



SERVICIOS DE INGENIERÍA

SIMULACIÓN ESTRUCTURAL DE SISTEMA TREPADOR TR-SPB05 PARA PROTECCIÓN DE BORDE

INFORME DE RESULTADOS

0	30/08/2024	REVISION FINAL	CCC	RBO	RBO	LFS
B	16/08/2024	REVISIÓN DE CLIENTE	CCC	RBO	RBO	LFS
A	16/08/2024	REVISIÓN INTERNA	CCC	RBO	RBO	-
Revisión	Fecha	EMITIDO PARA	Preparó	Revisó	Aprobó	Revisión Cliente
GLG-007 Nº DE PROYECTO		PRECISIONLABS		PLABS-GLG-007 Nº de Documento		

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	1
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	1
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
3.	ALCANCES.....	1
4.	METODOLOGÍA.....	2
4.1	CASOS DE CARGA.....	2
4.2	MATERIAL.....	6
4.3	DISCRETIZACIÓN.....	6
5.	RESULTADOS.....	8
5.1	RESUMEN DE RESULTADOS.....	8
6.	CONCLUSIONES.....	13

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción se encuentra en una constante búsqueda de aumento en niveles de seguridad durante sus procesos, por ende, los proveedores de sistemas de seguridad se enfrentan a un desafío constante en optimizar sus diseños.

En este marco, GALIGRU, se encuentra diseñando un sistema de protección de borde. Debido a la alta exigencia y complejidad de la problemática se enfocan recursos en estudios de simulación estructural avanzados.

Dado lo anterior, se ha solicitado a PRECISION LABS realizar un estudio para identificar las zonas críticas del sistema de bandeja pudiendo asegurar así su integridad estructural bajo las condiciones de diseño.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución de esfuerzo y deformaciones mediante una simulación estructural del sistema provisional de protección de borde trepador SPB05, para los distintos escenarios planteados en la norma UNE-EN 13374.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

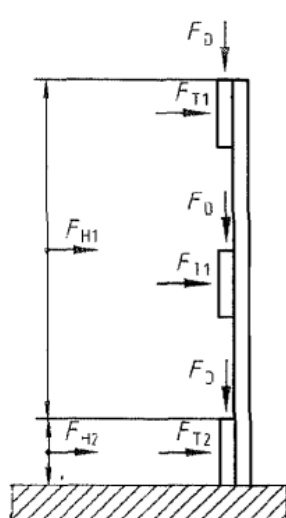
- Obtener un perfil que permita que el sistema sea autónomo sin intervención en el encofrado, considerando las limitaciones de deformación y esfuerzos de la estructura, dadas por las normas especializadas.

3. ALCANCES

El alcance del estudio comprende principalmente la identificación de zonas que estén sometidas a esfuerzos y deformaciones fuera de lo permisible mediante un análisis de elementos finitos (FEA) en un sistema de protección de borde. Para determinar estos esfuerzos y deformaciones, se estudia el sistema bajo distintas condiciones de trabajo, las cuales son consideradas en la norma UNE-EN 13374.

4. METODOLOGÍA

El estudio considera el análisis estructural de los escenarios descritos para protecciones de borde clase A, llamados Estado Límite de Servicio (ELS), Estado Limite Ultimo (ELU), Carga Accidental (CA) y Fuerzas debidas al Viento (FV). Además, se consideran los casos de carga para protecciones de borde clase B y C.



Leyenda

$F_D = 1,25 \text{ kN}$

$F_{T1} = 0,3 \text{ kN}$ (flecha máxima 55 mm)

$F_{T2} = 0,2 \text{ kN}$ (flecha máxima 55 mm)

$F_{H1} = 0,3 \text{ kN}$

$F_{H2} = 0,3 \text{ kN}$

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

Figura 4.1, Esquema de cargas perpendiculares, horizontales y verticales [UNE-EN 13374].

