



## 9.- Anexos.

### Anexo 1: Ficha técnica del vehículo antes de la reforma.

PRESA	Nº 181469 A	MATRICULA	
WALTHER SAUERMANN S.A.		TF-2470-X	
C/ RAMÓN Y CAJAL Nº 47		N.º CERTIFICADO	
S/C DE TENERIFE		19.09.86	
DESTINO DEL VEHICULO			
a vehículo:	B.M.W.	Anchura máxima (mm.):	1.645
lo y versión:	320-I	Vía anterior/posterior (mm.):	1.407/1.415
lemt.:	WBAAA310409773015	Longitud máxima (mm.):	4.325
(Kg.):	1.050	Voladizo máximo posterior (mm.):	5
l/PMA (Kg.):	1.510	N.º de asientos:	5
l/PMA1.*E (Kg.):		Distancia eje 1.º/2.º (mm.):	2.563
l/PMA2.*E (Kg.):		Distancia eje 2.º/3.º (mm.):	
l/PMA3.*E (Kg.):		Distancia eje 3.º/4.º (mm.):	
l/PMA4.*E (Kg.):		Distancia 5.º R/ULT (mm.):	
S/FD/F (Kg.):		Motor: Marca	B.M.W.
dim. neumáticos (""):	4-195/60R14	Tipo	EXPL. 4 TIEMPO
llíndros/Cilindrada (c. c.):	6-1.990	Potencia fiscal (0, V.):	15,51
Por las piezas de origen extranjero incorporadas a este vehículo se han satisfecho los correspondientes derechos de Aduanas.			
El abajo firmante, legalmente autorizado por ..... B.M.W. .... certifica que el vehículo cuyas características se reseñan es completamente conforme con el tipo homologado con la matrícula N.º ..... B-0935.....			
S/C DE TENERIFE, 12 de ... AGOSTO ... de 19 ... 86			
Firma del Fabricante Nacional o del Importador			
WALTHER SAUERMANN, S.A.			
P.P.			
Cédida Inscrita: Reg. Mercantil de Las Palmas, Tomo 135, L.73 eca.32, Polip. 132, Nota 1917, N.I.F.: A-35019942			
carrocería de este vehículo es conforme con:			
..... de ..... de 19 .....			
Firma del Carrocero			
Cédida Inscrita: .....			
acreditar del número: .....			



## Anexo 2.- Ficha técnica M3 E30 coupé.

Nº SERIE		2019515 A	MATRÍCULA
<b>GOBIERNO DE CANARIAS</b> CONSEJERÍA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA Y ENERGÍA			
Número de identificación:			
Clasificación del vehículo:		1 0 0 0	Turismo
		Nº CERTIFICADO	
		3503/0428/97	
Marca:	BMW MOTORSPORT	Clase:	
Tipo:	BMW M3	Altura total [mm]:	1370
Variante:		Anchura total [mm]:	1680
Denominación comercial:	M-3	Vía anterior/posterior [mm]:	1412/1433
Tara (kg):	1200	Largo total [mm]:	4345
MTMA/MMA (Kg):	1600	Voladizo posterior [mm]:	996
MTMA/MMA 1 <sup>º</sup> E (kg):	790	Distancia eje 1 <sup>º</sup> /2 <sup>º</sup> [mm]:	2562
MTMA/MMA 2 <sup>º</sup> E (kg):	865	Distancia eje 2 <sup>º</sup> /3 <sup>º</sup> [mm]:	
MTMA/MMA 3 <sup>º</sup> E (kg):		Distancia eje 3 <sup>º</sup> /4 <sup>º</sup> [mm]:	
MTMA/MMA 4 <sup>º</sup> E (kg):		Distancia 5 <sup>º</sup> rueda/ult. [mm]:	
MMR S/F, c/F (kg):		Motor: Marca:	BMW
Neumáticos:	4: 205/55VR15 (1)	Tipos:	G/ 23 4S 2
Nº de asientos:	4	Nº Cilindros/Cilindrada (cm <sup>3</sup> ):	4/ 2301
Volumen de bodegas:		Potencia fiscal/real (C.V.F/kW):	14,49/158
El vehículo cuyas características se reseñan cumple en esta fecha la reglamentación vigente.			
Fecha:	12/12/89	Por el Organismo Inspector,	B-1293
Observaciones y reformas autorizadas:			
(1) Opcionales 225/45ZR16. Vehículo usado de Adquisición intracomunitaria matriculado en Alemania el 12/12/89. 24/07/97 Cambio de matrícula según R.D. 1539/1996. Matrícula número 3503. Fecha de 1ª Matriculación: 12/12/89.			
Fecha:	12/05/00	Valedera por:	12/12/00
DUPLICADO			



### Anexo 3.- Ficha técnica BMW M535i E28.

Sociedad de Grupo  
BMW

### BMW Ibérica S.A.

FICHA REDUCIDA PARA LOS VEHICULOS DE LA CATEGORIA "M 1" SEGUN B.O.E. 320/18-1-85

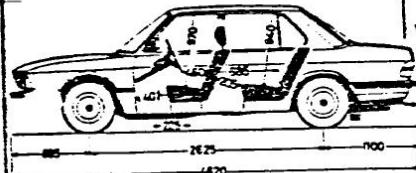


Destinatario  
Distribuido  
**M A R C A : B M W**

CONTRASEÑA DE HOMOLOGACION : B-0906

T I P O	VARIANTES	DEN. COMERC	PARTES FIJA Y IN	OBSERVACIONES
TURISMO 535i/E-28	535iA/E-28	535i 535iA	* WBADC31 * * WBADC41 *	CAMBIO MANUAL CAMBIO AUTOMATICO

ESQUEMA Y DIMENSIONES		MAN 2 P	MAN 4 P	AUT 2 P	AUT 4 P
LONG. TOTAL	A	4604 4620			4604 4620
DIST. EJES	B	2625 2628			2625 2628
VOLAD. POST	C	1096 1098			1096 1098
ALTURA TOTAL	D		1415		1415
ANCHO TOTAL	E		1700 1710		1700 1710
VIA ANTERIOR	F		1430 1440		1430 1440
VIA POSTERIOR	G		1460 1470		1460 1470



EMPLAZAMIENTO PLACA CONSTRUCTOR : SOBRE EL PASO DE RUEDA DERECHO DELANTERO.  
EMPLAZAMIENTO NUMERO BASTIDOR : SOBRE EL PASO DE RUEDA DERECHO O NERVIÓN CENTRAL DEL HABITAC.

	MAN 2 P	MAN 4 P	AUT 2 P	AUT 4 P
<b>PESOS TECNICOS MAXIMOS ADMISIBLES</b>				
TOTAL		1940		1940
1 EJE		920		920
2 EJE		1020		1020
TARA		---		---
PMR CF		---		---
PMR SF		---		---

	MAN 2 P	MAN 4 P	AUT 2 P	AUT 4 P
<b>PESOS MAXIMOS AUTORIZADOS</b>				
	1880			1900
	860			880
	1020			1020
	1445			1465
	1500			1500
	500			500

INTA  
CERTIFICACION DE TIPO  
VIA 1095



B A S T I D O R

TIPO ..... ESTRUCTURA AUTO-PORTANTE .....

S U S P E N S I O N

DELANTERA ..... BRAZOS OSCIL.C/MUELLES HELICOIDALES

TRASERA ..... INDEPENDIENTE C/MUELLES HELICOIDALES

A M O R T I G U A D O R E S

DELANTEROS ..... HIDRAULICOS TELESCOPICOS .....

TRASEROS ..... HIDRAULICOS TELESCOPICOS .....

BARRA ESTABILIZADORA DEL ..... X ..... TRASERA ..... X

T R A N S M I S I O N

TIPO ..... EMBRAGUE MECANICO O CONVERTIDOR DE PAR .....

M O T O R

MARCA O FABRICANTE ..... B M W

TIPO ( SIGLAS ) ..... 34-6E-B

POTENCIA EFECTIVA ..... 160 KW 218 CV

POTENCIA FISCAL ..... 21,64 CVF

COMBUSTIBLE ..... GASOLINA SUPER

Nº CILINDROS ..... 6 EN LINEA ..... Ø 92 mm .....

E M B R A G U E

TIPO ..... MANUAL O AUTOMATICO .....

C A J A D E C A M B I O

TIPO ..... MAN= GETRAG 265/5 265/6 AUT=ZF-4HP-22H/EH

MANDO POR PALANCA .....

Nº DE RELACIONES MAN= 5+MA AUT= 4 + MA .....

D I S P O S I T I V O D E A L U M B R A D O Y S E Ñ A L I Z A C I O N

Nº PROYECTORES CORTO ALCANCE ..... 2 .....

Nº PROYECTORES LARGO ALCANCE ..... 2 .....

Nº PROYECTORES MARCHA ATRAS ..... 2 .....

Nº PROYEC. ANTINIEBLAS DEL. ..... 2 .....

Nº PROYEC. ANTINIEBLAS TRAS. 1.ºOC. 2 .....

MW Ibérica, S.A.  
PROTO. HOMOLOGACIONES  
P. ALVAREZ, Bellaterra, 149  
28046 MADRID

FECHA

REVISION

ANULA A LA FECHA

CERTIFICACION  
VEHICULOS AUTOMOVILES  
CTVA 10985

#### Anexo 4.- Elementos de suspensión y su cálculo.

Cuando un automóvil circula por la calzada se generan una serie de vibraciones que se transmiten desde las ruedas al chasis, y del chasis a los pasajeros que lo ocupan. Estas vibraciones llegan a nosotros mediante el sentido del tacto, el oído o la vista.

El confort de marcha de un vehículo se define en función de estas vibraciones, considerando el tacto y la vista como tales, y denominando a las que se perciben auditivamente como ruido. Las frecuencias usuales para las vibraciones de un vehículo se sitúan en el rango de entre 0 y 20 KHz, y el ruido entre 25 y 20 KHz. El conjunto de todas estas vibraciones y ruidos que emite el automóvil será lo que en última instancia establezcan el nivel de confort que sienten las personas que viajan en él, un criterio por otra que depende por tanto de cada persona y de sus preferencias.

A la hora de diseñar un automóvil se deben tener en consideración las características más apreciadas, en general, por los conductores y garantizar cierto nivel de confort. El diseño de este se puede afrontar teniendo en cuenta 3 factores:

- Fuentes de excitación: Las fuentes de las vibraciones que se experimentan en un automóvil son numerosas, pero a grandes rasgos tendremos aquellas que produce el vehículo a consecuencia de su funcionamiento, y aquellas que provienen del exterior.
- Mecanismos de respuesta del vehículo: El sistema de suspensión es el principal mecanismo de repuesta que posee el vehículo ante las irregularidades de la vía. Este sistema está compuesto por una masa suspendida sobre un conjunto de suspensión, formado por un elemento elástico y un amortiguador, situados en las ruedas del automóvil. Además del confort de marcha, el sistema de suspensión es el encargado de la importante tarea de mantener el contacto de los neumáticos con el suelo, absorbiendo las irregularidades y garantizando un agarre óptimo del vehículo.
- Percepción humana: Que puede interpretarse de diversas formas, como el número de frecuencias que se perciben, la dirección de las mismas, postura de las personas en el asiento, las vibraciones percibidas por los pies o las manos o aquellas que se perciben por el oído o la vista.

(Alba y Maza, 2018)<sup>17</sup>

El sistema de suspensión del vehículo protagonista de este proyecto tiene un sistema de suspensión cuyos elementos elásticos son muelles helicoidales; que se presentan en conjunto con amortiguadores de botella tal y como se muestra en las siguientes figuras:

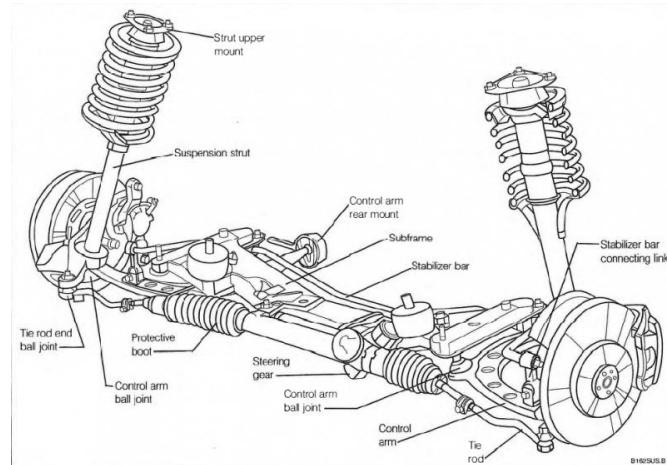


Ilustración 37: Suspensión delantera BMW E30. Fuente: E30 Zone Wiki, s.f.<sup>14</sup>

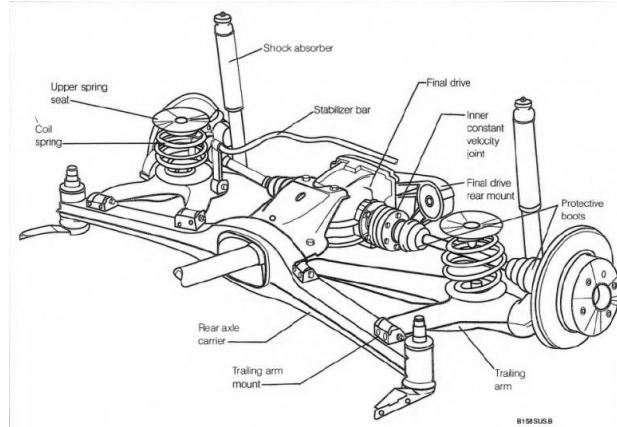


Ilustración 38: Esquema de suspensión trasera BMW E30. Fuente: E30 Zone Wiki, s.f.<sup>14</sup>

Es importante separar los distintos elementos que componen el sistema de suspensión, puesto que como cada uno tiene una misión distinta y bien definida, el cálculo de estos elementos será distintos.

#### 4.1.- Muelles.

#### 4.1.1.- Material.

El muelle es un elemento con la capacidad de recuperar su forma después de que cese el esfuerzo que los deforma. Es por esta capacidad que son ampliamente utilizados como elemento elástico en la suspensión de los vehículos.

Un aspecto determinante a tener en cuenta es el material del que están compuestos los muelles, ya que en función de ello las características del muelle variarán, siendo más o menos aptos para la aplicación prevista. Por lo general el material más extendido es el acero, aunque dentro del propio acero encontramos una variedad muy extensa, desde aceros al carbono tradicionales, hasta aleaciones con mayor resistencia a la corrosión.



#### 4.1.2.- Características de los muelles helicoidales.

En primer lugar, se deben tener en cuenta los distintos parámetros que definen un muelle helicoidal:

D	Diámetro del muelle
d	Diámetro del alambre
p	Paso de la espira
Na	Número de espiras activas
$\alpha$	Ángulo de la espira
K	Constante elástica del muelle

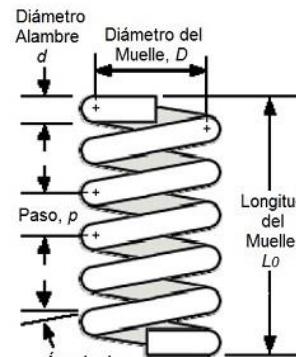


Ilustración 39: Parámetros de un muelle: Fuente:  
Ingemecánica. Ingeniería, Consultoría y Formación, s.f.[29](#)

La constante elástica del muelle, en el caso de muelles sometidos a extensión o compresión viene dada por:

$$K = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot Na}$$

Donde G representa el módulo de cizalladura del alambre del muelle.

#### 4.1.3.- Esfuerzos en un muelle helicoidal sometido a compresión.

Cuando un muelle se ve sometido a compresión es debido a que sobre él actúa una carga axial; a esta carga la llamaremos F, y será la responsable de que exista un esfuerzo a cortadura "V" en el muelle, y una torsión "T", que a su vez originarán tensiones tangenciales en la sección del alambre que compone el muelle.

De esta forma:

$$V = F; \quad T = F \cdot \frac{D}{2};$$

Tensiones tangenciales debidas a V:

$$\tau_V = \frac{1,23 \cdot F}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = \frac{0,615}{c} \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

Y las tensiones tangenciales debidas a T:

$$\tau_T = \frac{T}{\pi \cdot \frac{d^3}{16}} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

Y la tensión tangencial resultante viene dada por:

$$\tau = \tau_V + \tau_T = \left(1 + \frac{0,615}{c}\right) \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$



De donde se obtiene el coeficiente  $K_s$ :

$$K_s = \left( 1 + \frac{0,615}{c} \right)$$

Con  $c = D/d$ .

Este planteamiento sería suficiente si solo se tiene en cuenta los efectos de los esfuerzos de cizalladura puros, como, por ejemplo, cuando el muelle se encuentra sometido a una carga estática de compresión. En ese caso, bastaría con comprobar que el valor de la tensión tangencial resultante es inferior al de la tensión de cortadura admisible por el acero.

$$\tau \leq \tau_{adm}$$

A partir de estas expresiones se puede llegar a otra que nos sirve para obtener la carga máxima que es capaz de soportar el muelle a compresión:

$$V_{max} = \frac{\pi \cdot (d)^3 \cdot R_c}{8 \cdot D};$$

Donde  $R_c$  es el valor de la resistencia práctica a cizalladura del acero del que está fabricado el muelle.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en los muelles, debido a la forma del alambre, las fibras que lo forman en su cara interna tienen menor longitud que aquellas que se encuentran en su cara externa, esto resulta en que se origina una distribución de tensiones desigual y, por tanto, se encuentran puntos de concentración de tensiones en las fibras de la cara interna de la sección del alambre. Este fenómeno es particularmente necesario tenerlo en cuenta cuando se afronta el cálculo de un muelle a fatiga.

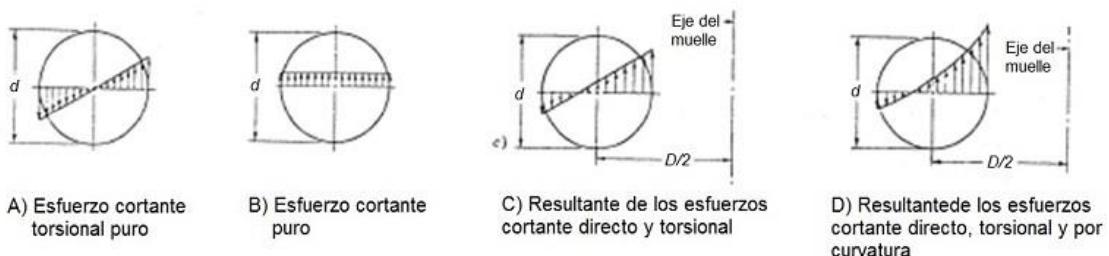


Ilustración 40: Distribución de tensiones en la sección del muelle. Fuente: [Fuente: Ingemecánica. Ingeniería, Consultoría y Formación, s.f.<sup>29</sup>](#)

Si se quiere tener en cuenta este fenómeno en la resolución del cálculo de un muelle helicoidal se ha de tener en cuenta la corrección de Wahl,  $K_w$ , que viene dada por la expresión:

$$K_w = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \left( 1 + \frac{0,615}{c} \right)$$

En el caso del cálculo a fatiga de un muelle se procedería, se obtendría la tensión mediante la expresión:



$$\tau = Kw \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3}$$

Donde F se corresponde con el valor de la carga variable.

Posteriormente, bastaría con comprobar que el valor de la tensión tangencial resultante es inferior al de la tensión de cortadura admisible por el acero.

$$\tau \leq \tau_{adm} = \beta \cdot \sigma_u$$

Donde  $\beta$  representa el coeficiente de seguridad dependiente del número de ciclos aplicado en el cálculo a fatiga, y  $\sigma_u$  es la resistencia última del material a tracción.

- $B=0,405$  si  $N<10^4$  ciclos
- $B=0,405$  si  $10^4 < N < 10^5$  ciclos
- $B=0,405$  si  $N>10^6$  ciclos

#### 4.1.4.- Cálculo de la deformación del muelle.

Cuando se afronta el estudio de la deformación del alambre al verse sometido a una carga axial F se debe considerar, en primer lugar, la rebanada diferencial de longitud  $dx$ , de la sección del alambre que forma el muelle.

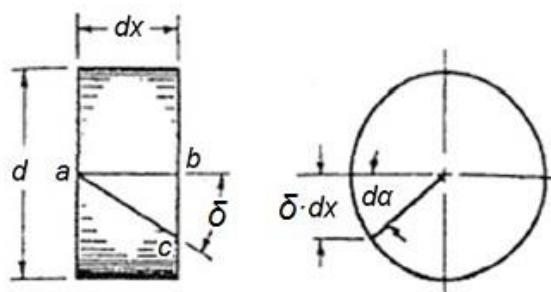


Ilustración 41: Rebanada diferencial del alambre de sección d que forma el muelle. Fuente: [Fuente: Ingemecánica. Ingeniería, Consultoría y Formación, s.f.<sup>29</sup>](#)

Al actuar la mencionada fuerza axial F sobre el muelle, lo deforma y con ello la sección dibujada en la ilustración anterior gira un ángulo  $\delta$ , desplazando la sección ab hasta la sección ac.

