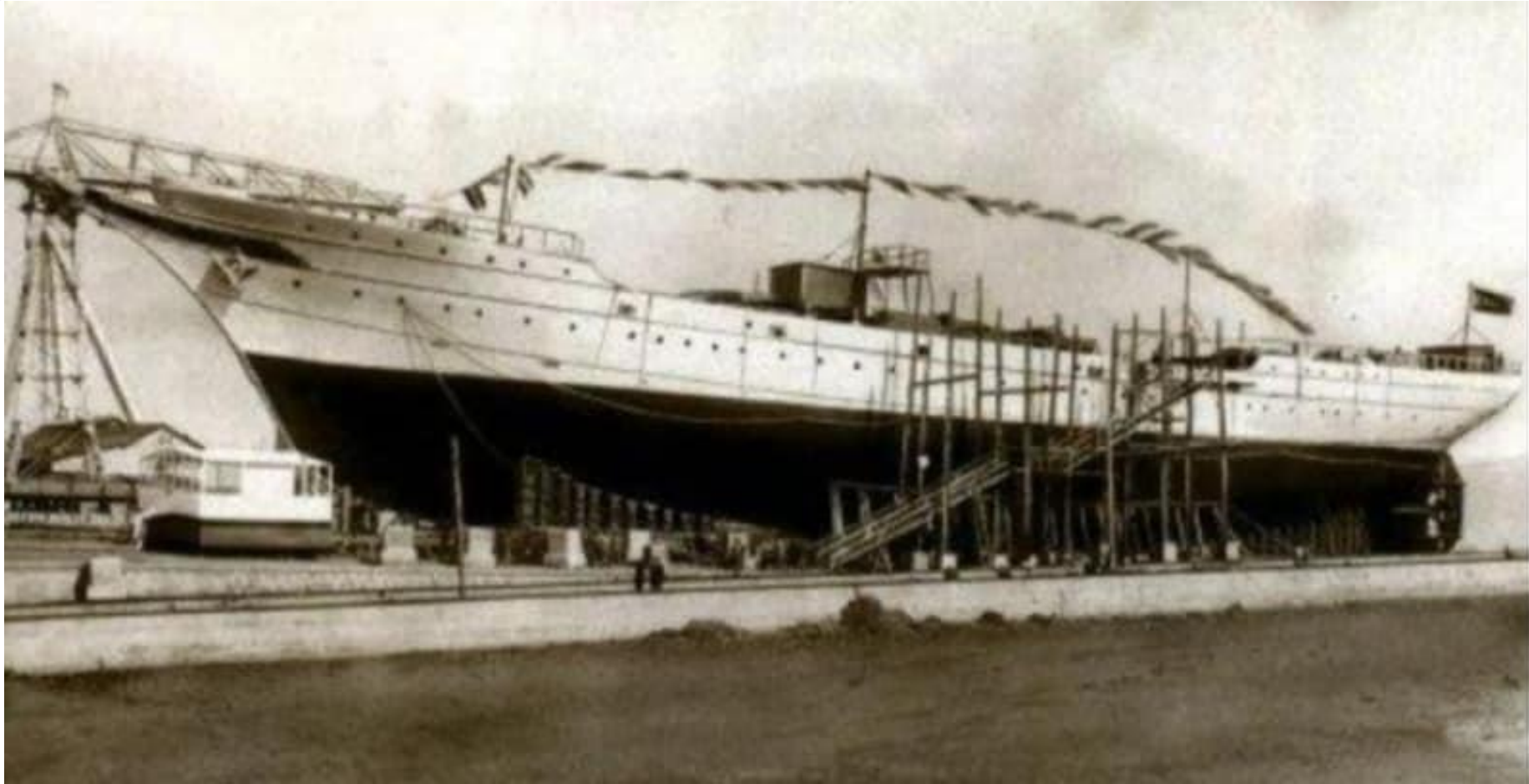
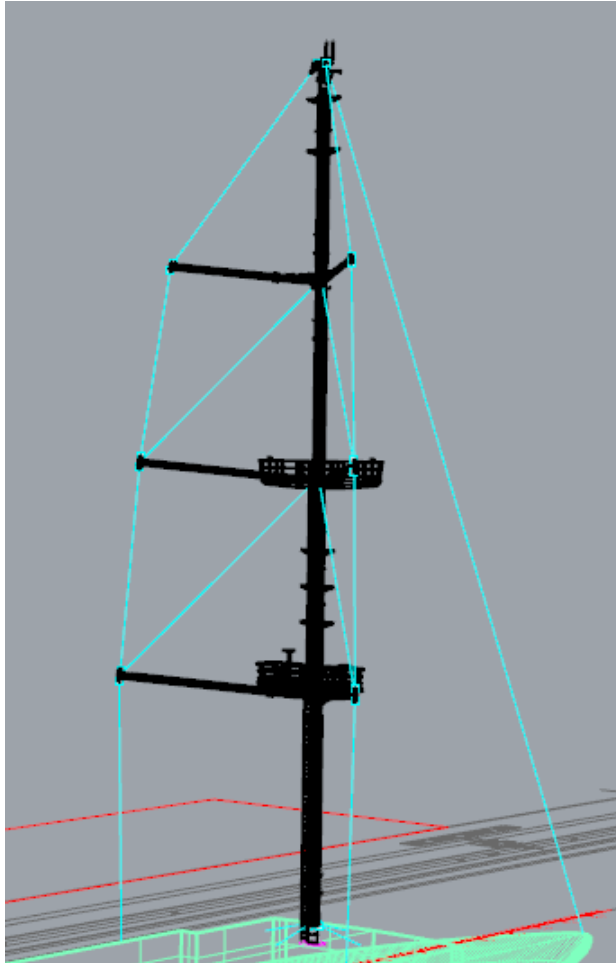




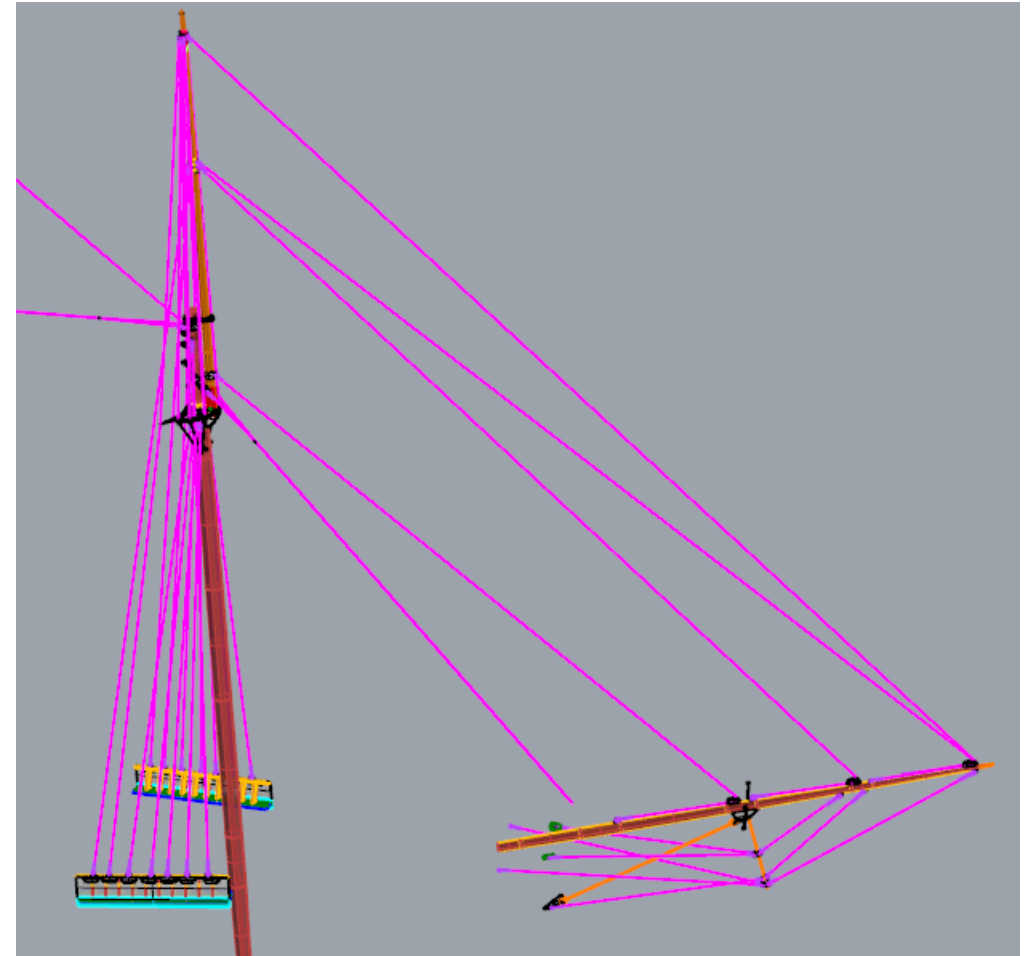


TIPOS DE PALOS QUE VEREMOS

PALOS ESBELTOS CON CRUCETAS



PALOS BUQUES CLASICOS





CONCEPTOS BASICOS



COMO TRABAJAN:

PALOS MACHOS, MASTELEROS, CRUCETAS Y BAUPRES: Cálculos de compresión.