4.1 CASOS DE CARGA

En consideración de la norma UNE-EN 13374, protección de borde clase A, se establecen los siguientes casos de carga (ver Figura 4.1):

- ELS aplicando las fuerzas respectivas en una baranda lateral, la otra baranda lateral, poste central o poste extremo. Esto a modo de encontrar el escenario más desfavorable.
- ELU aplicando las fuerzas respectivas en una baranda lateral, la otra baranda lateral, poste central o poste extremo. Esto a modo de encontrar el escenario más desfavorable.
- CA aplicando las fuerzas respectivas en una baranda lateral, la otra baranda lateral, poste central o poste extremo. Esto a modo de encontrar el escenario más desfavorable.
- FV aplicando las fuerzas respectivas todos los elementos estructurales.
- Combinación de cargas considerando los casos ELU y FV de acuerdo a la norma.

Los resultados de todas las configuraciones de carga se muestran en la Sección 5.

Las diferentes combinaciones de carga se muestran esquemáticamente en las Figuras 4.2 a 4.6.

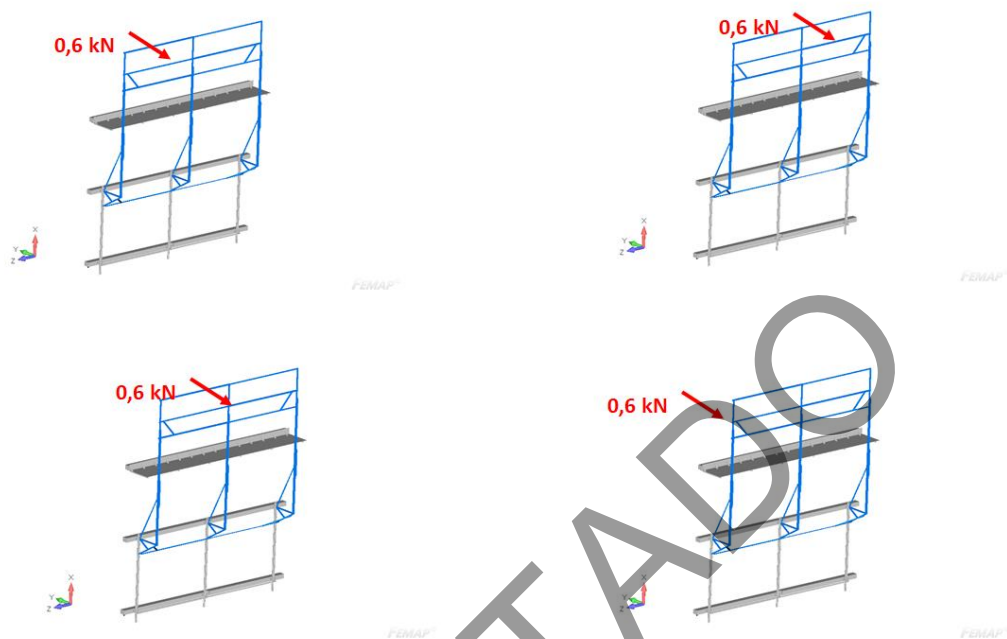


Figura 4.2, Esquema de sistema de cargas para caso ELS.

