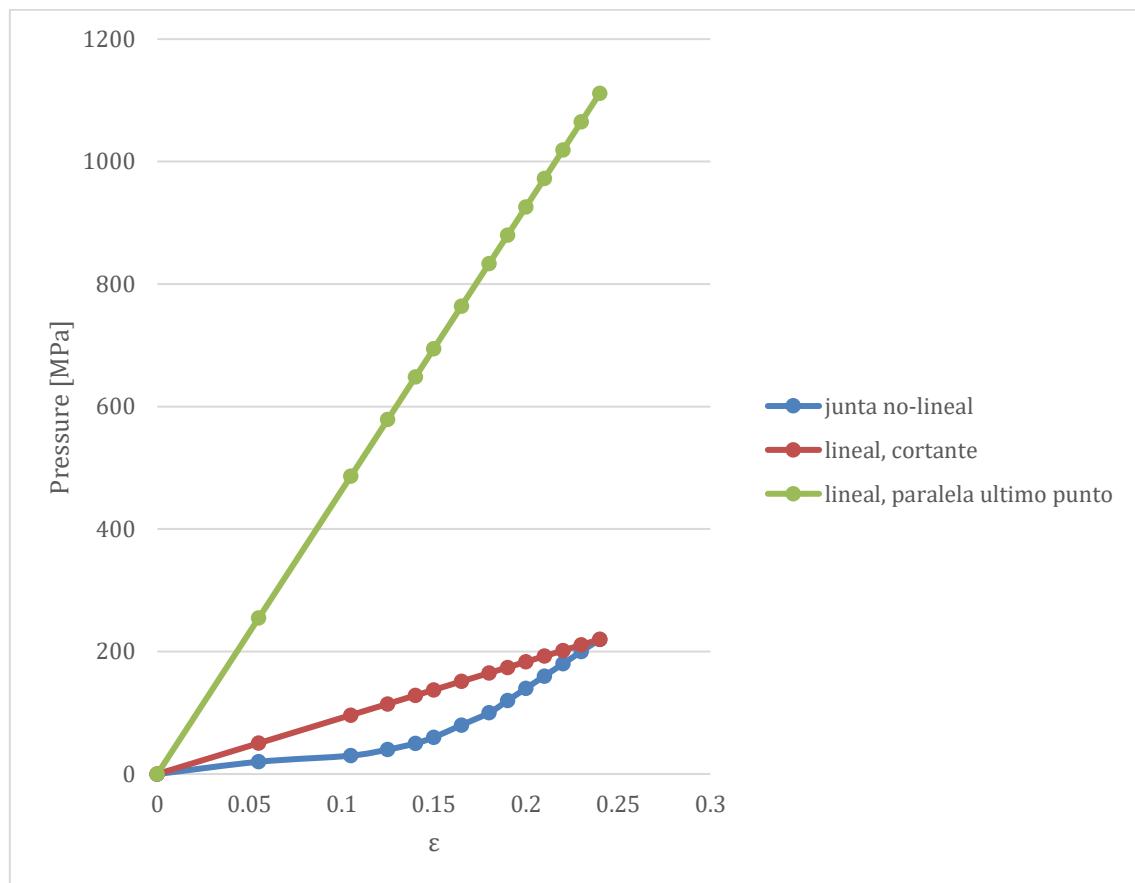


Anexo A: simplificación lineal de junta.

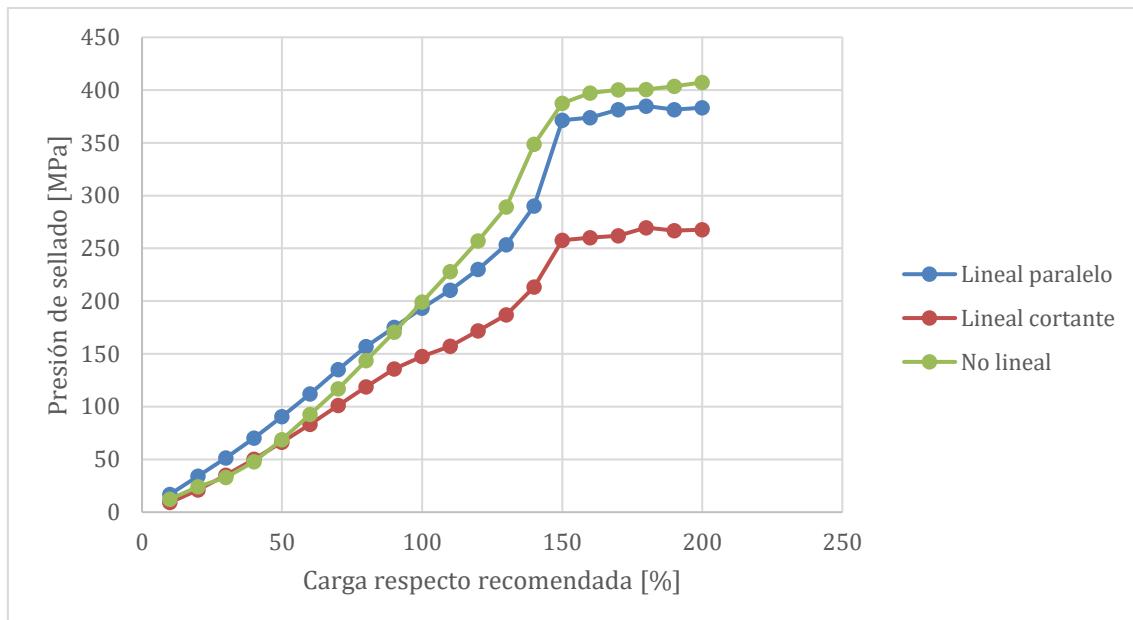
Las juntas presentan propiedades no lineales, además de no recuperar la totalidad de su forma inicial durante descompresión. Mientras que este último efecto tiene más relevancia con ciclos de carga, no llega a afectar este estudio, sobre el estado de montaje y en uso, y no de ciclos de carga y descarga.

Debido a complicaciones de cálculo, fue necesario optar por un modelo lineal de junta. Este anexo busca comparar ambos modelos en el estado de montaje, para ver como difieren los resultados.

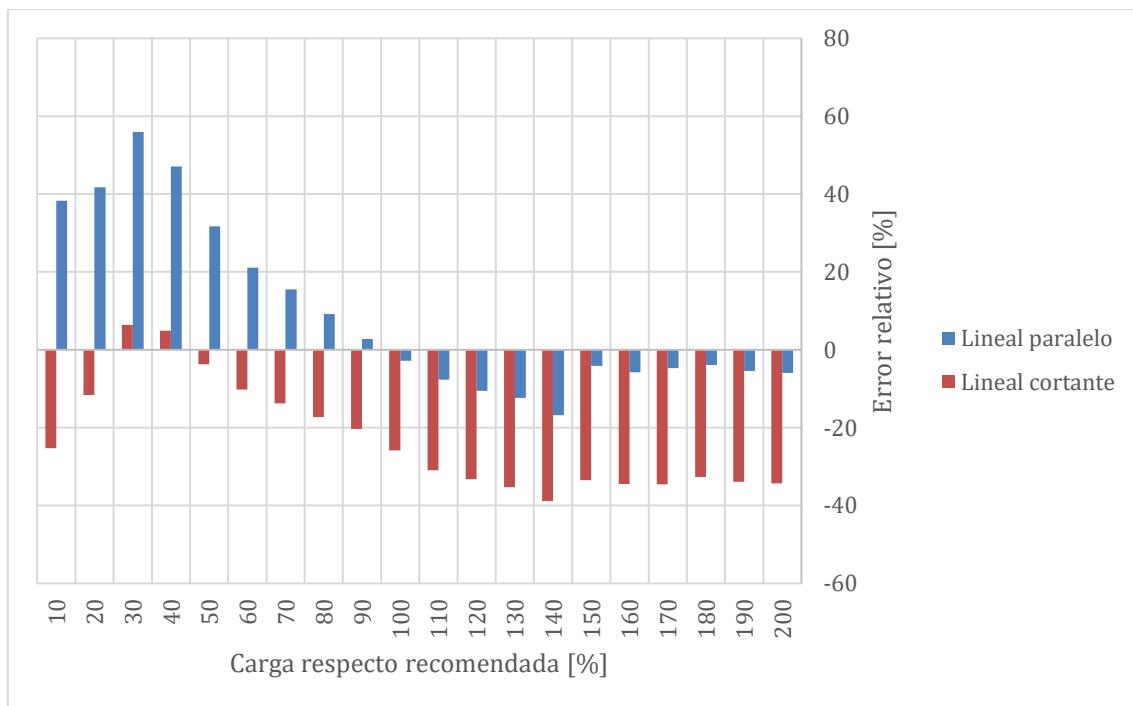
La ficha técnica de la junta seleccionada proporciona resultados tabulados del espesor de junta resultante a diferentes presiones, además del módulo de Young local en ese punto de compresión. Para el modelo lineal se usó la pendiente en el último punto de compresión, que a temperatura ambiente viene definido a 220 MPa, en torno al cual se encuentra la presión de contacto máxima resultante. Alternativamente se podría obtener la pendiente de la recta que cruza dicho punto.



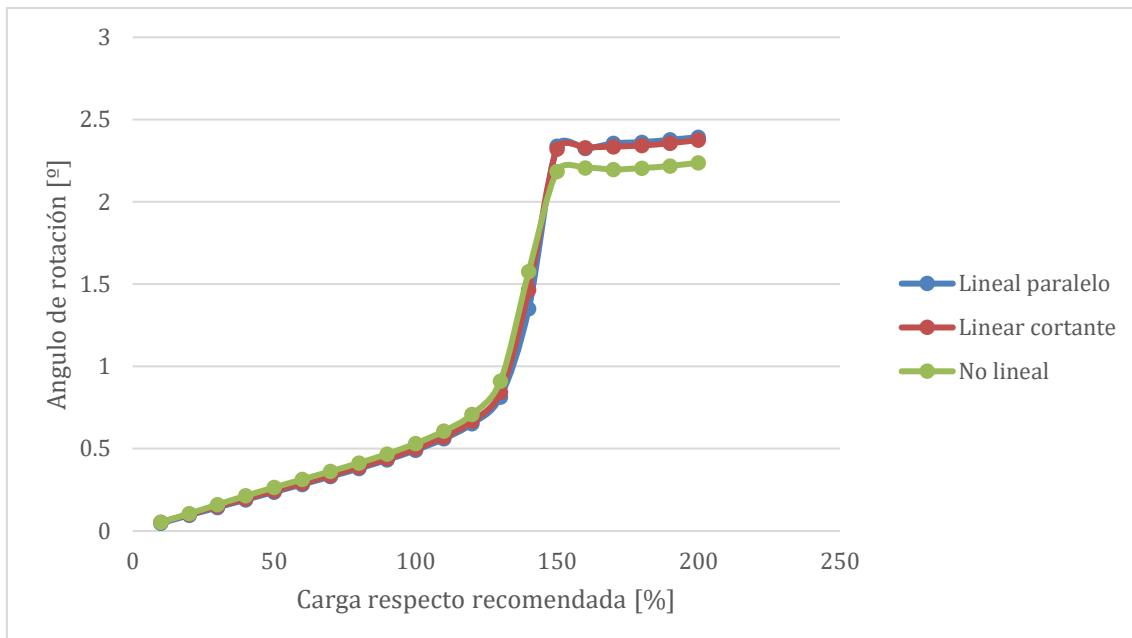
Mientras que, con esta representación, el modelo lineal paralelo parece diferir bastante, este resulta más apropiado, concretamente en cuanto a la presión de contacto mínima en el borde exterior (presión mínima de sellado):



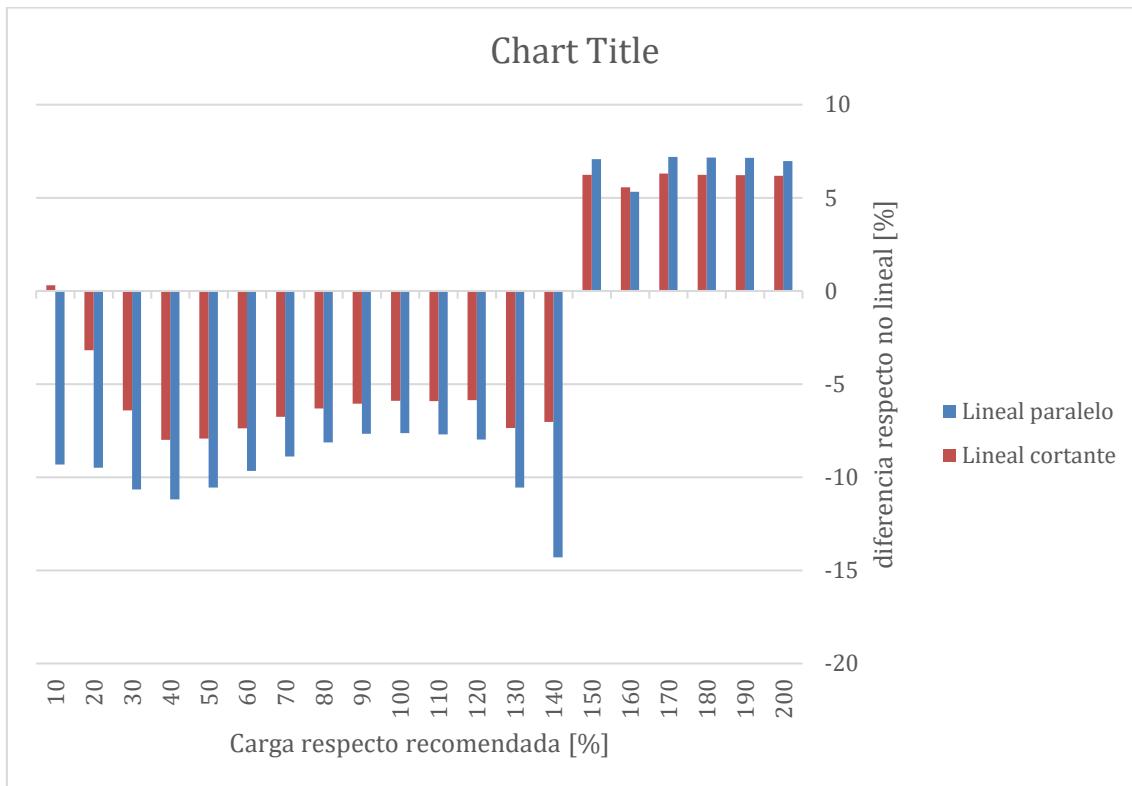
El modelo lineal paralelo aproxima mejor al no lineal, especialmente en torno a la carga recomendada. Cabe destacar que entre 120% y 150% de la carga recomendada la plastificación tanto de la brida como del tornillo empieza a ser severa, con resultados a partir de 150% llegando al contacto entre bridás.



