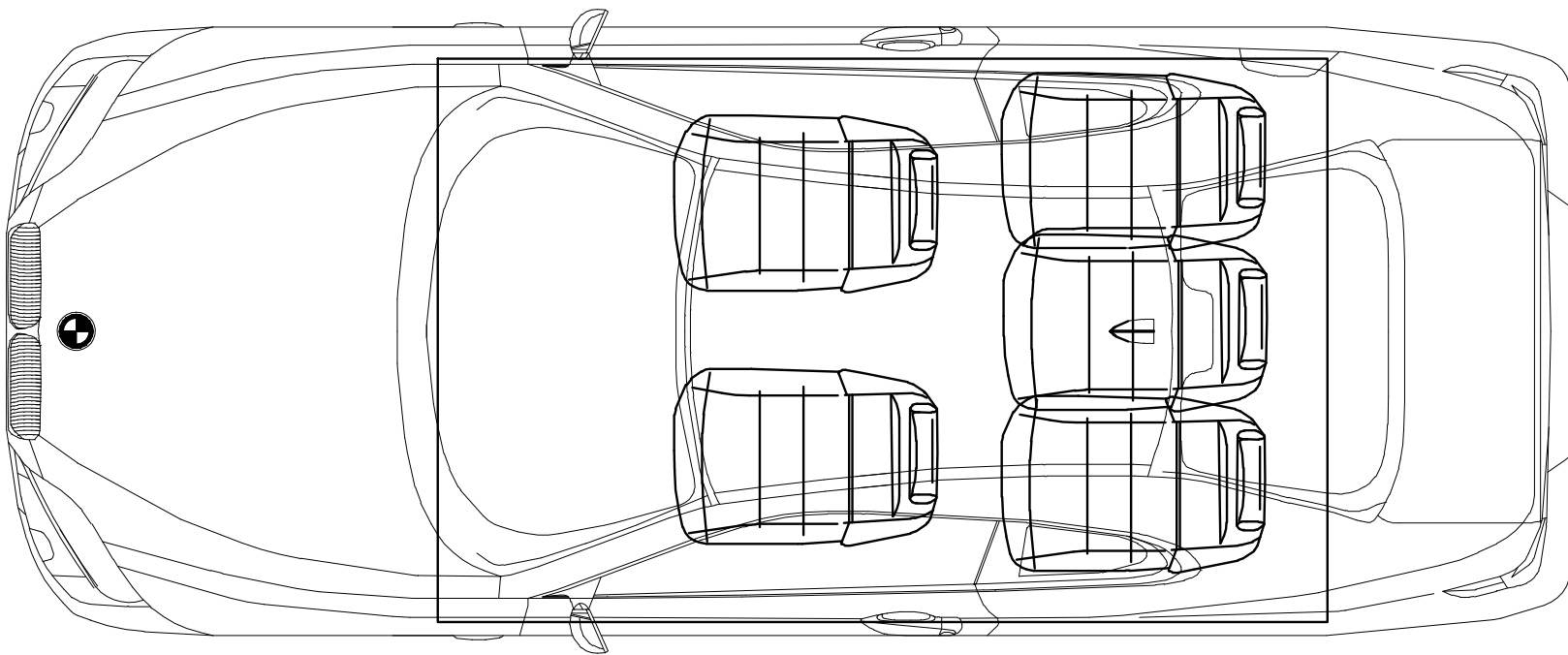


Nº	Definición
1	Cilindro de trabajo
2	Pared de extremidad
3	Vástago de pistón de trabajo
4	Pistón de trabajo
5	Aro de pistón
5a	Dispositivo de pistón
5b	Elemento de pistón de trabajo
6	Unidad de guiado
7	Unidad de estanqueidad
8	Primera cámara de trabajo
9	Segunda cámara de trabajo
10	Cámara de intercambio de gas
10a	Cámara de bombeo
11	Cilindro de bombeo
12	Pistón de bombeo
12a	Válvula de succión
13	Vástago de pistón de bombeo
13a	Elemento accionamiento bomba
14	Válvula de retención
15	Vástago de accionamiento
15a	Válvula de purga
15b	Muelle de recuperación
16	Pasador accionamiento válvula
17	Sección
18	Anillo de estanqueidad