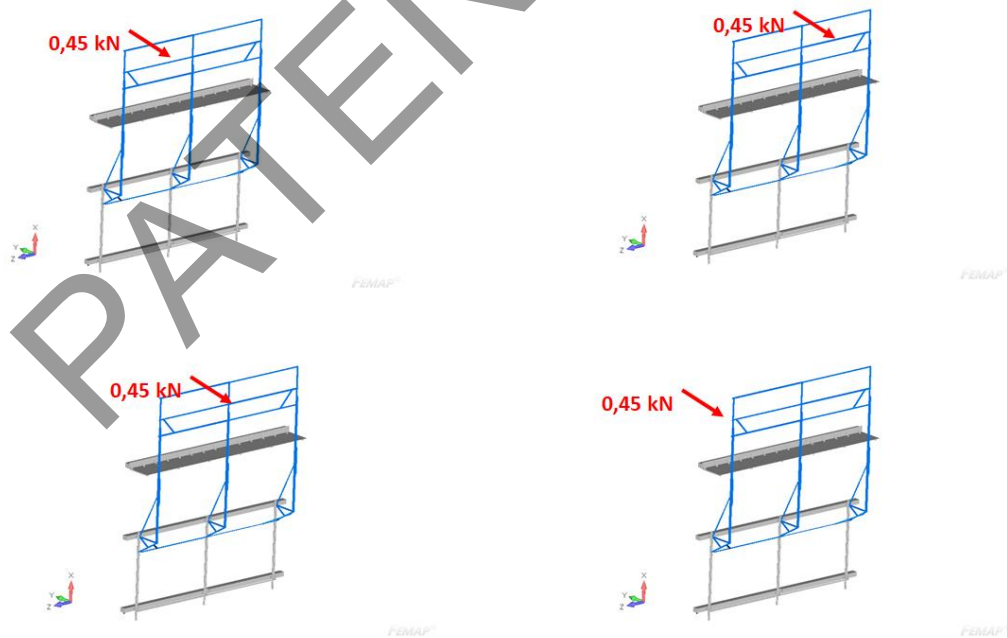


Figura 4.3, Esquema de sistema de cargas para caso ELU.

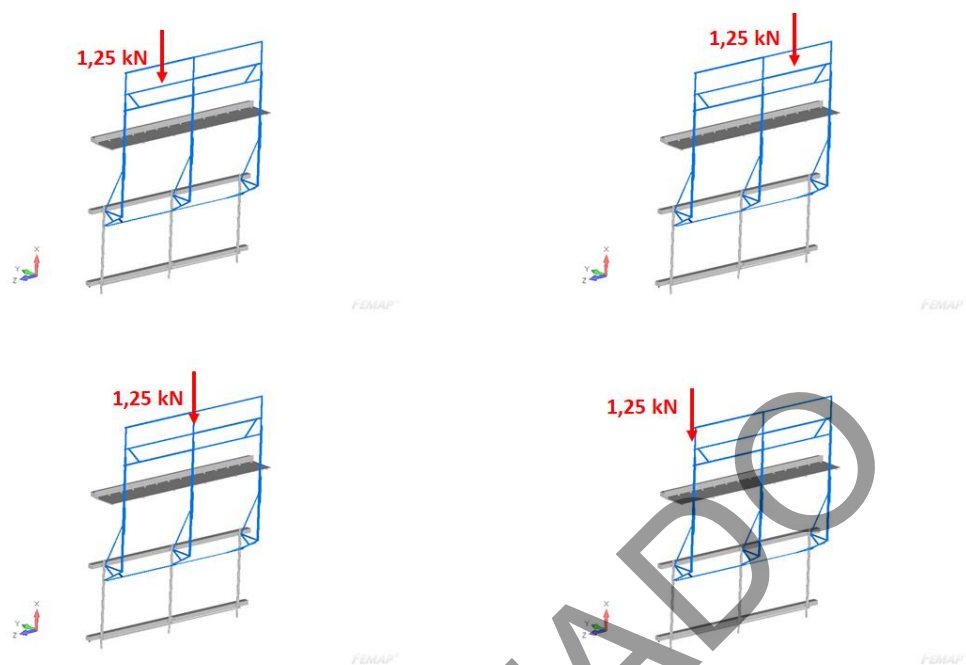


Figura 4.4, Esquema de sistema de cargas para caso CA.