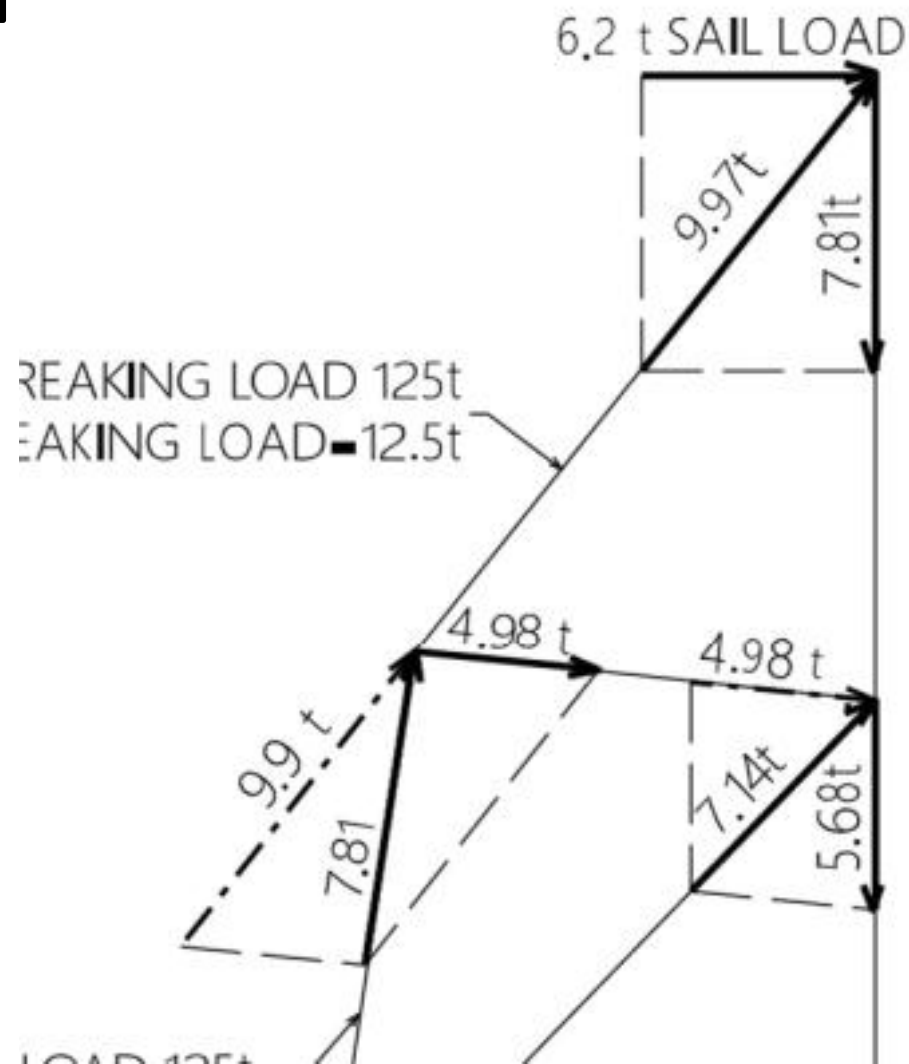
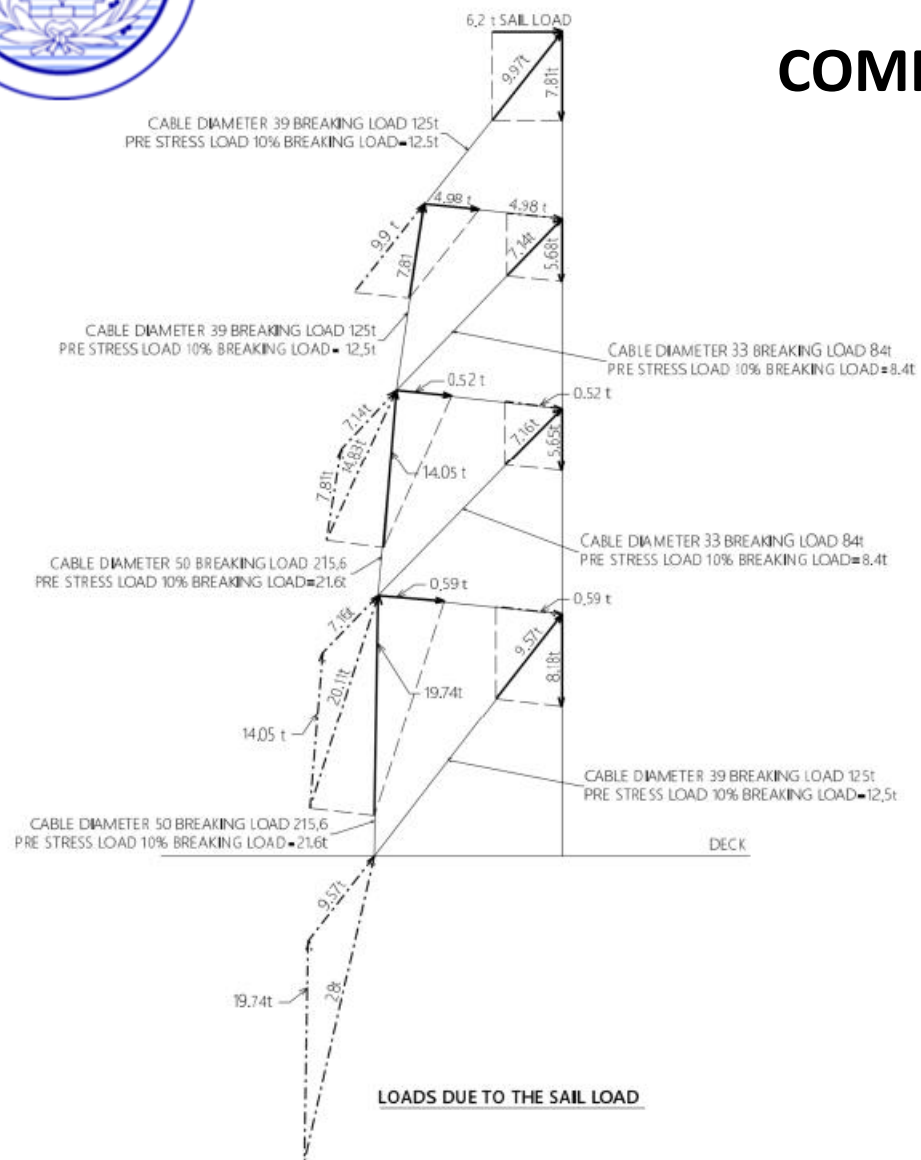
BOTAVARAS, VERGAS Y PICOS: Cálculos a flexión y cortante.

FIRMES DE CUBIERTA, AMURADAS Y PALOS: Cálculos por elementos finitos.