La relación entre la tensión y la deformación viene dada por la ley de Hook, y se relaciona mediante el módulo de cizalladura G mediante la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{\tau}{G}$$

Anteriormente se expresó la tensión en función del factor Kw de Wahl, sin embargo, como en este caso se considera un diferencial de longitud infinitamente pequeña de alambre  $dx$ , el efecto de la curvatura asociada al



muelle queda en un segundo plano y pasa a considerarse despreciable, en consecuencia,  $K_w=1$ , lo que implica:

$$\delta = \frac{8 \cdot F \cdot D}{G \cdot \pi \cdot d^3}$$

Y el giro relativo entre dos secciones de alambre separadas por  $dx$  quedaría:

$$d\beta = \frac{2\delta \cdot dx}{d}$$

Es decir:

$$d\beta = \frac{16 \cdot F \cdot D \cdot dx}{G \cdot \pi \cdot d^4}$$

Aplicando este razonamiento a un muelle helicoidal con un número de espiras activas  $N_a$ , la longitud de alambre es:

$$L = \pi \cdot D \cdot N_a$$

A partir de aquí es relativamente sencillo obtener la deformación angular, producida por una carga axial  $F$ , entre los dos extremos de un muelle. Para ello se integra el diferencial del ángulo  $\beta$  a lo largo de la longitud del alambre.

$$\beta = \int_0^L d\beta = \int_0^{\pi \cdot D \cdot N_a} \frac{2\delta \cdot dx}{d} = \frac{16 \cdot F \cdot D^2 \cdot N_a}{G \cdot d^4}$$

La carga  $F$  tiene asociado un momento, dado que está separada de las espiras una distancia  $D/2$ . De esta forma, la deformación tiene un valor de:

$$y = \frac{\beta \cdot D}{2} = \frac{8 \cdot F \cdot D^2 \cdot N_a}{G \cdot d^4}$$

Esta expresión también sirve para obtener la constante elástica del muelle  $K$ , y es que:

$$K = \frac{F}{y} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^2 \cdot N_a}$$

Se debe tener en cuenta, cuando se aplica a casos reales, que la deformación máxima que puede experimentar un muelle, o flecha máxima, viene dada por la diferencia entre su longitud inicial  $L$  y su longitud cuando todas las espiras se encuentran comprimidas, o longitud al bloque,  $L_b$ :

$$f_{máx} = L - L_b$$

Finalmente, para obtener el valor de la carga máxima en función de la flecha, es decir, la carga necesaria para consumir por completo el recorrido disponible del muelle, se utiliza la siguiente expresión.

$$Q = \frac{f_{máx} \cdot G \cdot (De)^4 \cdot R_C}{64 \cdot Na \cdot (Dm/2)^3},$$

#### 4.1.5.- Cálculo de muelles a torsión.

Los esfuerzos a torsión que se ejercen en un muelle, y que vienen dados por un momento torsor  $M=F \cdot r$ , se traducen en la sección del muelle en un esfuerzo normal a la misma:

$$\sigma = K \cdot \frac{M}{W}$$

Donde W es el módulo resistente a flexión de la sección del alambre que forma el muelle y K es un coeficiente que sirve para definir la concentración de tensiones derivadas de la forma curvada del muelle, y que dependerá de la forma, así como de la consideración que se tome de la fibra interna o externa.

$$W = \frac{I}{c} = \frac{\pi \cdot \frac{d^4}{64}}{d/2} = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

Por tanto:

$$\sigma = K \cdot \frac{32 \cdot F \cdot r}{\pi \cdot d^3}$$

Según Wahl, el coeficiente K se puede calcular, teniendo en cuenta que  $c=D/d$ , mediante:

$$K_{interna} = \frac{4c^2 - c - 1}{4c \cdot (c - 1)}$$

$$K_{externa} = \frac{4c^2 + c - 1}{4c \cdot (c - 1)}$$

En lo referente a la deformación angular del muelle sometido a un esfuerzo torsor derivado de un momento  $M=F \cdot r$ , se partirá de la energía de deformación del muelle U, para lo cual se debe integrar a lo largo de toda la longitud del alambre que forma el muelle:

$$U = \int_0^{\pi \cdot D \cdot L} \frac{M^2}{2EI} \cdot dx$$

Del mismo modo, sabemos que el desplazamiento asociado a unas fuerzas que actúan sobre un elemento elástico viene dado por:

$$\Delta = dU/dF$$

Y como se dijo anteriormente, la fuerza F tiene un brazo  $r$  y recorre un ángulo  $\theta$ , ángulo que se corresponde con la deformación angular que experimenta el muelle.

$$\Delta = r \cdot \theta = dU/dF$$

Esto implica que:

$$r \cdot \theta = \int_0^{\pi \cdot D \cdot L} \frac{(F \cdot r)^2}{2EI} \cdot \frac{d}{dF} \cdot dx = \int_0^{\pi \cdot D \cdot L} \frac{F \cdot r^2}{EI} \cdot dx$$

Y un alambre redondo, con inercia:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

Que despejando  $\theta$ , resolviendo y sustituyendo:

$$\theta = \frac{64 \cdot F \cdot r \cdot D \cdot Na}{E \cdot d^4}$$

Para finalizar, con respecto al cálculo de la constante elástica del muelle K, para un muelle sometido a torsión, esta viene definida por:

$$K = \frac{F \cdot r}{\theta} \left( \frac{kg \cdot cm}{rad} \right)$$

Si se sustituye en esta expresión el valor calculado para la deformación angular se obtiene:

$$K = \frac{E \cdot d^4}{64 \cdot D \cdot Na}$$

Finalmente, se recoge la expresión necesaria para calcular el número de espiras que necesita tener un muelle para soportar una fuerza F con una deflexión determinada x es:

$$Na = \frac{G \cdot d^4 \cdot x}{8F \cdot D^3}$$

En definitiva, el esfuerzo de torsión que se ejerce sobre un muelle sometido a una carga axial F viene dado por:

$$T = \frac{8 \cdot K \cdot D \cdot F}{\pi \cdot d^3};$$

(Ingemecánica. Ingeniería, Consultoría y Formación, s.f.)<sup>29</sup>

#### 4.2.- Amortiguadores.

El amortiguador es un elemento del sistema de suspensión cuya misión es controlar el movimiento de los muelles cuando estos absorben las irregularidades del firme. Es por ello por lo que su función y estudio no se pueden desvincular del propio muelle junto al que van instalados.



Ilustración 42: Vista seccionada de un amortiguador regulable con botella externa. Fuente: (FIL, 2017).[30](#)

Para afrontar el cálculo se debe considerar, por tanto, un sistema de oscilación compuesto por un muelle y amortiguador colocados en paralelo, y con un grado de libertad en la perpendicular a la sección del vástago del mencionado amortiguador. Se considera por tanto que el conjunto se encuentra en un equilibrio estático que tomaremos de referencia, y al que denominaremos mediante la letra O, con una reducción de su longitud  $\Delta z_{est}$ :

$$\sum F_{ext} = 0: mg - k \cdot \Delta z_{est} = 0 \rightarrow mg = k \cdot \Delta z_{est}$$

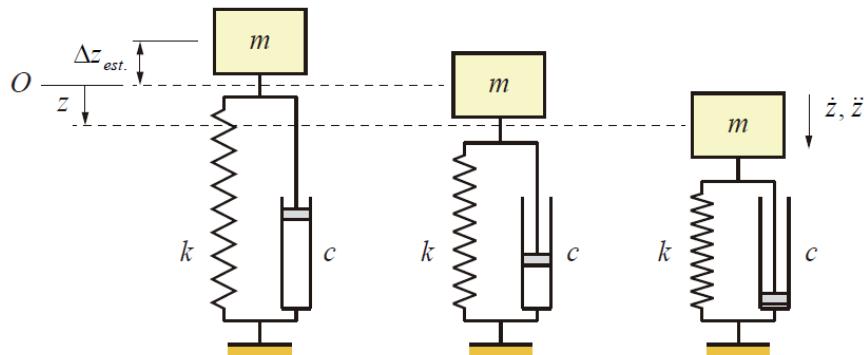


Ilustración 43: Esquema del sistema descrito con un grado de libertad. Fuente: Alba y Maza, 2018.[12](#)

Si hacemos el equilibrio de fuerzas considerando la masa suspenda m:

$$\sum F_{ext} = m \cdot a: \quad mg - k \cdot (z - \Delta z_{est}) - c \cdot \dot{z} = m \ddot{z}$$

$$mg - kz - mg - c \cdot \dot{z} = m \ddot{z} \rightarrow -kz - c \cdot \dot{z} = m \ddot{z}$$

Luego, el movimiento del sistema vendrá dado por:

$$m \ddot{z} + c \cdot \dot{z} + kz = 0$$

Antes de resolver la ecuación diferencial debemos definir el factor de amortiguamiento, la frecuencia angular natural y la frecuencia natural angular amortiguada, que por orden serían:

$$\xi = \frac{c}{2 \cdot m \cdot \omega_n}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega_d = \omega_n \cdot \sqrt{1 - \xi^2}$$

Cuya ecuación característica es:

$$m\lambda^2 + c\lambda + k = 0$$

Si se resuelve se obtiene:

$$\lambda_1 = \omega_n \cdot \left( -\xi + \sqrt{\xi^2 - 1} \right)$$

$$\lambda_2 = \omega_n \cdot \left( -\xi - \sqrt{\xi^2 - 1} \right)$$

Una vez hallada la solución, el sistema compuesto por muelle y amortiguador, por su forma de actuar, puede clasificarse en subamortiguado, sobreamortiguado o críticamente amortiguado.

- Sobreamortiguado  $\xi > 1$ .
- Críticamente amortiguado  $\xi = 1$ .
- Subamortiguado  $\xi < 1$ .

En la aplicación que nos ocupa, la suspensión de un automóvil, las dos primeras opciones no se consideran válidas, puesto que la misión del amortiguador es, como se dijo anteriormente, controlar el movimiento oscilatorio del muelle provocado por la absorción de las irregularidades del firme, frenándolo hasta estabilizarlo. Así pues, la única opción que consideraremos válida es que el conjunto muelle-amortiguador trabajen en régimen subamortiguado ( $\xi < 1$ ).

Para el caso en el que  $\xi < 1$ , si se resuelve la ecuación de posición se obtiene:

$$z = e^{-\xi \cdot \omega_n \cdot t} \cdot (A \cdot \cos(\omega_d \cdot t) + B \cdot \sin(\omega_d \cdot t))$$

Derivando la expresión una vez respecto al tiempo se obtiene la velocidad, y con la segunda derivada la aceleración:

$$\dot{z} = -\xi \cdot \omega_n \cdot e^{-\xi \cdot \omega_n \cdot t} \cdot (A \cdot \cos(\omega_d \cdot t) + B \cdot \sin(\omega_d \cdot t)) + \omega_d \cdot e^{-\xi \cdot \omega_n \cdot t} \cdot (-A \cdot \cos(\omega_d \cdot t) + B \cdot \sin(\omega_d \cdot t))$$

$$\ddot{z} = (\xi \cdot \omega_n)^2 \cdot e^{-\xi \cdot \omega_n \cdot t} \cdot (A \cdot \cos(\omega_d \cdot t) + B \cdot \sin(\omega_d \cdot t)) - 2\xi \cdot \omega_d \cdot \omega_n \cdot e^{-\xi \cdot \omega_n \cdot t} \cdot (-A \cdot \cos(\omega_d \cdot t) + B \cdot \sin(\omega_d \cdot t)) + \omega_d^2 \cdot e^{-\xi \cdot \omega_n \cdot t} \cdot (-A \cdot \cos(\omega_d \cdot t) - B \cdot \sin(\omega_d \cdot t))$$

Aplicando las condiciones de contorno:

$$\text{Para } z(0) = 0: \quad z = (A + B \cdot 0) = A = z_0$$

$$\begin{aligned} \text{Para } \dot{z}(0) = \dot{z}_0: \quad \dot{z} &= -\xi \cdot \omega_n \cdot (A + B \cdot 0) + \omega_d \cdot (-A \cdot 0 + B) = \\ &\dot{z} = -\xi \cdot \omega_n \cdot A + \omega_d \cdot B \end{aligned}$$

Despejando las constantes:

$$A = z_0 \quad B = \frac{\dot{z}_0^2 + \xi \cdot \omega_n \cdot z_0}{\omega_d}$$

Si se aplica el cálculo a un automóvil, en primer lugar, se debe calcular el coeficiente de amortiguamiento crítico  $C_{cr}$ , y posteriormente, utilizando ese valor y los coeficientes de compresión  $C_{comp}$  y expansión  $C_{exp}$ , ya que un amortiguador no tiene por qué trabajar igual en la fase de compresión y en la de extensión. Estos se facilitan por el fabricante del amortiguador, o se determinan experimentalmente, y permiten obtener el factor de amortiguamiento, que como ya se ha mencionado, debe tener un valor inferior de la unidad para tener el comportamiento deseado, subamortiguado.

De este modo, el coeficiente de amortiguamiento crítico vendría dado por:

$$C_{cr} = 2 \cdot \sqrt{K \cdot MMA}$$

Donde  $K$  será la constante de rigidez del muelle al que va asociado el amortiguador, y  $MMA$  se corresponde con el valor máximo admisible de carga por eje. El 2 que aparece al principio resulta de tener 2 amortiguadores por eje, y la carga máxima admisible por eje queda repartido entre ellos.

Una vez obtenido  $C_{cr}$  y conocidos  $C_{comp}$  y  $C_{exp}$ , el factor de amortiguamiento viene dado por:

$$\xi = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{C_{comp}}{C_{cr}} + \frac{C_{exp}}{C_{cr}} \right)$$

(Alba y Maza, 2018)<sup>17</sup>.

## Anexo 5.- Curvas de equiadherencia e isodeceleración, explicación y cálculo.

### 5.1.- Curvas de equiadherencia.

Las curvas de equiadherencia son la representación gráfica de la relación entre los pares máximos de frenado delantero y trasero para distintas condiciones de adherencia.

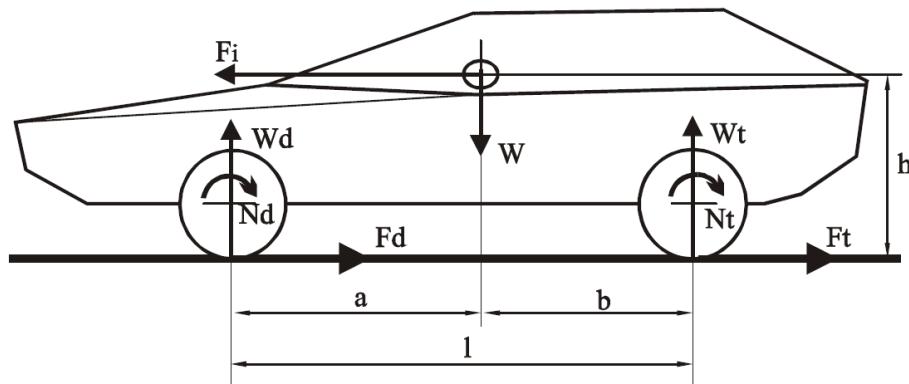


Ilustración 44: Distintas fuerzas y pares que actúan sobre un vehículo en marcha. Fuente: Baselga, 2018.<sup>19</sup>

Inicialmente se recogen las distintas variables que serán necesarias para obtener las curvas de equiadherencia e isodeceleración y su significado.

<b>W</b>	Peso del vehículo
<b>Wd</b>	Carga sobre el tren delantero
<b>Wt</b>	Carga sobre el tren trasero
<b>Fd</b>	Fuerza de frenado en eje delantero
<b>Ft</b>	Fuerza de frenado en eje trasero
<b>FF</b>	Fuerza de frenado resultante
<b>h</b>	Altura del centro de gravedad
<b>l</b>	Batalla del vehículo
<b>a</b>	Distancia del centro de gravedad al eje delantero
<b>b</b>	Distancia del centro de gravedad al eje trasero
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad
<b>R</b>	Radio de la rueda

Tabla 41: Parámetros relativos al sistema de frenos. Fuente: Baselga, 2018.<sup>19</sup>

A partir de aquí se pueden ir calculando todos los parámetros necesarios para obtener las curvas de equiadherencia de la siguiente forma:

Partiendo de la deceleración de frenado ( $\gamma$ ) se puede obtener la fuerza de inercia longitudinal ( $F_i$ ):

$$F_i = \frac{W}{g} \cdot \gamma$$

Y también las cargas sobre el tren delantero y trasero, así como las reacciones normales estáticas al suelo para ambos ejes:

$$W_d = \frac{W \cdot b}{l} + \frac{W \cdot h}{g \cdot l} \cdot \gamma$$

$$W_t = \frac{W \cdot a}{l} - \frac{W \cdot h}{g \cdot l} \cdot \gamma$$

$$W_{de} = \frac{W \cdot b}{l}; \quad W_{te} = \frac{W \cdot h}{g \cdot l}$$

Una vez calculados estos parámetros estamos en posición de obtener el esfuerzo máximo de frenada en cada eje:

$$F_{d,máx} = W_d \cdot \mu_a; \quad F_{t,máx} = W_t \cdot \mu_a;$$

Donde:

$F_{d,máx}$  = Fuerza de frenado máxima en el eje delantero.

$F_{t,máx}$  = Fuerza de frenado máxima en el eje trasero.

$\mu_a$  = Coeficiente de adherencia.

$$\mu_a \cdot W_d + \mu_a \cdot W_t = \frac{W}{g} \cdot \gamma_{máx}$$

Donde, para el caso en el que actúan los máximos esfuerzos de frenada, la deceleración obtenida es máxima ( $\gamma_{máx}$ ), teniendo en cuenta la expresión de los pesos.

$$\mu_a \cdot W = \frac{W}{g} \cdot \gamma_{máx} \rightarrow \gamma_{máx} = \mu_a \cdot g$$

$$F_{d,máx} = \frac{W \cdot b}{l} \cdot \mu_a + \frac{W \cdot h}{g \cdot l} \cdot \mu_a \cdot \mu_a \cdot g \rightarrow F_{d,máx} = \frac{W}{l} \cdot \mu_a \cdot (b + h \cdot \mu_a)$$

$$F_{t,máx} = \frac{W \cdot a}{l} \cdot \mu_a - \frac{W \cdot h}{g \cdot l} \cdot \mu_a \cdot \mu_a \cdot g \rightarrow F_{t,máx} = \frac{W}{l} \cdot \mu_a \cdot (a - h \cdot \mu_a)$$

Y los pares máximos de frenada se obtendrían como:

$$N_{d,máx} = R \cdot \frac{W}{l} \cdot \mu_a \cdot (b + h \cdot \mu_a)$$

$$N_{t,máx} = R \frac{W}{l} \cdot \mu_a \cdot (a - h \cdot \mu_a)$$

Donde:

$N_{d,máx}$  = Par de frenado máximo en el eje delantero.

$N_{t,máx}$  = Par de frenado máximo en el eje trasero.

R = Radio de rodadura de la rueda.

Para los esfuerzos máximos de frenada se cumple:

$$F_{d,máx} = \mu_a \cdot W_d; \quad F_{t,máx} = \mu_a \cdot W_t$$

Hallamos el cociente entre los pares máximos de frenada:

$$\frac{N_{t,\max}}{N_{d,\max}} = R \cdot \frac{F_{t,\max}}{F_{d,\max}} = \mu_a \cdot \frac{W_t}{W_d} = \frac{W_{te} - F_i \cdot \frac{h}{l}}{W_{de} + F_i \cdot \frac{h}{l}}$$

Desarrollando:

$$\frac{N_{t,\max}}{N_{d,\max}} = \frac{W_{te} - (F_{t,\max} + F_{d,\max}) \cdot \frac{h}{l}}{W_{de} + (F_{t,\max} + F_{d,\max}) \cdot \frac{h}{l}} = \frac{W_{te} - \left(\frac{N_{t,\max}}{R} + \frac{N_{d,\max}}{R}\right) \cdot \frac{h}{l}}{W_{de} + \left(\frac{N_{t,\max}}{R} + \frac{N_{d,\max}}{R}\right) \cdot \frac{h}{l}}$$

De donde obtendremos la siguiente ecuación, la cual sirve para relacionar  $N_{d,\max}$  y  $N_{t,\max}$ , obteniendo de esta forma la curva parabólica que denominamos *curva de equiadherencia*.

$$\frac{h}{R \cdot l} \cdot (N_{d,\max} + N_{t,\max})^2 + N_{t,\max} \cdot W_{de} - N_{d,\max} \cdot W_{de} = 0$$

(Baselga, 2018)<sup>19</sup>.

## 5.2.- Curva de isodeceleración

Las curvas de isodeceleración nos sirven para conocer el comportamiento del vehículo en distintas condiciones de adherencia, por ejemplo, cuando las condiciones y materiales del firme varían, o cuando cambia el estado de los neumáticos. En la siguiente tabla se recogen los coeficientes de adherencia  $\mu$  para distintos tipos de firme y estados:

Tipo de suelo		Asfalto Medio				Asfalto compacto		Hormigón	
Estado		Embarrado	Helado	Mojado	Seco	Mojado	Seco	Mojado	Seco
Neumáticos	Nuevos	0,15	0,1	0,65	0,8	0,65	0,6	0,7	1
	Usados	0,1	0,1	0,55	0,8	0,3	0,6	0,50	1

Tabla 42: Coeficientes de rozamiento de distintas superficies en distintas circunstancias. Fuente: Lorente 2018.<sup>21</sup>

Para obtener las curvas de isodeceleración se deben tomar valores constantes de  $\mu$  en la siguiente ecuación:

$$F_{dm} + F_{tm} = m \cdot \mu = cte$$

Donde para obtener las mencionadas curvas se irán tomando valores de  $F_{tm}$  y se obtendrán los correspondientes valores de  $F_{dm}$ . La resultante se representará junto con las curvas de equiadherencia, representando el cruce de cada una de las curvas aquellos valores máximos de fuerza de frenado, tanto delantera como trasera, que sería capaz de alcanzar nuestro vehículo para cada uno de los terrenos y estados.

## 5.3.- Cálculo de curvas de equiadherencia e isodeceleración antes de la reforma.

En primer lugar, se deben calcular las reacciones debidas a las cargas con el vehículo en carga, para ello se calculan las cargas por eje para el vehículo antes de la reforma:

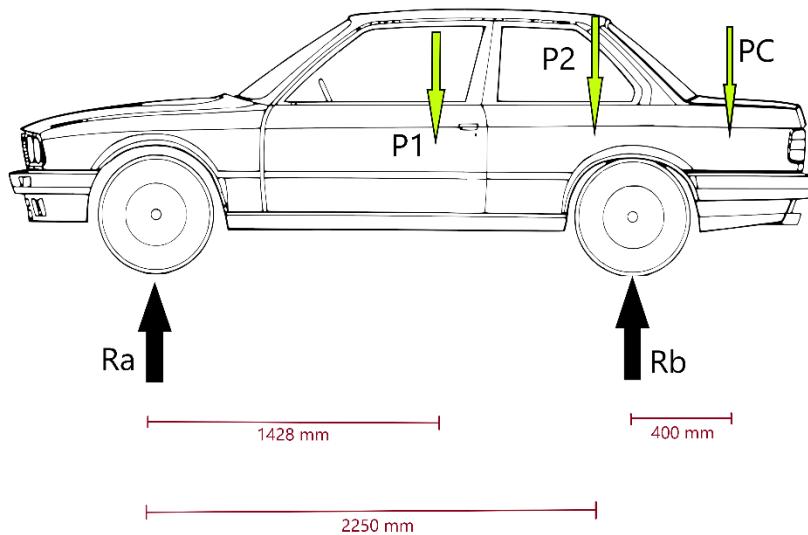


Ilustración 45: Fuerzas y reacciones en el vehículo antes de la reforma. Fuente: Elaboración propia.

Para la carga P1:

$$R_b = \frac{P1 \cdot 1428}{2563} = \frac{150 \cdot 1428}{2563} = 83,57 \text{ kg}$$

$$R_a = \frac{P1 \cdot (2563 - 1428)}{2563} = \frac{150 \cdot (2563 - 1428)}{2563} = 66,43 \text{ kg}$$

Para la carga P2:

$$R_b = \frac{P2 \cdot 2250}{2563} = \frac{150 \cdot 2250}{2563} = 131,68 \text{ kg}$$

$$R_a = \frac{P2 \cdot (2563 - 2250)}{2563} = \frac{150 \cdot (2563 - 2250)}{2563} = 18,32 \text{ kg}$$

Para la carga PC:

$$R_b = PC = 160 \text{ kg}$$

$$R_a = 0 \text{ kg}$$

(Kg)	Plazas	Primer eje (Ra)	Segundo eje (Rb)	TOTAL
<b>TARA</b>	-	575,4	474,6	1050
<b>Pasajeros (P1)</b>	2	66,43	83,57	150
<b>Pasajeros (P2)</b>	3	27,48	197,52	225
<b>Carga (PC)</b>	-	0	85	85
<b>Total</b>	2	669,31	840,69	1510
<b>M.M.A.</b>	-	-	-	1510
<b>Sobrecarga</b>	-	-	-	100%
<b>Porcentaje</b>	-	44,33%	55,67%	100%

Tabla 43: Reacciones y reparto de carga del vehículo antes de la reforma. Fuente: Elaboración propia.

