

SIDEA

ENGINEERING SOLUTIONS
Advanced Engineering

GALIGRU

SISTEMAS DE SEGURIDAD

**FEM Sistema Baranda
EN 13374**

180-H489-RP4-1323 rev.02
22/01/2021

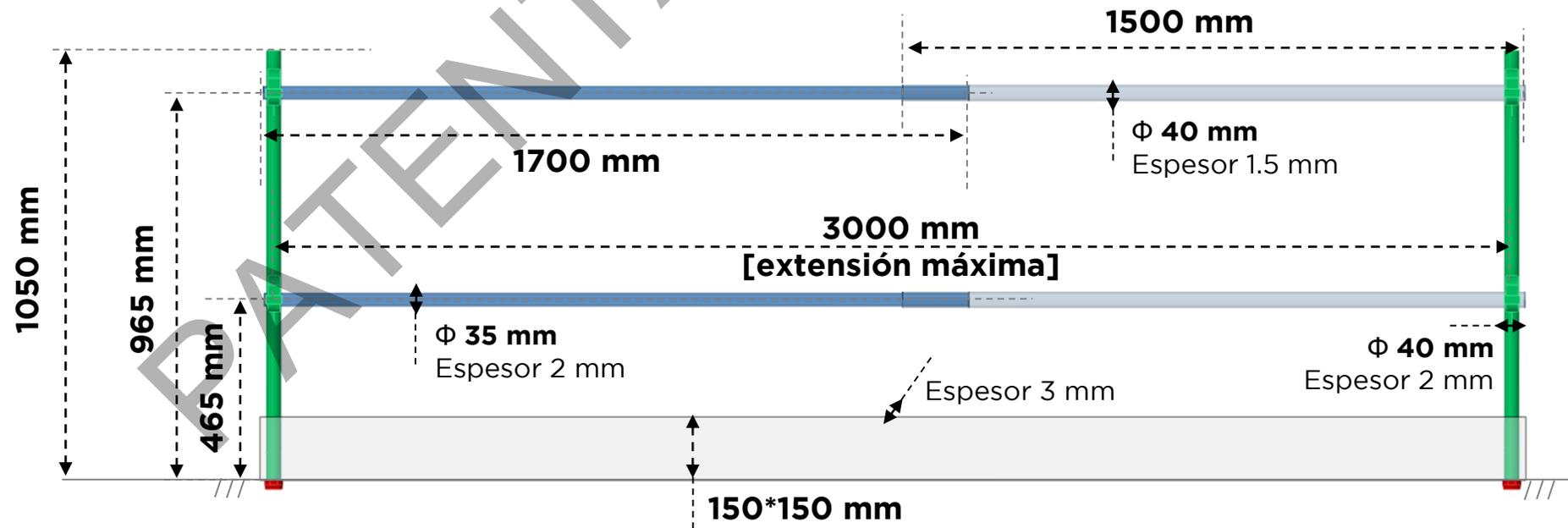
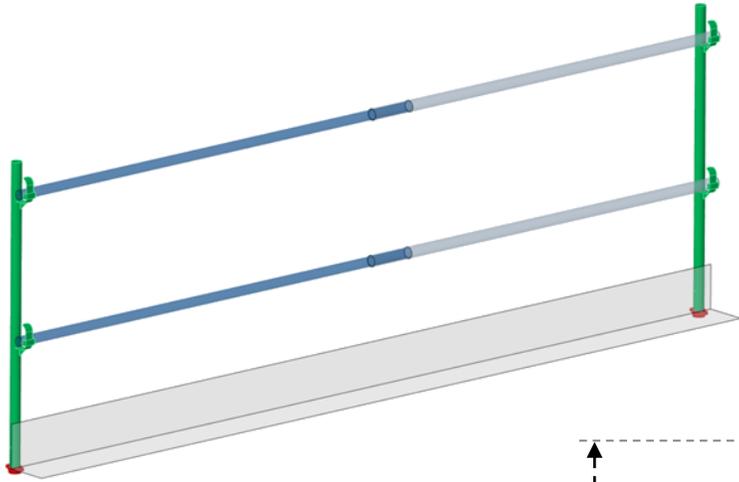


Contexto

- GALIGRU desea evaluar varios de sus sistemas de seguridad mediante cálculos por método elementos finitos [FEM] para su posterior certificación. En este documento se presentan los cálculos para el sistema de baranda perimetral con guardacuerpo según el estándar EN-13374
- Se evaluará el sistema según la normativa como sistema de protección clase A evaluado para los tres distintos casos de carga:
 - Estado límite de servicio [ELS]
 - Estado límite último [ELU]
 - Carga accidental [CA]
- A continuación se muestran los resultados preliminares con las condiciones de contorno indicadas en el estándar