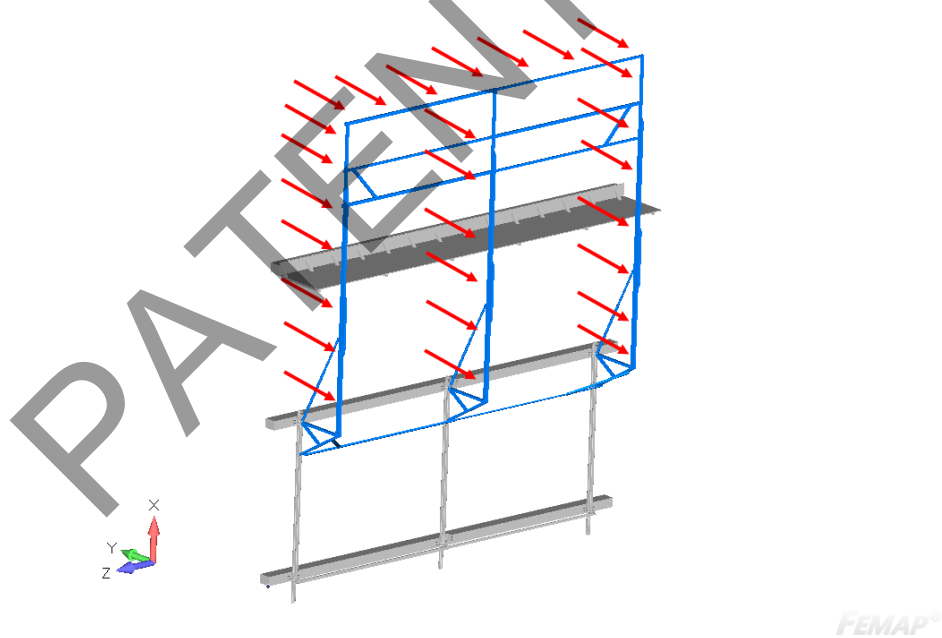


Figura 4.5, Esquema de sistema de cargas para caso fuerza de viento.

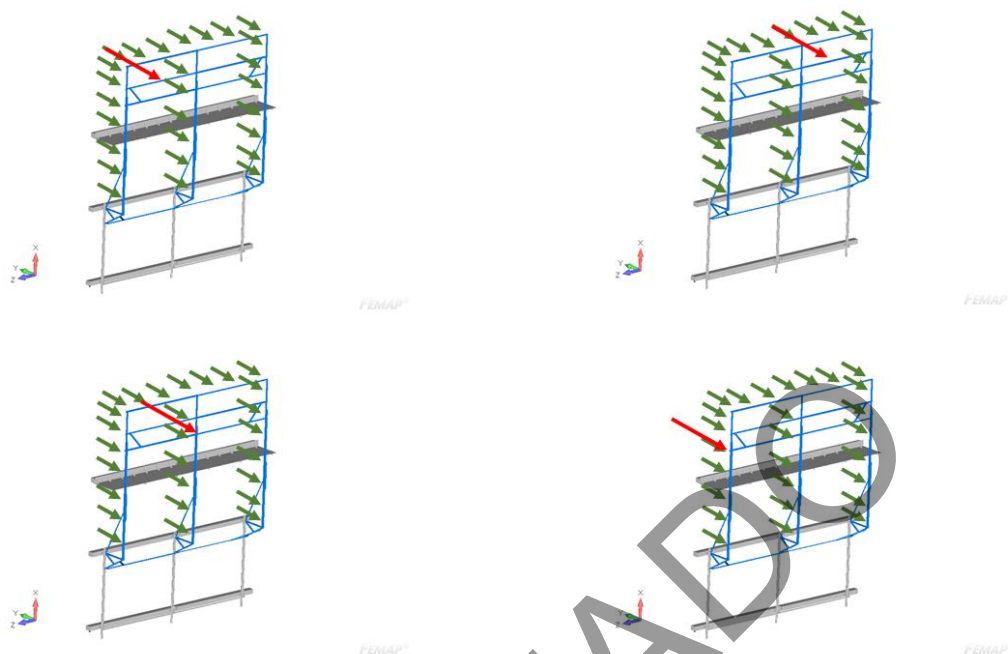


Figura 4.6, Esquema de sistema de cargas para caso de combinación de cargas.

Las cargas de viento fueron calculadas a partir de la norma UNE-EN 13374, que en su apartado 6.3.3, indica la evaluación de fuerzas debidas al viento. Esto considera una presión de viento igual a 0.6 kN/m² cuando se evalúa solo este escenario (UNE-EN 13374 apartado 6.3.3.2). En cambio, cuando se considera el viento en un escenario de fuerzas combinadas, esta presión debe considerarse igual a 0.2 kN/m² (UNE-EN 13374 apartado 6.3.4).