CONCEPTOS BASICOS

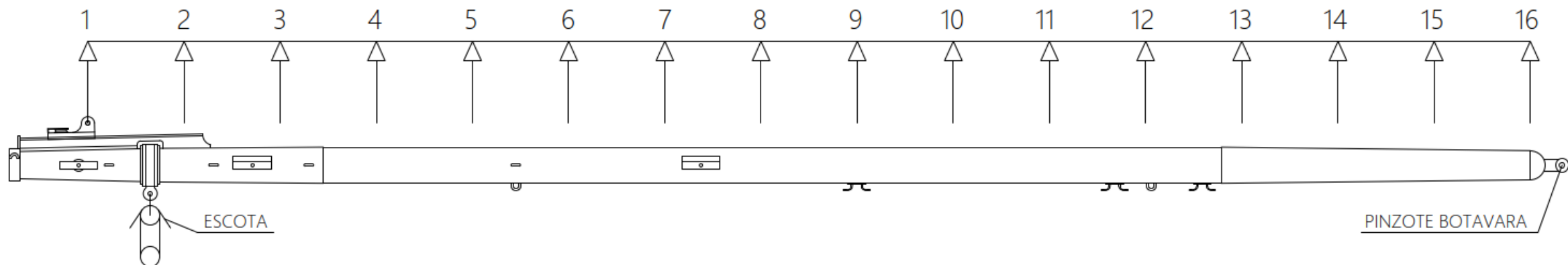
COMPRESION



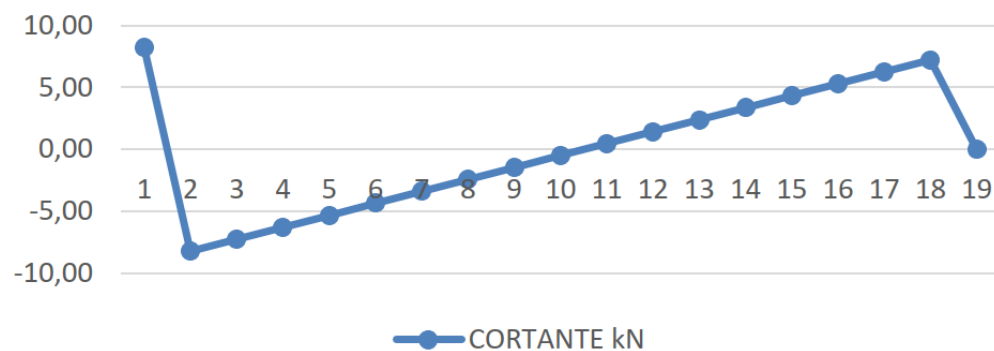


CONCEPTOS BASICOS

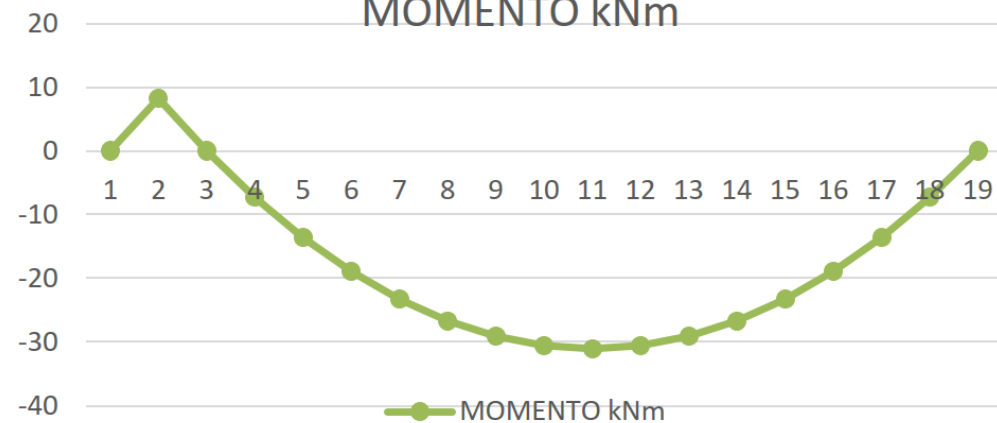
FLEXION Y CORTANTE



CORTANTE kN



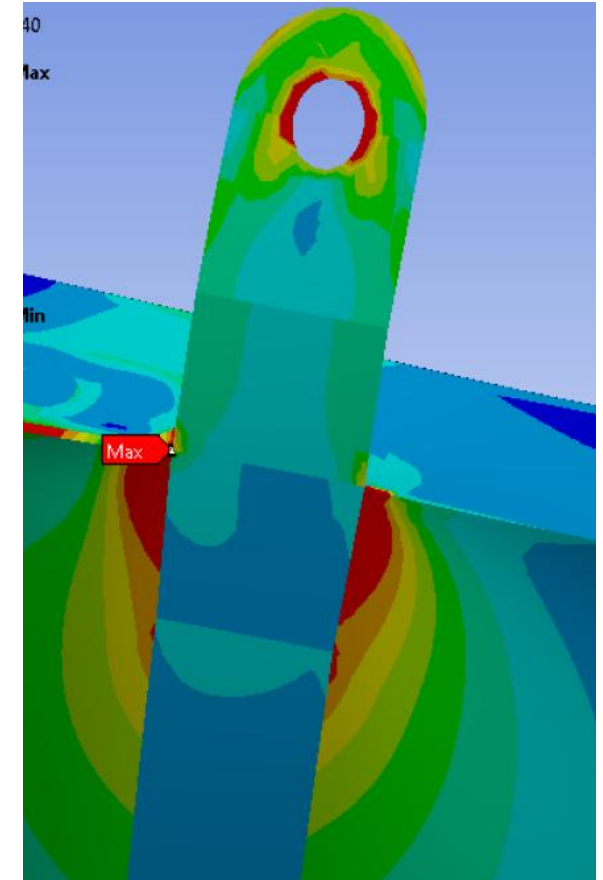
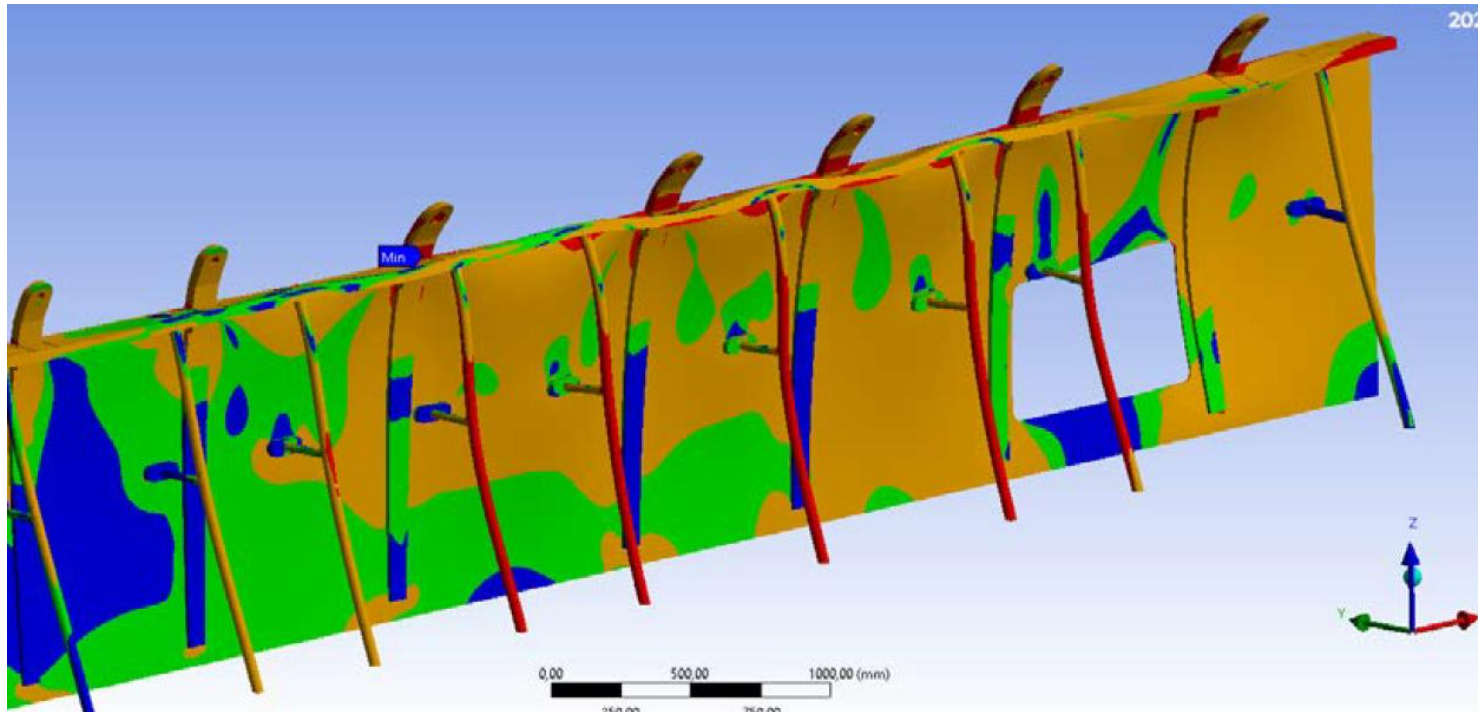
MOMENTO kNm





CONCEPTOS BASICOS

ELEMENTOS FINITOS





CALCULOS A COMPRESIÓN

Euler's critical load

From Wikipedia, the free encyclopedia

Euler's critical load is the compressive [load](#) at which a slender [column](#) will suddenly bend or [buckle](#). It is given by the formula:^[1]

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

where

P_{cr} , Euler's critical load (longitudinal compression load on column),

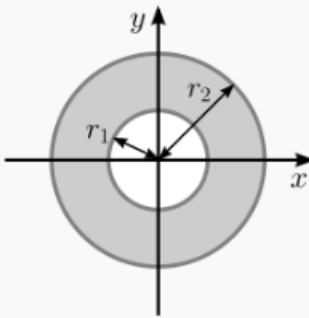
E , [Young's modulus](#) of the column material,

I , minimum [area moment of inertia](#) of the cross section of the column,

L , unsupported [length](#) of column,

K , [column effective length factor](#)

Un [anillo](#) de radio interno r_1 y radio externo r_2



$$I_x = \frac{\pi}{4} (r_2^4 - r_1^4)$$

$$I_y = \frac{\pi}{4} (r_2^4 - r_1^4)$$

$$I_z = \frac{\pi}{2} (r_2^4 - r_1^4)$$

	1	2	3	4	5	6
Buckled shape of column shown by dashed line						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value K	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition key	   Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free					

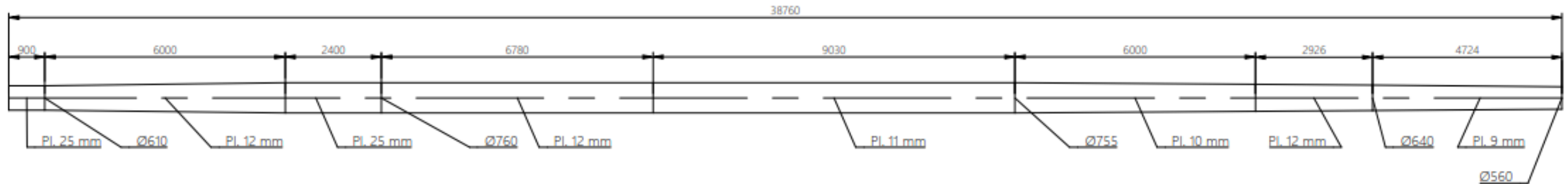
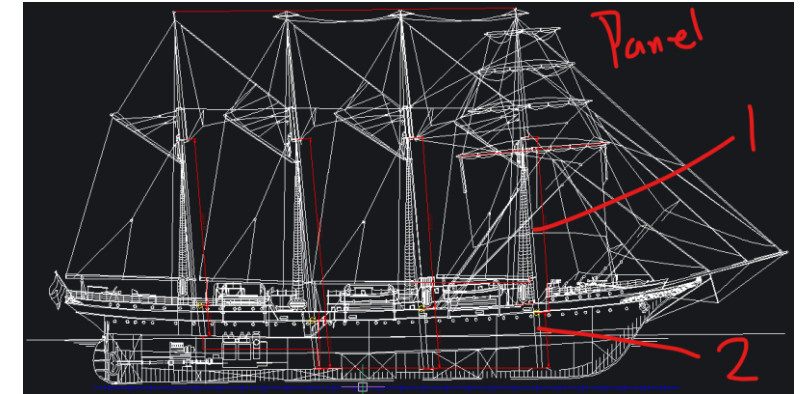


CALCULOS A COMPRESIÓN

COMPLICACIONES:

Los palos pueden estar divididos en tramos con diferente sección.

Cada tramo tiene una inercia diferente.



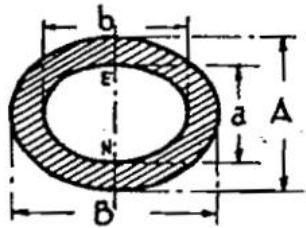
SOLUCION:

- Calcular a compresión cada uno de los tramos



CALCULOS A COMPRESIÓN

A TENER EN CUENTA:

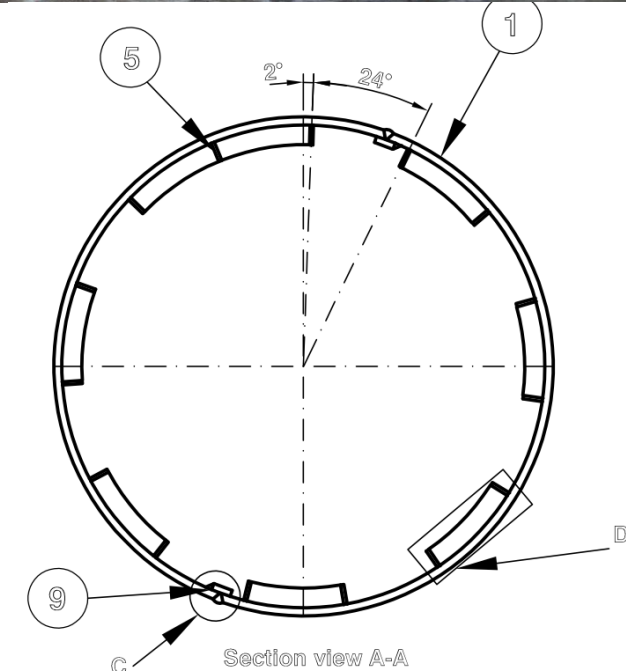


AREA

$$\frac{\pi}{4}(AB - ab)$$

INERCIA

$$\frac{\pi}{64}(BA^2 - ba^2)$$



Pandeo local:

La pared del palo se deforma independientemente del resto de la sección transversal.