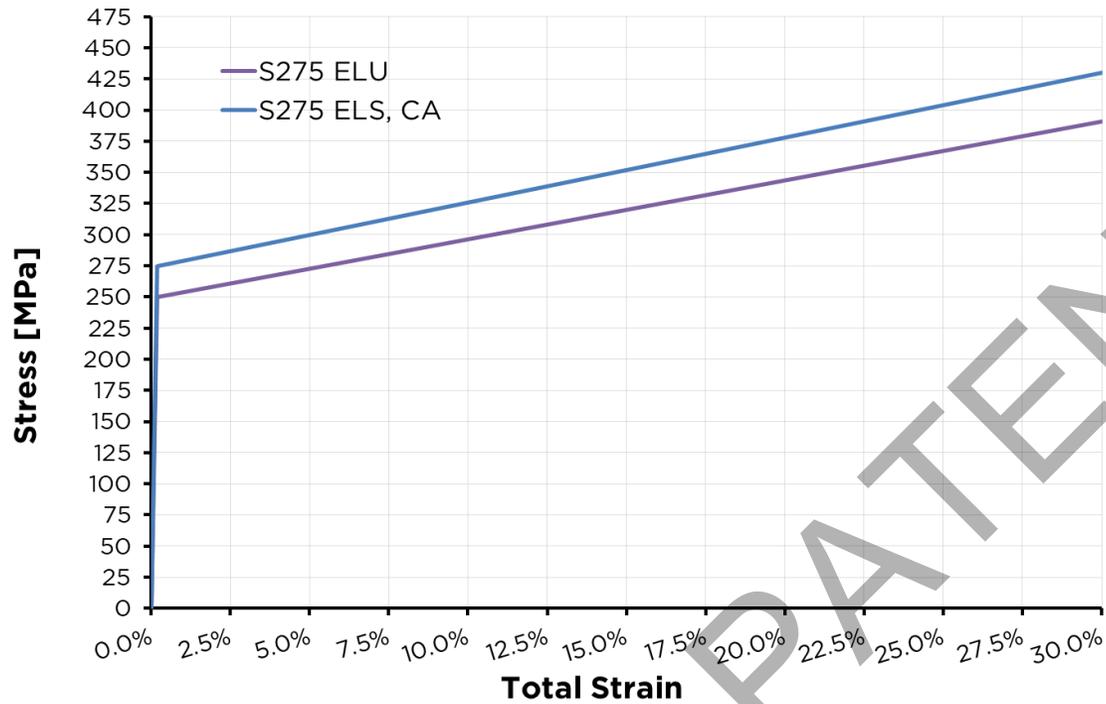
Geometría

Geometría 3D a partir del diseño .dwg enviado por GALIGRU



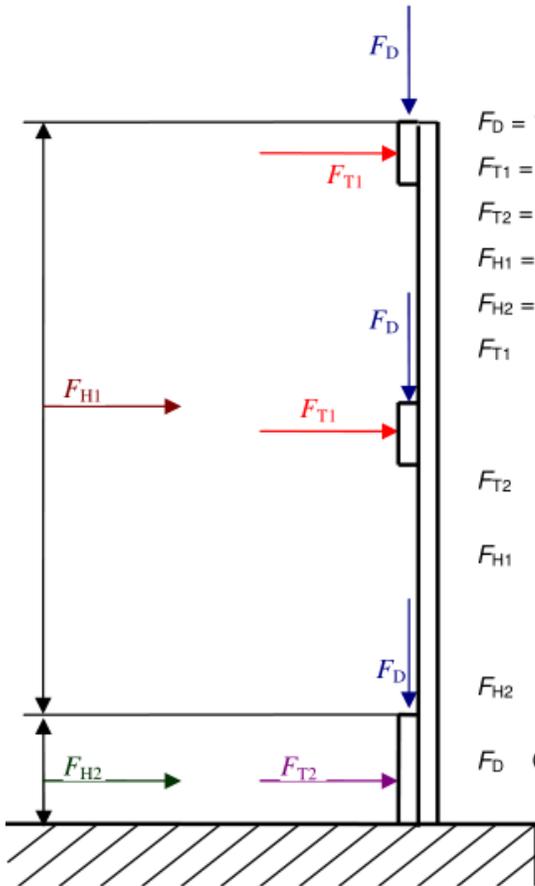
Modelo 3D Sistema Baranda

Materiales



	S275 ELS, CA [$\gamma_M=1$]	S275 ELU [$\gamma_M=1.1$]
Densidad [kg/m ³]	7750	7750
Módulo Young [MPa]	210000	190900
Ratio Poisson	0.3	0.3
Yield stress f_y [MPa]	275	250
Ultimate stress f_u [MPa]	430	390

Casos de carga



$F_D = 1.25 \text{ kN}$

$F_{T1} = 0.3 \text{ kN}$ (flecha máxima 55 mm)

$F_{T2} = 0.2 \text{ kN}$ (flecha máxima 55 mm)

$F_{H1} = 0.3 \text{ kN}$

$F_{H2} = 0.2 \text{ kN}$

F_{T1} Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de flecha (aplicada a las barandillas y postes, perpendicularmente al plano del sistema)

F_{T2} Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de flecha (aplicada al plinto)

F_{H1} Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de resistencia (aplicada en un punto cualquiera perpendicularmente al plano del sistema, excepto los plintos)

F_{H2} Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de resistencia (aplicada al plinto)

F_D Carga accidental

• ELS [Estado límite de servicio]

Se aplican las fuerzas $F_{T1}=0.3 \text{ kN}$ y $F_{T2}=0.2 \text{ kN}$ en los puntos más desfavorables, es decir, en el centro de la barandilla [caso ELS1] y en uno de los postes [caso ELS2]. El criterio de aceptación es:

- Una deformación elástica máxima en el sistema $\leq 55 \text{ mm}$

• ELU [Estado límite último]

Para este cálculo se aplican unos coeficientes de mayoración de carga $\gamma_F=1.5$ y un coeficiente de minoración del material $\gamma_M=1.1$ [para metal dúctil]

Se aplican las fuerzas ya mayoradas $F_{H1}=0.45 \text{ kN}$ y $F_{H2}=0.3 \text{ kN}$ en los puntos más desfavorables, es decir, en el centro de la barandilla [caso ELU1] y en uno de los postes [caso ELU2]. El criterio de aceptación es:

- No llega a rotura tras aplicación de carga máxima
- Carga de rotura ≥ 1.2 carga máxima aplicada
- Deformación permanente ≤ 0.1 deformación elástica tras aplicación de carga máxima

• CA [Carga accidental]