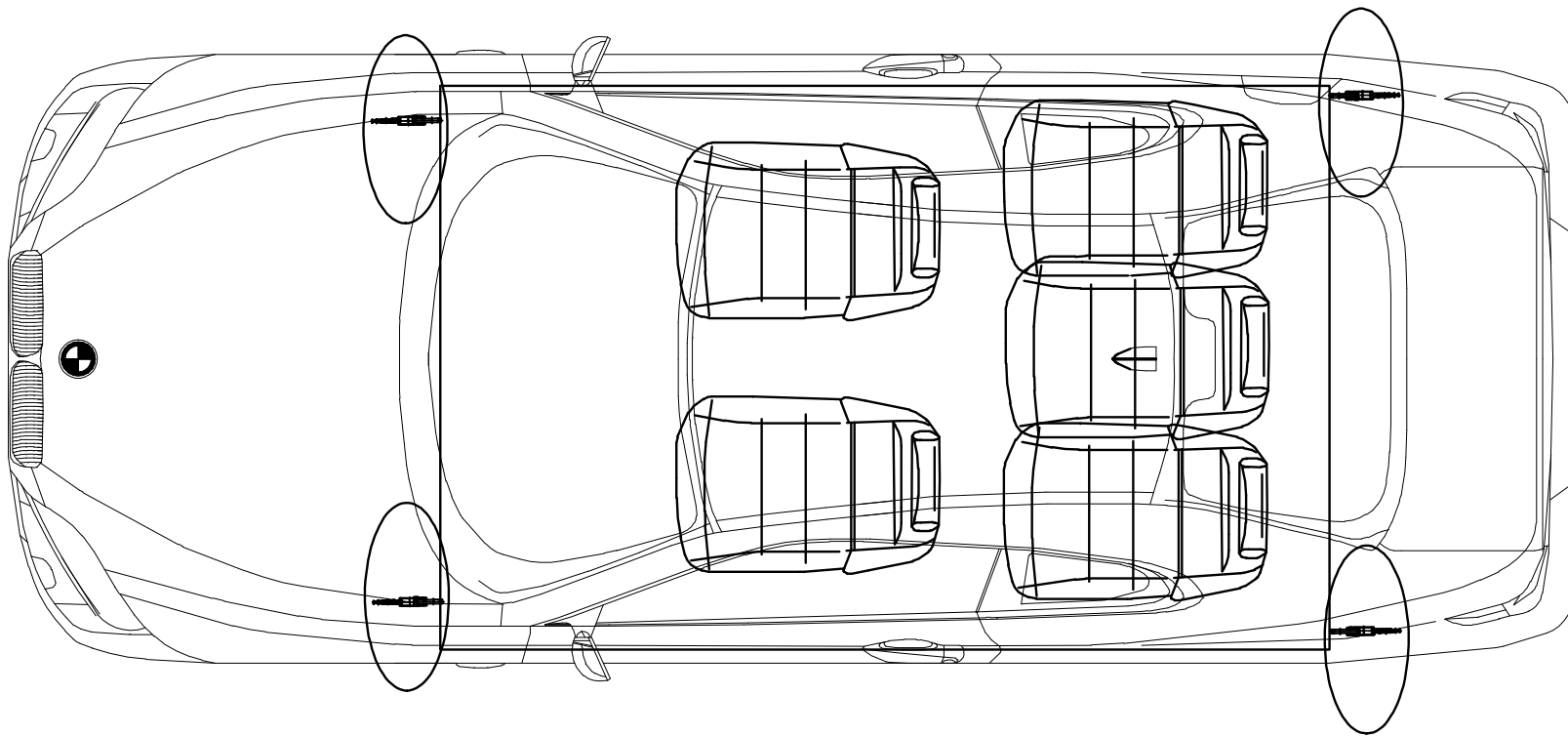
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdón Falces		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	S/N			Dispositivo hidráulico
				Plano: 2
				Hoja: 1
				Especialidad: Mecánica



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdán Falces		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	VISTA EN PLANTA			Plano: 3
S/N				Hoja: 1
				Especialidad: Mecánica