Soluciones:

- Disminuir la relación diámetro/espesor.
- Colocar refuerzos interiores.
- Comprobar el pandeo local de esos refuerzos.



CALCULOS A COMPRESIÓN

ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

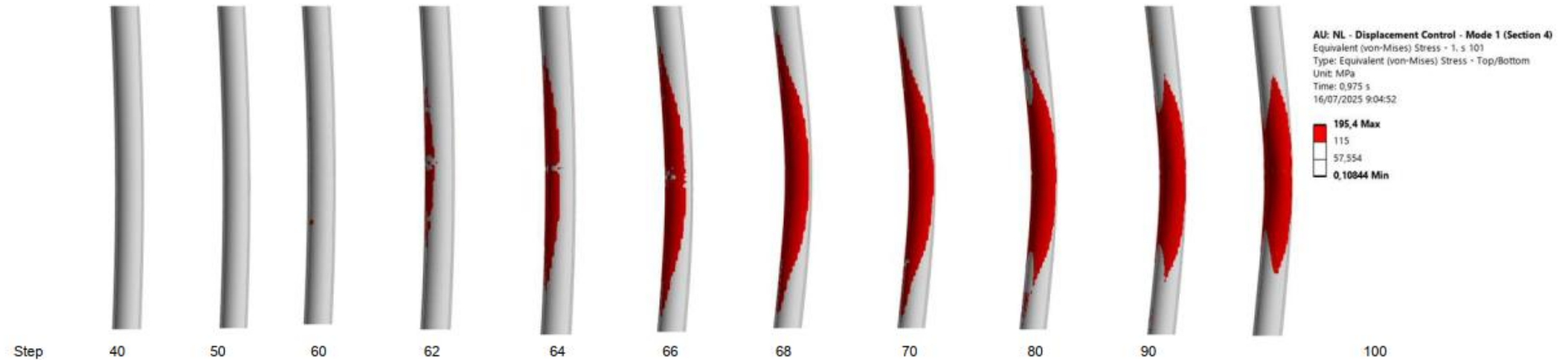


Table 31: Ship mast loads and numerical critical loads relationship

Section	Mast load (kN)	Minimum critical load (kN)	SF
Section 1	2.197	3.263	33%
Section 2	1.657	2.422	32%
Section 3	1.398	2.205	37%
Section 4	1.162	2.176	47%



CONCEPTOS BASICOS



CONDICIONES DE CARGA:

BAJO NINGUN CONCEPTO PODEMOS PONER EN PELIGRO LA INTEGRIDAD DEL BUQUE

NUESTROS FUSIBLES:

- ❖ Jarcia de labor.
- ❖ Velas.
- ❖ Jarcia firme.
- ❖ Palos.
- ❖ Firmes de cubierta.

1.- Carga debida al máximo par de adrizamiento del buque.

2.- Carga debida a la rotura de la jarcia firme.

3.- Carga debida a los esfuerzos de las velas de acuerdo con el manual de maniobra del buque.



ESFUERZO GENERADO POR LAS VELAS

FORMULA ESTIMATIVA CARGA DEL VIENTO

The total lateral force, $Flat_i$, in N, on each sail is given by the following equation:

$$Flat_i = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot AWS^2 \cdot A_i \cdot rf_i \cdot CL_{sail}$$

where

ρ = air density at sea level (1.29 kg/m³)

AWS = apparent wind speed, in m/s

A_i = area of each sail, in m²

rf_i = reef fraction for each sail based on total sail area from 0 to 1

CL_{sail} = lateral force coefficient of each sail as indicated in Section 3, Table 1

TABLE 1
Lateral Force Coefficient for Sails

<i>Type of Sail</i>	<i>Lateral Force Coefficient (CL_{Sail})</i>
Main Sail	1.0
Mizzen Sail	0.9
Genoa/Jib/Blade/Staysail	1.1
Reacher	1.2
Spinnaker/MPS/Gennaker	1.2



ESFUERZO GENERADO POR LAS VELAS

TABLA DE REDUCCION DE APAREJO

11 a 20 nudos	Foque volante
20 a 25 nudos	Estayes
25 a 30 nudos	Escandalosas, Juanete y Petifoque
30 a 35 nudos	Foque, Contrafoque y Velacho alto
35 a 40 nudos	Trinquete cruz, antagallar 2ª faja Cangreja y 2ª ó 1ª faja Cangrejo Mayor Proel.
40 a 45 nudos	Antagallar 2ª faja Cangrejos

TABLA DE PARES ESCORANTES

	VIENTO 0-11 NUDOS	VIENTO 11-20 NUDOS	VIENTO 20-25 NUDOS	VIENTO 25-30 NUDOS	VIENTO 30-35 NUDOS	VIENTO 35-40 NUDOS	VIENTO 40-45 NUDOS	EN CAPA +45 NUDOS
MASTIL	PAR	PAR	PAR	PAR	PAR	PAR	PAR	PAR
	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m	t.m
TRINQUETE	149,8	426,2	634,0	702,7	636,9	383,2	485,0	102,7
M.PROEL	43,2	142,8	159,8	144,0	195,9	147,4	186,6	0,0
M.POPEL	42,9	141,7	158,5	141,1	192,0	250,8	183,3	64,3
MESANA	40,8	134,8	179,2	169,9	231,2	302,0	212,4	64,7
TOTALES	276,7	845,6	1131,4	1157,7	1256,1	1083,4	1067,3	231,7



COMPARACION CONDICIONES CARGA



CARGA A APLICAR PARA LA COMPRESIÓN DE PALOS MACHO Y FIRMES

Resumen de los cálculos en las tres condiciones de carga:

MASTIL	COMPRESION POR VELAS	COMPRESION POR ROTURA OBENQUE	COMPRESION POR PAR ADRIZAMIENTO
	kN	kN	kN
TRINQUETE	1.244	3.187	5.227
M.PROEL	296	2.390	4.458
M.POPEL	391	2.390	4.602
MESANA	524	2.390	5.128



RESULTADO DE LOS CALCULOS DE PANDEO

Palo Mayor Popel

Panel tramo	PCR		COMPRESIÓN POR PAR VELAS		COMPRESIÓN POR ROTURA OBENQUE	
	N	kN	391 kN	MARGEN	2.390 kN	MARGEN
1/1	12.759.035	12.759	PASS	3165%	PASS	434%
1/2	7.239.575	7.240	PASS	1752%	PASS	203%
1/3	6.662.311	6.662	PASS	1605%	PASS	179%
1/4	4.411.705	4.412	PASS	1029%	PASS	85%
1/5	4.394.357	4.394	PASS	1024%	PASS	84%
2/1	240.982.826	240.983	PASS	61562%	PASS	9982%
2/2	62.250.315	62.250	PASS	15828%	PASS	2504%
2/3	121.585.543	121.586	PASS	31011%	PASS	4987%



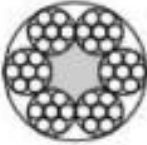
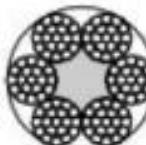
RESULTADO DE LOS CALCULOS DE PANDEO

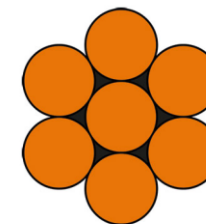
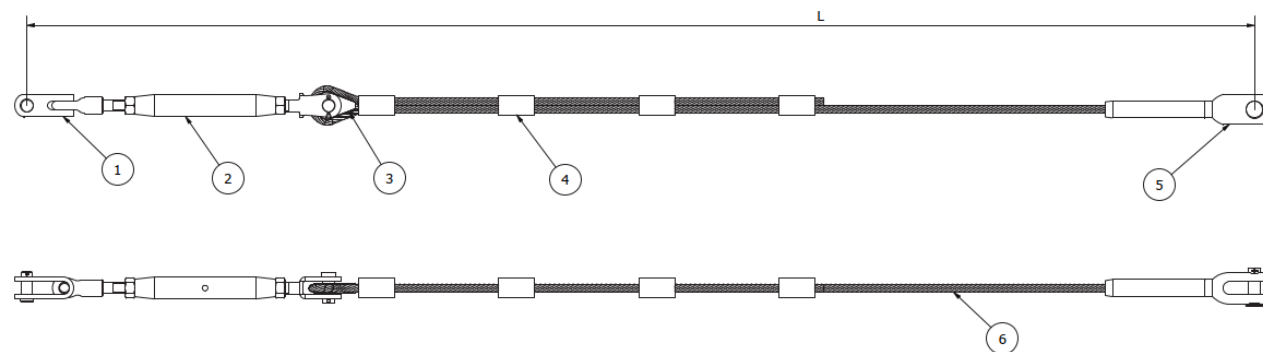
Mastelero Trinquete

Panel	SECCIÓN	PCR	COMPRESIÓN POR VELAS		COMPRESIÓN POR OBENQUES	
			RESULTADO	MARGEN	RESULTADO	MARGEN
1	320X15	1.058	PASS	1452%	FAIL	-6%
1	350X15	1.392	PASS	1943%	PASS	24%
2	350X15	17.180	PASS	25111%	PASS	1426%
2	330X15	14.344	PASS	20949%	PASS	1174%



LA JARCIA FIRME

Wire ropes, galvanized *				
Nominal strength		1570 N/mm ²	1570 N/mm ²	1570 N/mm ²
Nominal diameter of rope	Circumference	to DIN 3055  Round strand wire rope 6 x 7 Constr. 6 (6 + 1) FC	to DIN 3060  Round strand wire rope 6 x 19 standard Constr. 6 (12 + 6 + 1) FC	to DIN 3064  Round strand wire rope 6 x 36 Warrington-Seale Constr. 6 (1+7+(7+7)+14) IWRC



Cable acero inoxidable 1x7

Acero inoxidable AISI 316
Resistencia 1570 N/mm²
Módulo elástico (E) 126000 N/mm²
Acabado pulido