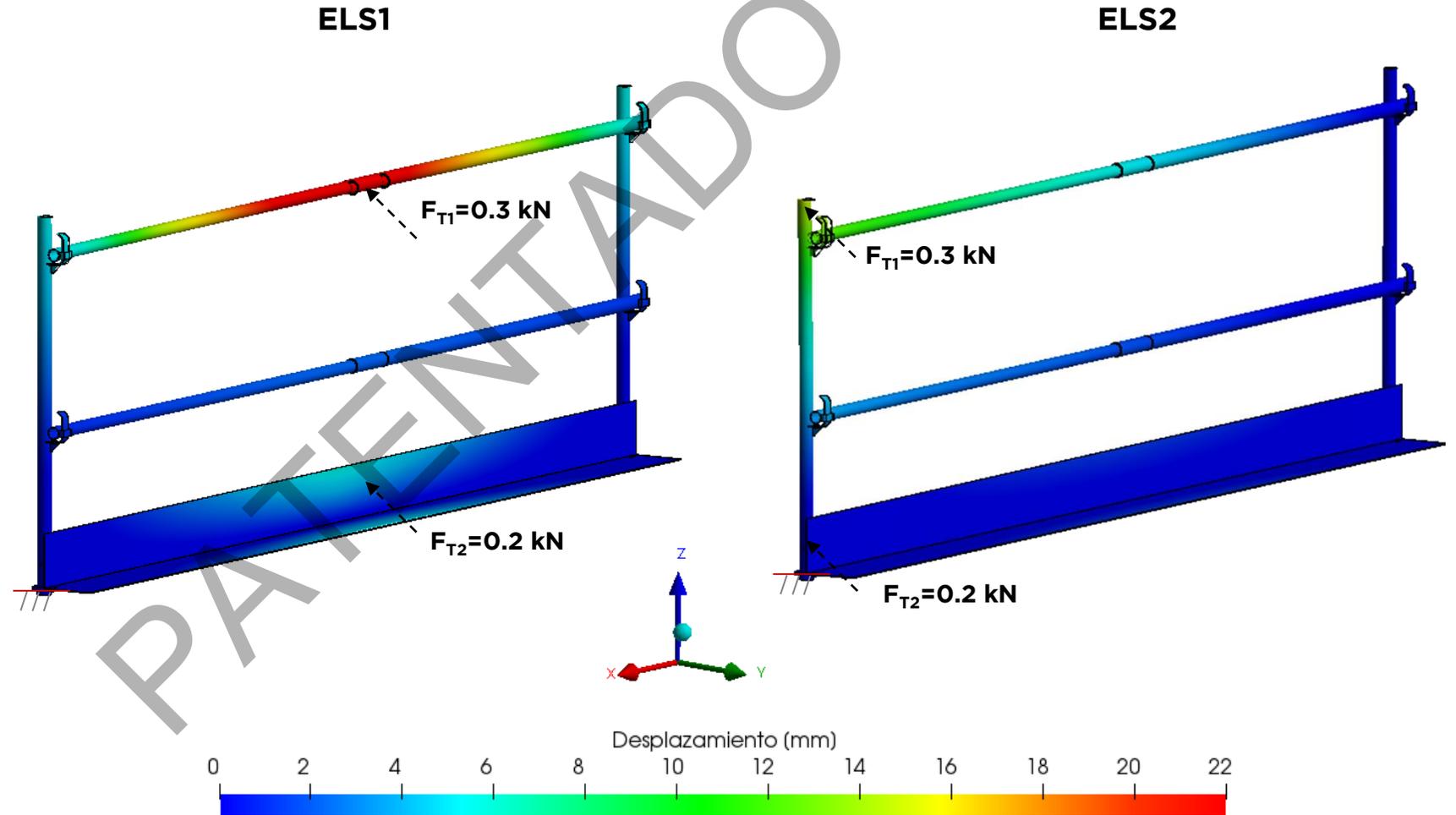
Se aplican la fuerza vertical $F_D=1.25 \text{ kN}$ en los puntos más desfavorables, es decir, en el centro de la barandilla [caso CA1] y en uno de los postes [caso CA2]. El criterio de aceptación es:

- No llega a rotura tras aplicación de carga máxima

Resultados ELS

CASO	ELS1	ELS2
Flecha máxima [mm]	22.3	14.1
Criterio [mm]	55	55
	OK	OK

REACCIONES [1 APOYO, PEOR CASO]	ELS1	ELS2
Fx [N]	-766.7	-266
Fy [N]	258.3	492.6
Fz [N]	177.4	180.2
Mx [N*m]	-121.1	-271.2
My [N*m]	8.1	5.5
Mz [N*m]	18.4	11.5