Como nuestro objetivo es comparar los sistemas de frenado antes y después de la reforma, se considerará únicamente una condición de adherencia, concretamente la condición de asfalto medio seco para un neumático usado, por ser la más común en la vida real.



$$\mu = 0,8$$

Del mismo modo, las características antes de la reforma son las siguientes:

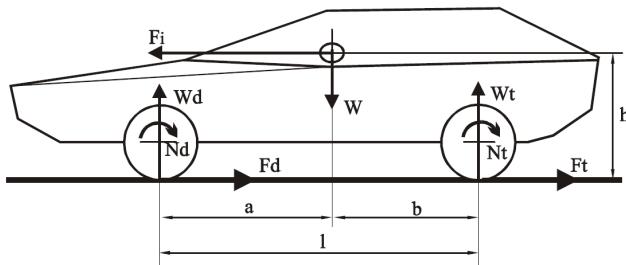


Ilustración 46: Esquema de las fuerzas que actúan en el vehículo en el frenado. Fuente: Baselga, 2018.<sup>19</sup>

Inicialmente se recogen las distintas variables que serán necesarias para obtener las curvas de equiadherencia e isodeceleración y su significado.

	Vacío	Carga
<b>W</b>	1050 kg	1510
<b>Wd</b>	575,4 kg	669,31
<b>Wt</b>	474,6 kg	840,69
<b>h</b>	500 mm	
<b>l</b>	2563 mm	
<b>a</b>	1158,48 mm	1136,18
<b>b</b>	1404,52 mm	1426,82
<b>g</b>	9,81 m/s <sup>2</sup>	
<b>μ</b>	0,8	
<b>R</b>	290 mm	

Tabla 44: Parámetros necesarios para el cálculo de las curvas de equiadherencia e isodeceleración. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el uso de Excel se han calculado los valores de  $F_{dm}$  y  $F_{tm}$  para distintos coeficientes de rozamiento  $\mu$ , a continuación, se expone la tabla con los resultados y su representación gráfica, situando en el eje horizontal  $F_{dm}$  y en el vertical  $F_{tm}$ , reflejando así las curvas de equiadherencia para la situación de vehículo vacío y en carga. Finalmente, para obtener la curva de isodeceleración para un  $\mu=0,8$ , se parte en primer lugar de una escala de  $F_{tm}$  asignada en un intervalo que irá desde 3000 N hasta 0 y se calculará  $F_{dm}$  para cada punto. La representación gráfica de la curva de isodeceleración se realiza junto a la curva de equiadherencia calculada previamente.

$\mu$	VACÍO		CARGA	
	$F_{dm}$	$F_{tm}$	$F_{dm}$	$F_{tm}$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	287,26	227,77	419,55	321,11
0,10	584,56	445,49	853,54	627,77
0,15	891,91	653,16	1301,99	919,98
0,20	1209,31	850,79	1764,88	1197,74
0,25	1536,76	1038,37	2242,22	1461,05
0,30	1874,25	1215,90	2734,01	1709,92
0,35	2221,79	1383,39	3240,25	1944,33



0,40	2579,38	1540,82	3760,94	2164,30
0,45	2947,01	1688,21	4296,08	2369,81
0,50	3324,69	1825,56	4845,67	2560,88
0,55	3712,42	1952,85	5409,71	2737,50
0,60	4110,20	2070,10	5988,19	2899,67
0,65	4518,03	2177,30	6581,13	3047,39
0,70	4935,90	2274,45	7188,51	3180,66
0,75	5363,82	2361,56	7810,34	3299,48
0,80	5801,78	2438,62	8446,62	3403,86
0,85	6249,80	2505,63	9097,35	3493,78
0,90	6707,86	2562,59	9762,53	3569,26
0,95	7175,96	2609,51	10442,16	3630,28
1,00	7654,12	2646,38	11136,24	3676,86

Tabla 45: Fuerzas máximas de frenado en los ejes delantero y trasero para diferentes coeficientes de fricción en el vehículo antes de la reforma. Fuente: Elaboración propia.

ISODECELERACIÓN	
Ftm	Fdm
3000	5240,4
2900	5340,4
2800	5440,4
2700	5540,4
2600	5640,4
2500	5740,4
2400	5840,4
2300	5940,4
2200	6040,4
2100	6140,4
2000	6240,4
1900	6340,4
1800	6440,4
1700	6540,4
1600	6640,4
1500	6740,4

1400	6840,4
1300	6940,4
1200	7040,4
1100	7140,4
1000	7240,4
900	7340,4
800	7440,4
700	7540,4
600	7640,4
500	7740,4
400	7840,4
300	7940,4
200	8040,4
100	8140,4
0	8240,4

Tabla 46: Relación entre la fuerza máxima de frenado trasera y delantera para un mismo coeficiente de adherencia en el vehículo antes de la reforma. Fuente: Elaboración propia.

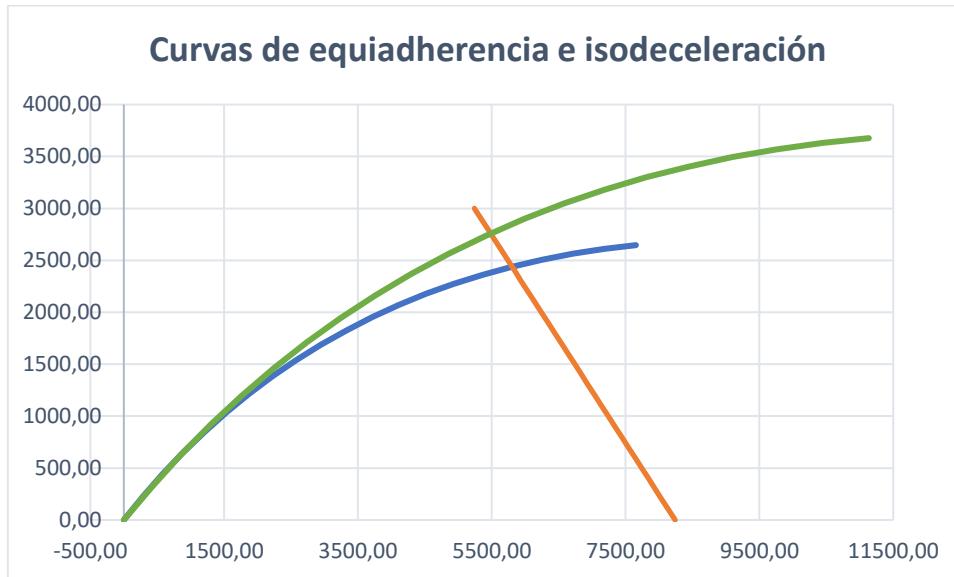


Ilustración 47: Representación gráfica de las curvas de equiadherencia e isodeceleración. Fuente: Elaboración propia.

De donde se obtienen unos valores máximos fuerzas de frenado, para  $\mu=0,8$ , de:

Vacio:  $F_{dm} = 5801,78 \text{ N}; F_{tm} = 2438,62 \text{ N}$

Carga:  $F_{dm} = 8446,62 \text{ N}; F_{tm} = 3403,86 \text{ N}$

Y de aquí los valores de los pares máximos de frenado:

Vacio:  $N_{dm} = 5801,78 \cdot R = 1682,52 \text{ Nm} \quad N_{tm} = 2438,62 \cdot R = 707,20 \text{ Nm}$

Carga:  $N_{dm} = 8446,62 \cdot R = 2449,52 \text{ Nm} \quad N_{tm} = 3403,86 \cdot R = 987,12 \text{ Nm}$

#### 5.4.- Cálculo de curvas de equiadherencia e isodeceleración después de la reforma.

De forma análoga a como se ha desarrollado el cálculo de las curvas antes de la reforma, se considerará únicamente la condición de adherencia de asfalto medio seco para un neumático usado.

$$\mu = 0,8$$

También se considerará únicamente la situación del vehículo en vacío, cuyas características antes de la reforma son las siguientes:

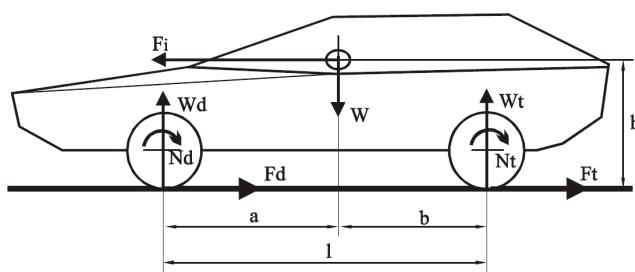


Ilustración 48: Esquema de las fuerzas que actúan en el vehículo en el frenado. Fuente: Baselga, 2018.<sup>19</sup>

Inicialmente se recogen las distintas variables que serán necesarias para obtener las curvas de equiadherencia e isodeceleración y su significado.

	Vacío	Carga
<b>W</b>	1138 kg	1538
<b>Wd</b>	622,49 kg	706,25
<b>Wt</b>	515,51 kg	831,75
<b>h</b>	450 mm	
<b>I</b>	2563 mm	
<b>a</b>	1161,04 mm	1176,93
<b>b</b>	1401,96 mm	1386,07
<b>g</b>	9,81 m/s <sup>2</sup>	
<b>μ</b>	0,8	
<b>R</b>	302 mm	

Tabla 47: Parámetros necesarios para el cálculo de las curvas de equiadherencia e isodeceleración. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el uso de Excel se han calculado los valores de Fdm y Ftm para distintos coeficientes de rozamiento  $\mu$ , a continuación, se expone la tabla con los resultados y su representación gráfica, situando en el eje horizontal Fdm y en el vertical Ftm, reflejando así las curvas de equiadherencia para la situación de vehículo vacío y en carga. Finalmente, para obtener la curva de isodeceleración para un  $\mu=0,8$ , se parte en primer lugar de una escala de Ftm asignada en un intervalo que irá desde 3500 N hasta 0 y se calculará Fdm para cada punto. La representación gráfica de la curva de isodeceleración se realiza junto a la curva de equiadherencia calculada previamente.

<b>mu</b>	<b>Vacío</b>		<b>carga</b>	
	Fdm	Ftm	Fdm	Ftm
0	0	0	0,00	0,00
0,05	310,23	247,96	414,60	339,79
0,1	630,26	486,12	842,44	666,34
0,15	960,09	714,48	1283,52	979,64
0,2	1299,72	933,04	1737,86	1279,70
0,25	1649,15	1141,79	2205,43	1566,51
0,3	2008,38	1340,75	2686,25	1840,08
0,35	2377,41	1529,91	3180,32	2100,40
0,4	2756,25	1709,26	3687,63	2347,48
0,45	3144,88	1878,82	4208,19	2581,31
0,5	3543,31	2038,58	4742,00	2801,89
0,55	3951,55	2188,53	5289,04	3009,24
0,6	4369,58	2328,69	5849,34	3203,33
0,65	4797,42	2459,04	6422,88	3384,18
0,7	5235,05	2579,60	7009,66	3551,79
0,75	5682,49	2690,35	7609,69	3706,15
0,8	6139,72	2791,30	8222,96	3847,26
0,85	6606,76	2882,45	8849,48	3975,13
0,9	7083,59	2963,81	9489,25	4089,75
0,95	7570,23	3035,36	10142,26	4191,13

1	8066,67	3097,11	10808,51	4279,27
---	---------	---------	----------	---------

Tabla 48: Fuerzas máximas de frenado en los ejes delantero y trasero para diferentes coeficientes de fricción en el vehículo antes de la reforma. Fuente: Elaboración propia.

ISODECELERACIÓN	
Ftm	Fdm
3500	5431,02
3400	5531,02
3300	5631,02
3200	5731,02
3100	5831,02
3000	5931,02
2900	6031,02
2800	6131,02
2700	6231,02
2600	6331,02
2500	6431,02
2400	6531,02
2300	6631,02
2200	6731,02
2100	6831,02
2000	6931,02
1900	7031,02
1800	7131,02

1700	7231,02
1600	7331,02
1500	7431,02
1400	7531,02
1300	7631,02
1200	7731,02
1100	7831,02
1000	7931,02
900	8031,02
800	8131,02
700	8231,02
600	8331,02
500	8431,02
400	8531,02
300	8631,02
200	8731,02
100	8831,02
0	8931,02

Tabla 49: Relación entre la fuerza máxima de frenado trasera y delantera para un mismo coeficiente de adherencia en el vehículo antes de la reforma. Fuente: Elaboración propia.

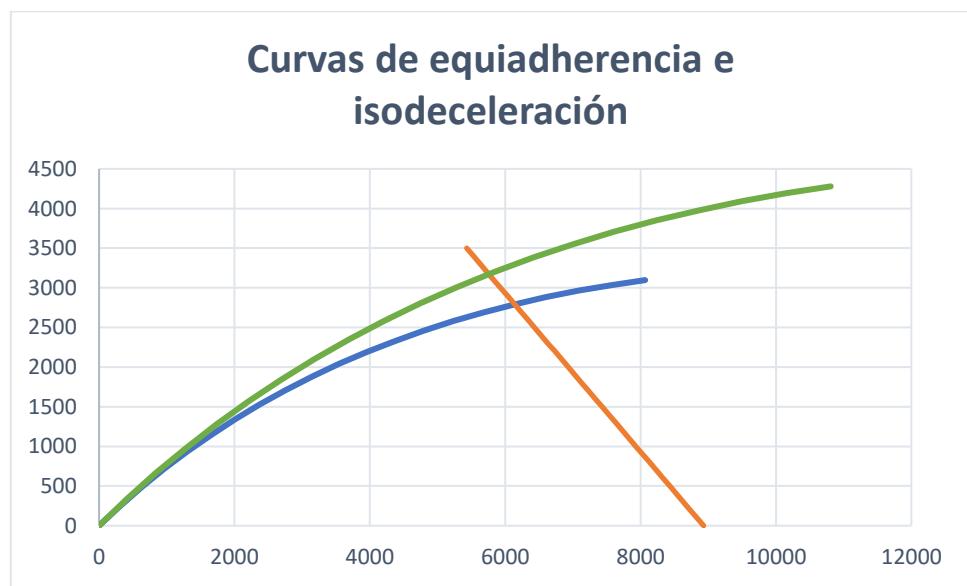


Ilustración 49: Representación gráfica de las curvas de equiadherencia e isodeceleración. Fuente: Elaboración propia.

De donde se obtienen unos valores máximos fuerzas de frenado, para  $\mu=0,8$ , de:

Vacío:  $F_{dm} = 6279,11 \text{ N}; \quad F_{tm} = 2651,92 \text{ N}$

Carga:  $F_{dm} = 8411,34 \text{ N}; \quad F_{tm} = 3658,88 \text{ N}$

Y de aquí los valores de los pares máximos de frenado:

Vacío:  $N_{dm} = 6279,11 \cdot R = 1896,29 \text{ Nm} \quad N_{tm} = 2651,92 \cdot R = 800,88 \text{ Nm}$

Carga:  $N_{dm} = 8411,34 \cdot R = 2540,22 \text{ Nm} \quad N_{tm} = 3658,88 \cdot R = 1104,98 \text{ Nm}$

## Anexo 6: Cálculo del equipo de frenado.

A la hora de afrontar el cálculo del equipo de frenado se deberá tener en cuenta que existen dos tipos básicos de sistemas, los frenos de disco y los frenos de tambor. En nuestro caso, antes de la reforma el vehículo contaba con un sistema mixto en el que se equipaban frenos de disco en el tren delantero y frenos de tambor en el tren trasero; mientras que después de la reforma se equipan discos de freno en sendos ejes. Por ello a lo largo de este anexo se desglosarán la metodología de cálculo de ambos sistemas.

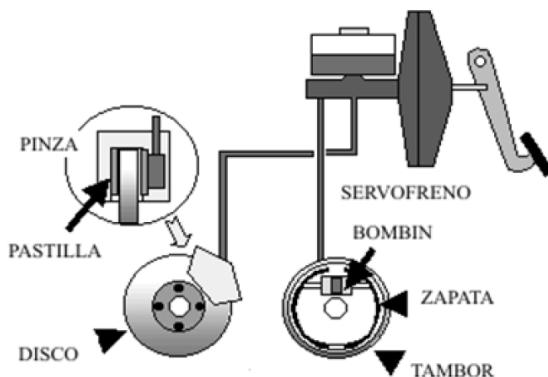


Ilustración 50: Componentes del sistema de frenado. Fuente: Baselga, 2018.<sup>19</sup>

### 6.1.- Frenos de disco.

A la hora de calcular un sistema de freno de disco se deben considerar parámetros diversos, como la superficie que tienen nuestras pastillas de freno, el radio equivalente del disco, la fuerza ejercida sobre cada pastilla o el par de frenado.

En primer lugar, definiremos el par de frenado para un sistema de freno de disco compuesto por dos bombines por pinza y dos pinzas por eje, este viene dado por:

$$N_d = R_d \cdot T \cdot \varphi \cdot 4$$

Donde “Rd” se corresponde con el radio de acción del disco, “φ” representa el coeficiente de fricción pastilla-disco y “T” la fuerza de empuje del bombín de la pinza de freno.

Cabe destacar que el coeficiente de rozamiento entre el disco y la pastilla suele tomar un valor de 0,35.

#### PINZA DE FRENO FLOTANTE

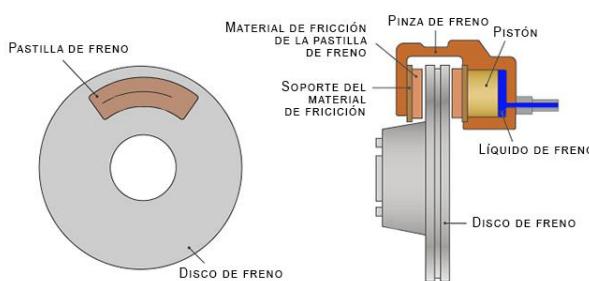


Ilustración 51: Partes de una pinza de freno flotante. Fuente: Km77, s.f.<sup>22</sup>

En la imagen se muestra una pinza de freno flotante, esta se caracteriza por tener únicamente un bombín de freno y tener la capacidad de desplazarse hasta que ambas pastillas tocan el disco, cada una por su lado. Para este caso, actúa una fuerza sobre cada una de las pastillas que se calcula como:

$$T = S_{bd} \cdot P_H = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P_H$$

Donde  $S_{bd}$  es la superficie del bombín de la pinza de freno, “d” representa el diámetro hidráulico y  $P_H$  la presión hidráulica.

En la siguiente figura se representa un disco de freno y su correspondiente pastilla, esta figura servirá para identificar los parámetros necesarios para determinar las dimensiones mínimas del disco que garanticen que se satisfacen las exigencias de par de frenado.

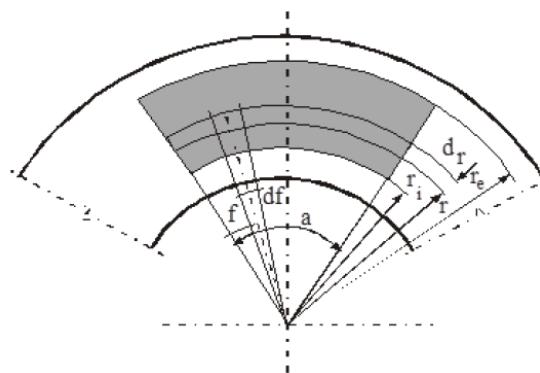


Ilustración 52: Parámetros necesarios para definir una pinza de freno. Fuente: Baselga, 2018. [19](#)

#### 6.1.1.- Superficie de pastilla.

Recordemos que cada una de las pastillas se encuentra empujada por una fuerza de valor  $T$ , por tanto:

$$P = T/S$$

El diferencial de área de la pastilla de freno viene dado por:

$$ds = r \cdot d\phi \cdot dr$$

Conviene aclarar que el ángulo “ $\alpha$ ” se corresponde con aquel ángulo que abarca la pastilla de un extremo al otro en la dirección radial del disco. Este ángulo se dimensiona en función de los requerimientos técnicos de la pastilla de freno, concretamente de cara a la disipación de calor y a garantizar la máxima presión de contacto. Por tanto, la superficie de la pastilla viene dada por:

$$S_t = \alpha \cdot (r_e^2 - r_i^2)$$

Integrando el diferencial de área, teniendo en cuenta que existen 2 pastillas por cada disco:

$$S = \int_0^\alpha \int_{r_i}^{r_e} r \cdot dr \cdot d\phi = \int_0^\alpha \frac{(r_e^2 - r_i^2)}{2} \cdot d\phi = \frac{\alpha \cdot (r_e^2 - r_i^2)}{2}$$

Y sustituyendo para obtener el valor de la presión de freno, siempre que se considere que la distribución de presiones entre las pastillas de freno y el disco es de valor constante:

$$P = \frac{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P_H}{\frac{\alpha \cdot (r_e^2 - r_i^2)}{2}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot P_H}{\alpha \cdot (r_e^2 - r_i^2) \cdot 2\pi}$$

Lo que implica que la fuerza normal que ejerce la pastilla es:

$$F_N = \frac{P \cdot \alpha \cdot (r_e^2 - r_i^2)}{2}$$

#### 6.1.2.- Par de frenado.

A partir de las expresiones anteriores se puede obtener el par de frenado para un sistema de freno de disco:

$$N_d = R_d \cdot S_{bd} \cdot P_H \cdot \varphi \cdot 4$$

El par de frenado del disco se calcula a partir de la ecuación diferencial de fuerza, suponiendo que esta se produce de forma normal entre el disco y la pastilla:

$$dF = P \cdot ds$$

Producto de esta fuerza se producirá un rozamiento entre pastilla y disco con componente tangencial, que será el mecanismo encargado de frenar el vehículo, y que viene dado por:

$$dF_t = \varphi \cdot dF$$

Con  $\varphi$  como coeficiente de rozamiento entre el disco y la pastilla. Si tenemos en cuenta la distancia “ $r$ ” entre la aplicación de esta fuerza tangencial y el centro del disco de freno, obtendremos un par de frenado:

$$dM = r \cdot \varphi \cdot P \cdot ds$$

Que teniendo en cuenta que tenemos dos pastillas por disco, que el valor de la superficie e integrando:

$$M = 2 \cdot \int_0^a \int_{r_i}^{r_e} r^2 \cdot \varphi \cdot P \cdot dr \cdot d\phi = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot p \cdot (r_e^3 - r_i^3)}{3}$$

$$M = 2 \cdot \frac{\alpha \cdot \varphi \cdot P \cdot (r_e^3 - r_i^3)}{3}$$

Y se relaciona con el par de frenado del sistema multiplicándolo por 2, ya que existen dos discos en el eje:

$$N_d = 2 \cdot M_d$$

Una vez planteadas estas fórmulas se debe proceder a la explicación de lo que significa lo que en ellas se refleja, cómo se obtienen estos valores y qué criterio se debe tener en cuenta.