6.3.3.2 Evaluación de las fuerzas debidas al viento. Las fuerzas debidas al viento, F_w , deben calcularse suponiendo que la presión del viento se ejerce sobre una superficie efectiva del sistema de protección de borde, no teniendo en cuenta los apantallamientos. Se debe determinar como sigue:

$$F_w = \sum (c_{f,i} \cdot q_i \cdot A_i)$$

donde

F_w es la resultante de las fuerzas debidas al viento;

$c_{f,i}$ es el coeficiente de fuerza aerodinámico para los componentes i de la protección de borde (c_{f0} puede ser utilizado sin corrección);

c_{f0} es el coeficiente de fuerza de un componente con esbeltez infinita;

q_i es la presión del viento actuando sobre los componentes i y debe tomarse igual a 0,6 kN/m²;

A_i es el área de referencia de los componentes de la protección de borde.

UNE-EN 13374 apartado 6.3.3.2

6.3.4 Combinaciones de cargas. Las combinaciones de cargas, comprenden los tipos de carga siguientes y deben establecerse para:

- Las cargas horizontales de acuerdo con el apartado 6.3.1;
- La carga debida al viento de acuerdo con el apartado 6.3.3, donde q_i puede tomarse como igual a $0,2 \text{ kN/m}^2$.

Sólo debe considerarse el estado límite último.

UNE-EN 13374 apartado 6.3.4

Además, se consideró la superficie cubierta hermética utilizada en el sistema de seguridad con una permeabilidad del 0%, lo que afecta directamente al cálculo de fuerzas efectivas de viento sobre la estructura.

4.2 MATERIAL

Las vigas se consideran como construidas con perfiles de acero ASTM A-36. En la Tabla 4.1 se indican las propiedades mecánicas del material utilizado.

Tabla 4.1 Propiedades mecánicas.

Propiedad	Unidad	ASTM A36
Esfuerzo de ruptura	[MPa]	400*
Esfuerzo de fluencia	[MPa]	250
Módulo de elasticidad	[GPa]	200
Módulo de Poisson	[-]	0.3

(*) Se considera el menor valor dentro del rango declarado por los proveedores de acero, siendo este es el caso más desfavorable.

4.3 DISCRETIZACIÓN

En las Figuras 4.2 y 4.3 se muestra la discretización de la geometría utilizado para la resolución del modelo numérico.

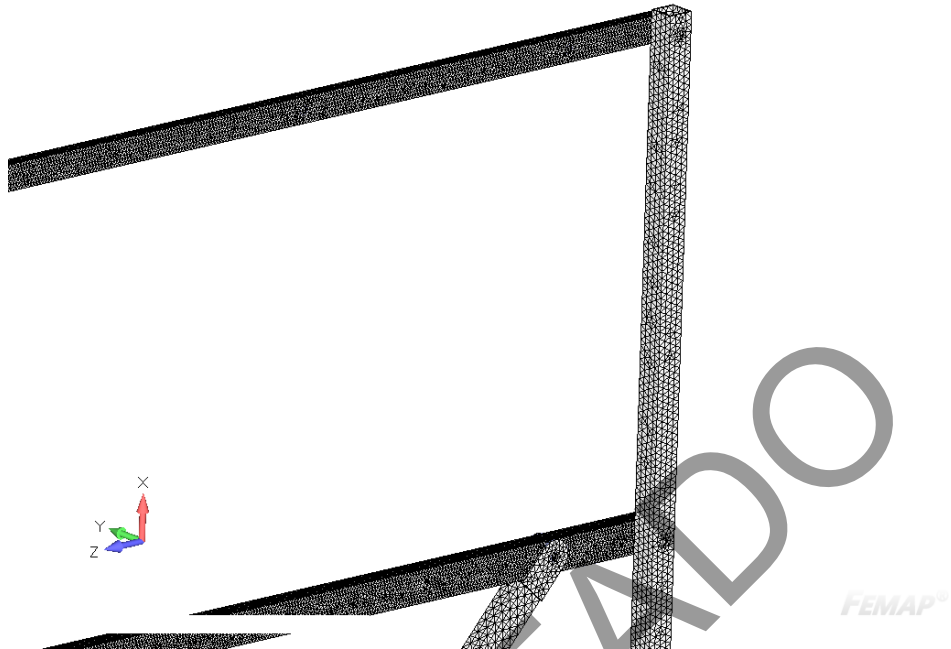


Figura 4.2, Discretización de diferentes componentes.