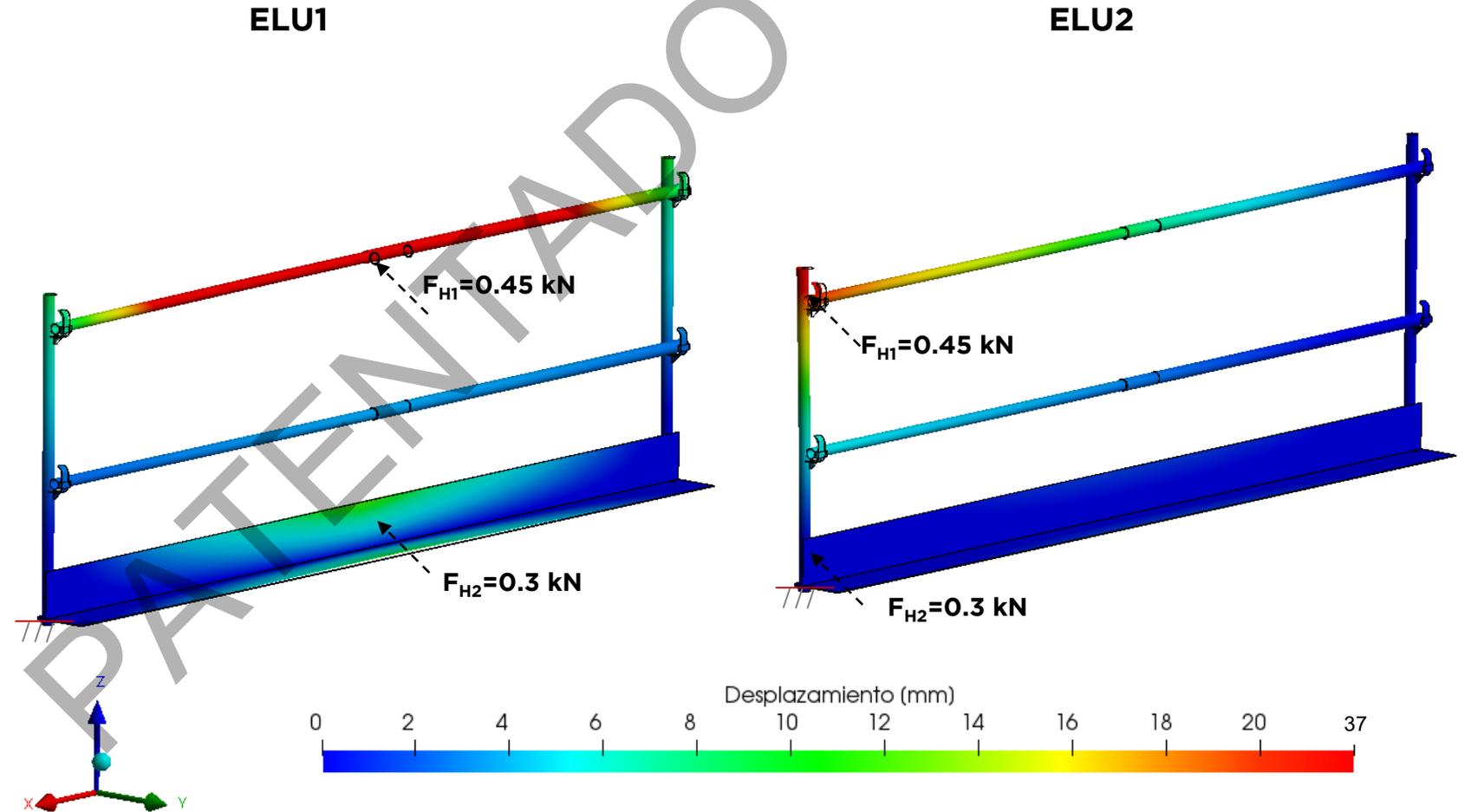


Resultados ELS – Deformaciones y reacciones en el sistema

Resultados ELU

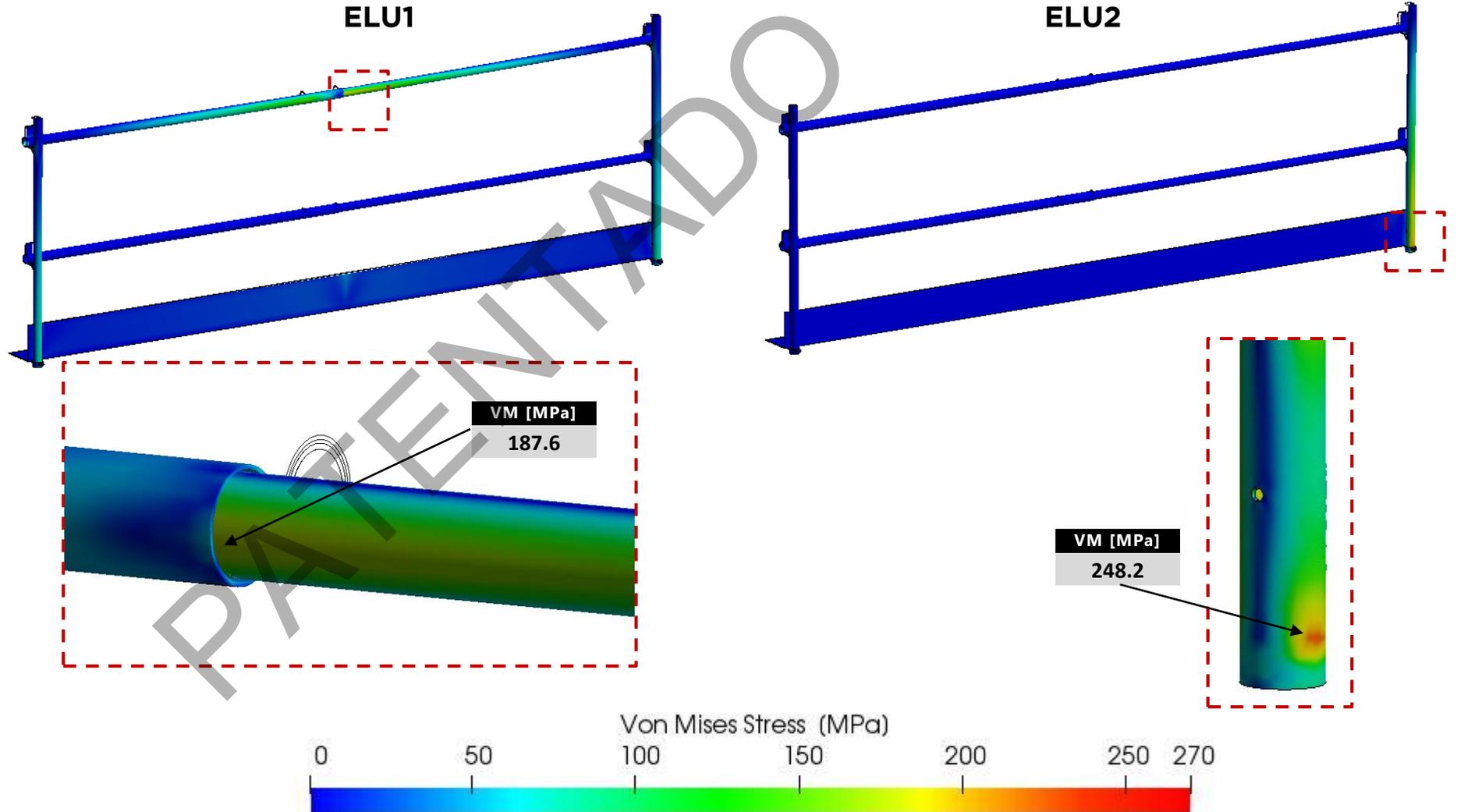
CASO	ELU1	ELU2
Flecha bajo carga máxima δ_2 [mm]	37.3	23.1
Flecha remanente δ_3 [mm]	0.4	0.1
δ_3 / δ_2	1.1%	0.4%
Criterio δ_3 / δ_2	<10%	<10%
	OK	OK

REACCIONES [1 APOYO, PEOR CASO]	ELU1	ELU2
Fx [N]	-1102.3	-239.4
Fy [N]	377.9	745.6
Fz [N]	176.8	182.1
Mx [N*m]	-231.4	-510.5
My [N*m]	5.8	6.9
Mz [N*m]	9.6	13.2