### 6.1.3.- Radio equivalente

Finalmente, el radio equivalente del disco ( $r_d$ ), puede aproximarse con el valor del radio de acción del disco ( $R_d$ ), es por ello por lo que se define en este punto cómo obtenerlo:

$$r_d = \frac{M_d}{2 \cdot F_n \cdot \varphi} = \frac{2 \cdot (r_e^3 - r_i^3)}{3 \cdot (r_e^2 - r_i^2)}$$

### 6.2.- Freno de tambor.

A la hora de calcular un sistema de freno de tambor se deben considerar parámetros diversos, como la superficie que tiene el bombín de freno, el radio equivalente del freno de tambor, los empujes sobre las zapatas primarias y secundarias o el par de frenado.

En primer lugar, definiremos el par de frenado para un sistema de freno de disco compuesto por dos bombines por pinza y dos pinzas por eje, este viene dado por:

$$N_t = R_t \cdot [(T_1 + T_2) - T_{per} \cdot 2]$$

Donde “ $R_t$ ” es el radio equivalente del freno de tambor. Mediante la definición de este parámetro de radio equivalente se verifica que la resultante de la suma de las zapatas primarias y secundarias ( $T_1 + T_2$ ) es igual a la suma de los empujes resultantes para cada tambor  $T_t$  multiplicada por 2, ya que existen dos tambores por eje.

$$T_1 + T_2 = 2 \cdot T_t$$

Como el sistema de frenos es un sistema hidráulico, al igual que ocurría con el freno de disco, la fuerza se transmite gracias a la presencia de un cilindro esclavo, el cual denominaremos bombín de freno de tambor ( $S_{bt}$ ). Como ambos bombines de freno tienen el mismo diámetro:

$$T_1 = T_2 = T_t = S_{bt} \cdot P_H + T_{per}$$

Es decir:

$$T_1 + T_2 - 2 \cdot T_t = 2 \cdot S_{bt} \cdot P_H$$

Y sustituyendo en la primera ecuación:

$$N_t = R_t \cdot [2 \cdot S_{bt} \cdot P_H]$$

(Baselga, 2018)<sup>19</sup>.

## Anexo 7: Elementos de transmisión y su cálculo.

### 7.1.- Transmisión y conjunto motriz.

La energía es transformada en movimiento rotacional gracias a la acción del motor, en el caso de los vehículos de combustión interna más extendidos, gracias a un proceso de detonación controlada de la mezcla de aire y combustible que se transforma en movimiento longitudinal y, posteriormente, en movimiento rotacional gracias a un mecanismo de biela-manivela.

Una vez obtenido este movimiento es pertinente transmitirlo desde el motor hasta las ruedas, y es ahí donde entra el mecanismo de transmisión. Es decir, que la transmisión es aquel conjunto de elementos responsables de transmitir la fuerza motriz necesaria para que el automóvil se desplace.

A simples rasgos la transmisión de potencia podría resolverse con un simple árbol de transmisión y un diferencial que permitiera a las ruedas girar independientemente, al tiempo que se transmite la fuerza motriz a ellas. Sin embargo, las necesidades derivadas del uso del automóvil hacen que la cadena de transmisión de un automóvil sea un elemento complejo y que determine en gran medida el rendimiento de este.

Un sistema de transmisión de un vehículo con una disposición clásica de motor delantero y propulsión, o tracción trasera, estaría compuesto por un embrague, una caja de cambios, un árbol de transmisión, un grupo cónico diferencial y un eje motriz, aunque este último puede verse sustituido por dos semiejes si el diseño de la geometría de suspensión así lo requiriese. En definitiva, seguiría el siguiente esquema:

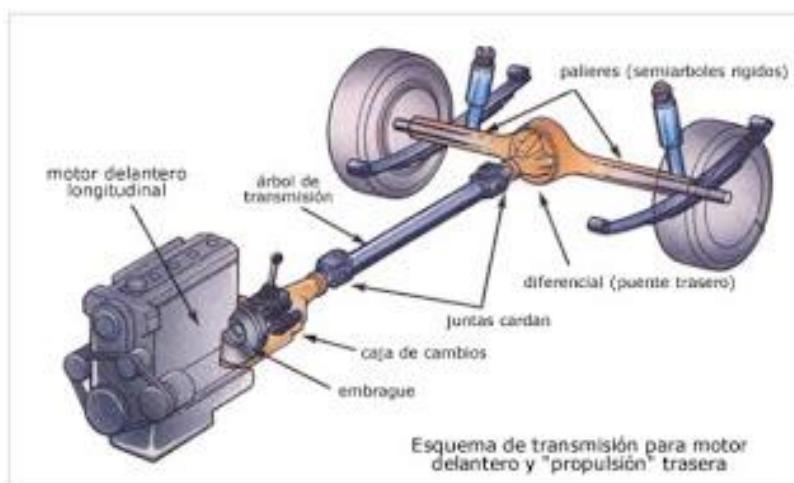


Ilustración 53: Esquema de transmisión de un vehículo de motor delantero y tracción trasera. Fuente: 2emvospeme, 2016.<sup>13</sup>

### 7.2.- Transmisión de la fuerza motriz.

El comportamiento de un motor de combustión interna puede definirse mediante una representación gráfica de dispersión en la que se expresa el par motor entregado en el eje de ordenadas y las revoluciones por minuto o la velocidad rotacional del motor en el eje de abscisas. En estas representaciones se suele incluir también la potencia, a pesar de poder ser calculada a partir del par motor y las revoluciones.

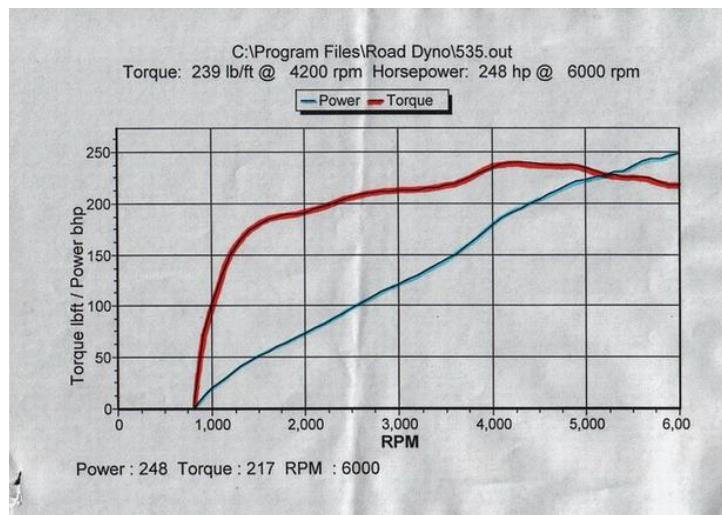


Ilustración 54: Gráfica obtenida en un dinamómetro donde se refleja el par y potencia de un motor BMW 34-6E-B. Fuente: E30 Zone Wiki, s.f.[33](#)

La potencia en CV se calcula a partir del Par motor en kgf·m (Mm) y la velocidad angular del motor en revoluciones por minuto utilizando la expresión:

$$P = \frac{M_m \cdot n_m}{716,2}$$

La fuerza que son capaces de transmitir al suelo las ruedas depende, no solo de la relación de transmisión del motor, sino también de las pérdidas que se produzcan a lo largo de la cadena de transmisión:

$$F_m = \frac{M_m \cdot r_i \cdot r_f \cdot \eta_t}{R}$$

Donde:

Fm: Fuerza motriz que transmiten los neumáticos al suelo (Kgf).

Mm: Par producido por el motor (Kgf·m).

R: Radio del neumático (m).

ri: Relación de transmisión de la caja de cambios.

rf: Relación de transmisión del grupo cónico diferencial.

Ht: Rendimiento de la transmisión (tanto por uno).

Otra variable importante por calcular es la velocidad que es capaz de desarrollar el vehículo en función de las revoluciones a las que gira el motor:

$$V = \frac{n_m}{r_i \cdot r_f} \cdot \frac{2\pi \cdot R}{60}$$

Combinando estas expresiones se puede llegar a obtener la potencia necesaria para que el vehículo sea capaz de circular a una velocidad V, para lo que tendrá que transmitir una fuerza motriz Fm:

$$P = \frac{F_m \cdot V}{75 \cdot \eta_t}$$

Finalmente, la resistencia que se tendrá que vencer para que el vehículo pueda circular a una velocidad V constante estará determinada por el conjunto de resistencias aerodinámica y de rodadura, así como la pendiente que tenga que vencer el vehículo que vendrá determinada por las condiciones del terreno. Esta resistencia total  $R_t$  se obtiene, en Kgf, mediante:

$$R_t = F_z \cdot \mu_r + \frac{1}{g} \cdot \frac{d_a}{2} \cdot C_x \cdot S \cdot V^2 + P \cdot n$$

Donde:

$F_z$ : Reacción normal al suelo sobre los neumáticos del eje tractor (Kgf).

$\mu_r$ : Coeficiente de rodadura.

$d_a$ : Densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>).

$C_x$ : Coeficiente de resistencia aerodinámica.

$V$ : Velocidad del vehículo (m/s).

$S$ : Superficie frontal efectiva del vehículo (m<sup>2</sup>).

$P$ : Peso del vehículo (Kgf).

$n$ : Pendiente del terreno (tanto por uno).

### 7.3.- Relaciones de transmisión de los engranajes.

La relación de transmisión en un conjunto de engranajes se traduce como la relación que existe entre el número de dientes de la rueda conducida y el número de dientes de la rueda conductora, o bien a la relación entre las velocidades de los engranajes.

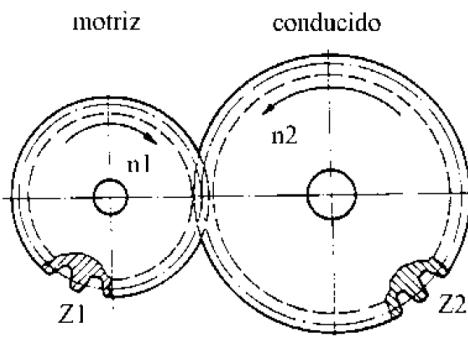


Ilustración 55: Tren de engranajes simple. Fuente: Baselga, 2018.<sup>24</sup>

La relación de transmisión para un tren de engranajes simple como el de la figura anterior se obtiene de la siguiente forma:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

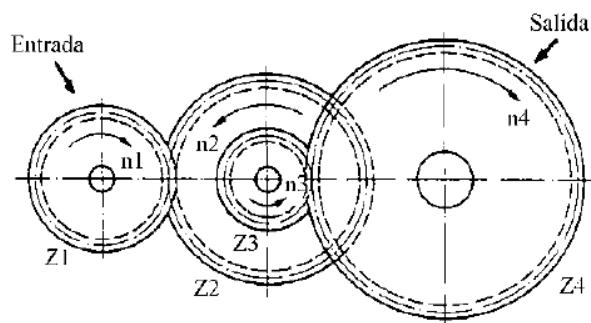


Ilustración 56: Tren de engranajes doble. Fuente: Baselga, 2018.<sup>34</sup>

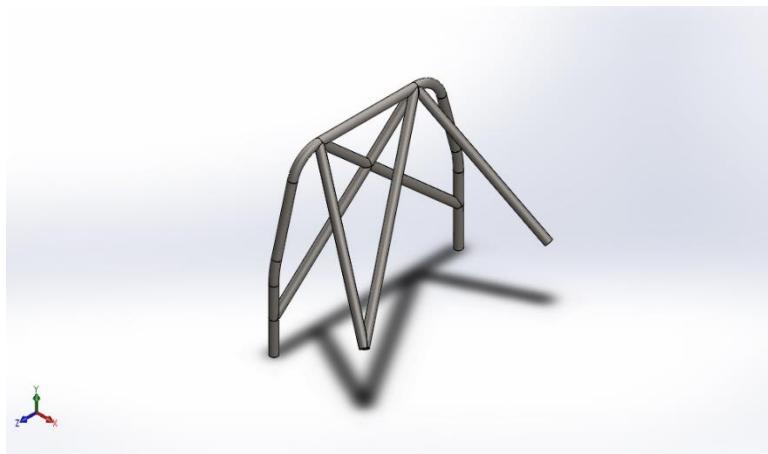
En el caso de tener un tren de engranajes doble, como el de la figura anterior, si se quiere obtener la relación de transmisión se debe realizar de forma análoga, sin embargo, se deben tener en cuenta que como todas las ruedas dentadas intervienen en la relación de transmisión las velocidades, esta será el resultado del producto de todas las velocidades de todas las ruedas conductoras dividido por el producto de todas las velocidades de las ruedas conducidas. Y al igual que en el caso del tren de engranajes simple, también se puede obtener a partir del número de dientes.

$$i = \frac{\prod_{i=1}^n n_i \text{ ruedas conductoras}}{\prod_{i=1}^n n_i \text{ ruedas conducidas}} = \frac{\prod_{i=1}^n Z_i \text{ ruedas conducidas}}{\prod_{i=1}^n Z_i \text{ ruedas conductoras}}$$

(Baselga, 2018)<sup>34</sup>.

## Anexo 8: Cálculo de tensiones y desplazamientos de la jaula antivuelco mediante SolidWorks

8.1.- Carga de 28 KN sobre el miembro superior de la estructura.



### Simulación de barras antivuelco

Fecha: jueves, 26 de agosto de  
2021

Diseñador: Juan Pedro Hernández  
León

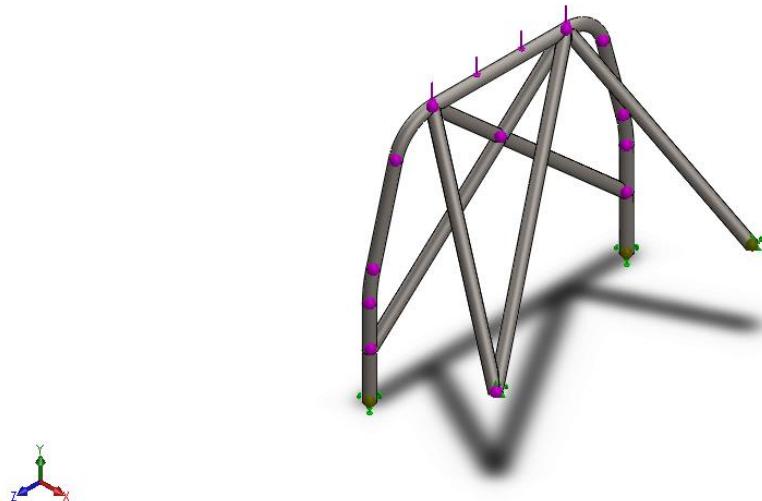
Nombre de estudio: Análisis  
estático carga superior

Tipo de análisis: Análisis estático

#### 8.1.1.- Descripción

Análisis de la jaula antivuelco cuando se ve sometida a una  
carga distribuida de 28 KN sobre su miembro superior

#### 8.1.2.- Información de modelo



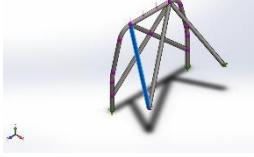
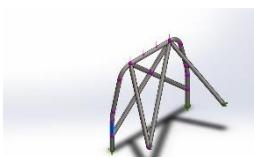
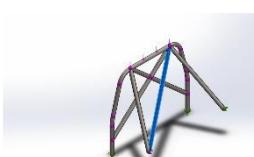
Nombre del modelo: Barras sin bases

Configuración actual: Predeterminado<Como mecanizada>

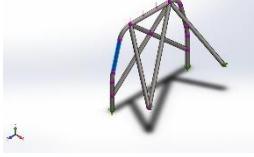
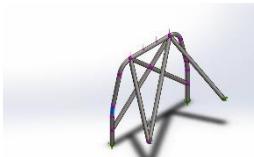
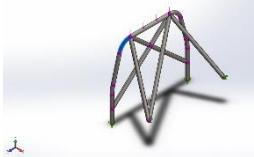
Sólidos de viga:

Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Viga-1(Recortar/Extender1)	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</p> <p>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p>Longitud:415,353mm</p> <p>Volumen:0,000188462m<sup>3</sup></p> <p>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p>Masa:1,47942kg</p> <p>Peso:14,4984N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-2(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[15])	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</p> <p>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021

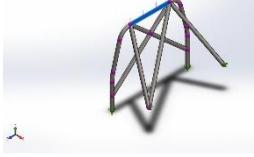
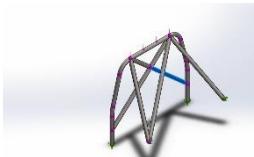
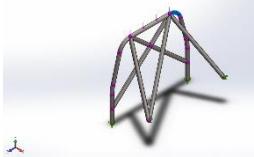
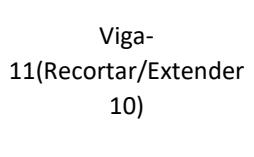


		<p><b>Longitud:</b>986,027mm <b>Volumen:</b>0,000475773m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>3,73482kg <b>Peso:</b>36,6012N</p>	
Viga-3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil</b> <b>tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup> <b>Longitud:</b>194,462mm <b>Volumen:</b>9,5151e-05m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>0,746935kg <b>Peso:</b>7,31997N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga- 4(Recortar/Extender7)  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil</b> <b>tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup> <b>Longitud:</b>1.325,06mm <b>Volumen:</b>0,000609753m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>4,78656kg <b>Peso:</b>46,9083N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil</b> <b>tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021

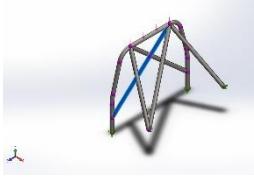
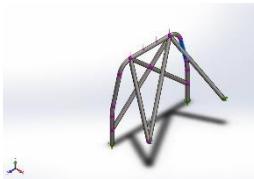
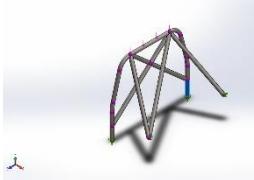


		<p><b>Longitud:</b>411,904mm <b>Volumen:</b>0,000201546m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>1,58213kg <b>Peso:</b>15,5049N</p>	
Viga-6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup> <b>Longitud:</b>134,207mm <b>Volumen:</b>6,57149e-05m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>0,515862kg <b>Peso:</b>5,05545N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup> <b>Longitud:</b>237,972mm <b>Volumen:</b>0,00011657m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>0,915077kg <b>Peso:</b>8,96775N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021

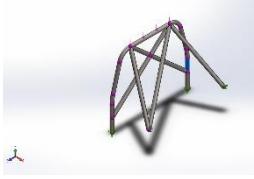
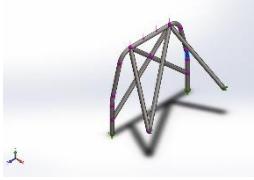
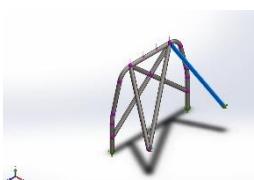


		<p><b>Longitud:</b>639,352mm <b>Volumen:</b>0,000312837m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>2,45577kg <b>Peso:</b>24,0665N</p>	
Viga-9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup> <b>Longitud:</b>783,061mm <b>Volumen:</b>0,000373378m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>2,93102kg <b>Peso:</b>28,724N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup> <b>Longitud:</b>237,972mm <b>Volumen:</b>0,00011657m<sup>3</sup> <b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup> <b>Masa:</b>0,915077kg <b>Peso:</b>8,96775N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-11(Recortar/Extender 10)  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/<b>Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021

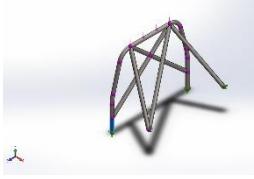


		<p><b>Longitud:1.261,47mm</b> <b>Volumen:0,000588205m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b> <b>Masa:4,61741kg</b> <b>Peso:45,2506N</b></p>	
Viga-12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b> <b>Longitud:368,917mm</b> <b>Volumen:0,000180512m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b> <b>Masa:1,41702kg</b> <b>Peso:13,8868N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b> <b>Longitud:251,522mm</b> <b>Volumen:0,000123071m<sup>3</sup></b> <b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b> <b>Masa:0,966104kg</b> <b>Peso:9,46782N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:05:17 2021
Viga-14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt



		<p><b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>194,462mm</p> <p><b>Volumen:</b>9,5151e-05m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>0,746935kg</p> <p><b>Peso:</b>7,31997N</p>	Aug 26 19:05:17 2021
Viga-15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</p> <p><b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>134,207mm</p> <p><b>Volumen:</b>6,57149e-05m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>0,515862kg</p> <p><b>Peso:</b>5,05545N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPR Aug 26 19:05:17 2021
Viga- 16(Recortar/Extender 8)  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</p> <p><b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>981,71mm</p> <p><b>Volumen:</b>0,000472434m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>3,7086kg</p> <p><b>Peso:</b>36,3443N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPR Aug 26 19:05:17 2021
Viga-17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-</b> iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPR



	<p><b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:</b><b>210mm</b></p> <p><b>Volumen:</b><b>0,000102754m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:</b><b>7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:</b><b>0,806616kg</b></p> <p><b>Peso:</b><b>7,90484N</b></p>	<p><b>ras antivuelco\Barras sin bases.SLDPR</b></p>
		Aug 26 19:05:17 2021

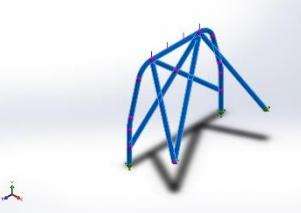
#### 8.1.3.- Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático carga superior
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla de viga
Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco)

#### 8.1.4.- Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

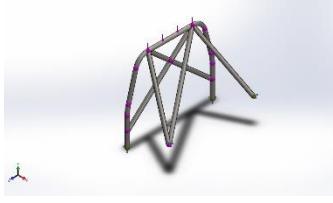
## 8.1.5.- Propiedades de material

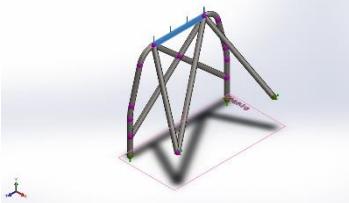
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 4340 Acero normalizado</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 7,1e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 1,11e+09 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2,05e+11 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coeficiente de Poisson:</b> 0,32</p> <p><b>Densidad:</b> 7.850 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8e+10 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coeficiente de dilatación térmica:</b> 1,23e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Recortar/Extender11)(Barras sin bases), Sólido 2(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[15])(Barras sin bases), Sólido 3(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[2])(Barras sin bases), Sólido 4(Recortar/Extender7)(Barras sin bases), Sólido 5(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[4])(Barras sin bases), Sólido 6(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[3])(Barras sin bases), Sólido 7(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[5])(Barras sin bases), Sólido 8(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[6])(Barras sin bases), Sólido 9(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[13])(Barras sin bases), Sólido 10(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[7])(Barras sin bases),