En cuanto al ángulo de rotación, ambos modelos se aproximan bastante:



Sus errores relativos son los siguientes:

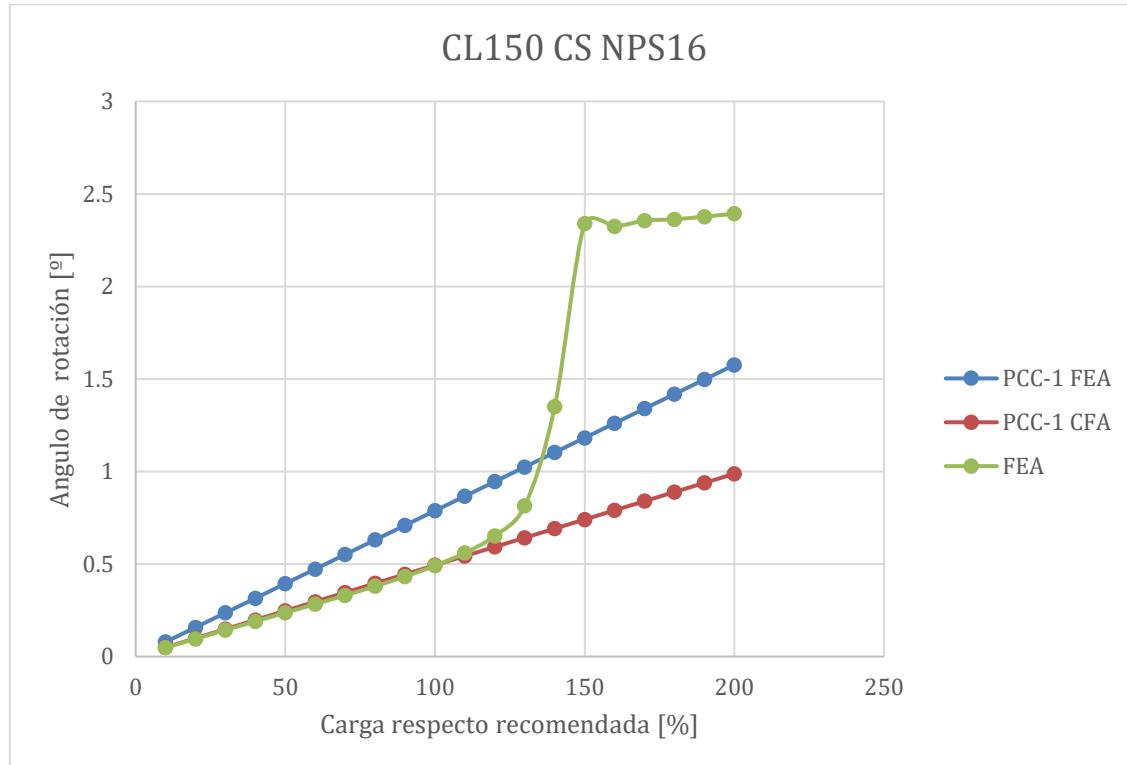


Los errores de ángulo en torno a la carga recomendada son mínimos (<8%), con una ligera mejora con el modelo cortante (<6%), pero mucho menor a la mejora del modelo paralelo (<7%) respecto al cortante (<30%) en cuanto a presión de contacto.

Debido a esto, se opta por el modelo lineal paralelo al último punto definido del modelo no lineal. Al únicamente realizarse este estudio sobre una pieza, no se establecerá un factor corrector.

Anexo B: Linealidad de rotación.

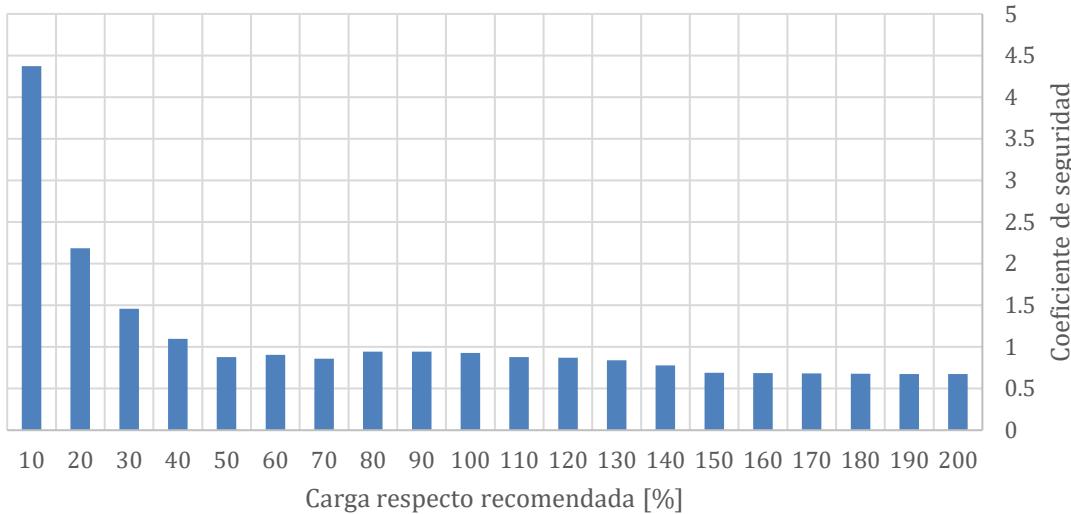
Mientras que para pequeñas deformaciones se debería esperar una relación lineal de la rotación con la carga, esto no sucede en el modelo por elementos finitos:



Concretamente para esta pieza, podemos observar que en torno a la carga recomendada hay un gran parentesco, con una ligera curvatura con el modelo por elementos finitos, debido a la plastificación progresiva de la brida. Por encima de la carga recomendada, entre 120% y 150% se observa el efecto de la plastificación incremental, hasta llegar al contacto entre briduras, llegando en torno a $3,3^\circ$ y $3,4^\circ$.

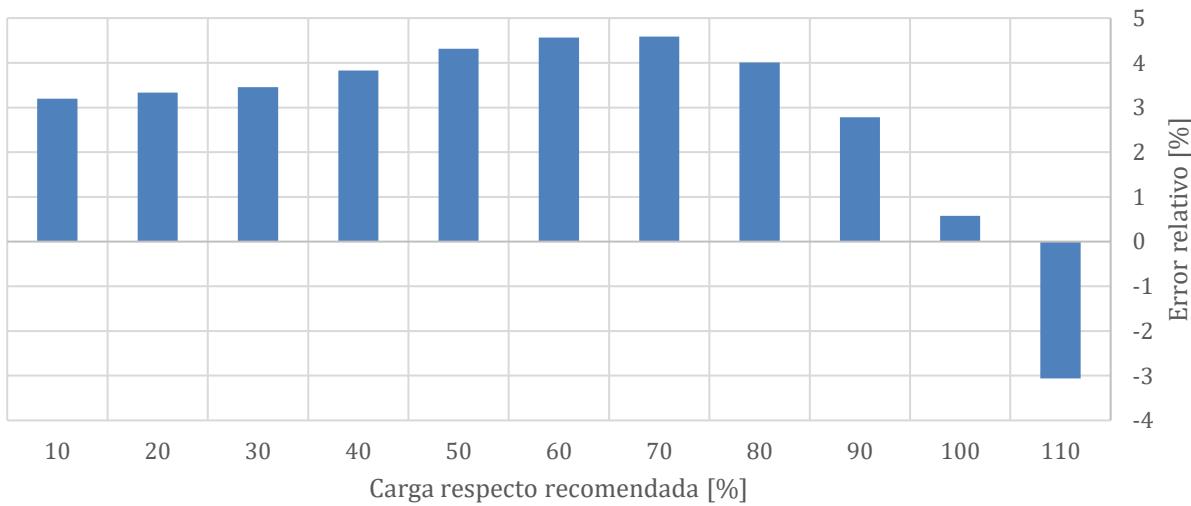
Analizando el coeficiente de seguridad de la brida, podemos observar que incluso antes de llegar a la carga recomendada, ya empieza a tener lugar la plastificación:

Coeficiente de seguridad de la brida frente plastificación

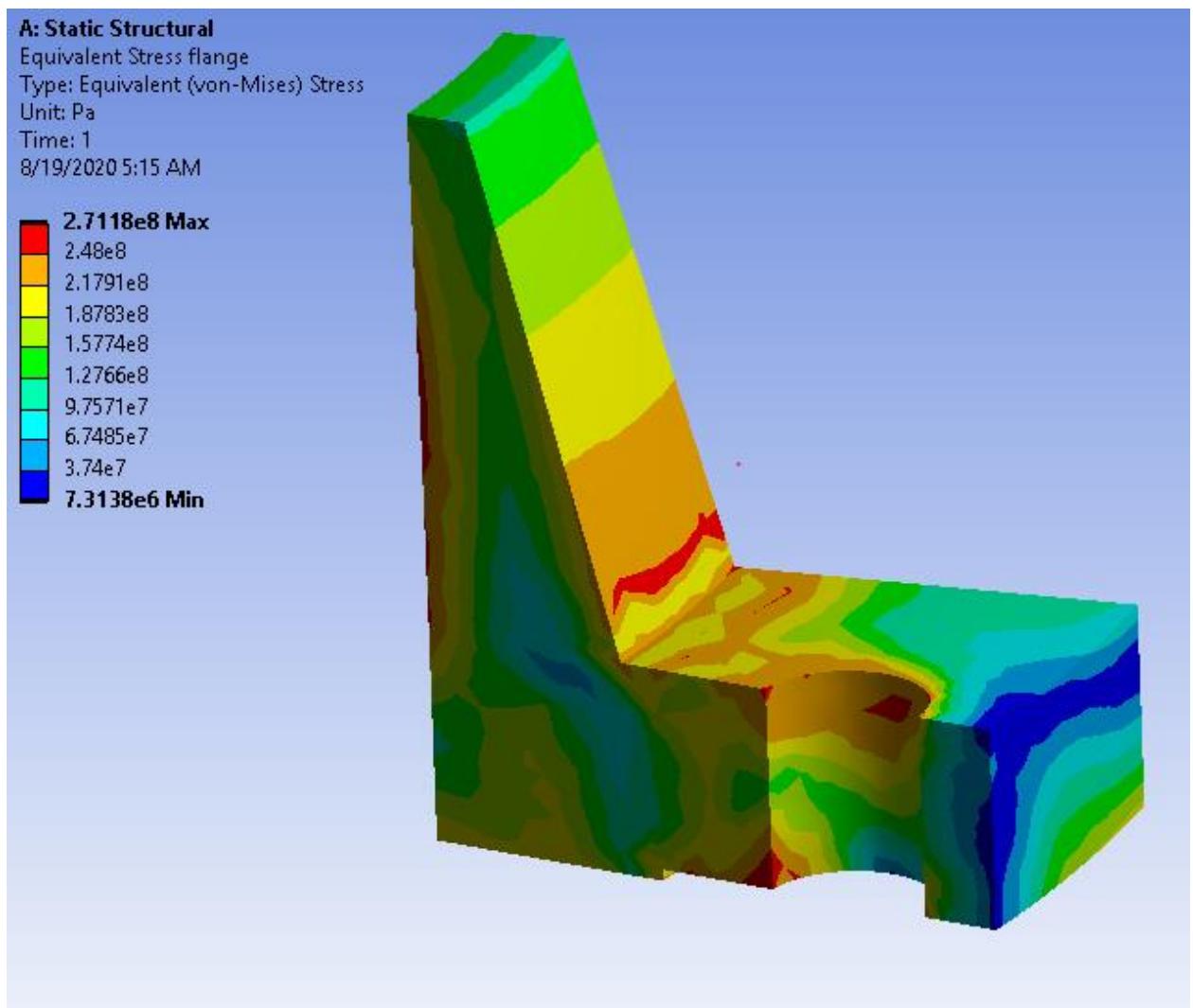


Esta plastificación parcial a partir del ~42% de carga podría explicar el comportamiento no lineal, aunque este apenas se diferencia en torno a la carga recomendada para esta pieza:

Error PCC-1 CFA respecto modelo por elementos finitos



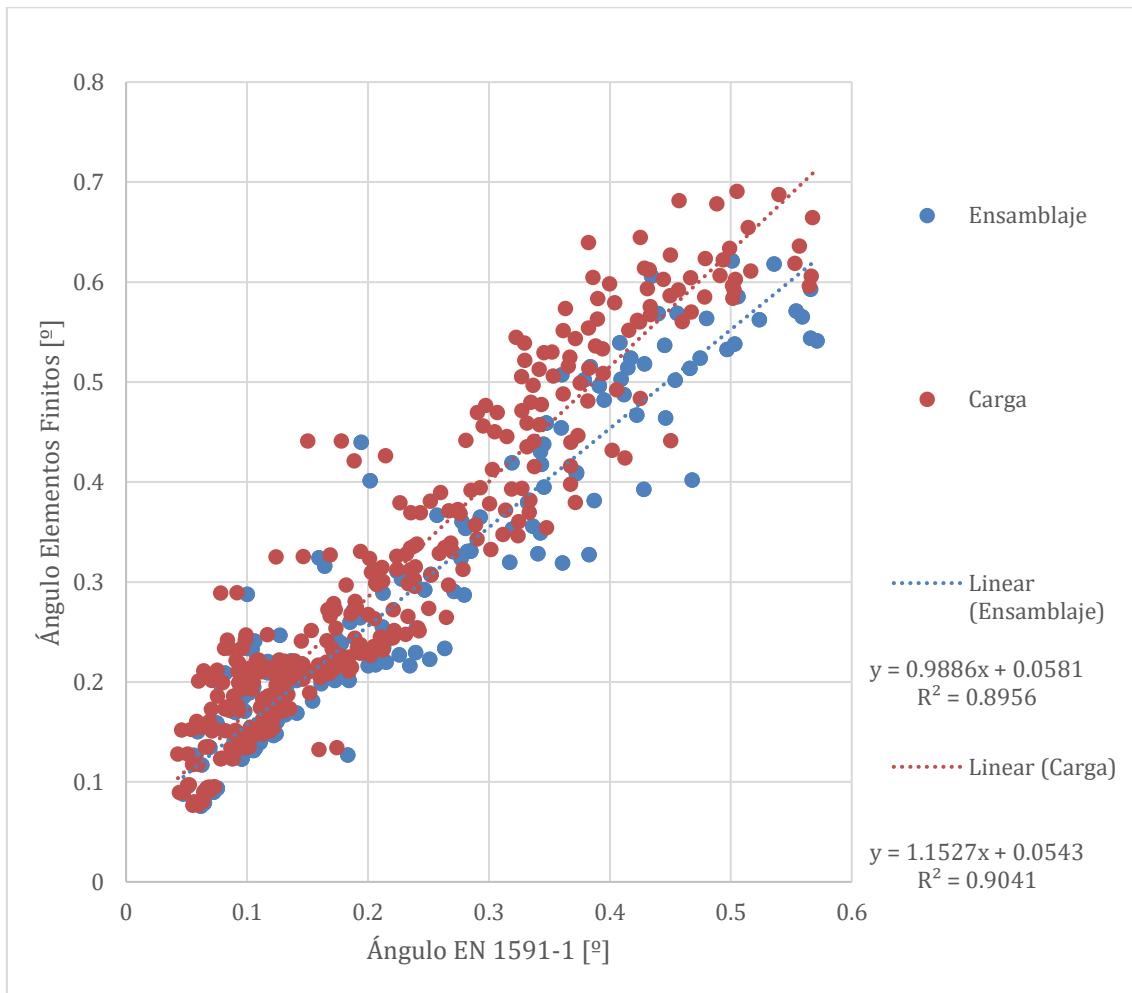
Como es de esperar, ambos resultados coinciden en torno a la carga recomendada, con un error reducido (<5%). Aunque los valores estén cerca en torno la carga recomendada, la pendiente no lo es, conllevando a un error consistente a excepción de un caso, un modelo poco recomendable.



Podemos observar en rojo donde se produce plastificación de la brida, principalmente en el interior y exterior del cuello, y en el taladro para el tornillo, actuando como concentrador de esfuerzos.

Anexo C: Correlaciones EN1591-1.

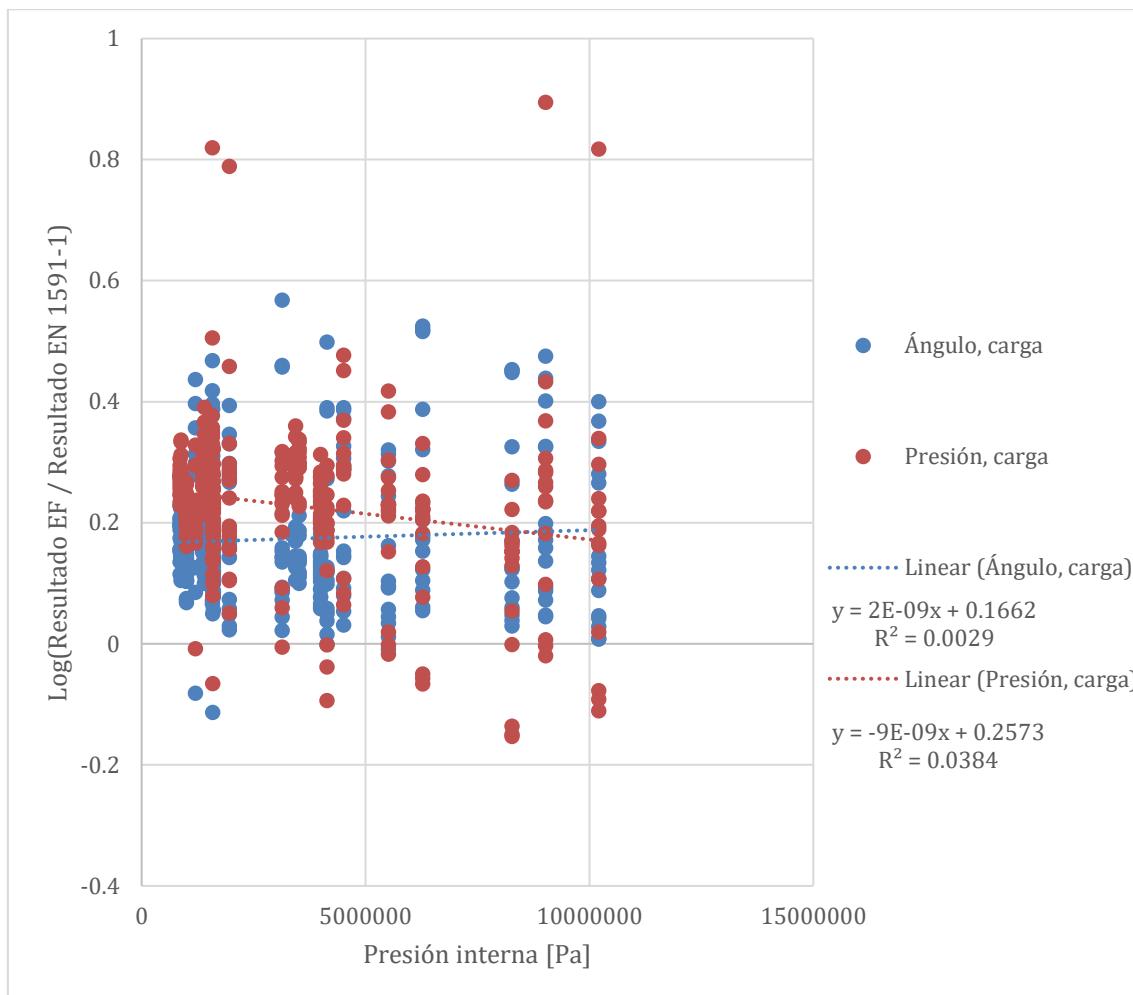
Los resultados del modelo por elementos finitos y de la EN 1591-1 son los siguientes:



Podemos observar por las pendientes de las regresiones lineales que el modelo por elementos finitos da resultados con mayor dispersión que los de la EN 1591-1 (pendiente regresión lineal > 1) para el estado de carga, y menor en el estado de montaje (pendiente < 1). Esto queda justificado por la mayor rigidez del modelo por elementos finitos debido al límite de nodos (malla gruesa), mientras que el modelo del código europeo no tiene en cuenta el momento debido a la carga de la presión interna sobre la pared de la tubería conectada, y únicamente tiene en cuenta la tensión propia.

La media de los resultados es ~24% mayor para el modelo de elementos finitos en estado de montaje, y ~41% mayor para el estado de carga.

Dado que el modelo del código europeo no tiene en cuenta el par debido a la carga de presión sobre la tubería, buscamos una correlación con la presión interna en estado de carga:



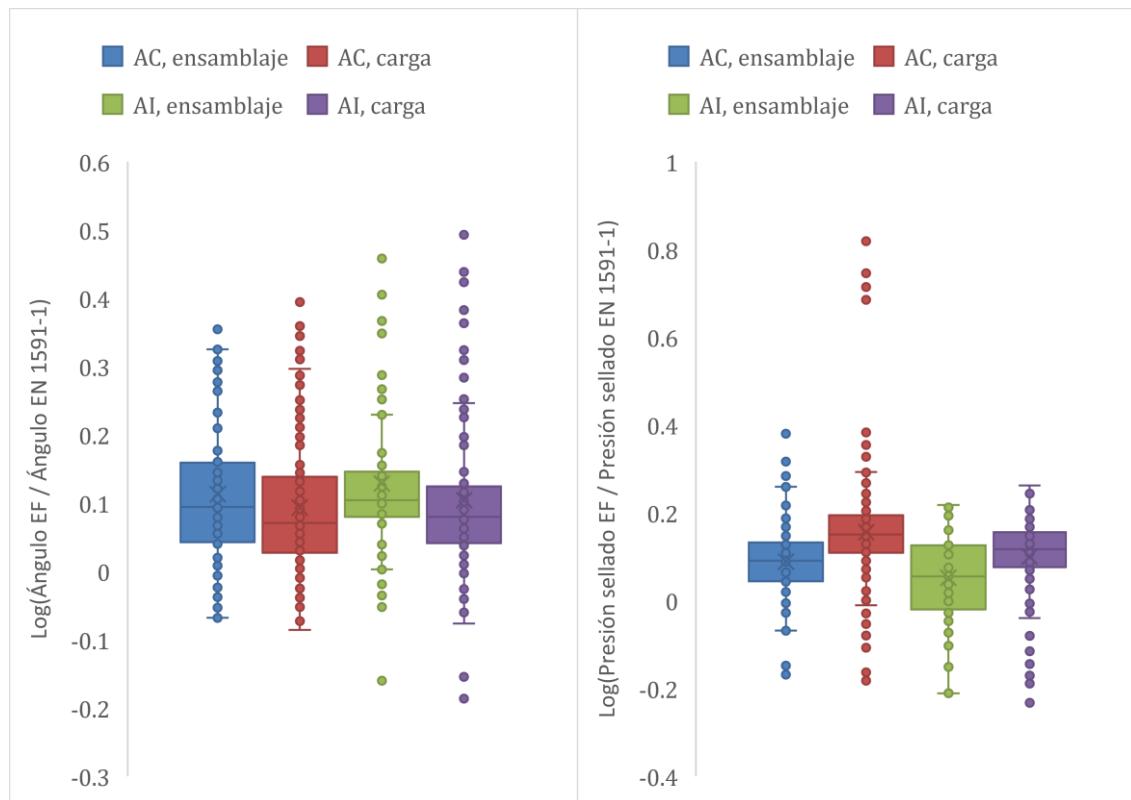
La relación es débil, que indica que este momento tiene un impacto reducido, comparado con la tensión de la tubería. Aun así, se tendrá en cuenta esta pequeña diferencia:

$$\theta_{EF} \sim \theta_{EN} * e^{(2 \times 10^{-9} Pa^{-1} * P_{interna} + 0.1662)} * \dots$$

$$P_{Sellado,EF} \sim P_{Sellado,EN} * e^{(-9 \times 10^{-9} Pa^{-1} * P_{interna} + 0.2573)} * \dots$$

*Para el estado de carga, no de ensamblaje

La siguiente diferenciación será según el material: Acero al carbono o acero inoxidable:



Las medias correspondientes son:

		Ángulo [Log (EF/EN)]	Presión [Log (EF/EN)]
Acero al carbono	Ensamblaje	0.113052	0.088699
	Carga	0.093211	0.155726
Acero inoxidable	Ensamblaje	0.128313	0.051953
	Carga	0.10424	0.100344

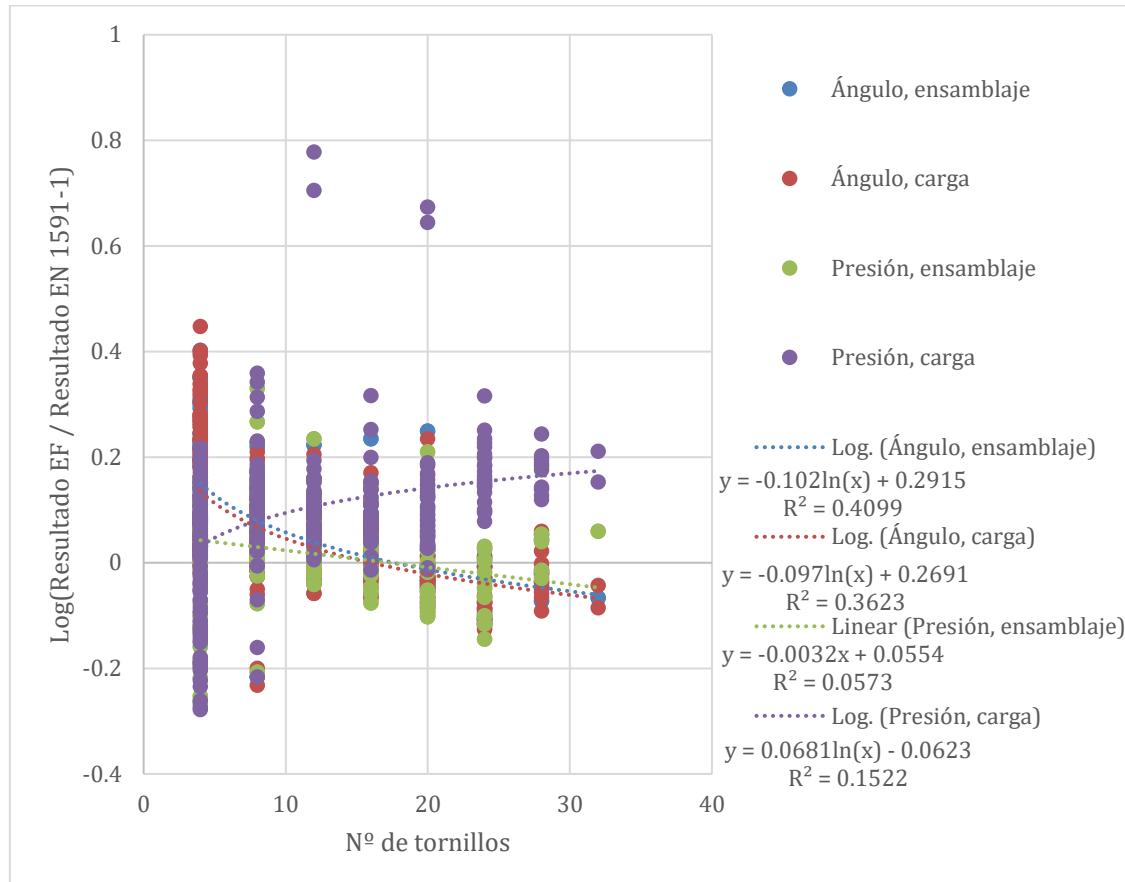
Que conlleva a los siguientes factores:

		Ángulo [EF/EN]	Presión [EF/EN]
Acero al carbono	Ensamblaje	1.11969	1.092751
	Carga	1.097693	1.168507
Acero inoxidable	Ensamblaje	1.136909	1.053326
	Carga	1.109867	1.105551

$$\theta_{EF} \sim \theta_{EN} * \dots * \begin{array}{l} Ens. \rightarrow AC \rightarrow 1.11060 \\ AI \rightarrow 1.136909 * \dots \\ Crg. \rightarrow AC \rightarrow 1.097693 \\ AI \rightarrow 1.109867 \end{array}$$

$$P_{Sellado,EF} \sim P_{Sellado,EN} * \dots * \begin{array}{l} Ens. \rightarrow AC \rightarrow 1.092751 \\ AI \rightarrow 1.053326 * \dots \\ Crg. \rightarrow AC \rightarrow 1.168507 \\ AI \rightarrow 1.105551 \end{array}$$

La siguiente variable a estudiar es el número de tornillos, ya que el modelo europeo asume homogeneidad radial:

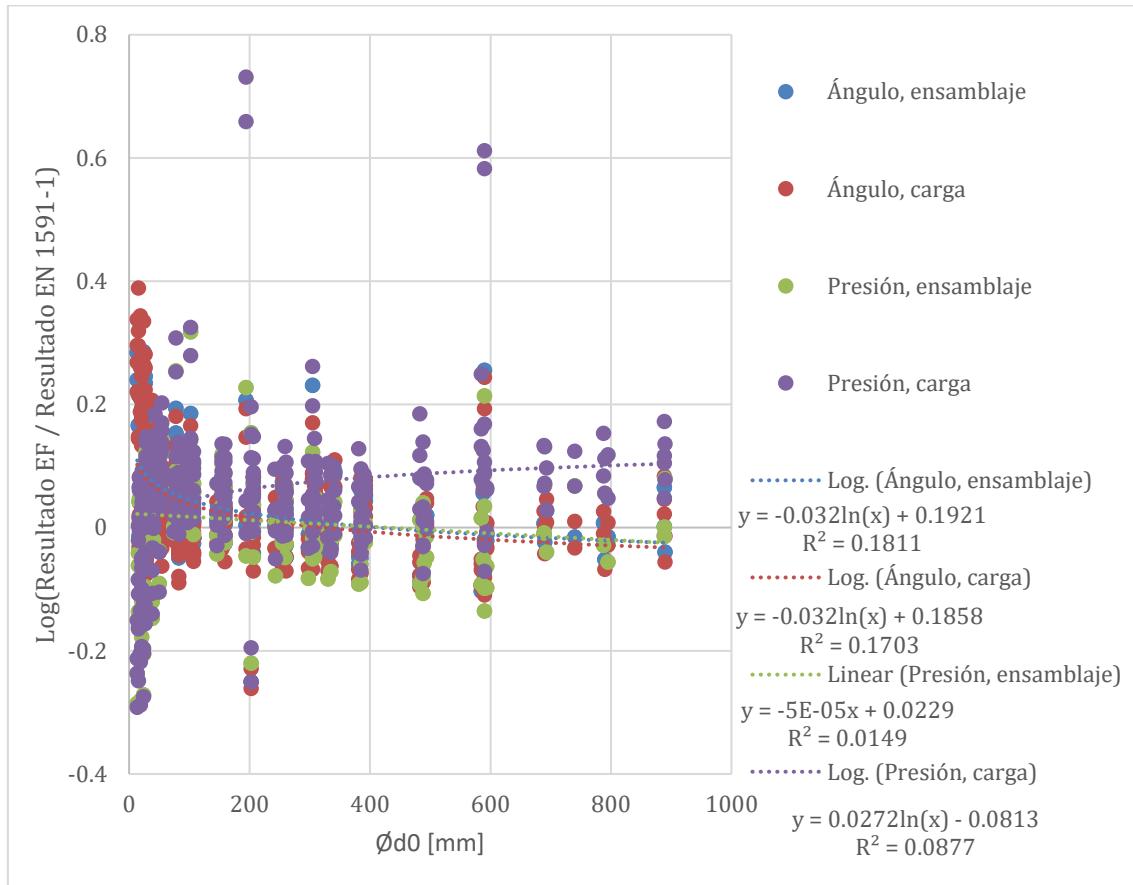


Aquí se observa que, a excepción de la presión de sellado durante el ensamblaje, una regresión logarítmica aproxima mejor que una lineal:

$$\theta_{EF} \sim \theta_{EN} * \dots * \frac{Ens. \rightarrow N_{tornillos}^{-0.102} * e^{0.2915}}{Crg. \rightarrow N_{tornillos}^{-0.097} * e^{0.2691} * \dots}$$

$$P_{Sellado,EF} \sim P_{Sellado,EN} * \dots * \frac{Ens. \rightarrow e^{-0.0032 * N_{tornillos} + 0.0554}}{Crg. \rightarrow N_{tornillos}^{0.0681} * e^{-0.0623} * \dots}$$

También se analizará el efecto del diámetro interno sobre los resultados, una dimensión característica de la geometría:

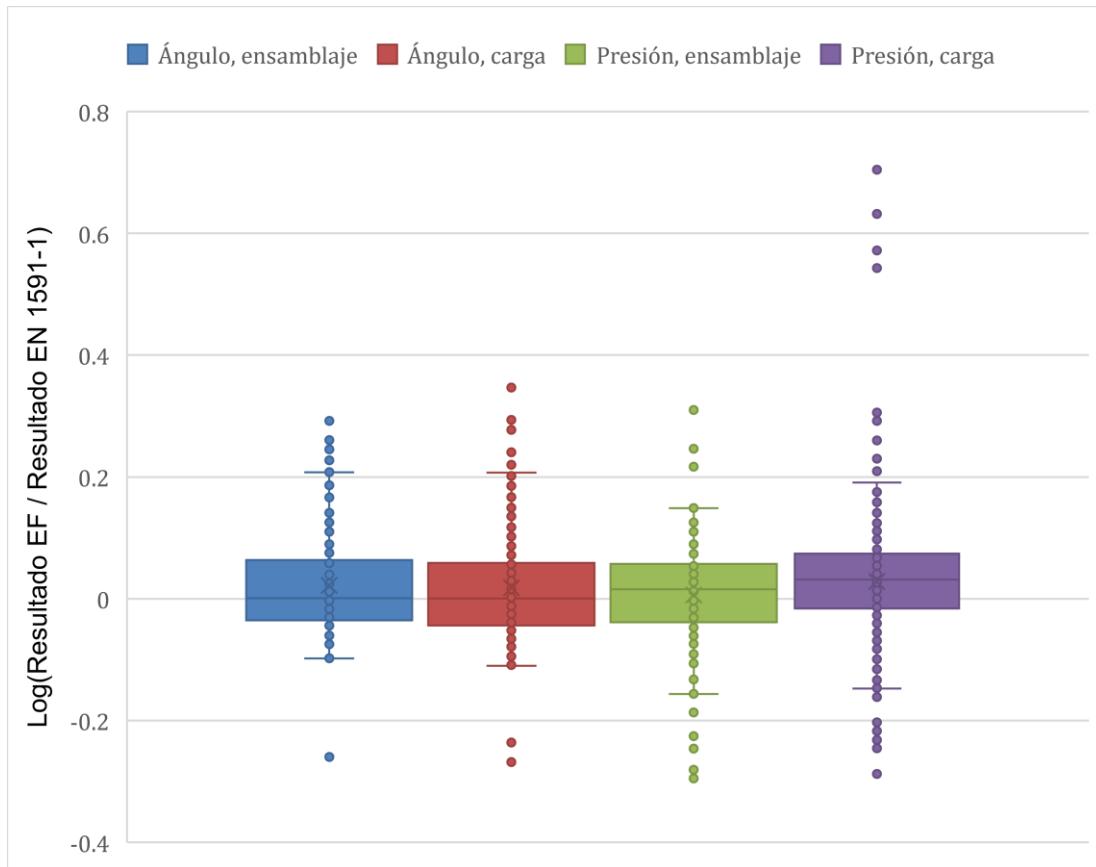


Al igual que en el caso anterior, a excepción de la presión de sellado durante el ensamblaje, una regresión logarítmica aproxima mejor que una lineal, quedando:

$$\theta_{EF} \sim \theta_{EN} * \dots * \begin{matrix} \text{Ens.} \rightarrow \varnothing d_0^{-0.032} * e^{0.1921} \\ \text{Crg.} \rightarrow \varnothing d_0^{-0.032} * e^{0.1858} * \dots \end{matrix}$$

$$P_{\text{Sellado}, EF} \sim P_{\text{Sellado}, EN} * \dots * \begin{matrix} \text{Ens.} \rightarrow e^{-0.00005*\varnothing d_0 + 0.0229} \\ \text{Crg.} \rightarrow \varnothing d_0^{0.0272} * e^{-0.0813} * \dots \end{matrix}$$

Finalmente, corregimos por un factor independiente:



Cuyas medias son:

	Ángulo [Log (EF/EN)]	Presión [Log (EF/EN)]
Ensamblaje	0.022131	0.005918
Carga	0.017492	0.028068

Que conlleva a los factores:

	Ángulo [Log (EF/EN)]	Presión [Log (EF/EN)]
Ensamblaje	1.022378	1.005936
Carga	1.017645	1.028466

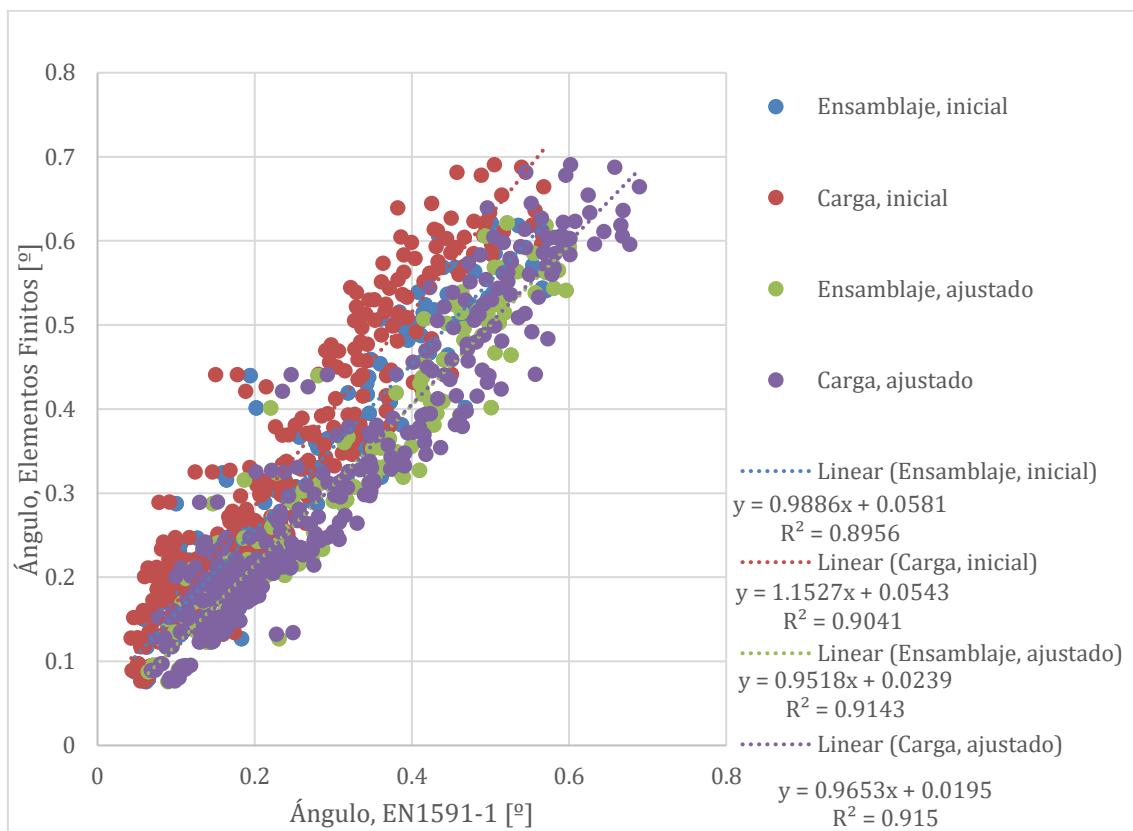
$$\theta_{EF} \sim \theta_{EN} * \dots * \frac{Ens. \rightarrow e^{0.022131}}{Crg. \rightarrow e^{0.017492}}$$

$$P_{Sellado,EF} \sim P_{Sellado,EN} * \dots * \frac{Ens. \rightarrow e^{0.005918}}{Crg. \rightarrow e^{0.028068}}$$

Con esto, nos quedan los siguientes ajustes:

$$\begin{aligned} \theta_{EF} &\sim \theta_{EN} * \frac{AC \rightarrow 1.840083 * N_{tornillos}^{-0.102} * \varnothing d_0^{-0.032}}{AI \rightarrow 1.883672} \\ Crg. &\rightarrow AC \rightarrow 2.078825 * e^{(2*10^{-3} MPa^{-1}*P_{interna})} * N_{tornillos}^{-0.097} * \varnothing d_0^{-0.032} \\ &AI \rightarrow 2.101880 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{Sellado,EF} &\sim \\ \sim P_{Sellado,EN} &* \frac{AC \rightarrow 1.188767 * e^{-0.0032*N_{tornillos}} * e^{-0.00005*\varnothing d_0}}{AI \rightarrow 1.145878} \\ Crg. &\rightarrow AC \rightarrow 1.346481 * e^{(-9*10^{-3} MPa^{-1}*P_{interna})} * N_{tornillos}^{0.0681} * \varnothing d_0^{0.0272} \\ &AI \rightarrow 1.273937 \end{aligned}$$



También se analizaron los coeficientes de determinación R^2 usando como modelos los resultados del código EN 1591-1 y esos mismos resultados corregidos con los ajustes anteriores, buscando predecir los resultados por elementos finitos:

	Ángulo		Presión de sellado	
	EN1591-1*ajuste	EN1591-1	EN1591-1*ajuste	EN1591-1
Ensamblaje	0.908269	0.755988	0.58142	0.559447
Carga	0.911598	0.605763	0.508194	-1.07008

En el caso de la presión de sellado bajo carga, podemos observar valores negativos del coeficiente de determinación, indicando que la presión de sellado media por elementos finitos es aproximada mejor por su propia media que los resultados del código EN1591-1.