Resultados ELU

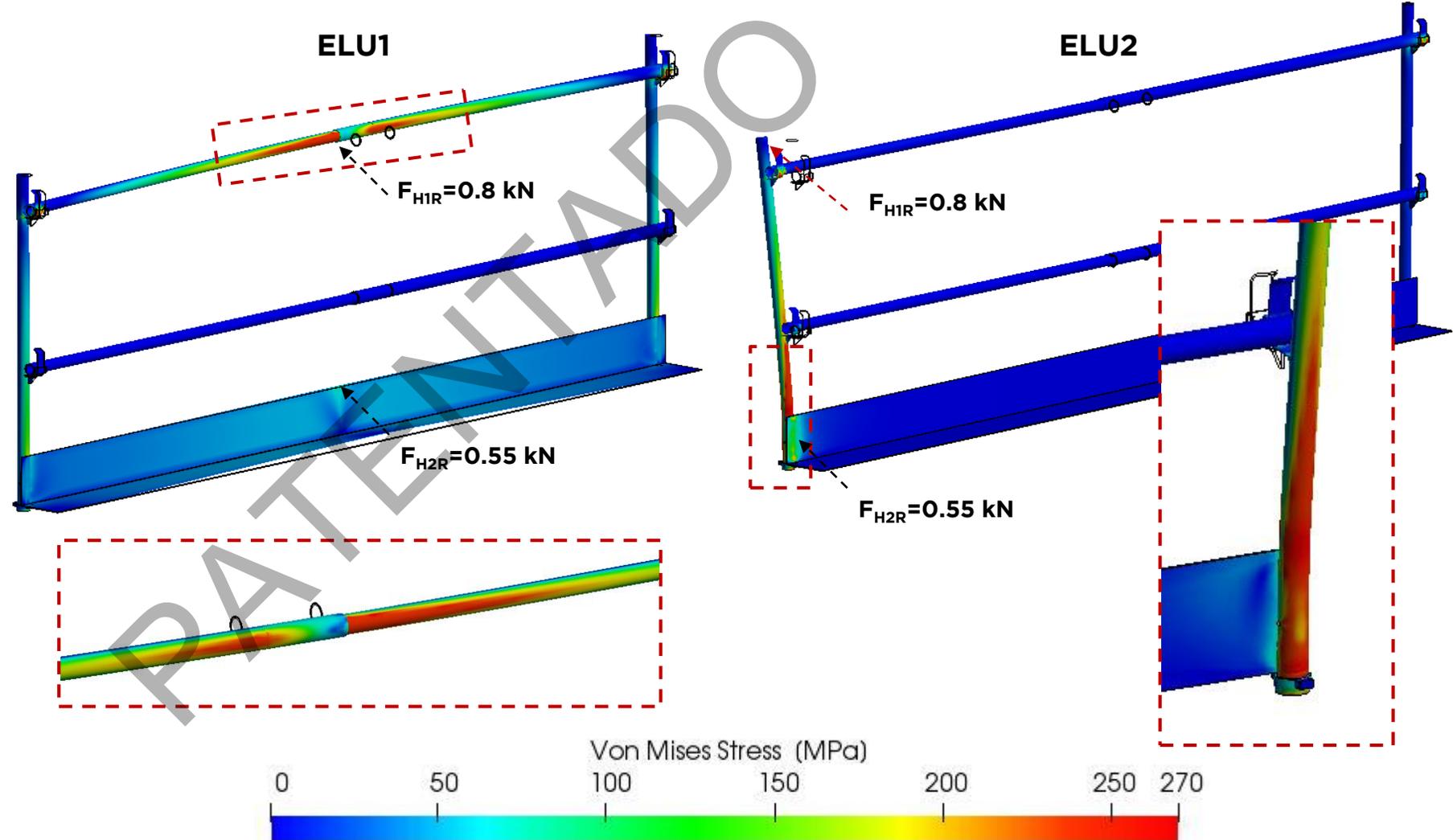
CASO	ELU1	ELU2
VM Stress Max [MPa]	187.6	248.2
Plastic Strain Max [%]	0	0
Rotura	NO	NO
	OK	OK



Resultados ELU – Tensiones en el sistema [carga máxima]

Resultados ELU

CASO	ELU1	ELU2
Carga aplicada en rotura [N]	>800	>800
Carga máxima [N]	450	450
Fu / Fmax	>1.78	>1.78
Criterio Fu / Fmax	1.2	1.2
	OK	OK