		Sólido 11(Recortar/Extender10) (Barras sin bases),  Sólido 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])(Barras sin bases),  Sólido 13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])(Barras sin bases),  Sólido 14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])(Barras sin bases),  Sólido 15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])(Barras sin bases),  Sólido 16(Recortar/Extender8)( Barras sin bases),  Sólido 17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])(Barras sin bases)
Datos de curva:N/A		

### 8.1.6.- Cargas y sujeteciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 4 Joint(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 plano(s), 1 Viga(s) Referencia: Planta Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -28.000 N Momentos: ---; ---; --- N.m

### 8.1.7.- Información de malla

Tipo de malla	Malla de viga
---------------	---------------

#### 8.1.7.1.- Información de malla - Detalles

Número total de nodos	322
Número total de elementos	288
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo:Barras sin bases  
 Nombre de estudio:Análisis estático carga superior(Predeterminado<Como mecanizada>)  
 Tipo de malla:



### 8.1.8.- Fuerzas resultantes

#### 8.1.8.1.- Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-3,05176e-05	28.000	0,000976562	28.000

#### 8.1.8.2.- Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	26,8737	-15,8199	-549,174	550,058

### 8.1.9.- Vigas

#### 8.1.9.1- Fuerzas de viga

Nombre de viga	Junt as	Axial( N)	Corte1 (N)	Corte2 (N)	Momento1 (N.m)	Momento2 (N.m)	Torsión( N.m)
Viga-1(Recortar/Exteñider11)	1	8.730 ,43	- 3.850,3 1	- 125,57 9	62,146	-1.131	-34,5931
	2	- 8.730 ,43	3.850,3 1	125,57 9	-7,61565	-540,924	34,5931
Viga-2(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[15])	1	612,7 7	- 123,40 6	484,92	-323,718	15,6495	-57,4127
	2	- 612,7 7	123,40 9	- 484,91 9	-157,28	-138,058	57,4126
Viga-3(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[2])	1	4.649 ,56	- 1.155,6 3	18,649 7	-37,0046	-247,225	-13,7296
	2	- 4.649 ,56	1.155,6 3	18,649 7	40,5487	27,6159	13,7296
Viga-4(Recortar/Exteñider7)	1	2.038 ,34	- 357,47 5	140,50 9	105,445	183,841	-60,4501
	2	- 2.038 ,33	357,47 6	140,51 4	81,5056	291,78	60,4499
Viga-5(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[4])	1	- 4.790 ,23	-87,138	18,649 7	36,821	319,388	4,01024
	2	4.790 ,23	87,139 2	- 18,649 7	-29,1391	-283,495	-4,01023
Viga-6(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[3])	1	- 4.684 ,88	1.002,8 8	18,649 7	-37,434	-247,225	12,5115
	2	4.790 ,51	69,639 6	18,649 7	36,6701	319,388	-5,21284



Viga- 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])	1	1.531 ,73	- 4.539,5 7	18,649 7	10,1193	-378,001	23,8454
	2	- 4.767 ,08	478,31 3	- 18,649 7	-29,3694	-283,495	1,61552
Viga- 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	1	2.199 ,55	- 13.730, 5	-37,841	-80,8268	1.041,48	-7,1797
	2	- 2.199 ,55	14.269, 5	37,841	56,6331	-1.213,8	7,1797
Viga- 9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])	1	11.16 0,6	- 1.382,5	34,432 5	-6,79896	-456,854	-23,3794
	2	- 11.16 0,6	1.382,4 9	34,432 5	34,4561	-653,6	23,3794
Viga- 10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])	1	- 1.169 ,6	3.837,1 6	26,842 2	26,2683	-334,484	48,388
	2	3.977 ,83	- 518,28 1	26,842 2	-49,917	-239,684	0,733538
Viga- 11(Recortar/Exte nder10)	1	- 10.80 1,3	- 3.530,5 8	- 32,854 8	-24,0643	397,285	-38,5422
	2	- 13.51 3,9	- 1.377,0 2	- 58,291 9	36,683	665,703	-25,4037
	3	- 10.80 1,3	- 3.530,5 5	- 32,854 8	11,0892	997,011	38,5422
Viga- 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])	1	- 4.006 ,88	191,46 2	26,842 2	49,6901	239,684	-4,81052
	2	4.006 ,88	- 191,46 2	26,842 2	-39,7876	-310,319	4,81051
Viga- 13(Personalizado)	1	12.33 8,7	8.308,3 6	7,5902 9	-70,637	1.336,14	24,8542



PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])	2	- 8,7	12.33 8,7	- 6	8.308,3 6	- 9	7,5902 9	68,7279	753,596	-24,8542
Viga- 14(Personalizado)	1	3.919 ,91	852,11 5	-	26,842 2	-	-28,4031	-99,9966	14,4751	
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])	2	- 3.919 ,91	852,11 5	-	26,842 2	-	33,6229	265,701	-14,4751	
Viga- 15(Personalizado)	1	- 4.011	60,270 8	-	26,842 2	-	39,6089	310,319	-6,10962	
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])	2	3.945 ,69	723,4	-	26,842 2	-	-34,0785	-265,701	13,3672	
Viga- 16(Recortar/Exte nder8)	1	1.771 ,21	- 61,275 5	-	433,95 1	-	286,026	50,3054	53,8851	
	2	- 1.771 ,21	61,284 3	-	433,95 6	-	144,423	-111,089	-53,8854	
Viga- 17(Personalizado)	1	14.79 1,3	- 10.192, 7	-	76,941 6	-	-84,398	-697,232	-23,911	
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])	2	- 14.79 1,3	10.192, 7	-	76,941 6	-	100,556	-1.443,23	23,911	

#### 8.1.9.2.- Tensiones de viga

Nombre de viga	Junt as	Axial(N/ m^2)	Dir. de pliegue1(N/ m^2)	Dir. de pliegue2(N/ m^2)	Torsion al (N/m^2)	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/ m^2)
Viga- 1(Recortar/Exten der11)	1	- 1,78426e +07	- 1,22388e+07	- 2,22735e+08	- 3,40632e +06	2,40913e+08
	2	- 1,78426e +07	-1,4998e+06	1,06527e+08	3,40631e +06	1,24381e+08

Viga- 2(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[15])	1	- 1,25233e +06	6,37517e+07	3,08195e+06	- 5,65331e +06	6,50785e+07
	2	- 1,25233e +06	3,09741e+07	2,71886e+07	5,6533e+ 06	4,24666e+07
Viga- 3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])	1	- 9,50241e +06	7,28754e+06	4,86874e+07	- 1,35192e +06	5,87322e+07
	2	- 9,50241e +06	7,9855e+06	- 5,43857e+06	1,35192e +06	1,9164e+07
Viga- 4(Recortar/Exten- der7)	1	4,16579e +06	2,0766e+07	-3,6205e+07	- 5,95239e +06	4,59034e+07
	2	4,16579e +06	- 1,60514e+07	5,7462e+07	5,95238e +06	6,38276e+07
Viga- 5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])	1	- 9,7899e+ 06	7,25138e+06	-6,2899e+07	394.881	7,31056e+07
	2	- 9,7899e+ 06	5,73854e+06	- 5,58304e+07	-394.880	6,59145e+07
Viga- 6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])	1	- 9,5746e+ 06	- 7,37211e+06	4,86874e+07	1,23198e +06	5,8817e+07
	2	- 9,79049e +06	- 7,22166e+06	6,2899e+07	-513.298	7,31027e+07
Viga- 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])	1	- 3,13044e +06	- 1,99285e+06	-7,4442e+07	2,348e+0 6	7,75991e+07
	2	- 9,7426e+ 06	- 5,78389e+06	5,58304e+07	159.077	6,58718e+07
Viga- 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	1	4,49528e +06	- 1,59177e+07	- 2,05105e+08	-706.970	2,10217e+08
	2	4,49528e +06	- 1,11531e+07	- 2,39041e+08	706.970	2,43796e+08



Viga- 9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])	1	- 2,28092e +07	1,33896e+06	- 8,99709e+07	- 2,30212e +06	1,1279e+08
	2	- 2,28092e +07	6,78564e+06	1,28717e+08	2,30212e +06	1,51705e+08
Viga- 10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])	1	- 2,39035e +06	5,17317e+06	6,58719e+07	4,76467e +06	6,84651e+07
	2	- 8,12959e +06	9,83046e+06	- 4,72024e+07	72.230	5,63447e+07
Viga- 11(Recortar/Exte nder10)	1	- 2,20749e +07	- 4,73913e+06	- 7,82396e+07	- 3,79517e +06	1,00458e+08
	2	- 2,76187e +07	7,22419e+06	- 1,31101e+08	- 2,50145e +06	1,58918e+08
	3	- 2,20749e +07	- 2,18386e+06	1,96347e+08	3,79517e +06	2,18434e+08
Viga- 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])	1	- 8,18896e +06	9,78577e+06	- 4,72024e+07	-473.682	5,6395e+07
	2	- 8,18896e +06	7,8356e+06	-6,1113e+07	473.681	6,98022e+07
Viga- 13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])	1	- 2,52168e +07	1,3911e+07	2,63134e+08	2,44734e +06	2,88718e+08
	2	- 2,52168e +07	1,3535e+07	-1,4841e+08	2,44734e +06	1,74243e+08
Viga- 14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])	1	- 8,0112e+ 06	5,59359e+06	- 1,96929e+07	1,42534e +06	2,84831e+07
	2	- 8,0112e+ 06	6,62155e+06	-5,2326e+07	1,42534e +06	6,07545e+07

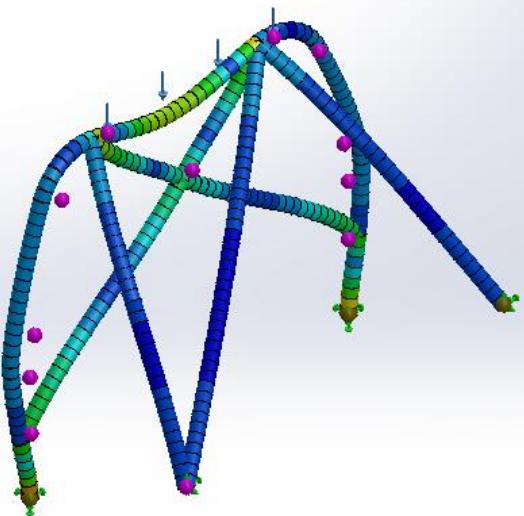


Viga- 15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])	1	- 8,19738e +06	7,80042e+06	-6,1113e+07	-601.602	6,98062e+07
	2	- 8,0639e+ 06	6,71128e+06	-5,2326e+07	1,31625e +06	6,08186e+07
Viga- 16(Recortar/Exte nder8)	1	- 3,61987e +06	- 5,63288e+07	9,90694e+06	5,30596e +06	6,08132e+07
	2	- 3,61986e +06	2,84421e+07	2,18774e+07	5,30599e +06	3,95026e+07
Viga- 17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])	1	- 3,02292e +07	1,6621e+07	-1,3731e+08	2,35446e +06	1,68542e+08
	2	- 3,02292e +07	1,9803e+07	2,84224e+08	2,35446e +06	3,15142e+08

## 8.1.10.- Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0,000e+00 N/m <sup>2</sup> Elemento: 286	3,151e+08 N/m <sup>2</sup> Elemento: 285

Nombre del modelo:Barras sin bases  
 Nombre de estudio:Análisis estático carga superior-Predeterminado<Como mecanizada>-  
 Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1  
 Escala de deformación: 44,4565



Barras sin bases-Análisis estático carga superior-Tensiones-Tensiones1

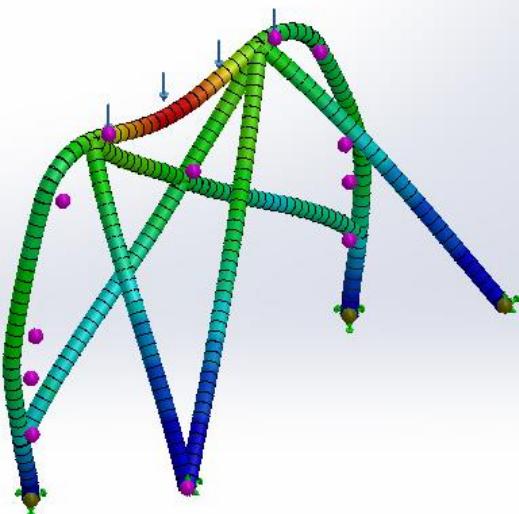
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 98	3,215e+00 mm Nodo: 133

Nombre del modelo:Barras sin bases

Nombre de estudio:Análisis estático carga superior-Predeterminado<Como mecanizada>-)

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

Escala de deformación: 44,4565



Barras sin bases-Análisis estático carga superior-Desplazamientos-Desplazamientos1

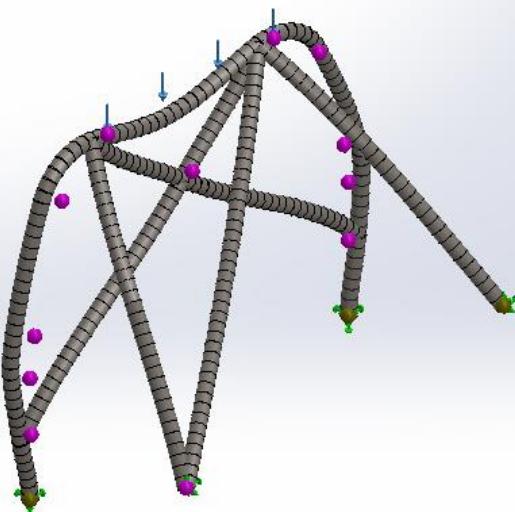
Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada

Nombre del modelo: Barras sin bases

Nombre de estudio: Análisis estático carga superior (Predeterminado <Como mecanizada> -)

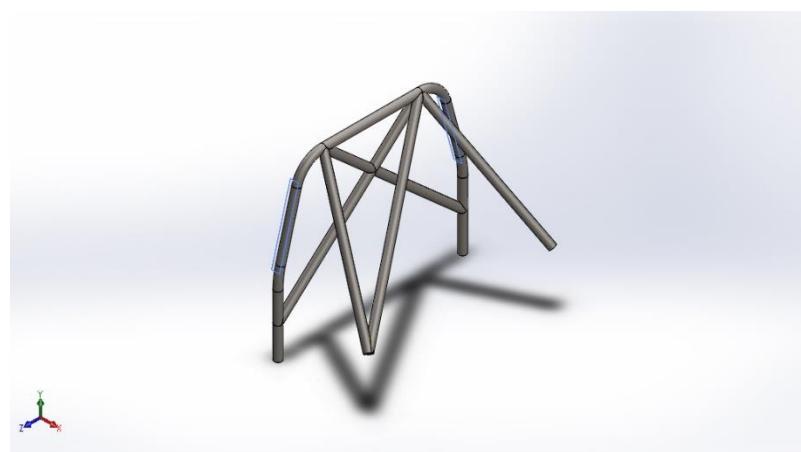
Tipo de resultado: Deformada Desplazamientos{1}

Escala de deformación: 44,4565



Barras sin bases-Análisis estático carga superior-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

## 8.2.- Carga de 28 KN sobre el lateral izquierdo superior de la estructura.



## Simulación de barras antivuelco

Fecha: jueves, 26 de agosto de 2021

Diseñador: Juan Pedro Hernández León

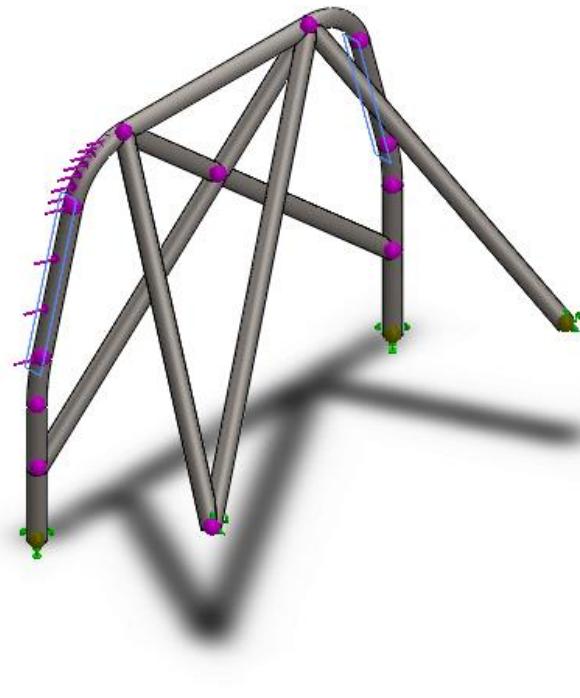
Nombre de estudio: Análisis estático carga diagonal izquierda

Tipo de análisis: Análisis estático

#### 8.2.1.- Descripción

Análisis de la jaula antivuelco cuando se ve sometida a una carga distribuida de 28 KN sobre su lateral izquierdo

#### 8.2.2.- Información de modelo



**Nombre del modelo:** Barras sin bases

**Configuración actual:** Predeterminado<Como mecanizada>

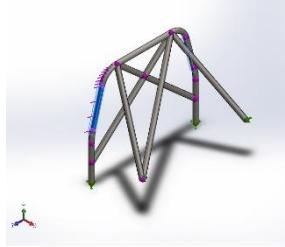
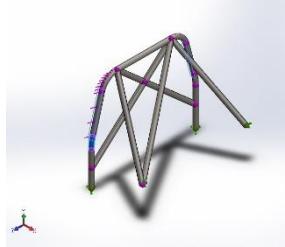
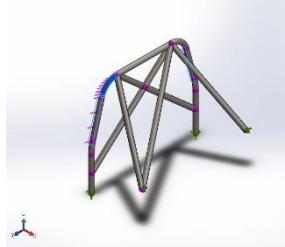
#### Sólidos de viga:

Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Viga-1(Recortar/Extender11) 	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección: 0,000489303m^2</b> <b>Longitud:415,353mm</b> <b>Volumen:0,000188462m^3</b> <b>Densidad:7.850kg/m^3</b> <b>Masa:1,47942kg</b> <b>Peso:14,4984N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021

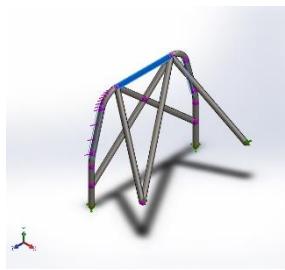
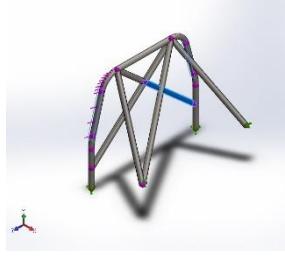
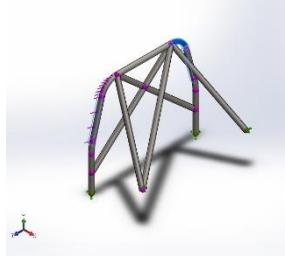


Viga-2(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[15])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b>  <b>Longitud:</b> <b>986,027mm</b>  <b>Volumen:</b> <b>0,000475773m<sup>3</sup></b>  <b>Densidad:</b> <b>7.850kg/m<sup>3</sup></b>  <b>Masa:</b> <b>3,73482kg</b>  <b>Peso:</b> <b>36,6012N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021
Viga-3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b>  <b>Longitud:</b> <b>194,462mm</b>  <b>Volumen:</b> <b>9,5151e-05m<sup>3</sup></b>  <b>Densidad:</b> <b>7.850kg/m<sup>3</sup></b>  <b>Masa:</b> <b>0,746935kg</b>  <b>Peso:</b> <b>7,31997N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021
Viga- 4(Recortar/Extender7)  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b>  <b>Longitud:</b> <b>1.325,06mm</b>  <b>Volumen:</b> <b>0,000609753m<sup>3</sup></b>  <b>Densidad:</b> <b>7.850kg/m<sup>3</sup></b>  <b>Masa:</b> <b>4,78656kg</b>  <b>Peso:</b> <b>46,9083N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021

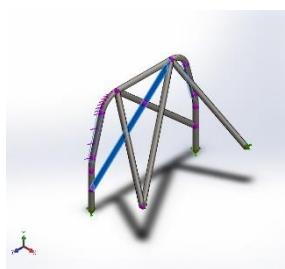
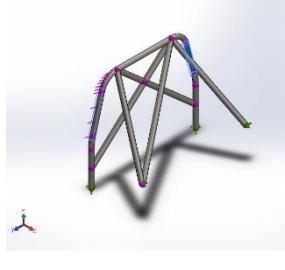
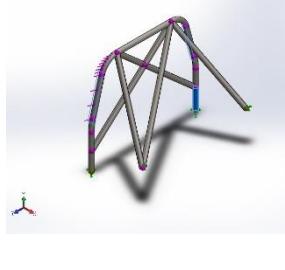


Viga-5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m^2</b>  <b>Longitud:</b> <b>411,904mm</b>  <b>Volumen:</b> <b>0,000201546m^3</b>  <b>Densidad:</b> <b>7.850kg/m^3</b>  <b>Masa:</b> <b>1,58213kg</b>  <b>Peso:</b> <b>15,5049N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021
Viga-6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m^2</b>  <b>Longitud:</b> <b>134,207mm</b>  <b>Volumen:</b> <b>6,57149e-05m^3</b>  <b>Densidad:</b> <b>7.850kg/m^3</b>  <b>Masa:</b> <b>0,515862kg</b>  <b>Peso:</b> <b>5,05545N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021
Viga-7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m^2</b>  <b>Longitud:</b> <b>237,972mm</b>  <b>Volumen:</b> <b>0,00011657m^3</b>  <b>Densidad:</b> <b>7.850kg/m^3</b>  <b>Masa:</b> <b>0,915077kg</b>  <b>Peso:</b> <b>8,96775N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021

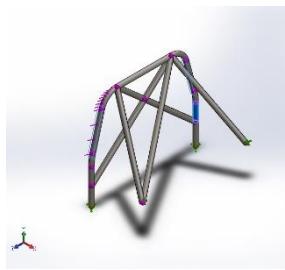
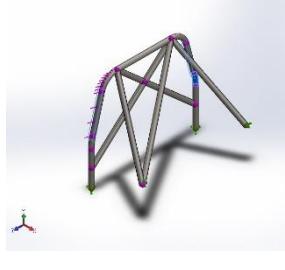
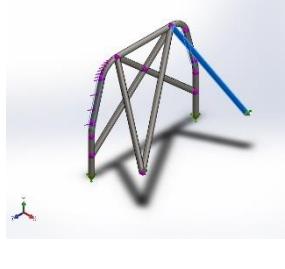