Esto es razonable, al ser cálculos diferentes:

-Presión media de la zona de contacto en el modelo EN1591-1, y mínima presión en el borde exterior de la zona de contacto en el modelo por elementos finitos

-El código EN1591-1 no actualiza la zona de contacto en el estado bajo carga.

-El código EN1591-1 aplica la presión interna hasta el diámetro medio de la zona de contacto.

Debidas a estas diferencias de cálculo, incluso con ajustes, solo se llega a justificar entre 50-58% de la varianza de los resultados, mientras que con el ángulo se obtienen mejores resultados, superándose el 90% de la varianza de los resultados por elementos finitos justificada por los resultados de la EN 1591-1 corregidos.

El problema está en que el modelo por elementos finitos no deja de ser un modelo, con sus aproximaciones y consecuentes errores. Esto no nos deja establecer la “necesidad” de estas correcciones, pero podemos comparar los distintos pesos de las variables en los ajustes realizados:

-El diámetro interno, $\varnothing d_0$, tiene un efecto reducido pero consistente para el ángulo, reduciéndolo a diámetros menores, por lo que se podría justificar como una mayor rigidez del modelo por elementos finitos, requiriendo un mallado más grueso las piezas más grandes debido al límite de nodos.

-El número de tornillos tiene un efecto más importante, reduciendo el ángulo por un ~15% para piezas de 20 tornillos frente a las de 4. Esto se deberá en parte a las simplificaciones realizadas al asumir homogeneidad radial.

-Ligeramente más sensibilidad el modelo por elementos finitos a la rigidez del material en cuanto al ángulo de rotación, con un factor ligeramente mayor para el acero inoxidable, menos rígido.

-Incremento del ángulo por la presión interna. Esto será debido al momento causado por el momento de la carga de la presión interna sobre la tubería.

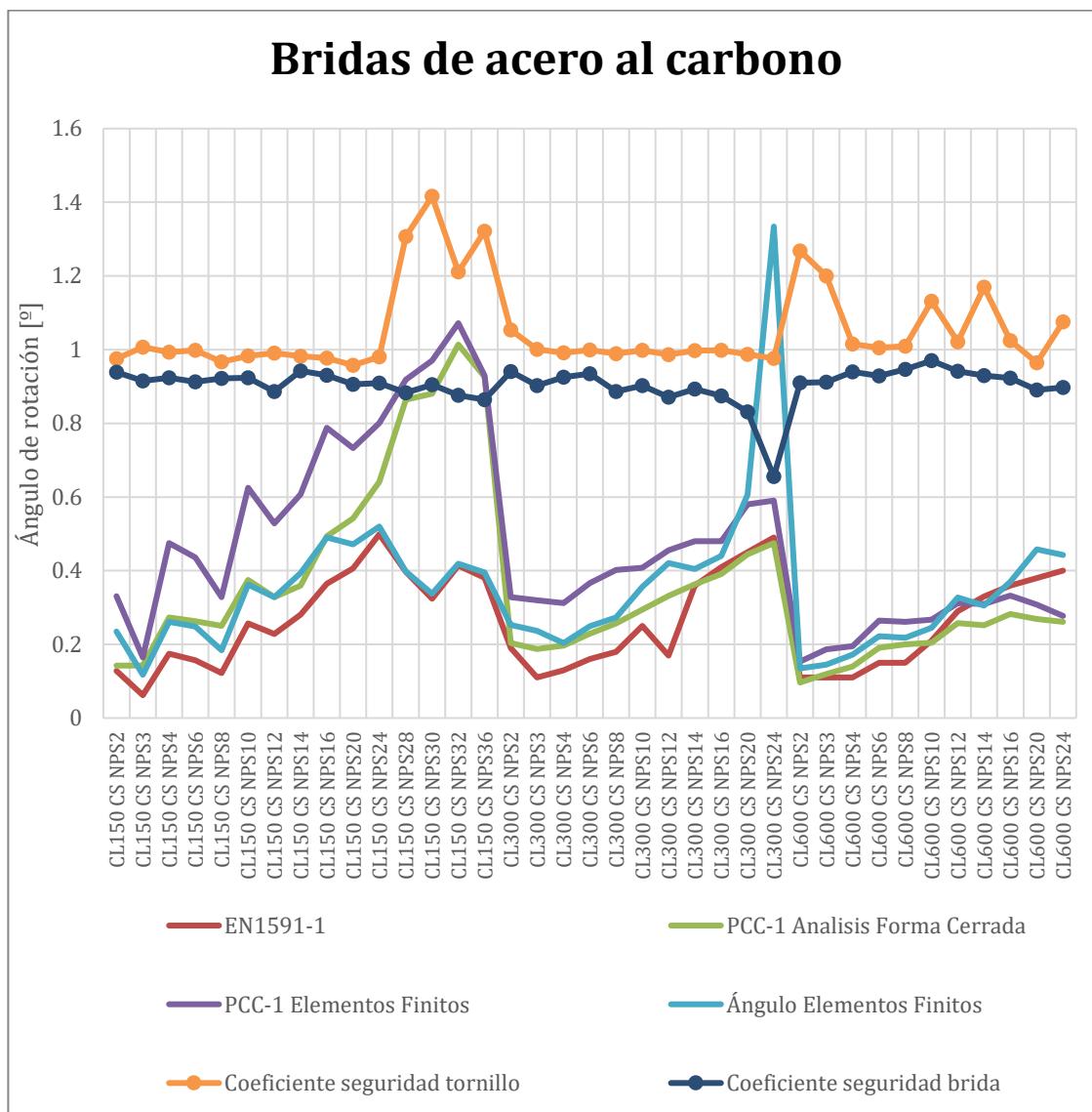
-Para la presión hay que destacar el peso reducido de las variables cuantitativas en el estado de ensamblaje, indicando que las iteraciones realizadas sobre esta etapa son apropiadas, variando por un factor constante debido a la definición distinta de la presión de sellado.

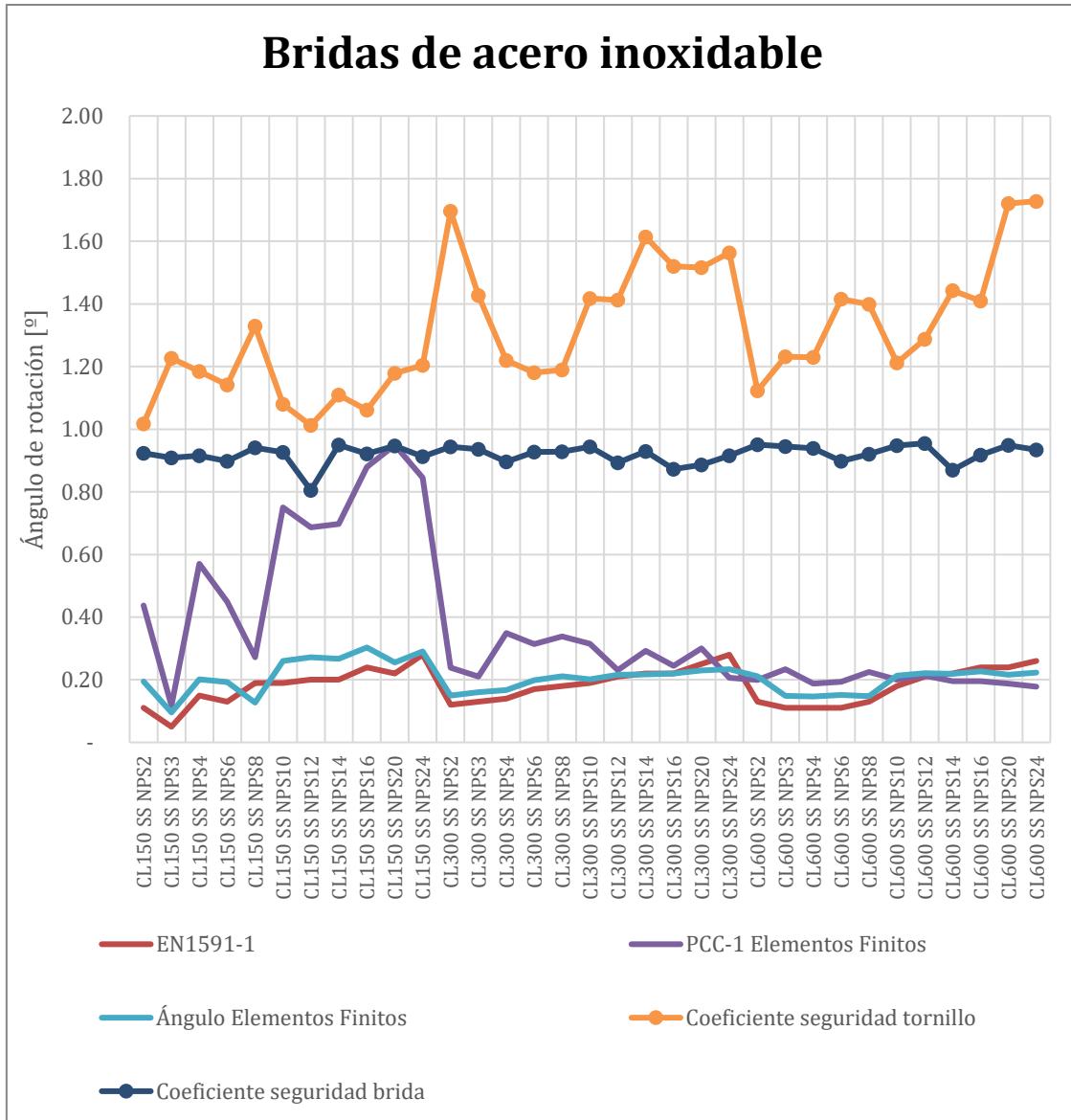
Anexo D: Comparación ASME PCC-1.

Para el código americano se realizará un estudio más bien cualitativo, debido al número reducido de datos.

Para el ángulo de rotado, el código PCC-1 no lo presenta tanto como resultado en sí, sino para limitar la carga de los tornillos en el caso de que una junta no permita mayor rotación.

Aun así, se calculó el ángulo correspondiente a la carga recomendada, y se representó en una gráfica con el resultado equivalente del código europeo EN-1591 y el ángulo calculado por elementos finitos, junto al coeficiente de seguridad de los tornillos y de la brida también calculados por elementos finitos:



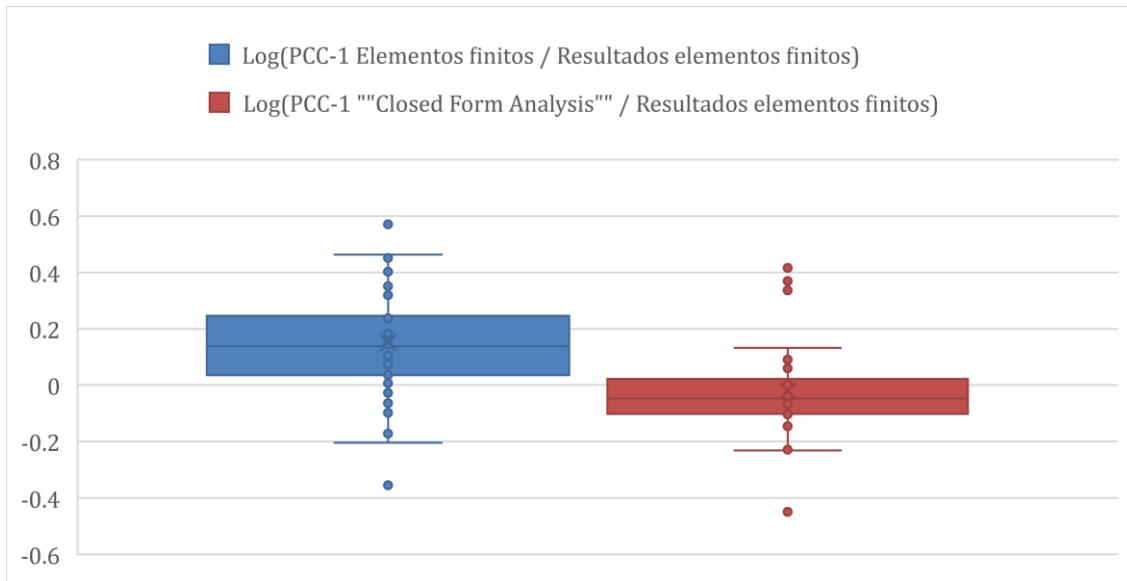


A parte de que para el acero inoxidable no hay tabla de ángulos por cálculo de forma cerrada (“Closed form analysis”), para las bridas de clase 150 sobreestima el ángulo de rotación, y para la brida de clase 300 de acero al carbono y NPS24 subestima la plastificación de la brida (para la carga recomendada de dicha brida, la limita por la resistencia de la brida, y a diferencia de otras instancias como estas, el coeficiente de seguridad de la brida es mucho menor).