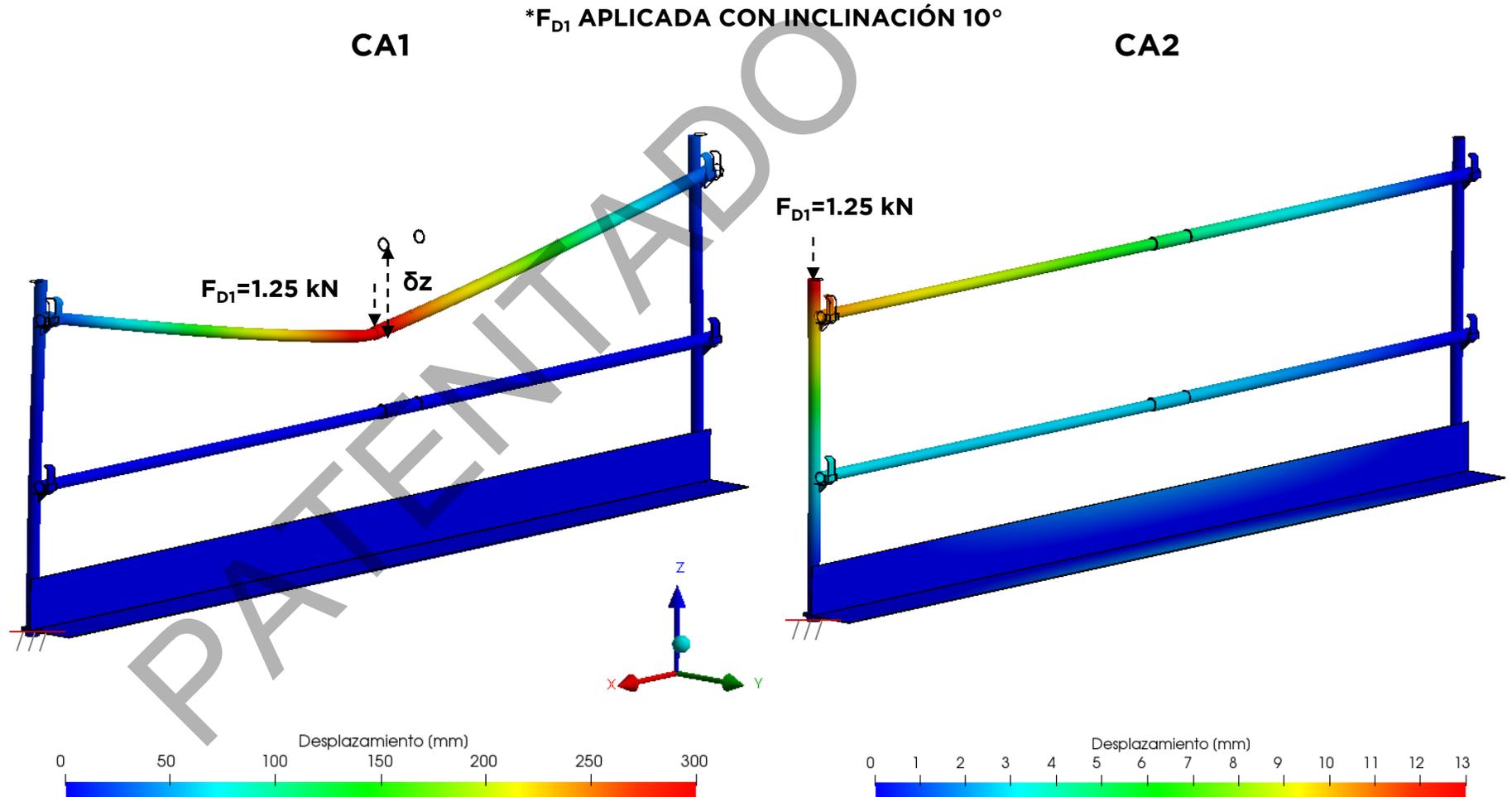


Resultados ELU – Deformaciones en el sistema [carga 0.8 kN]

Resultados CA

CASO	CA1	CA2
Flecha máxima [mm]	299	12.5
δz [mm]	-294.4	-0.5
Rotura	NO	NO
	OK	OK

REACCIONES [1 APOYO, PEOR CASO]	CA1	CA2
Fx [N]	-4398	-270.1
Fy [N]	109.9	214.8
Fz [N]	803.6	2661.5
Mx [N*m]	-66.4	-219.0
My [N*m]	13.7	3.3
Mz [N*m]	22.6	10.1



Resultados CA – Deformaciones y tensiones en el sistema

Resultados CA1

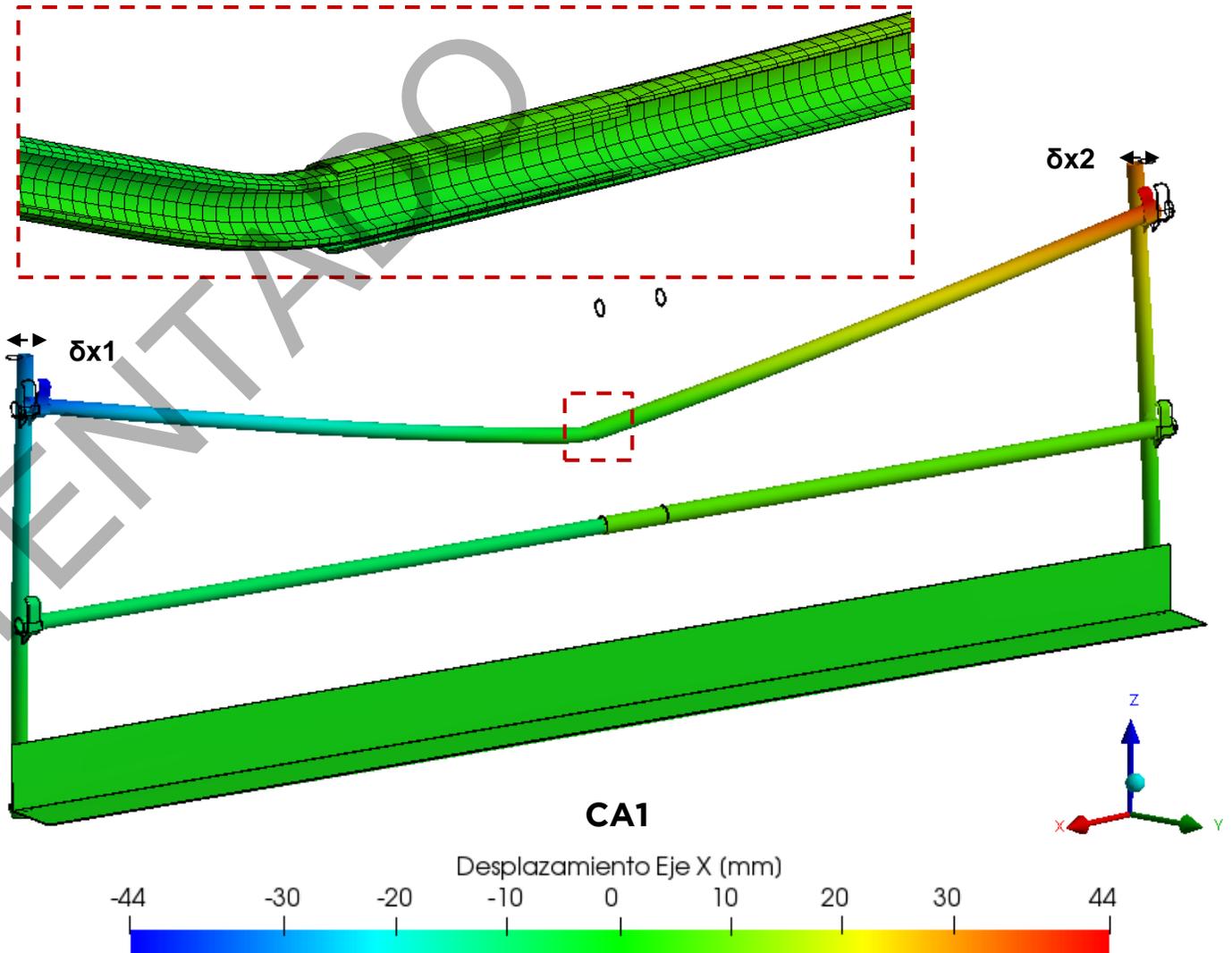
CASO	CA1
$\delta x1$ [mm]	-30
$\delta x2$ [mm]	30
Solape entre barras	159