Categoría: **CABLES DE ACERO INOXIDABLE**

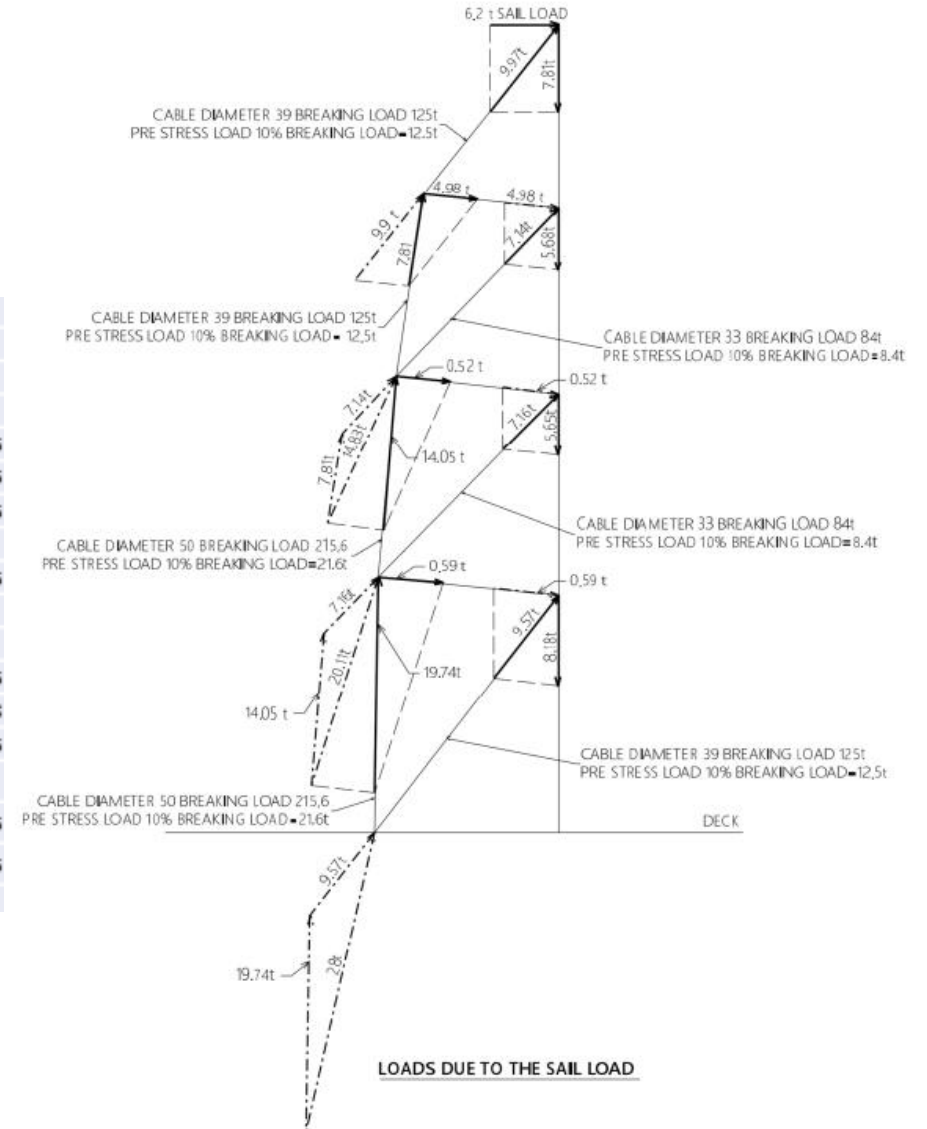




LA TENSION DE LA JARCIA

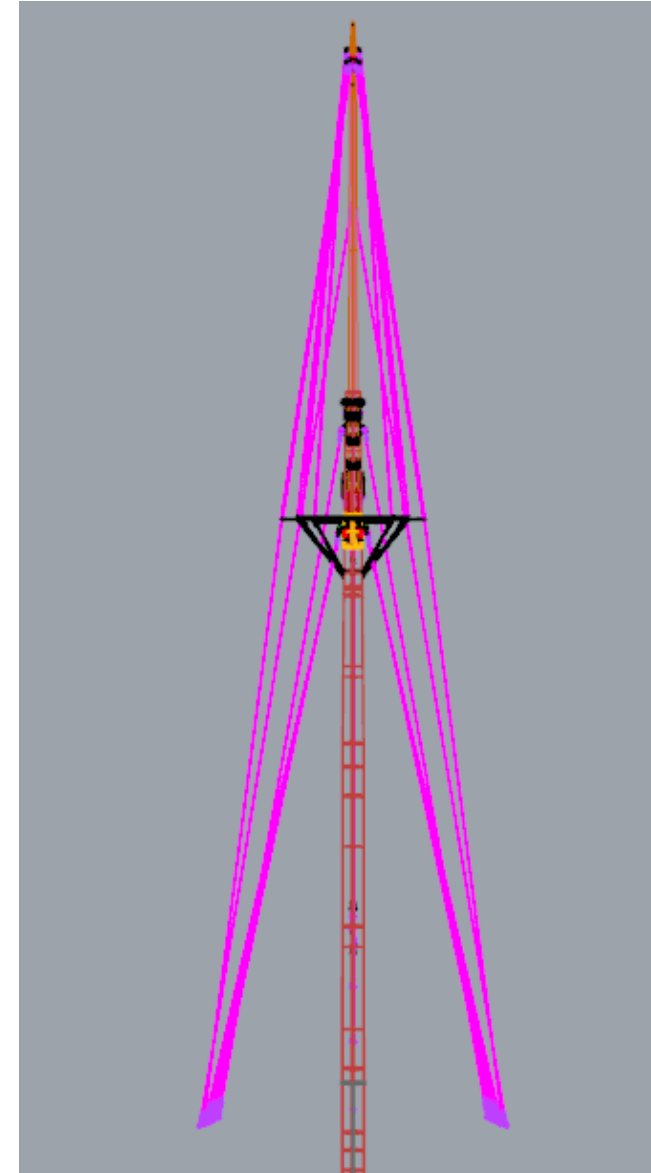
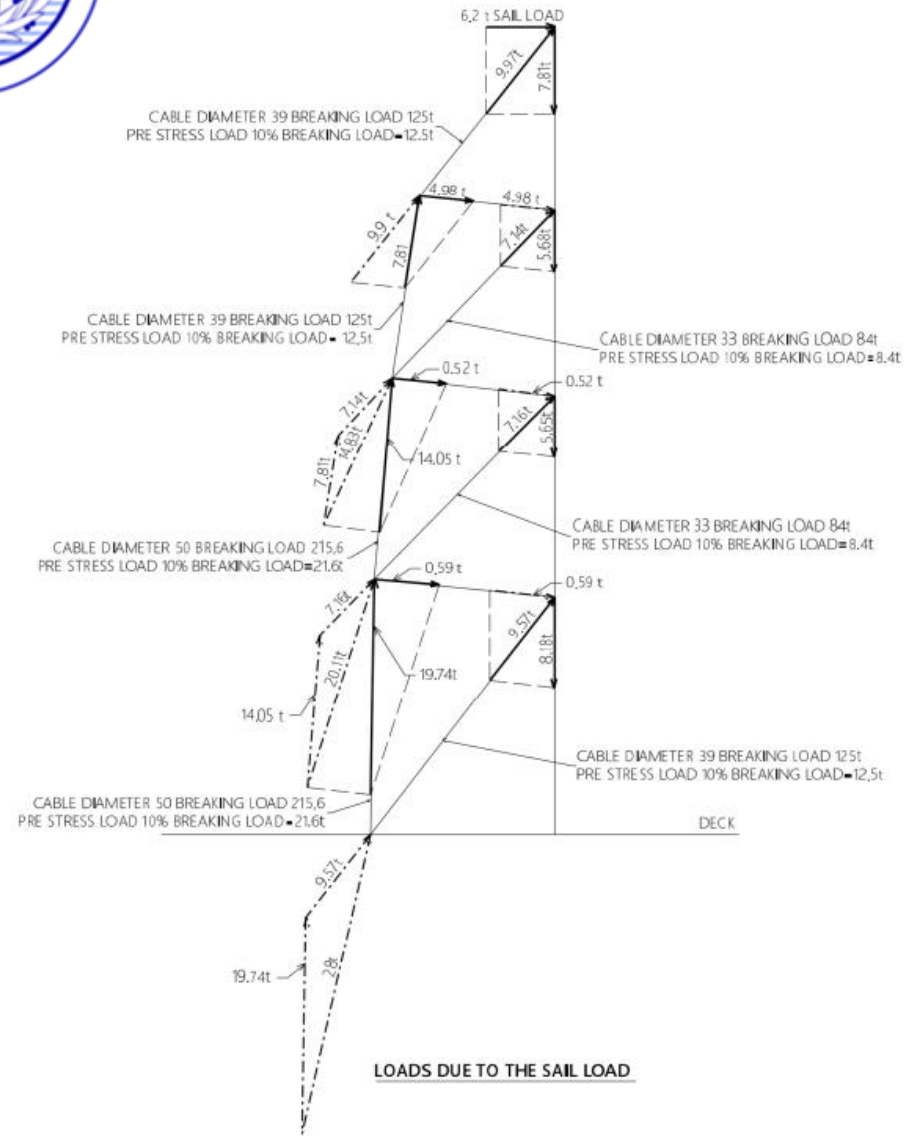
TABLA DE TENSIONES

	DENOMINACIÓN	COMPOSICION	Ø (mm)	NOTAS	BL (kN)	TENSION (kN)	
						min	max
TRINQUETE	ESTAY DE GALOP	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6
	NERVIO PETIFOQUE	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6
	ESTAY DE VELACHO	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	NERVIO CONTRAFOQUE	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	ESTAY DE CABEZA	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	OBENQUILLOS	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6
	OBENQUES	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	BURDA JUANETE	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6
	BURDA VELACHO	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6
	QUINALES	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
RESTO PALOS	ESTAY MASTELERO	6X36WS+IWRC	30	Galv A	504	75,6	100,8
	ESTAY TRIATICO	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	OBENQUILLOS	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6
	OBENQUE	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	QUINALES	6X36WS+IWRC	38	Galv A	808	121,2	161,6
	BURDA	6X36WS+IWRC	26	Galv A	378	56,7	75,6