Fuera de las bridas de clase 150 y excluyendo la pieza problemática, como límite máximo es generalmente valido, a excepción de bridadas grandes de clase 600, donde subestima mínimamente dicho ángulo. Debido a su carácter tabulado, solo se ve recomendable para valores orientativos para bridadas que no sean de clase 150.

A parte, que no tiene en cuenta el efecto de la presión interna en absoluto, y asume la misma situación de montaje bajo carga. El código europeo EN 1591-1 al menos considera estas cargas de funcionamiento en sus resultados, aunque no actualice el área de contacto.

Comparando el cociente entre resultados:

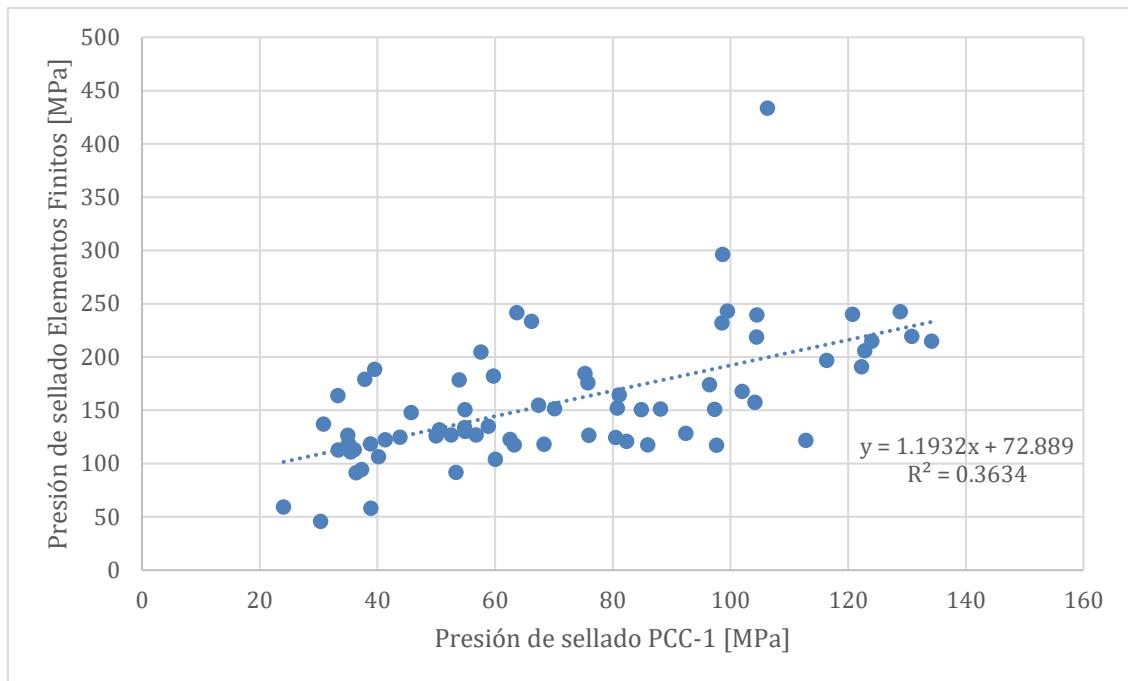


Podemos observar que en promedio sobreestima el ángulo por un 16% para los ángulos basado en elementos finitos, y los subestima por un 2% en el caso de los obtenidos por “Closed Form Analysis”.

Presentan máximos de un 77% y 51% respectivamente, y mínimos subestimando por 30% y 36% respectivamente.

En cuanto a la presión de sellado, la aproximación usada es muy tosca, asumiendo presión homogénea en la totalidad del área de contacto. Aun así, para una brida dada, si el fabricante de la junta expresa la presión de sellado recomendada de la misma forma, es perfectamente funcional, aunque no sea representativo de la realidad. El problema estará en que cada tamaño de junta le corresponderá presiones distintas, debido a las diferentes distribuciones de presiones: A una misma presión mínima de sellado en el exterior de la zona de contacto les corresponderán “presiones homogéneas” distintas.

Representado sobre una gráfica se ve a simple vista que no tienen relación los resultados de presión PCC-1 con los obtenidos por elementos finitos:



Al no siquiera reducir el área de contacto, subestima la presión considerablemente (subestima por un 30% de media, en el peor de los casos por 50%), con picos de presión en el modelo por elementos finitos que se salen de la escala dentro de la que se encuentran los valores de presión de la PCC-1 (picos de 300 y 440 MPa mientras que los resultados PCC-1 no llegan a 140 MPa). Esto conlleva a que la presión calculada por el código americano viene a ser una “clase” más que un resultado comparable.

Anexo E: Planos

Lista de planos:

- 01: Vista general, sección, y dimensiones paramétricas.
Ejemplo de brida de clase 150 NPS2
- 02: Ensamblaje y dimensiones paramétricas de junta y tornillos.
Ejemplo de brida de clase 150 NPS2

A-A (2 : 1)

$$\phi d_4 = 165$$

$$\phi d_3 = 127$$

$$\phi D_{02} = 84$$

$$\phi D_{01} = 60,3$$

$$\phi d_0 = 52,5$$

$$\phi d_5 = \phi 19,05$$

$$IH = 47,3$$

$$eFb = 20,7$$

$$eRF = 2$$

$$\phi d_{RF} = 92,1$$

1:2

Vista general, sección, y dimensiones paramétricas.
Ejemplo de brida de clase 150 NPS2

Nº Alumno: 773213

Curso: 4º

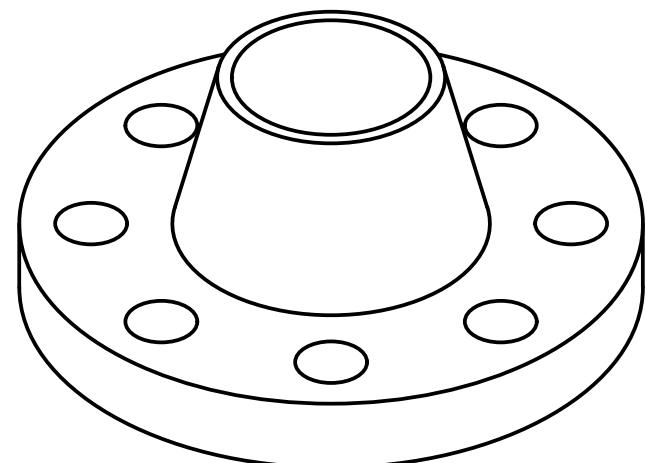
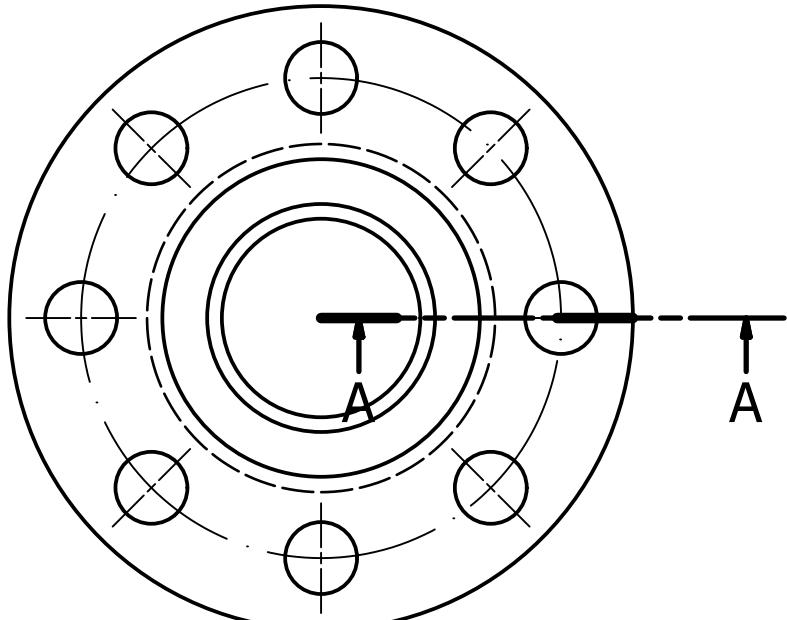
Plano Nº 01



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



1542



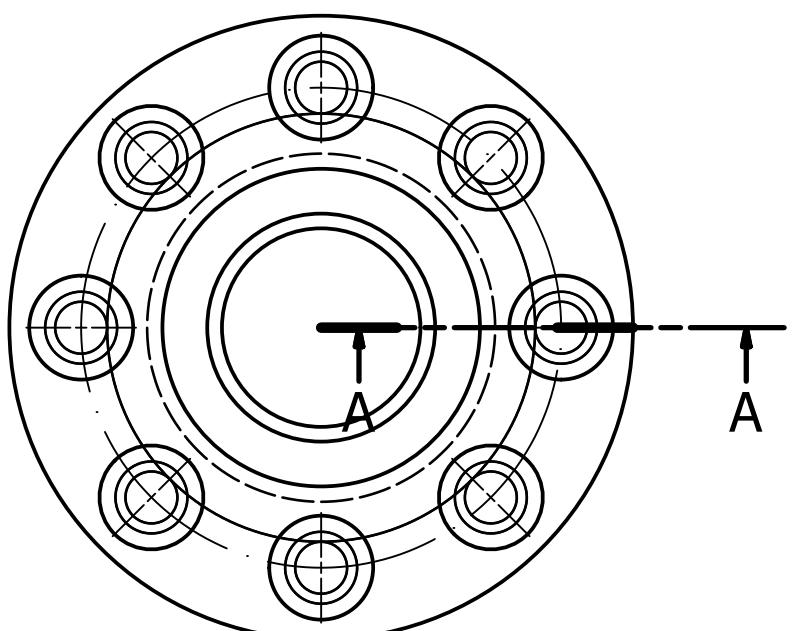
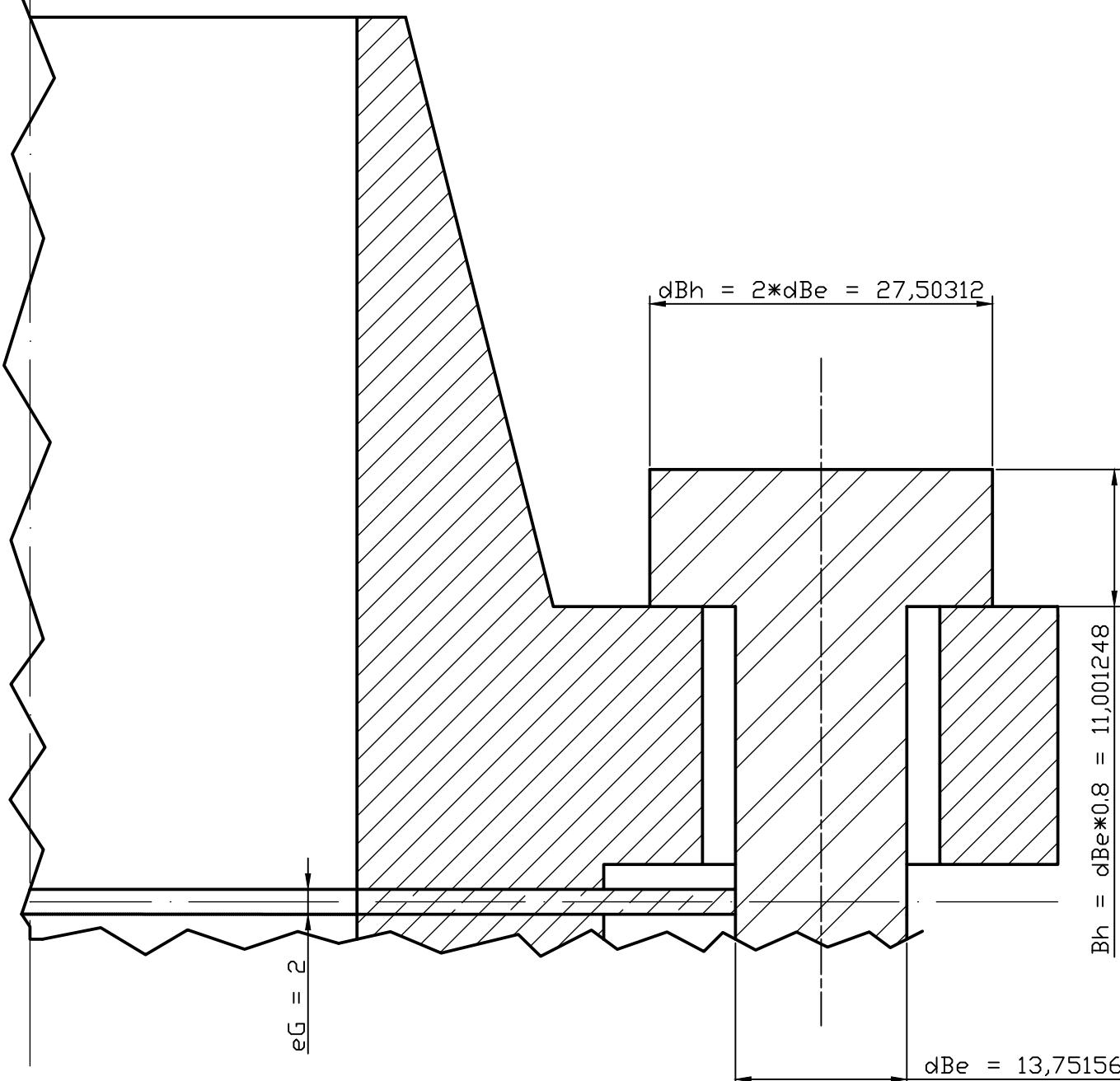
Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado	09/08/2020	Xavier Burrull Allan		
Escala				Nº Alumno: 773213

Titular

Vista general, sección, y dimensiones paramétricas.