PARA ESTE CÁLCULO SE CONSIDERÓ UN COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ENTRE METALES $\mu = 0.3$

ESTE PARÁMETRO TIENE UNA GRAN IMPORTANCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA BARANDA CORREDERA. EN ESTE CASO, EL DESPLAZAMIENTO EN EJE X SE DA SOBRE TODO EN LOS POSTES Y EN LA ZONA DE APLICACIÓN DE LA FUERZA EL DESPLAZAMIENTO RELATIVO EN ESTE EJE ES BAJO

SE ESTUDIÓ UN CASO EXTREMO DONDE SE CONSIDERÓ EL ROZAMIENTO NULO [$\mu = 0$]. PARA ESTE CASO, EL SOLAPE ENTRE BARRAS TRAS APLICAR CA1 RESULTÓ EN 149.5 mm, DESPLAZÁNDOSE LA BARRA INTERIOR 6 mm Y LA EXTERIOR 4.5 mm

POR TANTO, SE PUEDE ASUMIR QUE EN EL SOLAPE SE MANTIENE, EN MAYOR O MENOR MEDIDA, EN TODO RANGO DE ROZAMIENTO CONSIDERADO

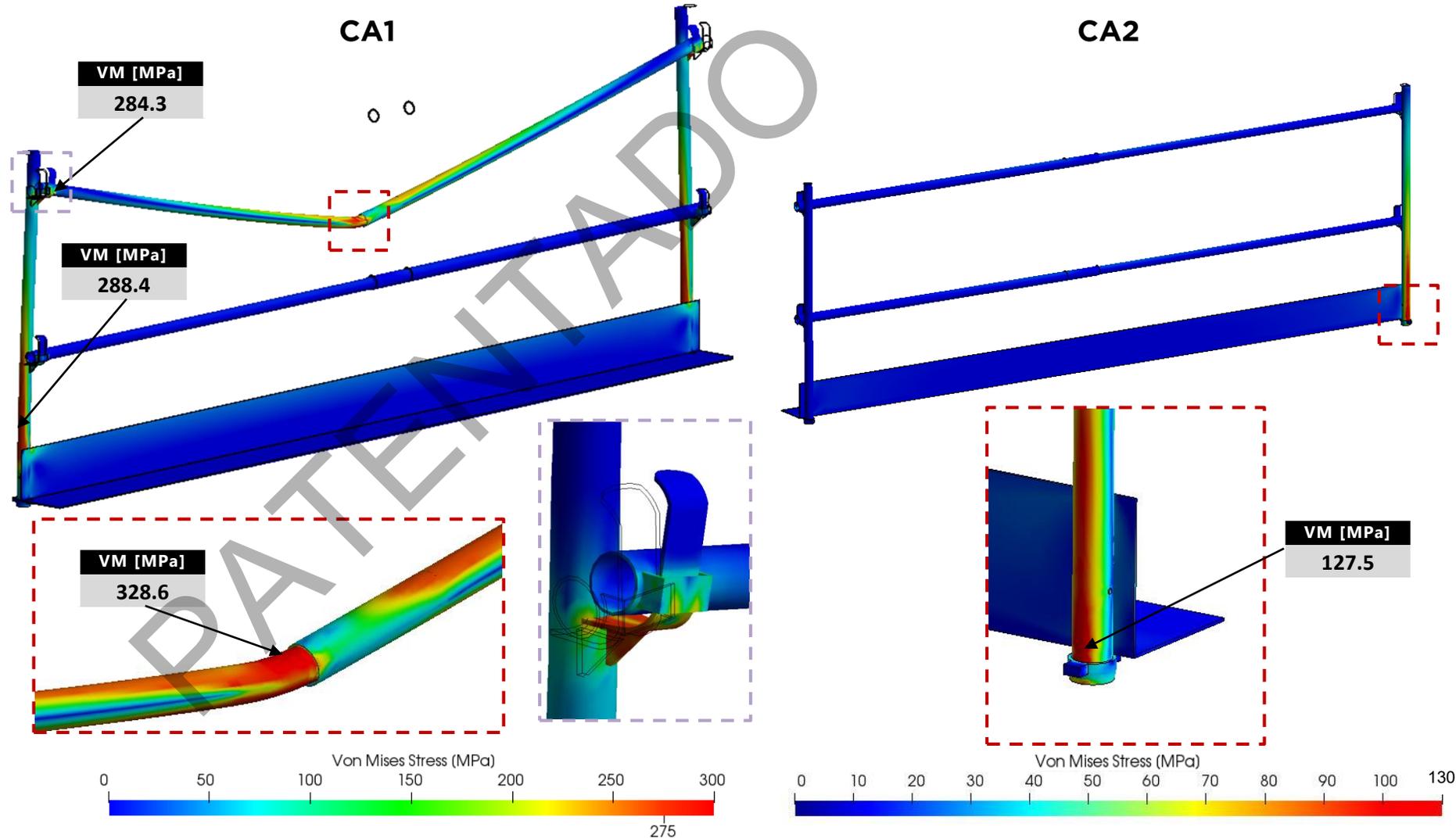


Resultados CA1 – Deformaciones detalladas

Resultados CA

CASO	CA1	CA2
VM Stress Max [MPa]	328.7	127.5
Plastic Strain Max [%]	13	0
Rotura	NO	NO
	OK	OK