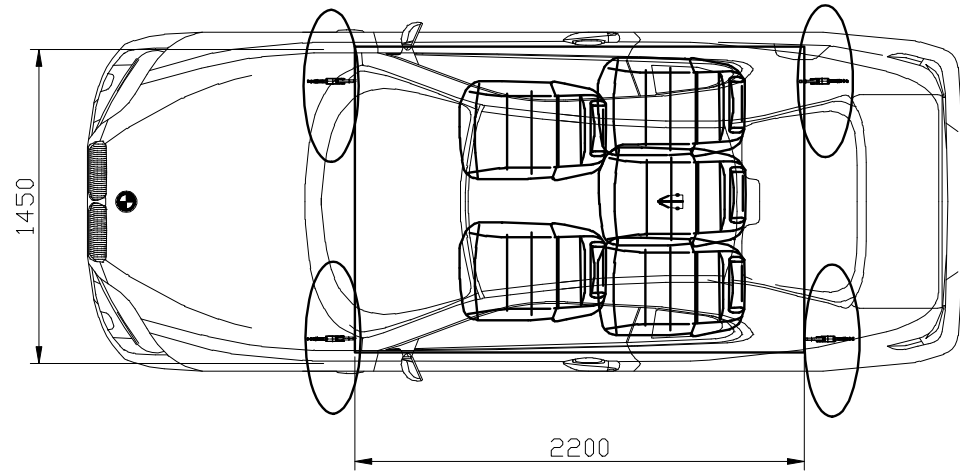
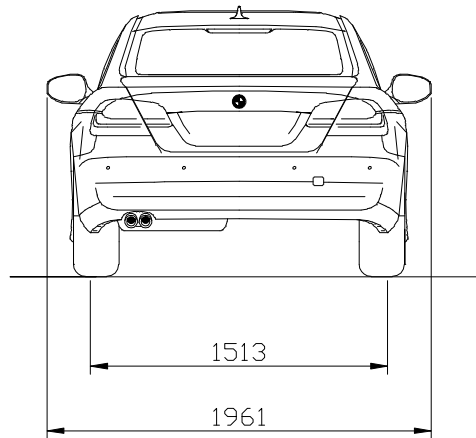
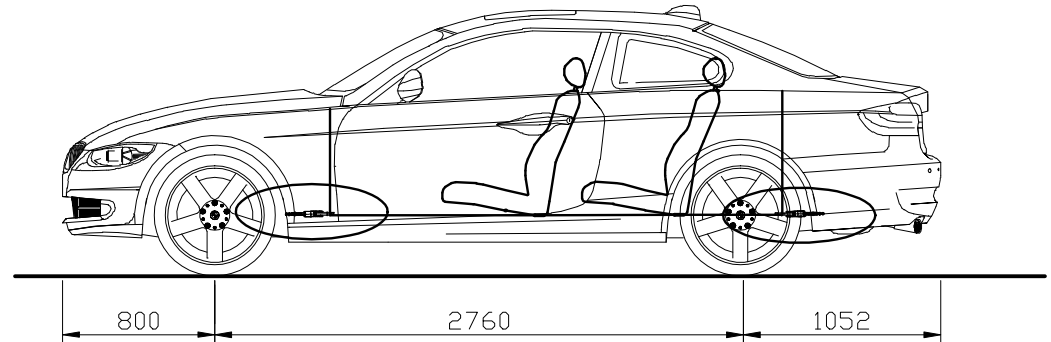
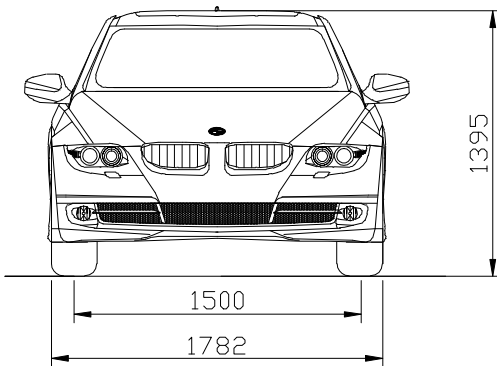


	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdán		ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	VISTA EN PLANTA con asientos			Plano: 3
S/N				Hoja: 2
				Especialidad: Mecánica