Viga-8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])  	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5  Área de sección: 0,000489303m <sup>2</sup>  Longitud:639,352mm  Volumen:0,000312837m <sup>3</sup>  Densidad:7.850kg/m <sup>3</sup>  Masa:2,45577kg  Peso:24,0665N	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021
Viga-9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])  	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5  Área de sección: 0,000489303m <sup>2</sup>  Longitud:783,061mm  Volumen:0,000373378m <sup>3</sup>  Densidad:7.850kg/m <sup>3</sup>  Masa:2,93102kg  Peso:28,724N	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021
Viga-10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])  	Viga – Sección transversal uniforme	Estándar de sección- iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5  Área de sección: 0,000489303m <sup>2</sup>  Longitud:237,972mm  Volumen:0,00011657m <sup>3</sup>  Densidad:7.850kg/m <sup>3</sup>  Masa:0,915077kg  Peso:8,96775N	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt  Aug 26 19:43:53 2021



<p>Viga-11(Recortar/Extender10)</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m^2</b></p> <p><b>Longitud:1.261,47mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000588205m^3</b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m^3</b></p> <p><b>Masa:4,61741kg</b></p> <p><b>Peso:45,2506N</b></p>	<p>C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt</p> <p>Aug 26 19:43:53 2021</p>
<p>Viga-12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m^2</b></p> <p><b>Longitud:368,917mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000180512m^3</b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m^3</b></p> <p><b>Masa:1,41702kg</b></p> <p><b>Peso:13,8868N</b></p>	<p>C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt</p> <p>Aug 26 19:43:53 2021</p>
<p>Viga-13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])</p> 	<p>Viga – Sección transversal uniforme</p>	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m^2</b></p> <p><b>Longitud:251,522mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000123071m^3</b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m^3</b></p> <p><b>Masa:0,966104kg</b></p> <p><b>Peso:9,46782N</b></p>	<p>C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt</p> <p>Aug 26 19:43:53 2021</p>



Viga-14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10]) 	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección:</b> 0,000489303m <sup>2</sup> <b>Longitud:</b> 194,462mm <b>Volumen:</b> 9,5151e-05m <sup>3</sup> <b>Densidad:</b> 7.850kg/m <sup>3</sup> <b>Masa:</b> 0,746935kg <b>Peso:</b> 7,31997N	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9]) 	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección:</b> 0,000489303m <sup>2</sup> <b>Longitud:</b> 134,207mm <b>Volumen:</b> 6,57149e-05m <sup>3</sup> <b>Densidad:</b> 7.850kg/m <sup>3</sup> <b>Masa:</b> 0,515862kg <b>Peso:</b> 5,05545N	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga- 16(Recortar/Extender8) 	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección:</b> 0,000489303m <sup>2</sup> <b>Longitud:</b> 981,71mm <b>Volumen:</b> 0,000472434m <sup>3</sup> <b>Densidad:</b> 7.850kg/m <sup>3</sup> <b>Masa:</b> 3,7086kg <b>Peso:</b> 36,3443N	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021



Viga-17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección: 0,000489303m^2</b> <b>Longitud:210mm</b> <b>Volumen:0,000102754m^3</b> <b>Densidad:7.850kg/m^3</b> <b>Masa:0,806616kg</b> <b>Peso:7,90484N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
--	--	---	---

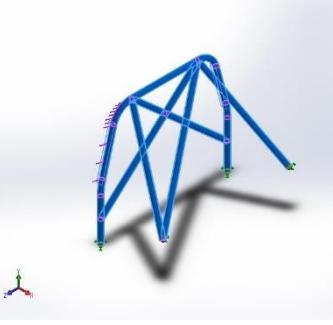
#### 8.2.3.- Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático carga diagonal izquierda
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla de viga
Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco)

#### 8.2.4.- Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

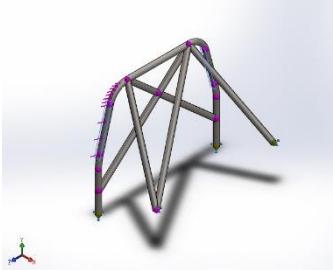
## 8.2.5.- Propiedades de material

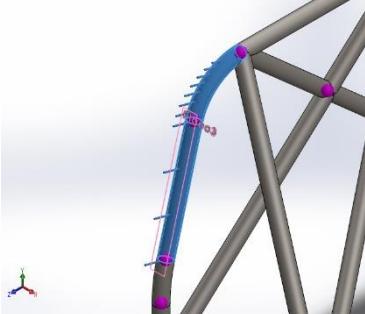
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 4340 Acero normalizado</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 7,1e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 1,11e+09 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2,05e+11 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coeficiente de Poisson:</b> 0,32</p> <p><b>Densidad:</b> 7.850 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8e+10 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coeficiente de dilatación térmica:</b> 1,23e-05 /Kelvin</p>	Sólido 1(Recortar/Extender11)(Barras sin bases), Sólido 2(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[15])(Barras sin bases), Sólido 3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])(Barras sin bases), Sólido 4(Recortar/Extender7)(Barras sin bases), Sólido 5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])(Barras sin bases), Sólido 6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])(Barras sin bases), Sólido 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])(Barras sin bases), Sólido 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])(Barras sin bases), Sólido 9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])(Barras sin bases), Sólido 10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])(Barras sin bases),



		Sólido 11(Recortar/Extender10)(Barras sin bases),  Sólido 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])(Barras sin bases),  Sólido 13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])(Barras sin bases),  Sólido 14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])(Barras sin bases),  Sólido 15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])(Barras sin bases),  Sólido 16(Recortar/Extender8)(Barras sin bases),  Sólido 17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])(Barras sin bases)
Datos de curva:N/A		

## 8.2.6.- Cargas y sujeteciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 4 Joint(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 plano(s), 2 Viga(s) Referencia: Plano3 Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -28.000 N Momentos: ---; ---; --- N.m

### 8.2.7.- Información de malla

Tipo de malla	Malla de viga
---------------	---------------

#### 8.2.7.1.- Información de malla - Detalles

Número total de nodos	322
Número total de elementos	288
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo:Barras sin bases  
Nombre de estudio:Análisis estático carga diagonal izquierda(-Predeterminado<Como mecanizada>)-  
Tipo de malla:



### 8.2.8.- Fuerzas resultantes

#### 8.2.8.1.- Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,00112915	14.493,9	54.091,8	56.000

#### 8.2.8.2.- Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	2.163,29	309,504	600,101	2.266,21

### 8.2.9.- Vigas

#### 8.2.9.1.- Fuerzas de viga

Nombre de viga	Junt as	Axial( N)	Corte1 (N)	Corte2 (N)	Momento1 (N.m)	Momento2 (N.m)	Torsión( N.m)
Viga-1(Recortar/Exteñider11)	1	-5.397 ,37	4.079,35	589,428	-69,8431	1.039,85	71,6383
	2	-5.397 ,37	-4.079,35	589,428	-186,104	731,528	-71,6382
Viga-2(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[15])	1	-3.314 ,85	378,916	-747,821	428,849	96,1437	-28,0524
	2	-3.314 ,85	378,924	747,819	312,923	279,71	28,0525
Viga-3(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[2])	1	24.888,5	5.175,86	153,548	95,6488	-49,3107	-18,9175
	2	-24.888,5	-5.175,86	-153,548	-124,828	1.032,9	18,9175
Viga-4(Recortar/Exteñider7)	1	46.882	24,4674	-209,278	-122,337	-3,33265	41,9079
	2	-46.882	24,3985	209,272	-156,139	-29,2287	-41,9082
Viga-5(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[4])	1	-22.700,8	-11.441,1	-153,548	-67,1062	-1.072,96	40,3445
	2	22.700,8	-16.558,9	153,548	3,85915	18,9448	-40,3446
Viga-6(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[3])	1	-24.705,8	5.987,42	153,548	94,9786	-49,3107	22,0369
	2	23.063	-10.692,2	153,548	-68,3904	-1.072,96	-38,1273



Viga- 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])	1	49.60 1,8	- 6.362,3 8	- 153,54 8	65,282	1.873,2	1,21241
	2	- 23.97 8,1	- 14.648, 4	153,54 8	0,549222	18,9448	40,525
Viga- 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	1	- 48.56 0,2	- 1.247,7 1	820,38 8	279,222	536,049	-82,3492
	2	48.56 0,2	1.247,7 1	- 820,38 8	245,295	261,676	82,3492
Viga- 9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])	1	- 3.670 ,83	285,99 1	- 142,21 9	134,682	91,4155	14,5324
	2	3.670 ,83	- 285,98 6	142,21 9	-20,4475	138,297	-14,5322
Viga- 10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])	1	- 579,4 55	1.301,6	- 78,012 6	-59,0838	-159,038	-57,1099
	2	1.424 ,72	- 9,3767 9	78,012 6	61,8751	-13,7843	-20,88
Viga- 11(Recortar/Exte nder10)	1	5.858 ,06	284,23 9	559,67 3	141,073	-2,97584	-24,0129
	2	9.445 ,98	2.404,9 4	- 171,97 4	-37,9686	-1.212,74	33,1989
	3	- 5.858 ,06	- 284,22 3	- 559,67 3	79,9528	-109,276	24,0132
Viga- 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])	1	- 1.420 ,72	- 107,08 9	- 78,012 6	-59,9617	13,7843	25,8668
	2	1.420 ,72	107,08 9	78,012 6	31,1816	25,7221	-25,8668
Viga- 13(Personalizado)	1	- 1.297 ,86	- 2.092,8 8	220,23 2	-33,0737	-231,713	-37,4161

PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])	2	1.297 ,86	2.092,8 8	- 220,23 2	-22,3195	-294,692	37,4161
Viga- 14(Personalizado)	1	1.344 ,6	471,14 9	78,012 6	-2,10424	156,395	-31,6921
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])	2	1.344 ,6	471,14 9	78,012 6	-13,0663	-64,7747	31,6921
Viga- 15(Personalizado)	1	1.416 ,46	153,51 2	78,012 6	-30,3186	-25,7221	26,8731
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])	2	1.359 ,29	426,90 2	78,012 6	14,0962	64,7747	-31,2476
Viga- 16(Recortar/Exte nder8)	1	37.10 6,5	-57,798	251,93 1	121,156	-78,3804	-46,2843
	2	37.10 6,5	57,813	252,06 9	128,776	21,0461	46,2845
Viga- 17(Personalizado)	1	16.73 5,8	10.518, 5	325,52 2	176,396	172,693	-12,5021
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])	2	16.73 5,8	10.518, 5	325,52 2	-244,755	2.036,19	12,5021

#### 8.2.9.2.- Tensiones de viga

Nombre de viga	Junt as	Axial(N/ m^2)	Dir. de pliegue1(N/ m^2)	Dir. de pliegue2(N/ m^2)	Torsion al (N/m^2)	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/ m^2)
Viga- 1(Recortar/Exten der11)	1	1,10307e +07	1,37546e+07	2,04784e+08	7,05408e +06	2,16276e+08
	2	1,10307e +07	- 3,66506e+07	- 1,44064e+08	- 7,05406e +06	- 1,59684e+08
Viga- 2(Personalizado)	1	6,77463e +06	- 8,44558e+07	1,89342e+07	- 2,76226e +06	- 9,33268e+07



PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[15])	2	6,77463e +06	6,16257e+07	-5,5085e+07	2,76228e +06	8,94311e+07
Viga- 3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])	1	5,08652e +07	- 1,88367e+07	- 9,71105e+06	- 1,86276e +06	7,20578e+07
	2	- 5,08652e +07	- 2,45831e+07	- 2,03415e+08	- 1,86276e +06	2,5576e+08
Viga- 4(Recortar/Exten- der7)	1	9,58138e +07	- 2,40926e+07	656.319	4,12659e +06	1,19915e+08
	2	9,58138e +07	3,07495e+07	- 5,75618e+06	- 4,12661e +06	1,27097e+08
Viga- 5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])	1	- 4,63942e +07	- 1,32156e+07	2,11305e+08	- 3,97264e +06	2,58112e+08
	2	- 4,63942e +07	-760.006	3,73092e+06	- 3,97265e +06	5,02017e+07
Viga- 6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])	1	- 5,04919e +07	1,87047e+07	9,71105e+06	- 2,16993e +06	7,15672e+07
	2	- 4,71344e +07	1,34685e+07	- 2,11305e+08	- 3,75432e +06	2,58868e+08
Viga- 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])	1	- 1,01372e +08	- 1,28564e+07	3,689e+08	119.384	4,70496e+08
	2	- 4,90046e +07	108.162	- 3,73092e+06	- 3,99041e +06	5,27371e+07
Viga- 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	1	- 9,92436e +07	5,49889e+07	- 1,05567e+08	- 8,10876e +06	2,18274e+08
	2	- 9,92436e +07	- 4,83073e+07	5,15333e+07	- 8,10876e +06	1,69878e+08
Viga- 9(Personalizado)	1	7,50216e +06	- 2,65237e+07	1,8003e+07	1,43097e +06	3,95586e+07



PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])	2	7,50216e +06	- 4,02684e+06	- 2,72356e+07	- 1,43096e +06	3,50338e+07
Viga- 10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])	1	- 1,18425e +06	- 1,16357e+07	3,13204e+07	- 5,6235e+ 06	3,45962e+07
	2	- 2,91174e +06	- 1,21854e+07	2,71463e+06	- 2,05601e +06	1,53959e+07
Viga- 11(Recortar/Exte nder10)	1	1,19722e +07	2,77823e+07	586.050	- 2,3645e+ 06	3,97608e+07
	2	1,9305e+ 07	- 7,47739e+06	2,38832e+08	3,26903e +06	2,58254e+08
	3	1,19722e +07	- 1,57456e+07	2,15205e+07	2,36453e +06	3,86378e+07
Viga- 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])	1	- 2,90357e +06	- 1,18086e+07	- 2,71463e+06	2,54705e +06	1,50202e+07
	2	- 2,90357e +06	- 6,14077e+06	5,0656e+06	- 2,54705e +06	1,08641e+07
Viga- 13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])	1	2,65246e +06	6,5134e+06	- 4,56326e+07	3,68429e +06	4,87476e+07
	2	2,65246e +06	- 4,39551e+06	5,80354e+07	3,68429e +06	6,08541e+07
Viga- 14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])	1	- 2,74799e +06	414.400	3,07999e+07	3,12065e +06	3,35506e+07
	2	- 2,74799e +06	- 2,57322e+06	1,27565e+07	3,12065e +06	1,57614e+07
Viga- 15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])	1	- 2,89485e +06	- 5,97083e+06	5,0656e+06	2,64614e +06	1,0725e+07
	2	- 2,77802e +06	- 2,77605e+06	1,27565e+07	- 3,07689e +06	1,58331e+07



Viga- 16(Recortar/Exte nder8)	1	- 7,58355e +07	-2,386e+07	- 1,54359e+07	- 4,55752e +06	1,04253e+08
	2	- 7,58355e +07	2,53607e+07	- 4,14472e+06	- 4,55754e +06	1,01533e+08
Viga- 17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])	1	- 3,42033e +07	- 3,47386e+07	- 3,40094e+07	- 1,23106e +06	8,28183e+07
	2	- 3,42033e +07	- 4,82011e+07	- 4,00999e+08	- 1,23106e +06	4,38089e+08

### 8.2.10.- Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0,000e+00 N/m <sup>2</sup> Elemento: 286	5,057e+08 N/m <sup>2</sup> Elemento: 114

Nombre del modelo:Barras sin bases  
 Nombre de estudio:Análisis estático carga diagonal izquierda-Predeterminado<Como mecanizada>-  
 Tipo de resultado:Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1



Barras sin bases-Análisis estático carga diagonal izquierda-Tensiones-Tensiones1

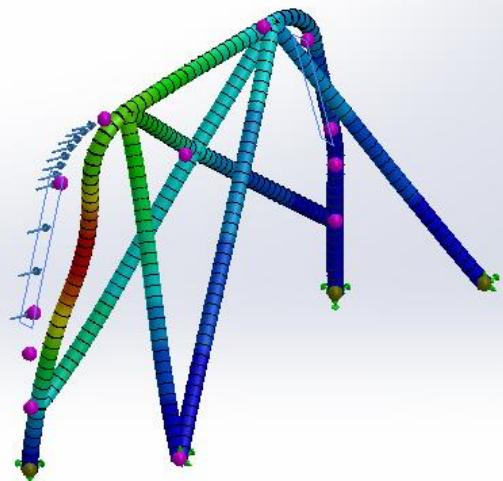
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 98	5,860e+00 mm Nodo: 107

Nombre del modelo:Barras sin bases

Nombre de estudio:Análisis estático carga diagonal izquierda-(Predeterminado <Como mecanizada>)-

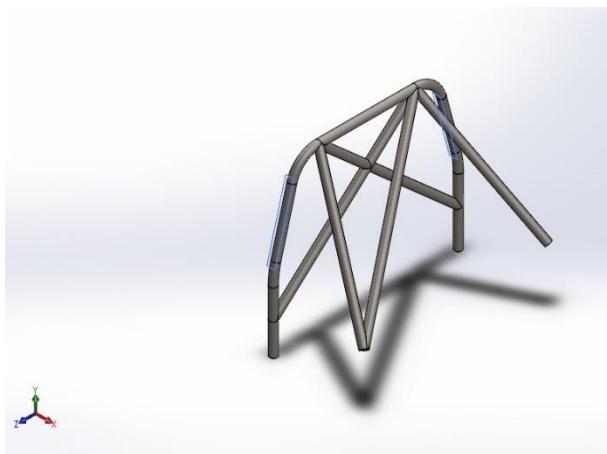
Tipo de resultado:Desplazamiento estático Desplazamientos1

Escala de deformación: 22,078 2



Barra sin bases-Análisis estático carga diagonal izquierda-Desplazamientos-Desplazamientos1

### 8.3.- Carga de 28 KN sobre el lateral derecho superior de la estructura.



## Simulación de barras antivuelco

Fecha: jueves, 26 de agosto de 2021

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Análisis estático carga

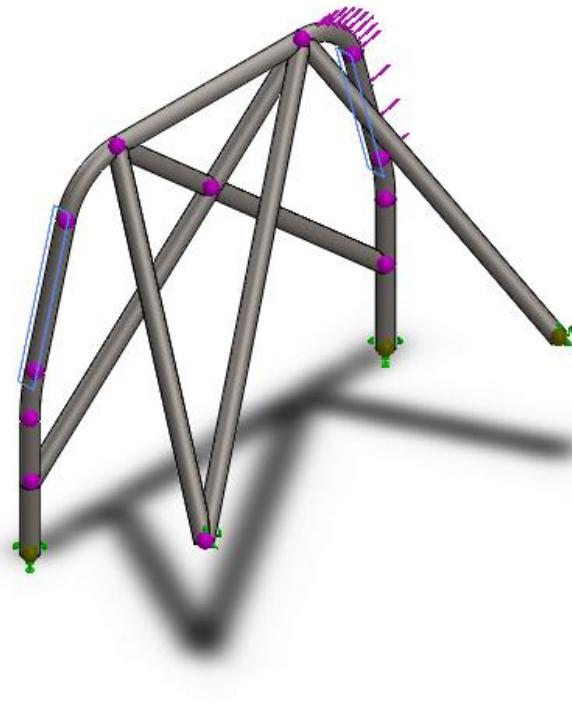
diagonal derecha

Tipo de análisis: Análisis estático

#### 8.3.1.- Descripción

Análisis de la jaula antivuelco cuando se ve sometida a una carga distribuida de 28 KN sobre su lateral derecho

#### 8.3.2.- Información de modelo

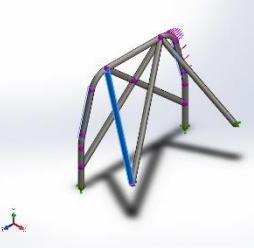
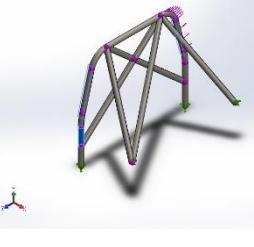


**Nombre del modelo:** Barras sin bases

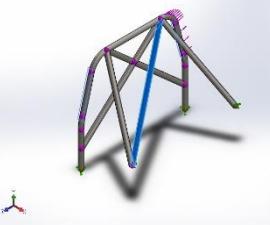
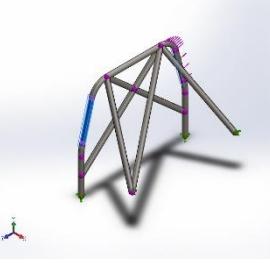
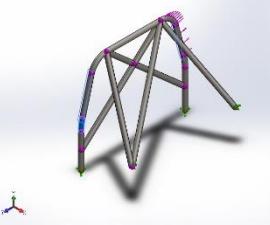
**Configuración actual:** Predeterminado<Como mecanizada>

**Sólidos de viga:**

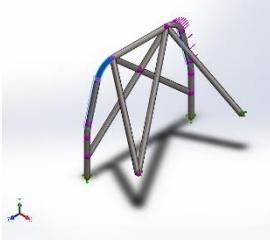
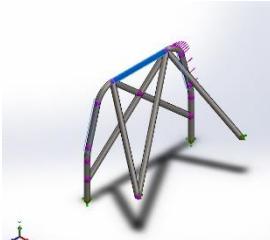
Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
Viga-1(Recortar/Extender11) 	Viga – Sección transversal uniforme	<p>Estándar de sección-iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</p> <p>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p>Longitud:415,353 mm</p> <p>Volumen:0,000188 462m<sup>3</sup></p> <p>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021

		<b>Masa:1,47942kg</b> <b>Peso:14,4984N</b>	
Viga-2(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[15])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección: 0,000489303m^2</b> <b>Longitud:986,027 mm</b> <b>Volumen:0,000475 773m^3</b> <b>Densidad:7.850kg/m^3</b> <b>Masa:3,73482kg</b> <b>Peso:36,6012N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPRT Aug 26 19:43:53 2021
Viga-3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])  	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular 48x3,5</b> <b>Área de sección: 0,000489303m^2</b> <b>Longitud:194,462 mm</b> <b>Volumen:9,5151e-05m^3</b> <b>Densidad:7.850kg/m^3</b> <b>Masa:0,746935kg</b> <b>Peso:7,31997N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPRT Aug 26 19:43:53 2021
Viga-4(Recortar/Extender7)	Viga – Sección transversal	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPRT

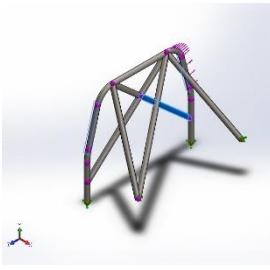
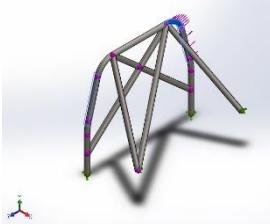


	sal uniforme	<p><b>Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:1.325,06 mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000609 753m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/ m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:4,78656kg</b></p> <p><b>Peso:46,9083N</b></p>	Aug 26 19:43:53 2021
Viga-5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4]) 	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección- iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:411,904 mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000201 546m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/ m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:1,58213kg</b></p> <p><b>Peso:15,5049N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPRT Aug 26 19:43:53 2021
Viga-6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3]) 	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección- iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:134,207 mm</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDPRT Aug 26 19:43:53 2021