Ejemplo de brida de clase 150 NPS2

A-A (2 : 1)



Dibujado	Fecha	Nombre	Firma:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Comprobado	09/08/2020	Xavier Burrull Allan		
Escala	Titular			
	Ensamblaje y dimensiones paramétricas de junta y tornillos			
1:2	Ejemplo de brida de clase 150 NPS2			
	Nº Alumno: 773213			
	Curso: 4º			
	Plano Nº 02			

Anexo F: Propiedades materiales de los aceros usados.

Acero al carbono, (S)A-105

Biluna - bilunaco-5

File Edit Format PlantCalc Perspective Window Tools System Help

Dimension EN gasket Material

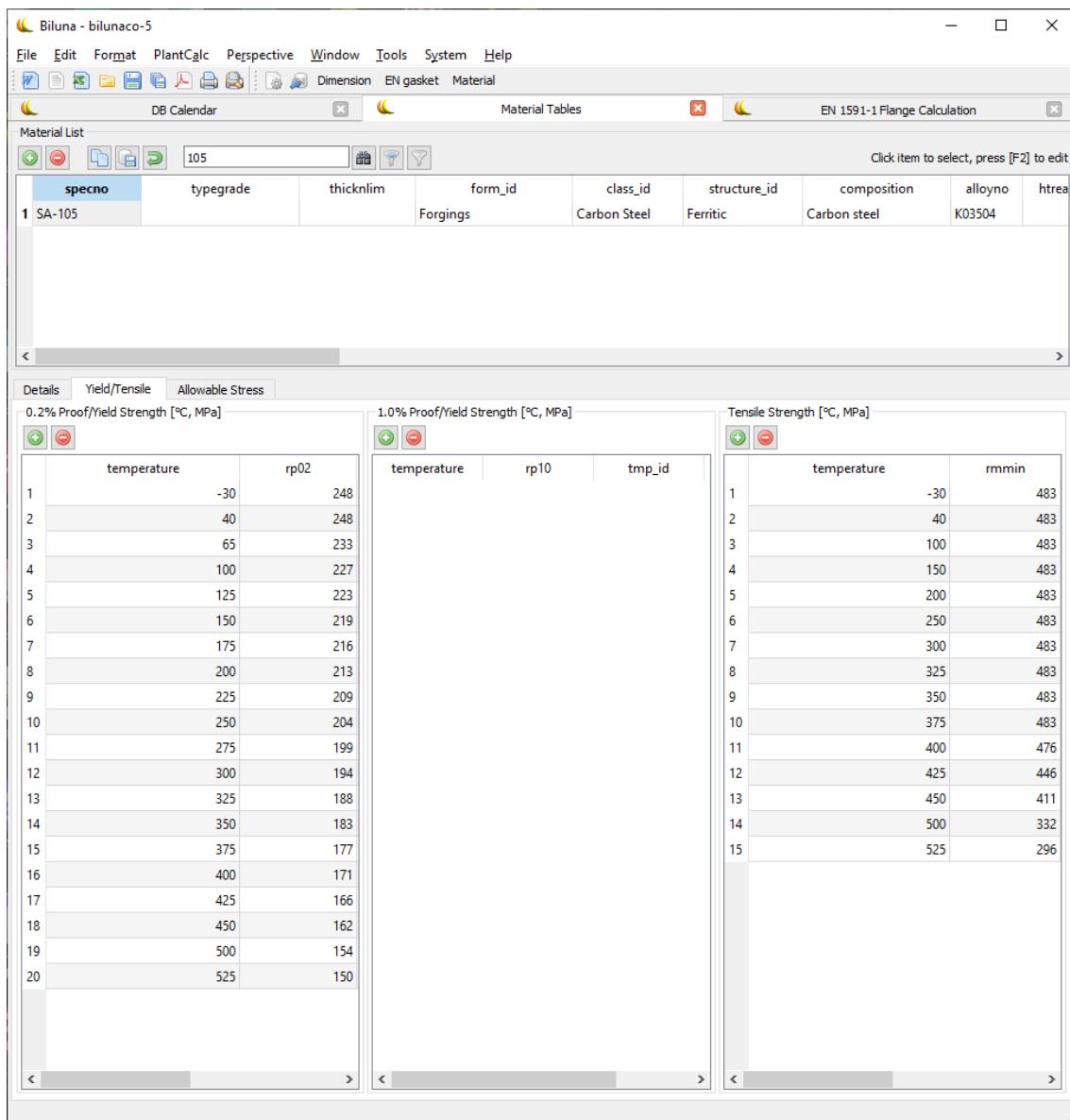
DB Calendar Material Tables EN 1591-1 Flange Calculation

Material List 105 Click item to select, press [F2] to edit

specno	typegrade	thicknlm	form_id	class_id	structure_id	composition	alloyno	htrea
1 SA-105			Forgings	Carbon Steel	Ferritic	Carbon steel	K03504	

Details Yield/Tensile Allowable Stress

Specification	SA-105	Composition	Carbon steel	P number	1
Type/Grade		Alloy No.	K03504	G number	2
Thickness Limit		Heat Treatment		Yield 20 Celsius	250 MPa
Form	Forgings	Document	ASME II Part D	Yield 1% 20 Celsius	0 MPa
Class	Carbon Steel	Issue	2015	Min. Tensile 20 Celsius	485 MPa
Structure	Ferritic	Notes	G10, S1, T2	Spec. Gravity	0 kg/dm ³
External Pressure Table	CS-2	Notes Y		Elong. Rupture	0 percent
Modulus of Elasticity Table	ASME II part D, TM-1, CS C > 0.30%	Notes B31.1		ASME I Temp. Limit	538 Celsius
Thermal Expansion Table	ASME II part D, TE-1, CS Low Alloy (Group 1) [Note (1)]	Notes B31.3 (9)(57)(59)		ASME III Temp. Limit	371 Celsius
Creep Table	none			ASME VIII div 1 T. Limit	538 Celsius
				ASME XII Temp. Limit	343 Celsius



Material Modulus of Elasticity Tables

Modulus of Elasticity Table List

document edition

1	ASME II part D, TM-1, CS C <= 0.30%	2019
2	ASME II part D, TM-1, CS C > 0.30%	2019
3	ASME II part D, TM-1, Group A [Note (1)]	2019
4	ASME II part D, TM-1, Group B [Note (2)]	2019

Modulus of Elasticity Value List

temperature modelast

1	-200	215,000
2	-125	211,000
3	-75	207,000
4	25	201,000
5	100	197,000
6	150	194,000
7	200	191,000
8	250	188,000
9	300	183,000
10	350	178,000
11	400	170,000
12	450	161,000
13	500	149,000
14	550	136,000
15	600	121,000

Click item to select, press [F2] to edit

Help OK Cancel

Material Thermal Expansion Tables

Thermal Expansion Table List

document

	document	edition
10	ASME II part D, TE-1, CS Low Alloy (Group 1) [Note (1)]	2019
11	ASME II part D, TE-1, Ductile Cast Iron	2019

Click item to select, press [F2] to edit

Thermal Expansion Value List

	temperature	thermexp
1	20	1.15e-05
2	50	1.18e-05
3	75	1.19e-05
4	100	1.21e-05
5	125	1.23e-05
6	150	1.24e-05
7	175	1.26e-05
8	200	1.27e-05
9	225	1.29e-05
10	250	1.3e-05
11	275	1.32e-05
12	300	1.33e-05
13	325	1.34e-05
14	350	1.36e-05
15	375	1.37e-05
16	400	1.38e-05
17	425	1.4e-05
18	450	1.41e-05
19	475	1.42e-05
20	500	1.44e-05
21	525	1.45e-05
22	550	1.46e-05
23	575	1.47e-05
24	600	1.48e-05
25	625	1.49e-05
26	650	1.5e-05

Click item to select, press [F2] to edit

Help OK Cancel

Acero inoxidable, SA-182 F316L

The screenshot shows the Biluna software interface for material selection. The main window displays a material list for 'SA-182' with various grades and properties. The selected material is 'SA-182 F316L' with a thickness limit of ' ≤ 125 '. The details tab is active, showing specific properties for this grade.

specno	typegrade	thicknlm	form_id	class_id	structure_id	composition	alloyno	
40	SA-182	F316H	≤ 125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31609
41	SA-182	F316L	> 125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
42	SA-182	F316L	> 125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
43	SA-182	F316L	≤ 125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
44	SA-182	F316L	> 125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
45	SA-182	F316LN	> 125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo-N	S31653

Material Properties (SA-182 F316L):

- Specification: SA-182
- Type/Grade: F316L
- Thickness Limit: ≤ 125
- Form: Forgings
- Class: Stainless Steel
- Structure: Austenitic
- Composition: 16Cr-12Ni-2Mo
- P number: 8
- G number: 1
- Heat Treatment:
- Document: ASME II Part D
- Issue: 2015
- Notes: G5, G21
- Notes Y:
- Notes B31.1:
- Notes B31.3 (9)(21a)
- External Pressure Table: HA-4
- Modulus of Elasticity Table: ASME II part D, TM-1, Group G [Note (7)]
- Thermal Expansion Table: ASME II part D, TE-1, Austenitic SS (Group 3) [Note (3)]
- Creep Table: none
- Yield 20 Celsius: 170 MPa
- Yield 1% 20 Celsius: 0 MPa
- Min. Tensile 20 Celsius: 485 MPa
- Spec. Gravity: 0 kg/dm³
- Elong. Rupture: 40 percent
- ASME I Temp. Limit: 454 Celsius
- ASME III Temp. Limit: 427 Celsius
- ASME VIII div 1 T. Limit: 454 Celsius
- ASME XII Temp. Limit: 343 Celsius

Biluna - bilunaco-5

File Edit Format PlantCalc Perspective Window Tools System Help

DB Calendar Material Tables EN 1591-1 Flange Calculation

Material List

182 Click item to select, press [F2] to edit

	specno	typegrade	thicknlim	form_id	class_id	structure_id	composition	alloyno
40	SA-182	F316H	<=125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31609
41	SA-182	F316L	>125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
42	SA-182	F316L	>125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
43	SA-182	F316L	<=125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
44	SA-182	F316L	>125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo	S31603
45	SA-182	F316LN	>125	Forgings	Stainless Steel	Austenitic	16Cr-12Ni-2Mo-N	S31653

Details Yield/Tensile Allowable Stress

0.2% Proof/Yield Strength [$^{\circ}$ C, MPa]

temperature	rp02
-30	172
40	172
65	157
100	145
125	137
150	131
175	125
200	121
225	118
250	114
275	111
300	109
325	107
350	105
375	103
400	101
425	99.4
450	97.5
500	93.8
525	92

1.0% Proof/Yield Strength [$^{\circ}$ C, MPa]

temperature	rp10	tmp_id
-30	172	1
40	172	2
65	157	3
100	145	4
125	137	5
150	131	6
175	125	7
200	121	8
225	118	9
250	114	10
275	111	11
300	109	12
325	107	13
350	105	14
375	103	15
400	101	
425	99.4	
450	97.5	
500	93.8	
525	92	

Tensile Strength [$^{\circ}$ C, MPa]

temperature	rmin
-30	483
40	483
100	467
150	441
200	429
250	426
300	426
325	425
350	425
375	424
400	421
425	417
450	413
500	398
525	387

The screenshot shows a software application window titled "Material Thermal Expansion Tables". The top menu bar includes "File", "Edit", "View", "Insert", "Format", "Tools", "Help", and "Exit". Below the menu is a toolbar with icons for New, Open, Save, Print, and Filter. A search/filter bar is also present.

The main area contains two tables:

- Thermal Expansion Table List:** A table with columns "document" and "edition". It lists two entries:
 - ASME II part D, TE-1, Austenitic SS (Group 3) [Note (3)] - Edition 2019
 - ASME II part D, TE-1, CS Low Alloy (Group 1) [Note (1)] - Edition 2019
- Thermal Expansion Value List:** A table with columns "temperature" and "thermexp". It lists values from 20 to 650 degrees Celsius with corresponding thermal expansion coefficients.

temperature	thermexp
20	1.53e-05
50	1.56e-05
75	1.59e-05
100	1.62e-05
125	1.64e-05
150	1.66e-05
175	1.68e-05
200	1.7e-05
225	1.72e-05
250	1.74e-05
275	1.75e-05
300	1.77e-05
325	1.78e-05
350	1.79e-05
375	1.8e-05
400	1.81e-05
425	1.82e-05
450	1.83e-05
475	1.84e-05
500	1.84e-05
525	1.85e-05
550	1.86e-05
575	1.87e-05
600	1.88e-05
625	1.89e-05
650	1.9e-05

At the bottom are buttons for "Help", "OK", and "Cancel".