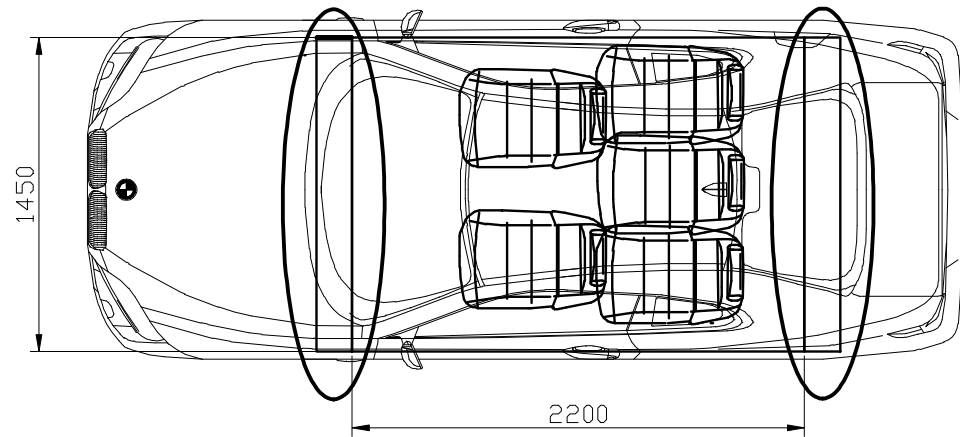
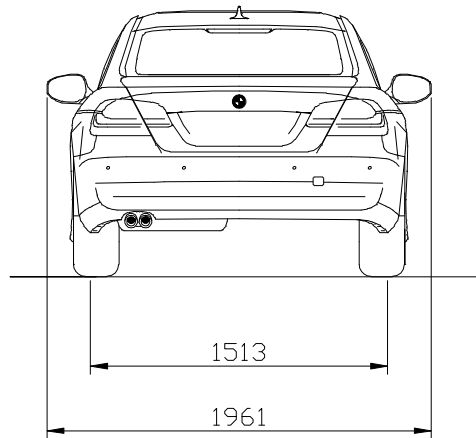
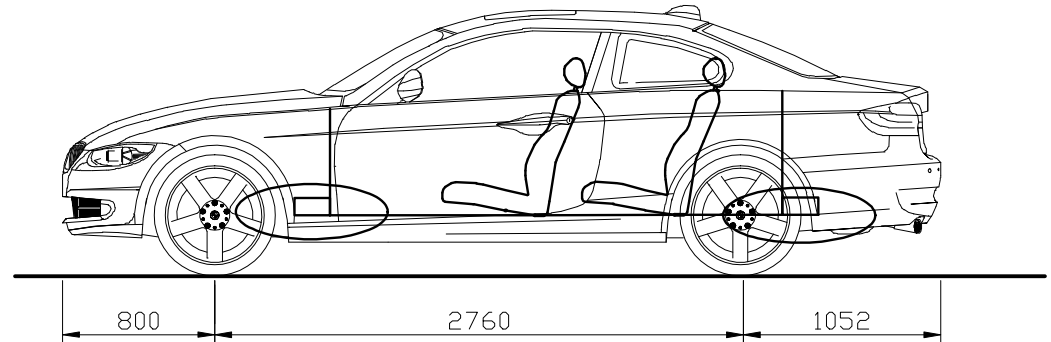
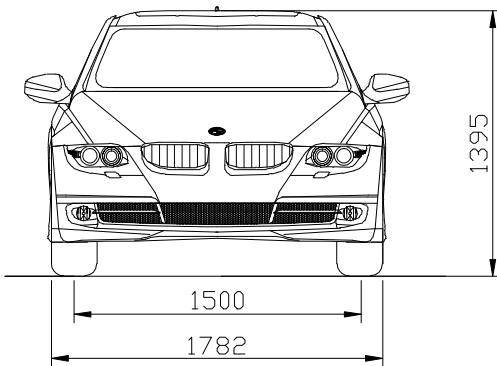


	Fecha	Nombre	Firma	
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdón Falces		ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	VISTA EN PLANTA			Plano: 3
S/N	ANCLAJE			Hoja: 3
				Especialidad: Mecánica





	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdán		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Planos BMW			Plano: 4
1:40	ANCLAJE DISPOSITIVO			Hoja: 1
				Especialidad: Mecánica



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA
Dibujado	2012/2013	Jorge Cerdán		
Comprob.				
id.s.norma				
Escala:	Planos BMW			Plano: 4
1:40	ANCLAJE DISPOSITIVO			Hoja: 2
				Especialidad: Mecánica