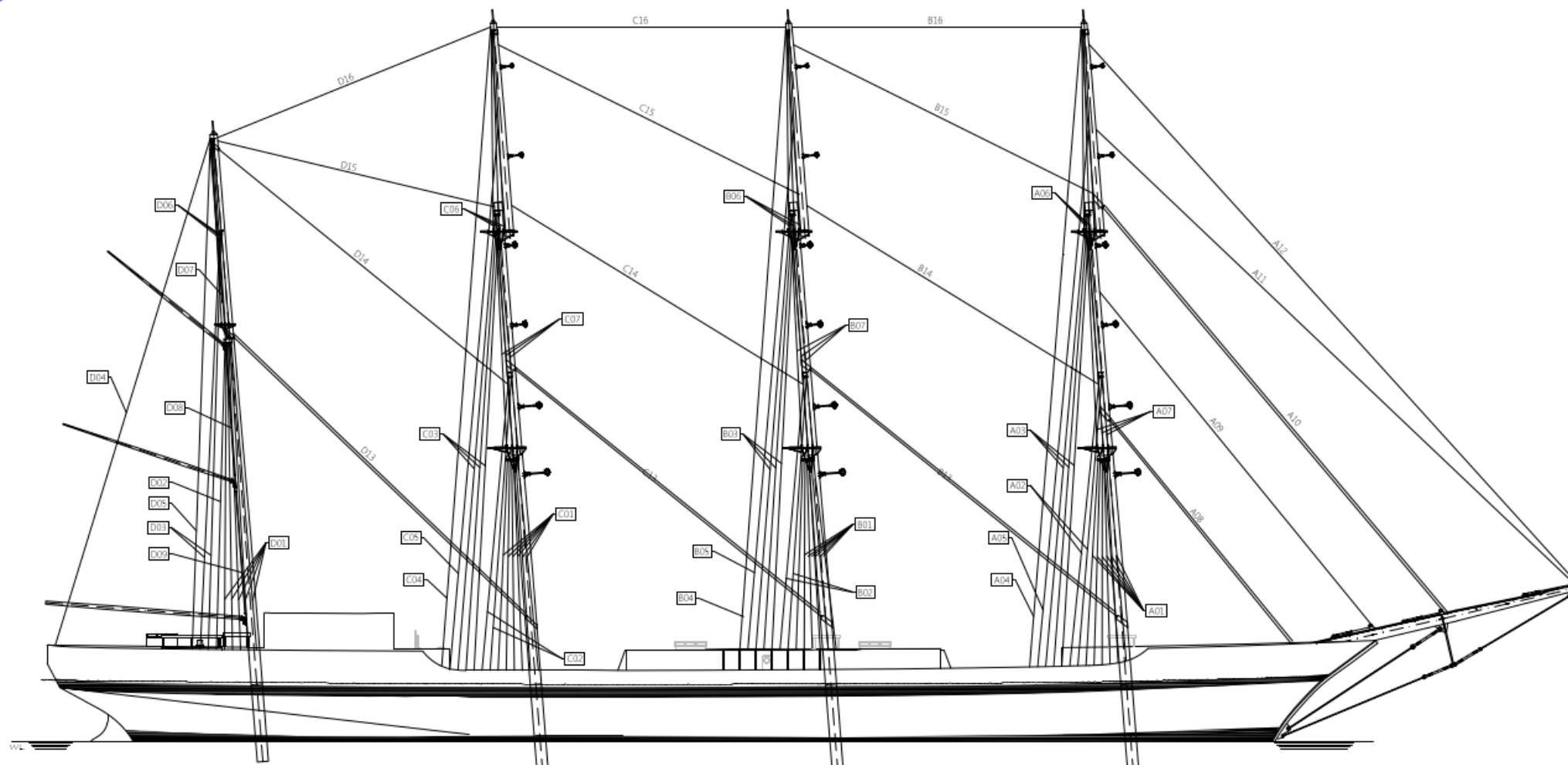


EL EQUILIBRIO TRASVERSAL



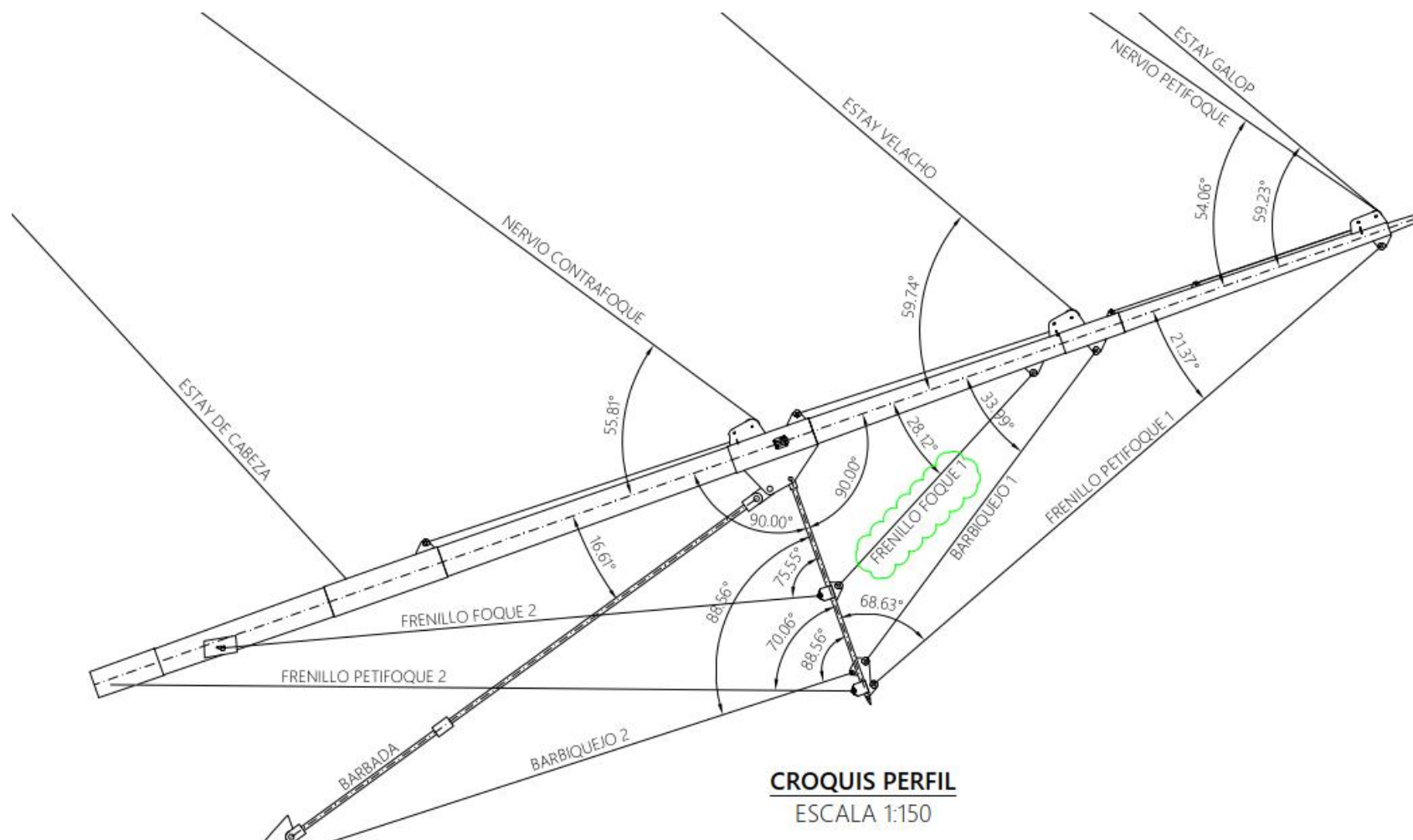


EL EQUILIBRIO LONGITUDINAL



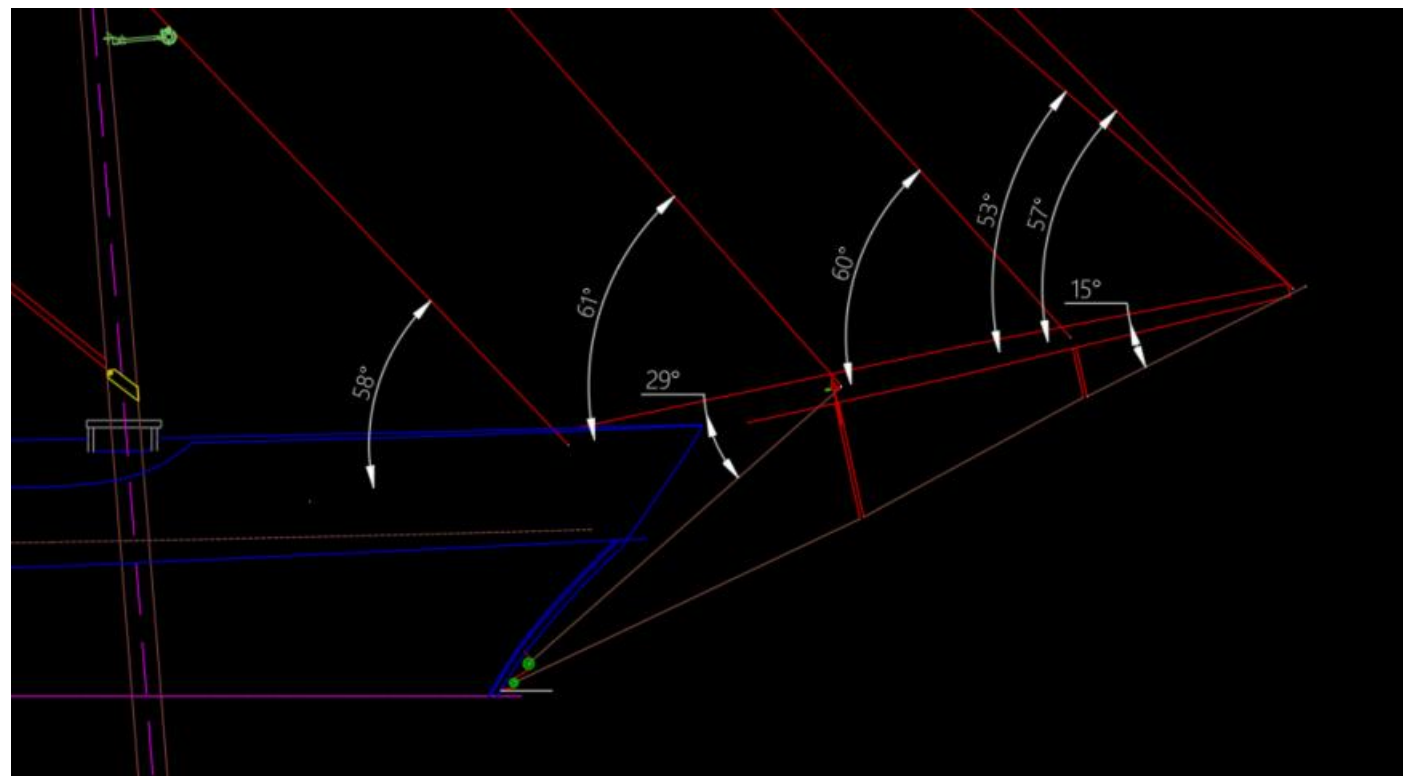
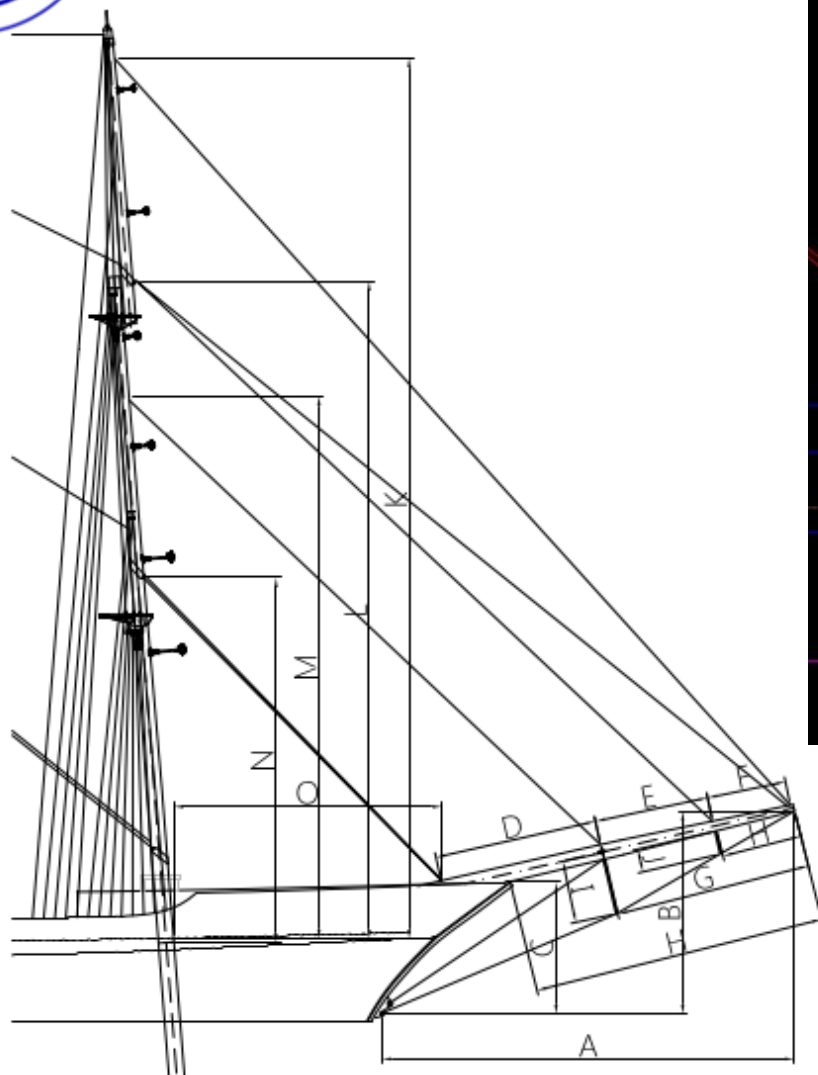