PARA LA CARGA ACCIDENTAL CA₁=1.25 kN APLICADA EN EL CENTRO DE LA BARANDA DE 3000 mm, SE DA UNA PLASTIFICACIÓN ELEVADA DEL MATERIAL, SI BIEN NO SE LLEGA A ROTURA ÚLTIMA

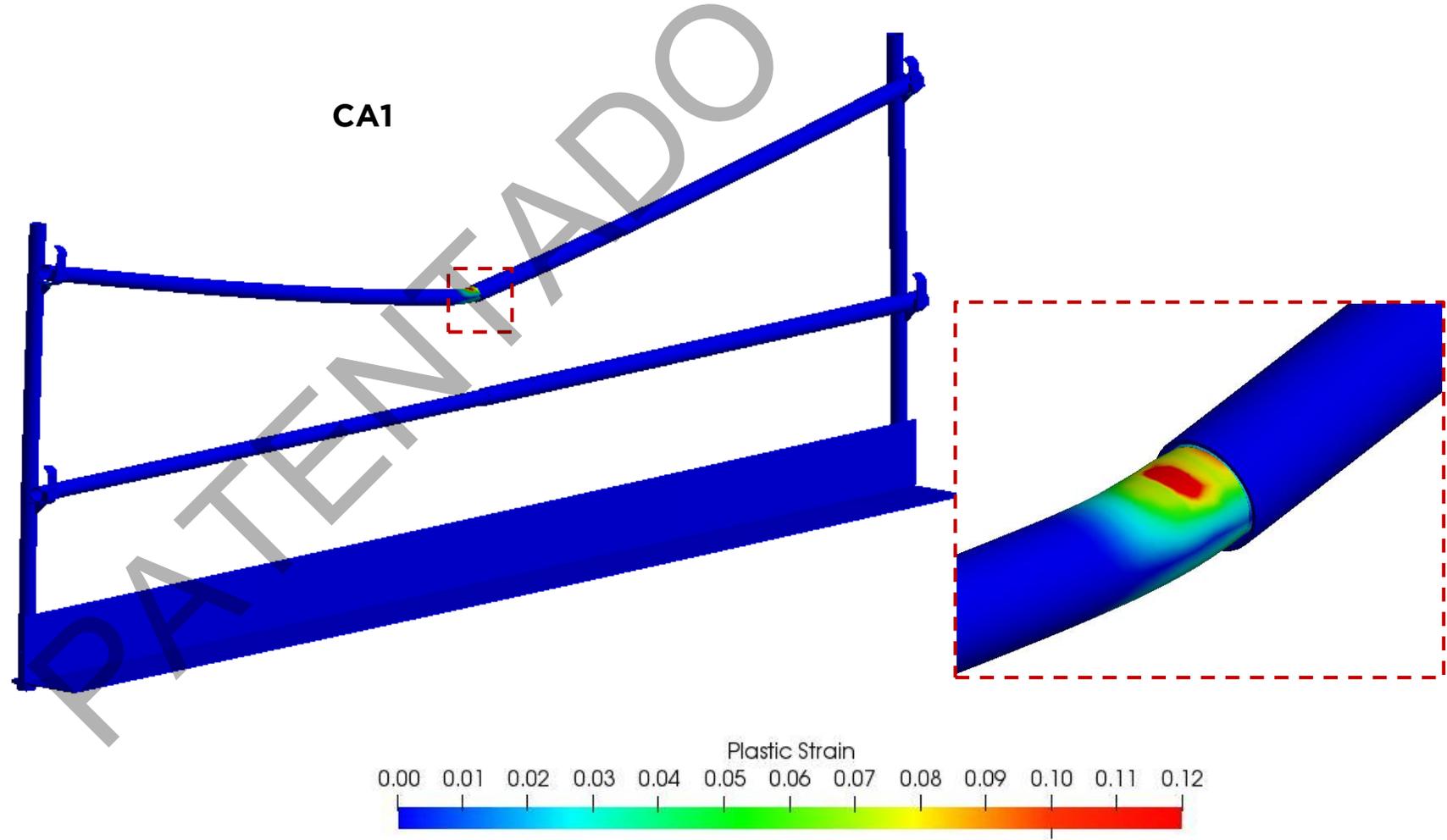


Resultados CA – Deformaciones y tensiones en el sistema

Resultados CA

CASO	CA1	CA2
Plastic Strain Max [%]	12.7	0
Rotura	NO	NO
	OK	OK

PARA LA CARGA ACCIDENTAL $CA_1=1.25$ kN APLICADA EN EL CENTRO DE LA BARANDA DE 3000 mm, SE DA UNA PLASTIFICACIÓN ELEVADA DEL MATERIAL, SI BIEN NO SE LLEGA A ROTURA ÚLTIMA



Resultados CA – Deformaciones y tensiones en el sistema

Conclusiones

- Se estudió el sistema de baranda perimetral de GALIGRU para las cargas detalladas en el estándar EN13374
- En cuanto a los cálculos **ELS**, la **flecha máxima fue 22 mm**, por debajo de los 55 mm de límite en la norma, por lo que se considera un **resultado satisfactorio**
- En cuanto a los cálculos **ELU**:
 - La **flecha remanente máxima fue 1%**, por debajo del 10% de límite en la norma
 - **No se alcanzó rotura** tras la aplicación de la carga máxima
 - La **carga de rotura fue mayor a 1.78 veces la carga máxima**, mejor que el 1.2 de mínimo en la norma por lo que se considera un **resultado satisfactorio**
- En cuanto a los cálculos **CA**, **no se alcanzó la rotura** tras aplicar la carga accidental, por tanto el **resultado es satisfactorio**, si bien en el caso CA1 (carga aplicada en el centro de la barandilla) se da una plastificación notable del material
- A la vista de los resultados, la combinación actual de espesores y material está bien optimizada y el margen de mejora es limitado