Material Modulus of Elasticity Tables

Modulus of Elasticity Table List

Click item to select, press [F2] to edit

	document	edition
7	ASME II part D, TM-1, Group E [Note (5)]	2019
8	ASME II part D, TM-1, Group F [Note (6)]	2019
9	ASME II part D, TM-1, Group G [Note (7)]	2019
10	ASME II part D, TM-1, Group H [Note (8)]	2019

Modulus of Elasticity Value List

Click item to select, press [F2] to edit

	temperature	modelast
1	-200	209,000
2	-125	204,000
3	-75	201,000
4	25	195,000
5	100	189,000
6	150	186,000
7	200	183,000
8	250	179,000
9	300	176,000
10	350	172,000
11	400	169,000
12	450	165,000
13	500	160,000
14	550	156,000
15	600	151,000
16	650	146,000

Help OK Cancel

Acero de baja aleación, (S)A-193 B7

The screenshot shows the Biluna software interface for material selection. The top menu bar includes File, Edit, Format, PlantCalc, Perspective, Window, Tools, System, and Help. The toolbar below has icons for New, Open, Save, Print, etc. The main window displays the 'Material List' with the following data:

	specno	typegrade	thicknlm	form_id	class_id	structure_id	composition	alloyno	I
1	SA-193	B7	100 < t <= 175	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
2	SA-193	B7	64 < t <= 100	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
3	SA-193	B7	<=64	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
4	SA-193	B7M	<=64	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
5	SA-671	CB70		Wld. pipe	Carbon Steel	Ferritic	Carbon steel	K03101	
6	SA-671	CB70		Wld. pipe	Carbon Steel	Ferritic	Carbon steel	K03101	10.

The selected row (row 3) is highlighted in blue. Below the table, there are tabs for Details, Yield/Tensile, and Allowable Stress. The Details tab is active, showing the following properties:

Specification	SA-193	Composition	1Cr- 1/5Mo	P number	
Type/Grade	B7	Alloy No.	G41400	G number	
Thickness Limit	<=64	Heat Treatment		Yield 20 Celsius	725 MPa
Form	Bolting	Document	ASME II Part D	Yield 1% 20 Celsius	0 MPa
Class	Low Alloy	Issue	2015	Min. Tensile 20 Celsius	860 MPa
Structure	Ferritic	Notes	T5	Spec. Gravity	0 kg/dm ³
External Pressure Table	none	Notes Y		Elong. Rupture	0 percent
Modulus of Elasticity Table	ASME II part D, TM-1, Group C [Note (3)]	Notes B31.1		ASME I Temp. Limit	427 Celsius
Thermal Expansion Table	ASME II part D, TE-1, CS Low Alloy (Group 1) [Note (1)]	Notes B31.3		ASME III Temp. Limit	538 Celsius
Creep Table	none			ASME VIII div 1 T. Limit	427 Celsius
				ASME XII Temp. Limit	343 Celsius

Biluna - bilunaco-5

File Edit Format PlantCalc Perspective Window Tools System Help

DB Calendar Material Tables EN 1591-1 Flange Calculation

Material List

Click item to select, press [F2] to edit

	specno	typegrade	thicknlm	form_id	class_id	structure_id	composition	alloyno	I
1	SA-193	B7	$100 < t \leq 175$	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
2	SA-193	B7	$64 < t \leq 100$	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
3	SA-193	B7	≤ 64	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
4	SA-193	B7M	≤ 64	Bolting	Low Alloy	Ferritic	1Cr- 1/5Mo	G41400	
5	SA-671	CB70		Wld. pipe	Carbon Steel	Ferritic	Carbon steel	K03101	
6	SA-671	CB70		Wld. pipe	Carbon Steel	Ferritic	Carbon steel	K03101	10, ▾

Details Yield/Tensile Allowable Stress

0.2% Proof/Yield Strength [$^{\circ}$ C, MPa]

	temperature	rp02
1	-30	724
2	40	724
3	65	698
4	100	671
5	125	658
6	150	648
7	175	640
8	200	632
9	225	623
10	250	614
11	275	605
12	300	595
13	325	583
14	350	568
15	375	553
16	400	534
17	425	511
18	450	485
19	500	416
20	525	374

1.0% Proof/Yield Strength [$^{\circ}$ C, MPa]

	temperature	rp10	tmp_id
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Tensile Strength [$^{\circ}$ C, MPa]

	temperature	rmmin
1	-30	862
2	40	862
3	100	862
4	150	862
5	200	862
6	250	862
7	300	862
8	325	862
9	350	852
10	375	819
11	400	787
12	425	750
13	450	709
14	500	618
15	525	567

Material Modulus of Elasticity Tables

Modulus of Elasticity Table List

	document	edition
4	ASME II part D, TM-1, Group B [Note (2)]	2019
5	ASME II part D, TM-1, Group C [Note (3)]	2019
6	ASME II part D, TM-1, Group D [Note (4)]	2019
7	ASME II part D, TM-1, Group F [Note (5)]	2019

Click item to select, press [F2] to edit

Modulus of Elasticity Value List

	temperature	modelast
1	-200	218,000
2	-125	213,000
3	-75	210,000
4	25	204,000
5	100	200,000
6	150	197,000
7	200	193,000
8	250	190,000
9	300	186,000
10	350	183,000
11	400	179,000
12	450	174,000
13	500	169,000
14	550	164,000
15	600	157,000
16	650	150,000

Click item to select, press [F2] to edit

Help OK Cancel

Material Thermal Expansion Tables

Thermal Expansion Table List

	document	edition
9	ASME II part D, TE-1, Austenitic SS (Group 3) [Note (3)]	2019
10	ASME II part D, TE-1, CS Low Alloy (Group 1) [Note (1)]	2019

Click item to select, press [F2] to edit

Thermal Expansion Value List

	temperature	thermexp
1	20	1.15e-05
2	50	1.18e-05
3	75	1.19e-05
4	100	1.21e-05
5	125	1.23e-05
6	150	1.24e-05
7	175	1.26e-05
8	200	1.27e-05
9	225	1.29e-05
10	250	1.3e-05
11	275	1.32e-05
12	300	1.33e-05
13	325	1.34e-05
14	350	1.36e-05
15	375	1.37e-05
16	400	1.38e-05
17	425	1.4e-05
18	450	1.41e-05
19	475	1.42e-05
20	500	1.44e-05
21	525	1.45e-05
22	550	1.46e-05
23	575	1.47e-05
24	600	1.48e-05
25	625	1.49e-05
26	650	1.5e-05

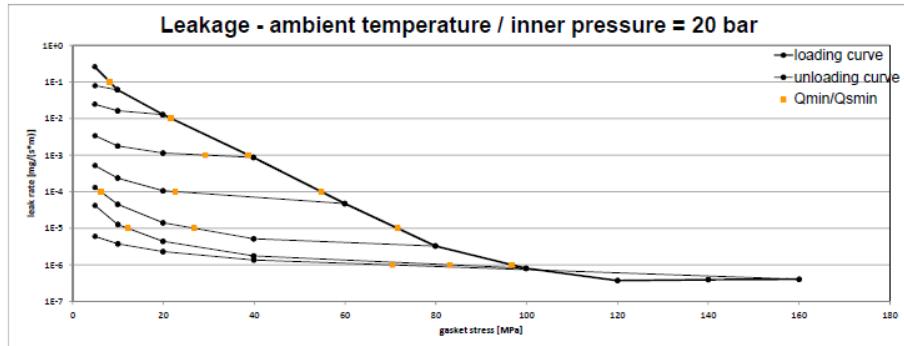
Click item to select, press [F2] to edit

Help OK Cancel

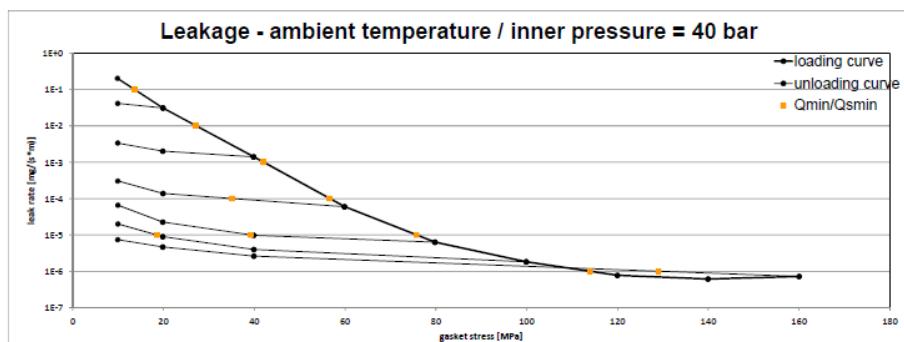
Anexo G: Ficha técnica junta.

Company Address	Donit Tesnit d.o.o., Cesta komandanta Staneta 38, SI-1215 Medvode							
Gasket Type	Tesnit BA-U							
Sealing element dimensions [mm]	92 x 49 x 2.0							

L [mg/(s ^{1/2} m)]	Q _{min,L} [MPa]	Minimum stress to seal Q _{min,L} (at assembly), Q _{min,L} (after off-loading) for p = 20 bar								
		Q _A = 10 MPa	Q _A = 20 MPa	Q _A = 40 MPa	Q _A = 60 MPa	Q _A = 80 MPa	Q _A = 100 MPa	Q _A = 120 MPa	Q _A = 140 MPa	Q _A = 160 MPa
10 ⁻⁶	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10 ⁻⁵	8	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10 ⁻⁴	22			5	5	5	5			5
10 ⁻³	39			29	5	5	5			5
10 ⁻²	55				23	6	5			5
10 ⁻¹	72					27	12			5
10 ⁰	97						63			70
10 ¹										
10 ²										



L [mg/(s ^{1/2} m)]	Q _{min,L} [MPa]	Minimum stress to seal Q _{min,L} (at assembly), Q _{min,L} (after off-loading) for p = 40 bar								
		Q _A = 20 MPa	Q _A = 40 MPa	Q _A = 60 MPa	Q _A = 80 MPa	Q _A = 100 MPa	Q _A = 120 MPa	Q _A = 140 MPa	Q _A = 160 MPa	
10 ⁻⁶	10	10	10	10	10	10				10
10 ⁻⁵	14	10	10	10	10	10				10
10 ⁻⁴	27		10	10	10	10				10
10 ⁻³	42			10	10	10				10
10 ⁻²	57			35	10	10				10
10 ⁻¹	76				39	19				10
10 ⁰	114									129
10 ¹										
10 ²										



Note: the content of darkened cells was not determined respectively is unnecessary	Rev - No: 1	Creation date of this sheet:	27.09.2011
			page 1 of 2

Company Address	Donit Teznit d.o.o., Cesta komandanta Staneta 38, SI-1215 Medvode																																										
Gasket Type	Tesnit BA-U																																										
Sealing element dimensions [mm]	92 x 49 x 2.0																																										
Relaxation ratio P_{rel} for stiffness C = 500 kN/mm																																											
Gasket stress [MPa]	ambient temperature	temperature 1 [100 °C]	temperature 2 [200 °C]																																								
Stress level 1 [30 MPa]	0,93	0,86	0,66																																								
Stress level 2 [50 MPa]	0,96	0,83	0,68																																								
PQR at Q_{max}	0,98 at 220 MPa	0,73 at 120 MPa	0,57 at 100 MPa																																								
Maximal applicable gasket stress Q_{max}																																											
Q_{max} [MPa] ambient temperature	Q_{max} [MPa] – temperature 1 [100 °C]	Q_{max} [MPa] – temperature 2 [200 °C]																																									
220	120	100																																									
Sekant unloading modulus of the gasket E_0 [MPa] and gasket thickness e_0 [mm]																																											
Gasket stress [MPa]	ambient temperature	temperature 1 [100 °C]	temperature 2 [200 °C]																																								
	E_0 [MPa]	e_0 [mm]	E_0 [MPa]	e_0 [mm]																																							
0																																											
1		2,09																																									
10	1	2,09	1	2,11																																							
20	662	1,92	919	1,88																																							
30	1022	1,88	1421	1,83																																							
40	1592	1,84	1621	1,79																																							
50	1704	1,81	2082	1,76																																							
60	2390	1,79	2647	1,73																																							
80	2830	1,76	2662	1,64																																							
100	3369	1,73	3205	1,53																																							
120	3876	1,71	3171	1,43																																							
140	4297	1,69																																									
160	4349	1,67																																									
180	5056	1,65																																									
200	4803	1,63																																									
220	4631	1,61																																									
Gasket thickness e_G																																											
<p>The graph plots gasket thickness in mm against gasket stress in MPa. Three curves are shown: ambient temperature (blue), 100°C (red), and 200°C (green). All curves show a decreasing trend as stress increases. The 200°C curve shows the steepest decrease, reaching approximately 0.9 mm at 100 MPa. The 100°C curve reaches about 1.4 mm at 100 MPa. The ambient temperature curve reaches about 1.6 mm at 100 MPa.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>gasket stress [MPa]</th> <th>ambient temperature [mm]</th> <th>100°C [mm]</th> <th>200°C [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>2.1</td><td>2.1</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>10</td><td>2.0</td><td>2.0</td><td>1.9</td></tr> <tr><td>20</td><td>1.9</td><td>1.8</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>30</td><td>1.85</td><td>1.75</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>40</td><td>1.8</td><td>1.7</td><td>1.3</td></tr> <tr><td>50</td><td>1.75</td><td>1.65</td><td>1.1</td></tr> <tr><td>60</td><td>1.7</td><td>1.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><td>80</td><td>1.65</td><td>1.55</td><td>-</td></tr> <tr><td>100</td><td>1.6</td><td>1.45</td><td>-</td></tr> </tbody> </table>				gasket stress [MPa]	ambient temperature [mm]	100°C [mm]	200°C [mm]	0	2.1	2.1	2.1	10	2.0	2.0	1.9	20	1.9	1.8	1.6	30	1.85	1.75	1.5	40	1.8	1.7	1.3	50	1.75	1.65	1.1	60	1.7	1.6	0.9	80	1.65	1.55	-	100	1.6	1.45	-
gasket stress [MPa]	ambient temperature [mm]	100°C [mm]	200°C [mm]																																								
0	2.1	2.1	2.1																																								
10	2.0	2.0	1.9																																								
20	1.9	1.8	1.6																																								
30	1.85	1.75	1.5																																								
40	1.8	1.7	1.3																																								
50	1.75	1.65	1.1																																								
60	1.7	1.6	0.9																																								
80	1.65	1.55	-																																								
100	1.6	1.45	-																																								