JARCIA DEL BAUPRES





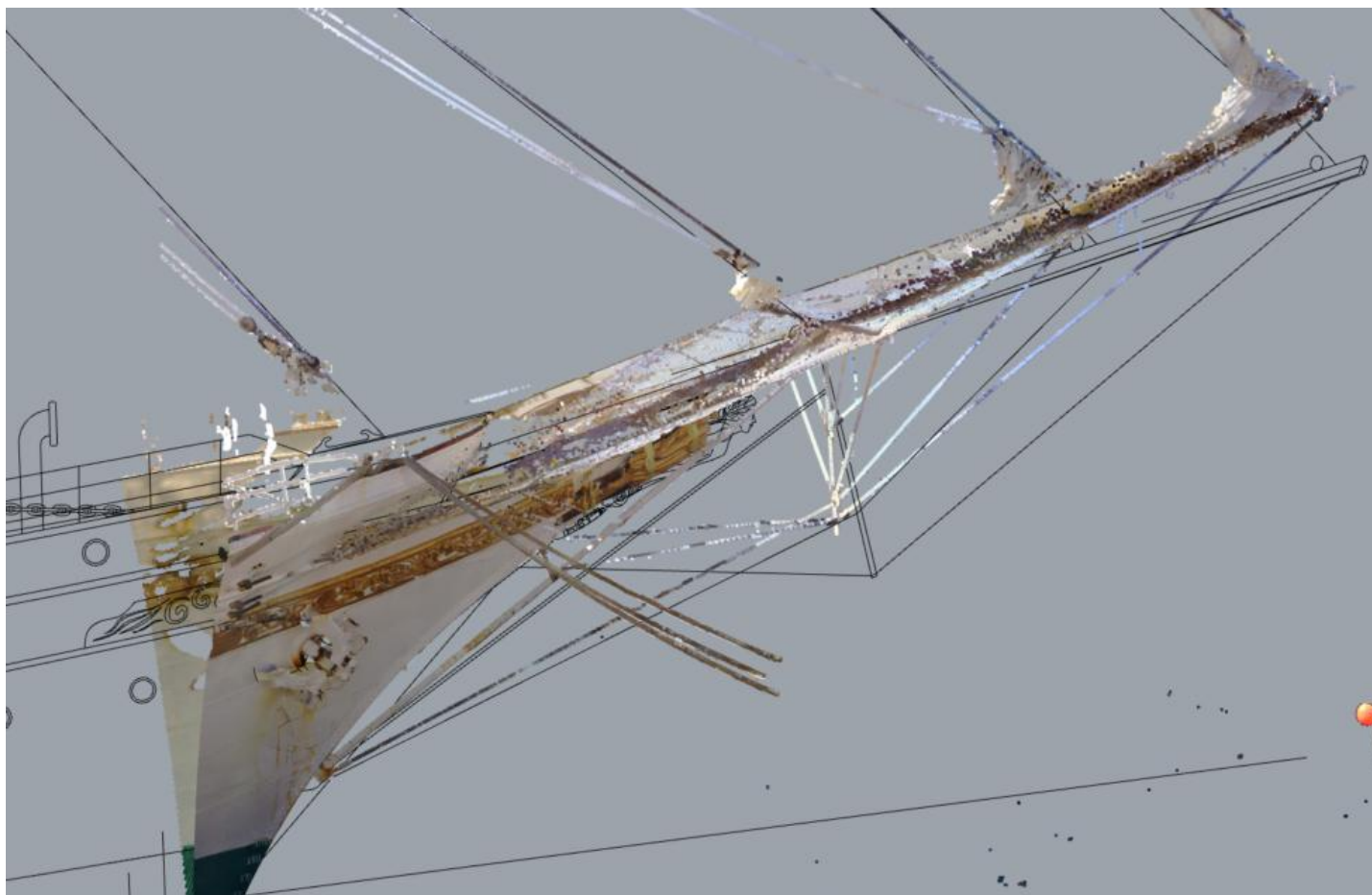
MEDICIONES PREVIAS





ESCANEADO 3D

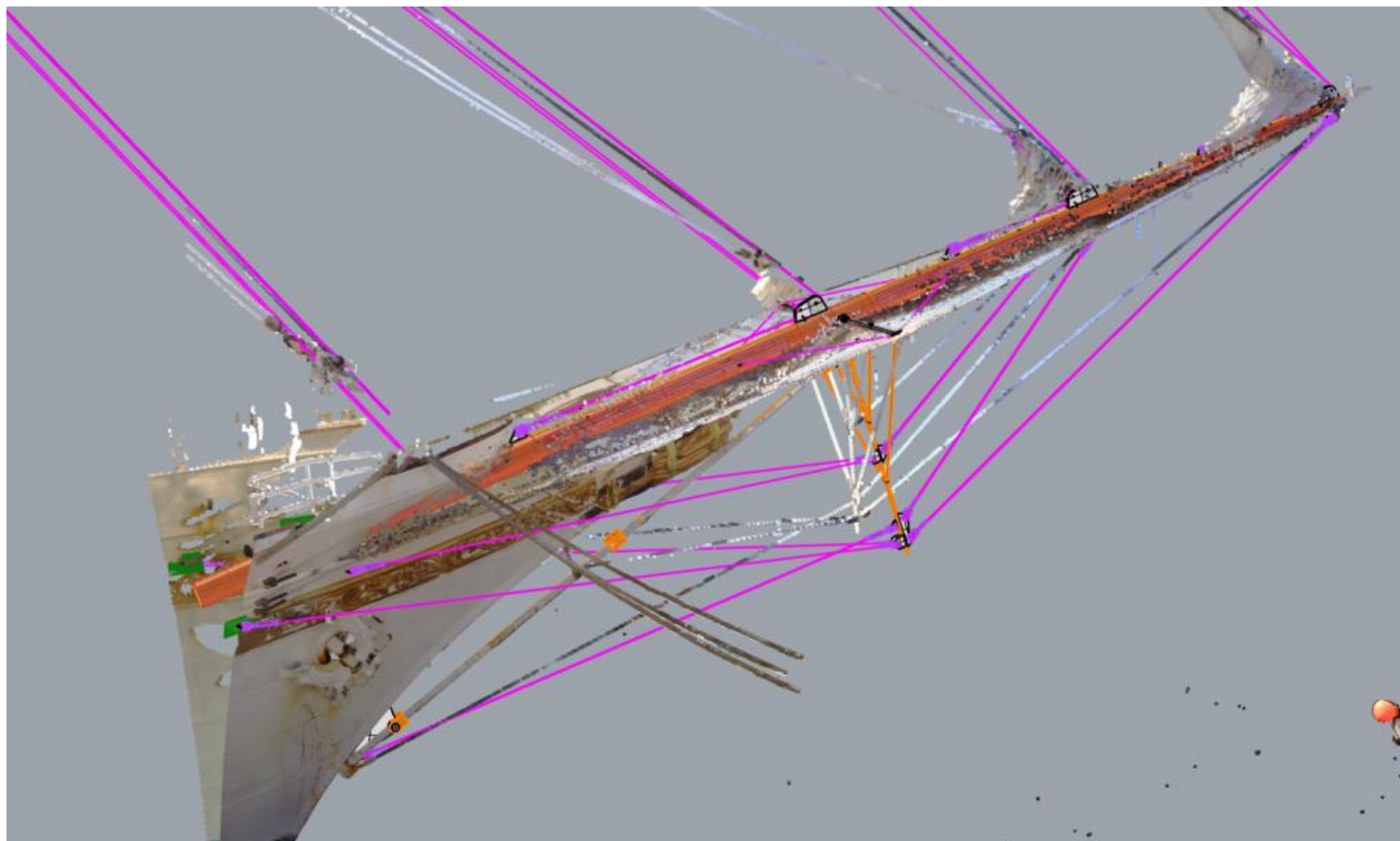
Diferencias entre realidad y plano existente