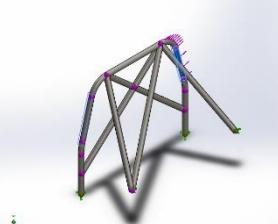
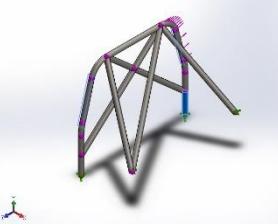


		<p><b>Volumen:</b>6,57149e-05m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>0,515862kg</p> <p><b>Peso:</b>5,05545N</p>	
Viga-7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])  	Viga – Sección transver sal uniform e	<p><b>Estándar de</b> <b>sección-</b> <b>iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular</b> <b>48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>237,972 mm</p> <p><b>Volumen:</b>0,000116 57m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>0,915077kg</p> <p><b>Peso:</b>8,96775N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])  	Viga – Sección transver sal uniform e	<p><b>Estándar de</b> <b>sección-</b> <b>iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular</b> <b>48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección:</b> 0,000489303m<sup>2</sup></p> <p><b>Longitud:</b>639,352 mm</p> <p><b>Volumen:</b>0,000312 837m<sup>3</sup></p> <p><b>Densidad:</b>7.850kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Masa:</b>2,45577kg</p> <p><b>Peso:</b>24,0665N</p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021

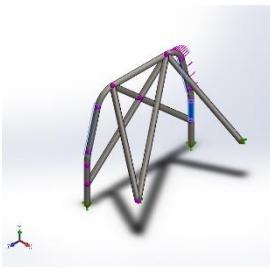
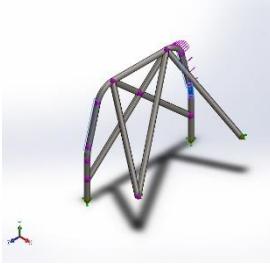


Viga-9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:783,061 mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000373 378m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:2,93102kg</b></p> <p><b>Peso:28,724N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])  	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:237,972 mm</b></p> <p><b>Volumen:0,000116 57m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:0,915077kg</b></p> <p><b>Peso:8,96775N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-11(Recortar/Extender10)	Viga – Sección transversal uniforme	<p><b>Estándar de sección-iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021

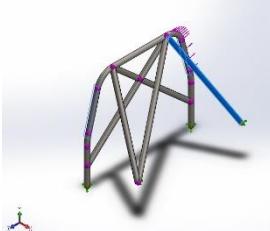
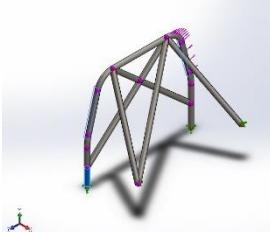


	<p><b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:</b><b>1.261,47 mm</b></p> <p><b>Volumen:</b><b>0,000588 205m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:</b><b>7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:</b><b>4,61741kg</b></p> <p><b>Peso:</b><b>45,2506N</b></p>	
Viga-12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])  	Viga – Sección transversal uniforme  <p><b>Estándar de sección-</b> <b>iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular</b> <b>48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:</b><b>368,917 mm</b></p> <p><b>Volumen:</b><b>0,000180 512m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:</b><b>7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:</b><b>1,41702kg</b></p> <p><b>Peso:</b><b>13,8868N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])  	Viga – Sección transversal uniforme  <p><b>Estándar de sección-</b> <b>iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular</b> <b>48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:</b><b>251,522 mm</b></p> <p><b>Volumen:</b><b>0,000123 071m<sup>3</sup></b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021



		<p><b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:0,966104kg</b></p> <p><b>Peso:9,46782N</b></p>	
Viga-14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])  	Viga – Sección transver sal uniform e	<p><b>Estándar de sección- iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:194,462 mm</b></p> <p><b>Volumen:9,5151e- 05m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:0,746935kg</b></p> <p><b>Peso:7,31997N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])  	Viga – Sección transver sal uniform e	<p><b>Estándar de sección- iso/Personalizado/ Perfil tubular 48x3,5</b></p> <p><b>Área de sección: 0,000489303m<sup>2</sup></b></p> <p><b>Longitud:134,207 mm</b></p> <p><b>Volumen:6,57149e- 05m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b></p> <p><b>Masa:0,515862kg</b></p> <p><b>Peso:5,05545N</b></p>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021



Viga-16(Recortar/Extender8) 	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b>  <b>Longitud:981,71m</b> <b>m</b>  <b>Volumen:0,000472</b> <b>434m<sup>3</sup></b>  <b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b>  <b>Masa:3,7086kg</b>  <b>Peso:36,3443N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021
Viga-17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1]) 	Viga – Sección transversal uniforme	<b>Estándar de sección-iso/Personalizado/</b> <b>Perfil tubular 48x3,5</b>  <b>Área de sección:</b> <b>0,000489303m<sup>2</sup></b>  <b>Longitud:210mm</b>  <b>Volumen:0,000102</b> <b>754m<sup>3</sup></b>  <b>Densidad:7.850kg/m<sup>3</sup></b>  <b>Masa:0,806616kg</b>  <b>Peso:7,90484N</b>	C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco\Barras sin bases.SLDprt Aug 26 19:43:53 2021

### 8.3.3.- Propiedades de estudio

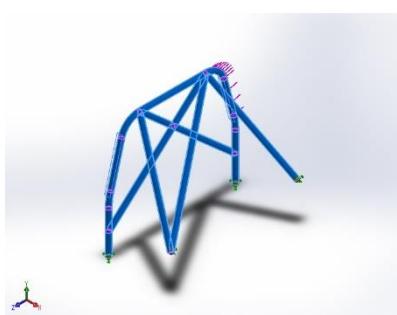
Nombre de estudio	Análisis estático carga diagonal derecha
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla de viga

Tipo de solver	Direct sparse solver
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Juanpe\Documents\TFG\TFG\Barras antivuelco)

#### 8.3.4.- Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m <sup>2</sup>

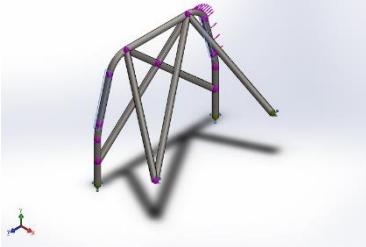
#### 8.3.5.- Propiedades de material

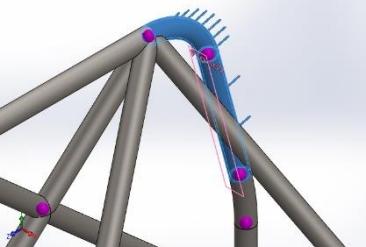
Referencia de modelo	Propiedades	Componente
	<b>Nombre:</b> AISI 4340 Acero normalizado  <b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal  <b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.	Sólido 1(Recortar/Extender11 sin bases),  Sólido 2(Personalizado TUBULAR 48X3,5(1)[15 sin bases]),  Sólido 3(Personalizado TUBULAR 48X3,5(1)[2] sin bases),

	<b>Límite elástico:</b> 7,1e+08 N/m <sup>2</sup> <b>Límite de tracción:</b> 1,11e+09 N/m <sup>2</sup> <b>Módulo elástico:</b> 2,05e+11 N/m <sup>2</sup> <b>Coeficiente de Poisson:</b> 0,32 <b>Densidad:</b> 7.850 kg/m <sup>3</sup> <b>Módulo cortante:</b> 8e+10 N/m <sup>2</sup> <b>Coeficiente de dilatación térmica:</b> 1,23e-05 /Kelvin	Sólido 4(Recortar/Extender7)(Barras sin bases), Sólido 5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])(Barras sin bases), Sólido 6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])(Barras sin bases), Sólido 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])(Barras sin bases), Sólido 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])(Barras sin bases), Sólido 9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])(Barras sin bases), Sólido 10(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])(Barras sin bases), Sólido 11(Recortar/Extender10)(Barras sin bases), Sólido 12(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])(Barras sin bases), Sólido 13(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])(Barras sin bases), Sólido 14(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])(Barras sin bases), Sólido 15(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])(Barras sin bases), Sólido 16(Recortar/Extender8)(Barras sin bases), Sólido 17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])(Barras sin bases)
--	--	--

Datos de curva:N/A

### 8.3.6.- Cargas y sujetos

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 4 Joint(s) Tipo: Geometría fija

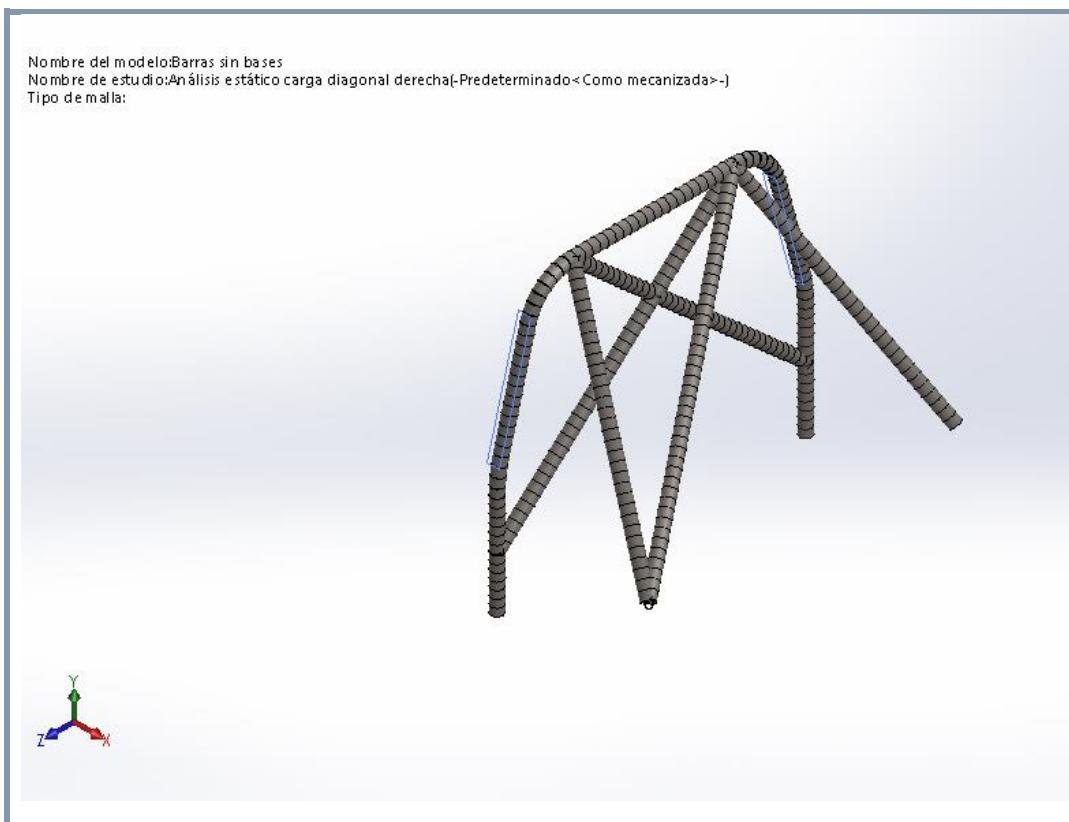
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 plano(s), 2 Viga(s) Referencia: Plano2 Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; 28.000 N Momentos: ---; ---; --- N.m

### 8.3.7.- Información de malla

Tipo de malla	Malla de viga

#### 8.3.7.1.- Información de malla - Detalles

Número total de nodos	322
Número total de elementos	288
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02
Nombre de computadora:	



### 8.3.8.- Fuerzas resultantes

#### 8.3.8.1.- Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,00250244	14.493,9	-54.091,9	56.000

#### 8.3.8.2.- Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	-1.758,24	-231,675	431,051	1.825,07

### 8.3.9.- Vigas

#### 8.3.9.1.- Fuerzas de viga

Nombre de viga	Juntas	Axial (N)	Corte 1(N)	Corte 2(N)	Momento1 (N.m)	Momento2 (N.m)	Torsión( N.m)
Viga-1(Recortar/Exterior11)	1	-5.216,23	14,1528	-387,628	20,4383	84,2893	-16,1702
	2	-5.216,23	-14,157	387,628	147,881	-78,1413	16,1701
Viga-2(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[15])	1	-1.999,09	-28,6509	280,097	-130,749	-43,6536	54,0787
	2	-1.999,09	28,6552	-280,097	-147,082	15,233	-54,0788
Viga-3(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[2])	1	-1.136,58	-496,007	88,9025	-10,6477	108,353	30,4567
	2	-1.136,58	496,007	88,9025	27,5422	-202,611	-30,4567
Viga-4(Recortar/Exterior7)	1	-51.868,4	291,375	2,66232	-44,2324	-181,895	30,7646
	2	-51.868,4	291,448	2,65151	47,8055	-205,772	-30,7643
Viga-5(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[4])	1	-1.226,23	184,937	88,9025	-9,40182	-62,3637	-30,6207
	2	-1.226,23	184,936	88,9025	46,0211	-13,8123	30,6207
Viga-6(Personalizado PERfil TUBULAR 48X3,5(1)[3])	1	-1.152,21	458,554	88,9025	-9,64549	108,353	-30,7888
	2	-1.219,53	224,959	88,9025	-8,39492	-62,3637	30,9119
Viga-7(Personalizado)	1	587,231	-1.092,25	88,9025	-60,8915	-119,089	-43,6903

PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])	2	- 1.237 ,24	- 84,108 1	- 88,902 5	48,3696	-13,8123	-26,7574
Viga- 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	1	- 5.264 ,53	892,61	- 653,52	-163,83	-142,896	75,3762
	2	5.264 ,53	- 892,61	653,52	-253,999	-427,795	-75,3762
Viga- 9(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])	1	- 7.651 ,66	2.522, 22	149,64 6	-93,534	815,489	22,3393
	2	7.651 ,66	- 2.522, 21	149,64 6	-26,6658	1.210,42	-22,3394
Viga- 10(Personalizad o PERFILE TUBULAR 48X3,5(1)[7])	1	- 50.33 2,2	7.620, 06	70,460 5	31,7421	1.668,39	-13,5493
	2	25.42 5,1	14.794 ,6	- 70,460 5	12,3635	77,2378	26,0439
Viga- 11(Recortar/Ext ender10)	1	9.368 ,55	3.197, 57	- 442,51 5	-114,61	-451,6	67,0472
	2	7.134 ,13	508,89 6	94,759	-15,7977	-239,695	8,90762
	3	- 9.368 ,56	- 3.197, 55	442,51 5	-60,148	-811,185	-67,0475
Viga- 12(Personalizad o PERFILE TUBULAR 48X3,5(1)[8])	1	- 24.13 1	- 16.822 ,9	70,460 5	-14,4505	-77,2378	-24,9464
	2	24.13 1,1	- 11.177 ,1	- 70,460 5	40,4446	1.118,65	24,9463
Viga- 13(Personalizad o PERFILE TUBULAR 48X3,5(1)[11])	1	19.24 9	- 8.621, 32	- 220,10 7	158,334	-1.786,54	7,17286
	2	19.24 9	- 8.621, 32	- 220,10 7	-102,972	-381,91	-7,17286

Viga- 14(Personalizad o PERFILE TUBULAR 48X3,5(1)[10])	1	26.20 1,6	- 4.550, 69	- 70,460 5	68,5803	-828,508	12,3969
	2	- 26.20 1,6	4.550, 69	70,460 5	-54,8784	-56,4292	-12,3969
Viga- 15(Personalizad o PERFILE TUBULAR 48X3,5(1)[9])	1	- 24.48 3,8	10.381 ,6	70,460 5	-41,2391	-1.118,65	-23,6098
	2	26.03 8,7	- 5.405, 56	70,460 5	54,4434	56,4292	14,1859
Viga- 16(Recortar/Ext ender8)	1	- 41.04 2,2	299,38 3	569,30 6	-326,944	80,2377	11,5278
	2	41.04 2,2	- 299,40 5	569,45 4	-237,802	216,734	-11,5274
Viga- 17(Personalizad o PERFILE TUBULAR 48X3,5(1)[1])	1	- 4.056 ,5	4.421, 98	- 183,66 2	-11,1176	447,84	35,6342
	2	4.056 ,5	- 4.421, 98	183,66 2	49,6865	480,776	-35,6342

### 8.3.9.2.- Tensiones de viga

Nombre de viga	Juntas	Axial(N/m <sup>2</sup> )	Dir. de pliegue1(N/m <sup>2</sup> )	Dir. de pliegue2(N/m <sup>2</sup> )	Torsional(N/m <sup>2</sup> )	Tensión axial y de flexión en el límite superior(N/m <sup>2</sup> )
Viga- 1(Recortar/Exten der11)	1	1,06605e+07	- 4,02504e+06	1,65996e+07	- 1,59224e+06	2,77412e+07
	2	1,06605e+07	2,91232e+07	1,53888e+07	1,59224e+06	4,35995e+07
Viga- 2(Personalizado)	1	- 4,08559e+06	2,57492e+07	- 8,59696e+06	5,32502e+06	3,1232e+07



PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[15])	2	- 4,08559e +06	- 2,89658e+0 7	- 2,99992e+0 6	- 5,32503 e+06	3,32063e+0 7
Viga- 3(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[2])	1	- 2,32286e +06	- 2,09692e+0 6	- 2,13386e+0 7	- 2,99901 e+06	2,37643e+0 7
	2	- 2,32286e +06	- 5,42404e+0 6	- 3,99014e+0 7	- 2,99901 e+06	4,25912e+0 7
Viga- 4(Recortar/Exten- der7)	1	- 1,06005e +08	- 8,71095e+0 6	- 3,58217e+0 7	- 3,02932 e+06	1,4287e+08
	2	- 1,06005e +08	- 9,41462e+0 6	- 4,05238e+0 7	- 3,0293e +06	1,47608e+0 8
Viga- 5(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[4])	1	- 2,50608e +06	- 1,85156e+0 6	- 1,22816e+0 7	- 3,01516 e+06	1,49265e+0 7
	2	- 2,50608e +06	- 9,06321e+0 6	- 2,72015e+0 6	- 3,01516 e+06	1,19687e+0 7
Viga- 6(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[3])	1	- 2,35479e +06	- 1,89954e+0 6	- 2,13386e+0 7	- 3,03171 e+06	2,37778e+0 7
	2	- 2,49237e +06	- 1,65326e+0 6	- 1,22816e+0 7	- 3,04383 e+06	1,48848e+0 7
Viga- 7(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[5])	1	- 1,20014e +06	- 1,19917e+0 7	- 2,34528e+0 7	- 4,30209 e+06	2,75409e+0 7
	2	- 2,52859e +06	- 9,52571e+0 6	- 2,72015e+0 6	- 2,63474 e+06	1,24351e+0 7
Viga- 8(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[6])	1	- 1,07592e +07	- 3,22639e+0 7	- 2,81414e+0 7	- 7,42215 e+06	5,35717e+0 7
	2	- 1,07592e +07	- 5,00216e+0 7	- 8,42483e+0 7	- 7,42215 e+06	1,08739e+0 8
Viga- 9(Personalizado)	1	- 1,56379e +07	- 1,84202e+0 7	- 1,60599e+0 8	- 2,19971 e+06	1,7729e+08

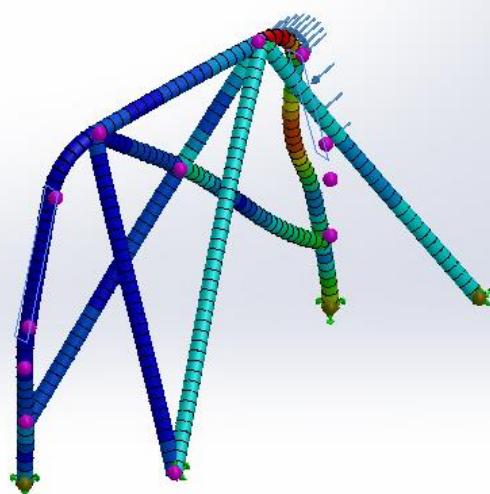
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[13])	2	1,56379e +07	- 5,25145e+0 6	- 2,38375e+0 8	- 2,19972 e+06	2,5407e+08
Viga- 10(Personalizado)	1	1,02865e +08	6,25115e+0 6	- 3,28565e+0 8	- 1,33417 e+06	4,3149e+08
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[7])	2	- 5,1962e+ 07	- 2,43481e+0 6	- 1,52109e+0 7	- 2,56449 e+06	6,73665e+0 7
Viga- 11(Recortar/Exte nder10)	1	1,91467e +07	- 2,25707e+0 7	- 8,89364e+0 7	- 6,60201 e+06	1,10902e+0 8
	2	1,45802e +07	- 3,11113e+0 6	- 4,72045e+0 7	- 877.115	6,18871e+0 7
	3	1,91467e +07	1,18453e+0 7	- 1,59751e+0 8	- 6,60203 e+06	1,79337e+0 8
Viga- 12(Personalizado)	1	- 4,93171e +07	- 2,84583e+0 6	- 1,52109e+0 7	- 2,45642 e+06	6,4792e+07
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[8])	2	- 4,93172e +07	-7,965e+06	- 2,20303e+0 8	- 2,45642 e+06	2,69764e+0 8
Viga- 13(Personalizado)	1	- 3,93396e +07	- 3,11817e+0 7	- 3,51834e+0 8	- 706.297	3,92553e+0 8
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[11])	2	- 3,93396e +07	-2,0279e+07	- 7,52118e+0 7	- -706.297	1,17237e+0 8
Viga- 14(Personalizado)	1	- 5,35489e +07	- 1,35059e+0 7	- 1,63163e+0 8	- 1,2207e +06	2,1727e+08
PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[10])	2	- 5,35489e +07	- 1,08075e+0 7	- 1,11129e+0 7	- 1,2207e +06	6,90505e+0 7
Viga- 15(Personalizado)	1	- 5,00381e +07	- 8,12146e+0 6	- 2,20303e+0 8	- 2,32481 e+06	2,7049e+08

PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[9])	2	- 5,32159e +07	- 1,07219e+0 7	1,11129e+0 7	1,39685 e+06	6,86579e+0 7
Viga- 16(Recortar/Exte nder8)	1	8,38789e +07	6,4387e+07	1,58017e+0 7	1,13512 e+06	1,50177e+0 8
	2	8,38789e +07	- 4,68318e+0 7	4,26827e+0 7	- 1,13508 e+06	1,47243e+0 8
Viga- 17(Personalizado PERFIL TUBULAR 48X3,5(1)[1])	1	8,29036e +06	2,18945e+0 6	8,81958e+0 7	3,50883 e+06	9,65133e+0 7
	2	8,29036e +06	9,78505e+0 6	- 9,46821e+0 7	- 3,50883 e+06	1,03477e+0 8

### 8.3.10.- Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	Tensión axial y de flexión en el límite superior	0,000e+00 N/m^2 Elemento: 286	4,792e+08 N/m^2 Elemento: 174

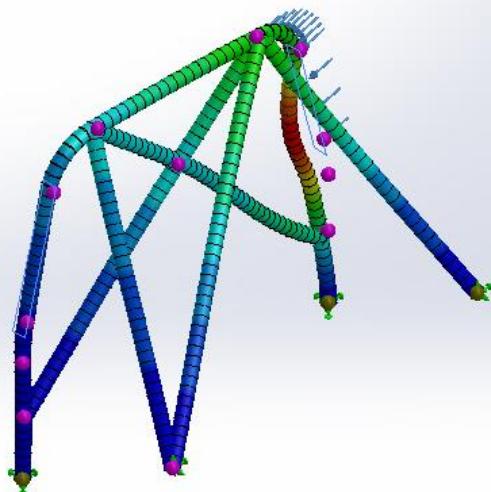
Nombre del modelo:Barras sin bases  
 Nombre de estudio:Análisis estático carga diagonal derecha-Predeterminado<Como mecanizada>-  
 Tipo de resultado:Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1  
 Escala de deformación: 248632



Barras sin bases-Análisis estático carga diagonal derecha-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00 mm Nodo: 98	5,126e+00 mm Nodo: 221

Nombre del modelo:Barras sin bases  
 Nombre de estudio:Análisis estático carga diagonal derecha-Predeterminado<Como mecanizada>-  
 Tipo de resultado:Desplazamiento estático Desplazamientos1  
 Escala de deformación: 24,863 2



Barra sin bases-Análisis estático carga diagonal derecha-Desplazamientos-Desplazamientos1

## Anexo 9.- Pliego de condiciones.

### 9.1.- Observaciones.

Este documento recoge toda la normativa, cláusulas, instrucciones, verificaciones o pruebas de obligado cumplimiento que regulan y condicionan la exitosa ejecución del proyecto. Las mencionadas instrucciones se describirán con el adecuado detalle a lo largo del mismo, o se remitirá a los documentos que lo hagan.

Cabe destacar que las reformas, bien sean sustituciones, instalaciones o modificaciones, están supeditadas a lo recogido a lo largo de este proyecto, quedando invalidado en caso de alterarse algún elemento fundamental del vehículo que no se detalle en el mismo, o que se modifiquen fuera de lo previsto por el mismo proyecto.

El proceso de montaje y desmontaje de los elementos involucrados en la ejecución del presente proyecto, o en aquellos que sea necesario manipular, deberán acogerse al orden, parámetros e instrucciones que se detallan en los manuales de taller suministrados por el fabricante del vehículo correspondiente.

### 9.2.- Materiales empleados.

Los materiales empleados en la ejecución de la reforma poseen unas características que los hacen adecuados para las aplicaciones correspondientes. Esto se recoge y demuestra en el apartado de cálculos justificativos, por tanto, es de obligatorio cumplimiento y responsabilidad del contratista ajustarse a ellas. Siempre y cuando corra con los gastos derivados, posee el pleno derecho el peticionario de realizar los ensayos y pruebas que considere oportunos para asegurar la calidad de estos, siempre y cuando estas pruebas se rijan por la normativa UNE.

Los materiales metálicos utilizados a lo largo del proyecto deben ser aceros de la calidad y aleación especificadas, sin que tengan ningún tipo de defecto, deformación o rotura.

Los trabajos de soldadura de las estructuras metálicas y otras partes que dispongan de elementos soldados, como la estructura de seguridad antivuelco, serán realizados acorde a lo dispuesto en el proyecto por personal cualificado.

Las distintas piezas necesarias para ejecutar la reforma del vehículo descrita en el presente proyecto serán, siempre que sea posible, piezas nuevas. En caso de utilizar piezas usadas será necesario que el contratista compruebe y certifique que estas se encuentran en buen estado. La calidad de los materiales empleados debe poseer como mínimo la determinada por el fabricante en el momento de la comercialización del vehículo.

Los elementos que se instalen y que así lo requieran, deben incorporar la homologación europea correspondiente y el marcado CE.

Para la fijación de la estructura de seguridad antivuelco se requiere la realización de taladros. Estos taladros se realizarán en las zonas supeditadas por el diseño de dicha estructura, y se instalarán pletinas de refuerzo soldadas al chasis a las que irá atornillada

la estructura en sus cuatro puntos de fijación, de acuerdo a lo establecido en el Anexo J de Código Deportivo Internacional.

### 9.3.- Normas de ejecución.

Todos y cada uno de los trabajos a realizar para la ejecución de las distintas reformas descritas en este proyecto deberán acogerse a los cálculos justificativos recogidos en el mismo, a la normativa vigente, así como seguir las pautas dictadas por el fabricante del vehículo en su manual de taller, o bien en las instrucciones redactadas por el fabricante de los componentes.

Antes de la instalación de cualquier componente se debe proceder a la limpieza de las piezas y la preparación de las zonas de trabajo. Eliminando restos de grasa, óxido o pintura en mal estado, garantizando la pulcritud de la ejecución.

No podrá existir interferencia entre las partes móviles del vehículo después de la ejecución de la reforma.

No podrán existir aristas vivas en los elementos reformados añadidos a la carrocería, esto es, con un radio inferior a 2,5 cm.

Los elementos elásticos del sistema de suspensión se deben instalar en su emplazamiento original, respetando los anclajes y las instrucciones de montaje facilitadas por el fabricante.

La instalación de los componentes que se recogen en el presente proyecto no debe afectar ni modificar de manera alguna el monocabo del vehículo.

Los trabajos de pintura serán realizados cuando se considere pertinente, siempre y cuando se respete la protección anticorrosiva de las distintas partes, se garantice un correcto acabado y se emplee pintura con base al agua.

El taller encargado de realizar la reforma, o contratista, deberá contar con el pertinente certificado y homologación por parte del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Se realizará tantas inspecciones y comprobaciones considere necesario el responsable del taller ejecutor de las reformas y trabajos realizados para cerciorarse de la correcta realización de estos, así como de la correspondencia con los parámetros y cálculos descritos a lo largo del proyecto.

En el caso de que fuera necesario ejecutar cualquier tipo de obra adicional que no quedase especificada en el presente proyecto, el taller encargado de realizar la reforma queda obligado a su ejecución, sin derecho a reclamación de ningún tipo.

La Dirección Facultativa, bajo su propio criterio, estará en pleno derecho de prescindir de aquellos materiales que no reúnan las condiciones que consideren pertinentes, obligando al taller a sustituirlos sin derecho a reclamación de ningún tipo.

Se deberá proceder a una inspección visual del vehículo antes de su utilización, asegurándose de que no existe un daño que impida circular con el mismo.

Semanalmente se realizará una inspección del nivel de aceite del motor, líquido refrigerante, líquido de frenos, líquido de dirección asistida y presión de los neumáticos.

Anualmente se realizará, si no se cumplen antes los intervalos kilométricos dictados por el fabricante, el cambio de líquido de frenos, líquido refrigerante y aceite de motor y caja de cambios, y cada dos años como máximo el cambio del líquido de dirección asistida.

#### 9.4.- Certificados y autorizaciones.

Se debe asegurar el cumplimiento de los criterios estipulados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y reflejados en el Real Decreto 866/2010 y desarrollado en el Manual de Reformas de Vehículos en su 6<sup>a</sup> Revisión de mayo de 2020. Este manual regula la forma en la que se tramitan las reformas realizadas en vehículos y que son objeto de este proyecto.

Según estos documentos, este proyecto, junto con su certificado de final de obra, se deberá acompañar de los pertinentes documentos autoritativos y certificaciones, entre los que se incluyen los certificados de conformidad emitidos por laboratorios u otro órgano competente, y certificado de montaje en taller debidamente cumplimentado y sellado por el taller ejecutor contratista. Presentándose, junto al propio vehículo para su verificación y comprobación, ante la institución administrativa pertinente en materia de inspección de vehículos (Estación ITV).



## Anexo 10.- Presupuesto detallado.

### 10.1.- Presupuesto por capítulos.

<b>CLIENTE:</b>	<b>EMAIL:</b>
<b>PROYECTO:</b> Proyecto de homologación de las reformas efectuadas en motor, la suspensión, y la carrocería de un vehículo para utilización mixta del vehículo en uso ocasional y en pruebas de coches clásicos	<b>FECHA:</b> 27/08/2021

CAPITULO 1: UNIDAD MOTRIZ					
Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
1.01	Motor BMW 34-6E-B, con instalación eléctrica y accesorios	1	1	500,00 €	500,00 €
1.02	Caja de Cambios Getrag 265/5	1	1	350,00 €	350,00 €
1.03	Silencioso delantero (BMW 18121177233).	1	1	279,72 €	279,72 €
1.04	Silencioso trasero (BMW 18121177237).	1	1	303,79 €	303,79 €
1.05	Radiador de aluminio Mishimoto M3 E30.	1	1	515,09 €	515,09 €
1.06	Conjunto manguitos de refrigeración de silicona.	1	1	220,00 €	220,00 €
1.07	Disco de embrague, mecanismo y cojinete mecánico Sachs - 3000 034 010.	1	1	217,50 €	217,50 €
1.08	Grupo cónico diferencial autoblocante con relación 3,73 (BMW 33101210692)	1	1	250,00 €	250,00 €
1.09	Árbol de transmisión (26112226239)	1	1	268,97 €	268,97 €
1.10	Centralita BMW M535i Bosch Motronic (Bosch 0 261 200 059)	1	1	145,00 €	145,00 €
1.11	Adaptación y saneamiento del cableado del vehículo	1	1	95,00 €	95,00 €
1.12	Soportes de motor específicos para la instalación del motor en el chasis. Fabricante Epytec.	1	1	169,14 €	169,14 €
<b>TOTAL CAPITULO 1</b>					<b>3.314,21 €</b>



## CAPITULO 2: EJES Y RUEDAS

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
2.01	Llantas Japan Racing JR6. Medidas 17x8J, ET24. Anclaje 5x120.	4	4	183,00 €	732,00 €
2.02	Neumáticos Yokohama Advan Neova AD08RS. Medida 215/40 R17	4	4	140,29 €	561,16 €
2.03	Manguetas delanteras BMW (31212225362)	2	2	283,07 €	566,14 €
2.04	Brazo de suspensión delantero derecho. BMW (31121127726).	1	1	176,42 €	176,42 €
2.05	Brazo de suspensión delantero izquierdo. BMW (31121127725).	1	1	176,42 €	176,42 €
2.06	Brazos de suspensión trasero derecho. BMW (33321137642)	1	1	225,85 €	225,85 €
2.07	Brazos de suspensión trasero izquierdo. BMW (33321137641)	1	1	225,85 €	225,85 €
2.08	Semiejes de transmisión BMW (33211226901)	2	2	246,40 €	492,80 €
<b>TOTAL CAPITULO 2</b>					<b>3.156,64 €</b>

## CAPITULO 3: SUSPENSION

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
3.01	Muelles delanteros BMW (31331130043)	2	2	113,59 €	227,18 €
3.02	Muelles traseros BMW (33539061510)	2	2	163,02 €	326,04 €
3.03	Estabilizadora delantera BMW (31352225284)	1	1	68,15 €	68,15 €
3.04	estabilizadora trasera BMW (33551129194)	1	1	85,84 €	85,84 €
3.05	Amortiguador delantero BMW (31322225397)	2	2	175,09 €	350,18 €
3.06	Amortiguadores traseros BMW (33522225426)	2	2	159,45 €	318,90 €
<b>TOTAL CAPITULO 3</b>					<b>1.376,29 €</b>



#### CAPITULO 4: FRENOS

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
4.01	Pareja de discos de freno delanteros. OTTO ZIMMERMANN GMBH - 150.1273.20	1	1	128,50 €	128,50 €
4.02	Pareja de discos de freno traseros. OTTO ZIMMERMANN GMBH - 150.1274.20	1	1	84,20 €	84,20 €
4.03	Pastillas de freno delanteras. Ferodo Racing DS2500 (FCP256H)	1	1	173,90 €	173,90 €
4.04	Pastillas de freno traseras. Ferodo Racing DS 2500 (FCP578H)	1	1	157,53 €	157,53 €
4.05	Pareja de pinzas de freno delanteras BMW (izq: 34112225403; der: 34112225404)	1	1	185,00 €	185,00 €
4.06	Pareja de pinzas de freno traseras BMW (izq: 34211160353; der: 34211160354)	1	1	60,00 €	60,00 €
4.07	Set de latiguillos de freno Goodridge (TBW0300-6)	1	1	115,34 €	115,34 €
	<b>TOTAL CAPITULO 4</b>				<b>904,47 €</b>

#### CAPITULO 5: HABITACULO

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
5.01	Estructura de seguridad antivuelco. Formada por perfiles tubulares 48x3,5 soldados. Se incluye pintura.	1	1	547,00 €	547,00 €
5.02	Tornillo de cabeza hexagonal M8x40 Calidad 12.9. DIN 933	12	12	0,20 €	2,40 €
5.03	ARANDELA GROWER M8. DIN 127B	12	12	0,04 €	0,48 €
5.04	Tuerca autoblocante cincada M8. DIN 985	12	12	0,06 €	0,72 €
	<b>TOTAL CAPITULO 5</b>				<b>550,60 €</b>

#### CAPITULO 6: DIRECCION

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe



6.01	Cremallera de dirección BMW (32132225556)	1	1	163,00 €	163,00 €
6.02	Conjunto de rótula de dirección y rótula axial de dirección. Febi Bilstein 08572.	2	2	25,54 €	51,08 €
	<b>TOTAL CAPITULO 6</b>				<b>214,08 €</b>

#### CAPITULO 7: CARROCERIA

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
6.01	Alerón BMW (51711903898)	1	1	40,00 €	40,00 €
6.02	Ensanche de carrocería	1	1	300,00 €	300,00 €
6.03	Reparación, saneamiento y pintura de la carrocería, brazos de suspensión y otros elementos. Incluye mano de obra	1	1	1.800,00 €	1.800,00 €
	<b>TOTAL CAPITULO 7</b>				<b>2.140,00 €</b>

#### CAPITULO 8: IMPLEMENTACION DE REFORMA

Nº	Descripción	Unidades	Parcial	Precio Unitario	Importe
7.01	Proyecto técnico de las reformas realizadas visado por el Colegio de Ingenieros con Certificado de Final de Obra. Autor del proyecto: Juan Pedro Hernández León.	16	16	40,00 €	640,00 €
7.02	Ejecución de las reformas. Taller_____. Dirección_____. NIF:_____, Tlf:_____. Se deben cumplir con el montaje de todos los materiales descritos a lo largo del proyecto, cumpliendo con los requisitos especificados en el Pliego de Condiciones que le acompaña.	45	45	48,00 €	2.160,00 €
7.03	Ensayo de frenado según reglamento 13H, medición de la	1	1	300,00 €	300,00 €



	distancia de detención de laboratorio e instalación de dinamómetro en el pedal de freno.					
7.04	Inspección ordinaria en estación ITV	1	1	37,07 €	37,07 €	
7.05	Inspección extraordinaria en estación ITV	1	1	71,47 €	71,47 €	
<b>TOTAL CAPITULO 8</b>					<b>3.208,54 €</b>	

## 10.2.- Resumen presupuestario.

<b>RESUMEN POR CAPITULOS</b>	
<b>CAPITULOS</b>	<b>IMPORTE</b>
<b>CAPITULO 1: UNIDAD MOTRIZ</b>	<b>3.314,21 €</b>
<b>CAPITULO 2: EJES Y RUEDAS</b>	<b>3.156,64 €</b>
<b>CAPITULO 3: SUSPENSION</b>	<b>1.376,29 €</b>
<b>CAPITULO 4: FRENOS</b>	<b>904,47 €</b>
<b>CAPITULO 5: HABITACULO</b>	<b>550,60 €</b>
<b>CAPITULO 6: DIRECCION</b>	<b>214,08 €</b>
<b>CAPITULO 7: CARROCERIA</b>	<b>2.140,00 €</b>
<b>CAPITULO 8: IMPLEMENTACION DE REFORMA</b>	<b>3.208,54 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>14.864,83 €</b>

Asciende el presente presupuesto del proyecto de homologación de las reformas a la expresada cantidad de **CATORCE MIL QUINIENTOS SESENTA Y CUATRO** euros con **OCHENTA Y TRES** céntimos de euro.

(AUTODOC, s.f.<sup>20</sup>; Epytec GmbH, s.f.<sup>21</sup>; Grupo Oscaro, s.f.<sup>22</sup>; Mishimoto. Radiadores, Intercoolers y piezas para competición, s.f.<sup>23</sup>; RealOEM.com, s.f.<sup>24</sup>; Recambio Verde, s.f.<sup>25</sup>; Rodiauto Sport, s.f.<sup>26</sup>; Suministros Industriales Entaban, s.f.<sup>27</sup>; Wurth Group, s.f.<sup>28</sup>).



## Anexo 11.- Certificado de montaje en taller.

### **CERTIFICADO DE TALLER**

D \_\_\_\_\_, expresamente autorizado por la Empresa \_\_\_\_\_, domiciliada en C/\_\_\_\_\_ provincia de \_\_\_\_\_, dedicada a la actividad de reparación de automóviles, con nº de Registro Industrial \_\_\_\_ y nº de registro especial \_\_\_\_.

#### **CERTIFICA**

Que la mencionada empresa ha realizado la/s Reforma/s y asume la responsabilidad de la ejecución sobre el vehículo marca **BMW**, tipo **320-i**, variante, denominación comercial **BMW 320i**, matrícula **TF-2470-X**. Y nº de bastidor **WBAAA3100409773015**, de acuerdo con:

- La normativa vigente en materia de reformas de importancia en vehículos.
- Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en dicho vehículo.
- El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

#### **OBSERVACIONES:** (Debe especificar la identificación de los equipos o sistemas modificados)

- Instalación de Motor BMW 34-6E-B, procedentes de un vehículo marca BMW, modelo M535i y tipo E28, con contraseña de homologación B-0906:
  - Marca: BMW.
  - Tipo: 34-6E-B.
  - Nº de cilindros/cilindrada: 6/3430cc.
  - Potencia fiscal: 21,64 cvf.
  - Referencia de admisión: motor donante.
  - Referencia silenciosos de escape: Intermedio (BMW – 18121177233), final (BMW – 18121177237).
  - Procedencia: Vehículo donante BMW M535i (E28) con contraseña de homologación B – 0906.
- Instalación de caja de cambios:
  - Marca: Getrag.
  - Tipo: 265/5.
  - Procedencia: Vehículo donante del motor, BMW M535i (E28) con contraseña de homologación B – 0906.
  - Se reajusta el velocímetro de acuerdo a la nueva relación de transmisión.
- Elementos de transmisión situados después de la caja de cambios:
  - Grupo cónico diferencial 3.73 con autoblocante procedente de vehículo marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293, y con referencia BMW – 26112226239.
  - Sustitución del árbol de transmisión procedente de vehículo marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293, y con referencia BMW – 26112226239.
  - Sustitución de los semiejes procedentes de vehículo marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293, y con referencia BMW – 33211226901.
- Elementos de dirección:



- Instalación de cremallera de dirección, procedente de un vehículo marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293 y referencia BMW – 32132225556.
- Elementos del sistema de suspensión:
  - Sustitución del conjunto de muelle y amortiguador en los ejes delantero y trasero por otros de nueva manufactura correspondientes a uno de los vehículos donantes, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293 y referencias BMW – 31331130043 para los muelles delanteros y BMW – 33539061510 para los traseros.
  - Sustitución de las barras estabilizadoras delantera y trasera del vehículo por las del vehículo donante, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293, cuyo grosor es de 14,5 mm y referencia BMW – 33551129194 para la estabilizadora trasera, y 19 mm con referencia BMW – 31352225284 para la estabilizadora delantera.
- Elementos del sistema de frenado.
  - Sustitución de las pinzas delanteras por otras con referencias BMW - 34112225403 para la pinza izquierda y BMW – 34112225404 provenientes del vehículo, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293.
  - Sustitución de las pinzas traseras por otras con referencias BMW - 34211160353 para la pinza izquierda y BMW – 34211160354 provenientes del vehículo, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293.
  - Sustitución de los discos de freno delanteros por otros ventilados de dimensiones 280x25 mm procedentes del vehículo donante, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293.
  - Sustitución de los discos de freno traseros por otros macizos de dimensiones 282x12 procedentes del vehículo donante, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293.
- Características de los ejes:
  - Instalación de brazos de suspensión delanteros procedentes de vehículo, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293, con referencias BMW – 31121127725 en el lado izquierdo y BMW – 31121127726 en el lado derecho.
    - Nuevo ancho de vías: 1412 mm en el tren delantero.
  - Instalación de brazos de suspensión traseros procedentes de vehículo, marca BMW, modelo M3, tipo E30, con contraseña de homologación B – 1293, con referencias BMW – 33321137641 en el lado izquierdo y BMW – 33321137642 en el lado derecho.
    - Nuevo ancho de vías: 1433 mm en el tren trasero.
- Carrocería del vehículo:
  - Instalación de batería en el maletero.
  - Ensanche de carrocería: Nuevo ancho 1680 mm.
  - Desinstalación de asientos traseros:
    - Número de plazas del vehículo: 2.
  - Instalación de media jaula antivuelco.
    - Perfil tubular circular 48x3.5 mm.
    - Número de fijaciones al chasis: 4.
    - Tornillos por fijación: 3.
    - Métrica y calidad de la tornillería empleada: M8x40 12.9.



- Instalación de alerón trasero procedente de vehículo, marca BMW, modelo M535i, tipo E28, con contraseña de homologación B – 0906. El anclaje de este accesorio a la carrocería del vehículo se realiza mediante 4 tornillos M4 de calidad 4.8, y su referencia es BMW – 51711903898.

**EL TALLER DECLARA QUE LAS PIEZAS USADAS EMPLEADAS EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO.**

Garantizo que los equipos o sistemas modificados cumple/n lo previsto en el artículo 6 del reglamento

General de vehículos y, en su caso, en el artículo 5 del RD 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regula la actividad industrial en talleres de vehículos automóviles, de equipos y sus componentes, modificado por el RD 455/2010, de 16 de abril, por el que se modifica el RD 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regulan la actividad industrial y la prestación de servicios en los talleres de reparación de vehículos automóviles, de sus equipos y componentes.

Santa Cruz de Tenerife a \_\_\_\_\_ de 2021.

**Firma y sello**

**Fdo.: .....**

(1) En el caso de que la reforma sea efectuada por un fabricante se indicara N/A.

Cualquier equipo o sistema modificado, sustituido o incorporado, debe de ser identificado en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado de taller.