MODELO 3D

Modelo 3D sobre escaneado 3D

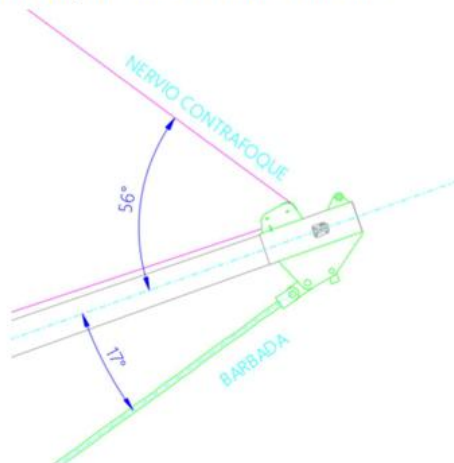




EQUILIBRIO

La Barbada debe soportar la carga perpendicular al Bauprés que transmite el Nervio de Contrafoque. El Nervio de Contrafoque tiene una carga de trabajo de 202 kN, por lo que la carga perpendicular al Bauprés que transmite es:

- Nervio de Contrafoque: $202 \times \sin 56 = 167 \text{ kN}$.



Como esa carga debe ser soportada por la componente perpendicular al bauprés de la Barbada tenemos que la carga de trabajo que debe soportar por la Barbada es:

- Barbada: $167 / \sin 16 = 606 \text{ kN}$

Como el coeficiente de seguridad para redondos es de acero es de 2,5, la carga de rotura de la barbada debe ser mayor de 1.515 kN.

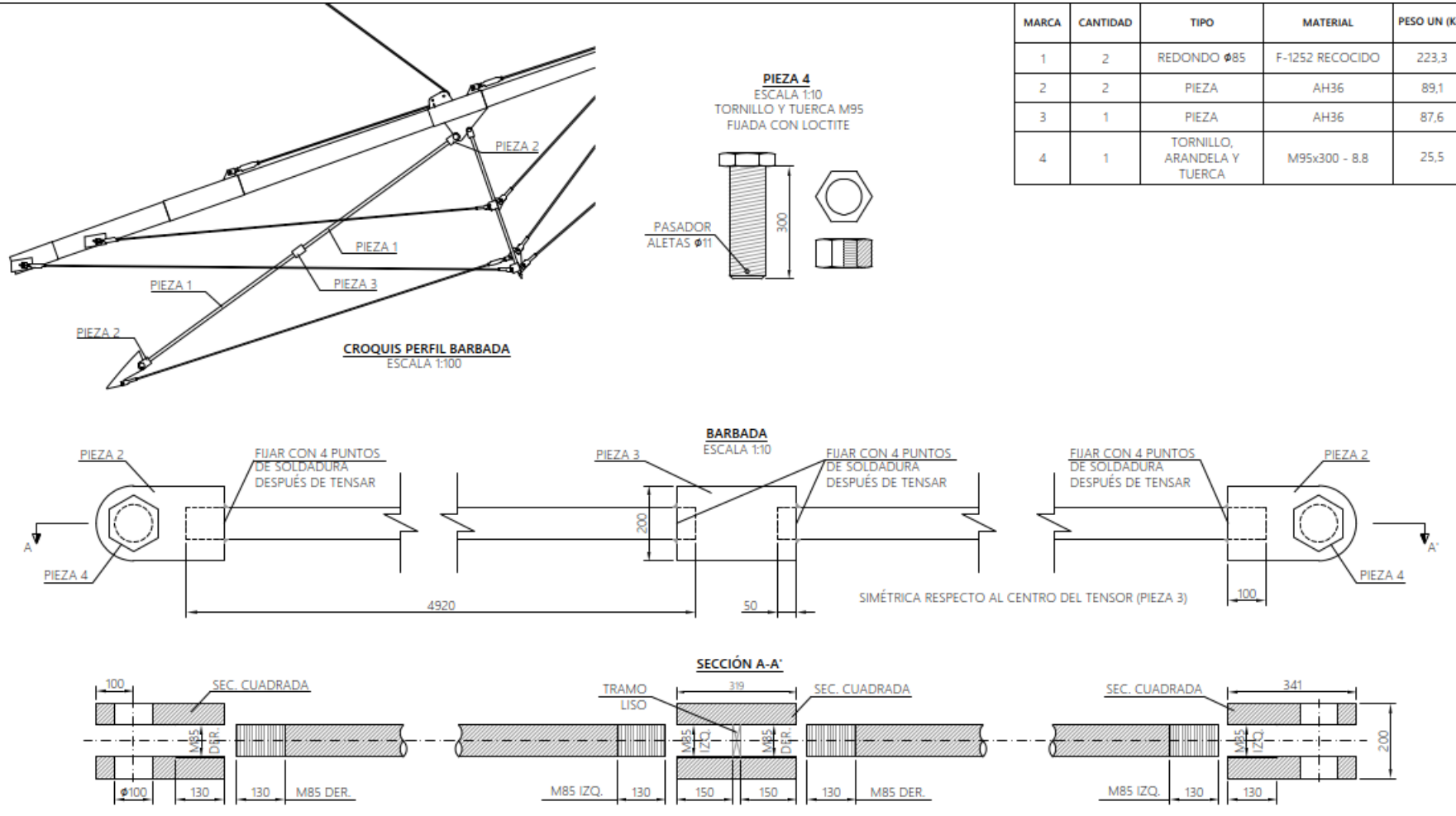
No obstante, el diámetro final de la barbada viene marcado por su límite elástico, no por su carga de rotura, ya que es fundamental que a la carga de trabajo esté lejos de su límite elástico y su estiramiento sea mínimo.

Teniendo en cuenta que el límite elástico mínimo del acero F-1252 Recocido es de 735 N/mm^2 la barbada propuesta de 85 mm de diámetro, podrá soportar una carga de 4.170 kN con un alargamiento del 12%. Esto significa que con una carga real de 606 kN el alargamiento bajo carga de la Barbada será del 1,7%, que quedará reducido debido a la pretensión que llevará la Barbada.

La Barbada será un redondo de acero F-1252 Recocido, con una resistencia mínima de 90 kgf/mm^2 y de 85 mm de diámetro.



EQUILIBRIO





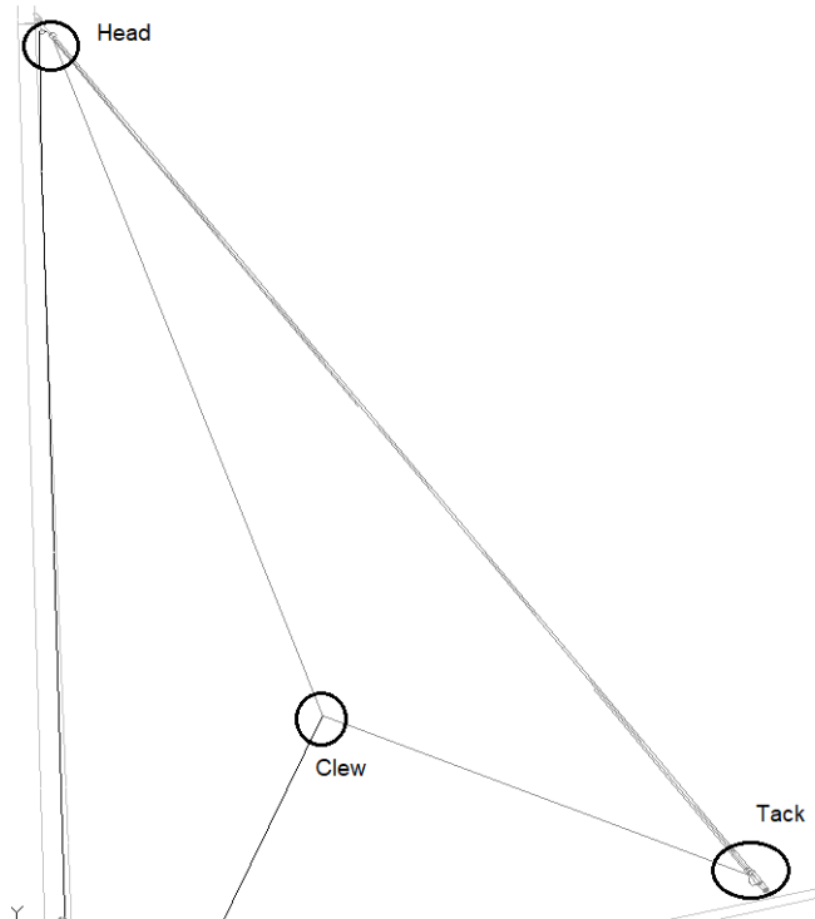
MUCHAS GRACIAS

JAVIER PAMIES

javier.pamies@ghenova.com



REPARTO FUERZA DE LA VELA



Head (driza).....40%
Tack (amura).....30%
Clew (escota).....30%