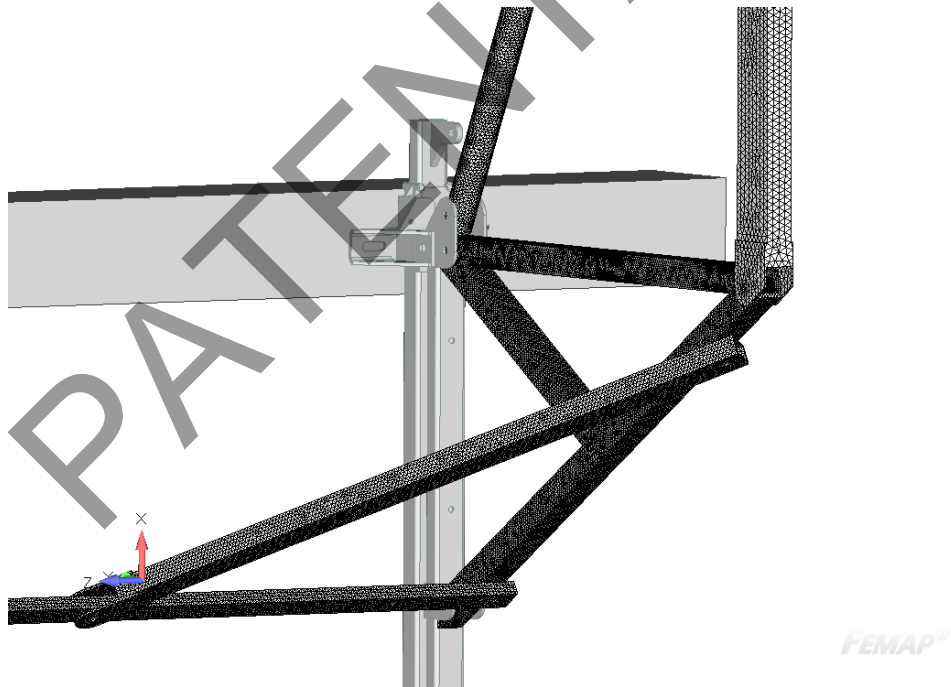


Figura 4.3, Detalle de discretización.

Se buscó la mejor relación entre tiempo de cálculo y precisión de resultados de esfuerzos y deformaciones.

5. RESULTADOS

5.1 RESUMEN DE RESULTADOS

La Tabla 5.1 presenta el resumen de resultados de esfuerzos máximos y desplazamientos máximos alcanzados más relevantes desde un punto de vista de criticidad estructural para el sistema de protección.

Cabe señalar que, en todos los casos de carga analizados bajo estas condiciones, nunca se superaron los 55 mm de flecha establecidos como críticos por la norma (caso de carga ELS).

Tabla 5.1: Resultados utilizando sistema autónomo del encofrado

CASO DE CARGA		ESFUERZO DE VON MISES [MPa]	DESPLAZAMIENTO [mm]	FACTOR DE SEGURIDAD A LA FLUENCIA	FACTOR DE SEGURIDAD A LA RUPTURA
ELS	A	181.02	51.91	1.4	2.2
	B	149.55	37.33	1.7	2.7
	C	107.38	37.76	2.3	3.7
	D	251.13	49.02	1.0	1.6
ELU	A	137.05	38.86	1.8	2.9
	B	110.14	27.93	2.3	3.6
	C	79.91	28.18	3.1	5.0
	D	186.35	36.65	1.3	2.1
CA	A	360.96	20.15	0.7	1.1
	B	336.67	11.24	0.7	1.2
	C	28.93	4.19	8.6	13.8
	D	36.06	4.48	6.9	11.1
FV		229.84	12.37	1.1	1.7
COMBINACIÓN DE CARGAS	A	229.37	66.016	1.1	1.7
	B	224.69	67.81	1.1	1.8
	C	168.83	68.57	1.5	2.4
	D	202.97	68.51	1.2	2.0

En la Figura 5.1 se muestra la distribución del esfuerzo de von Mises sobre la estructura en el caso del viento, donde se destaca el punto de mayor esfuerzo. A modo de visualización, se muestra la deformada de la estructura para este caso.

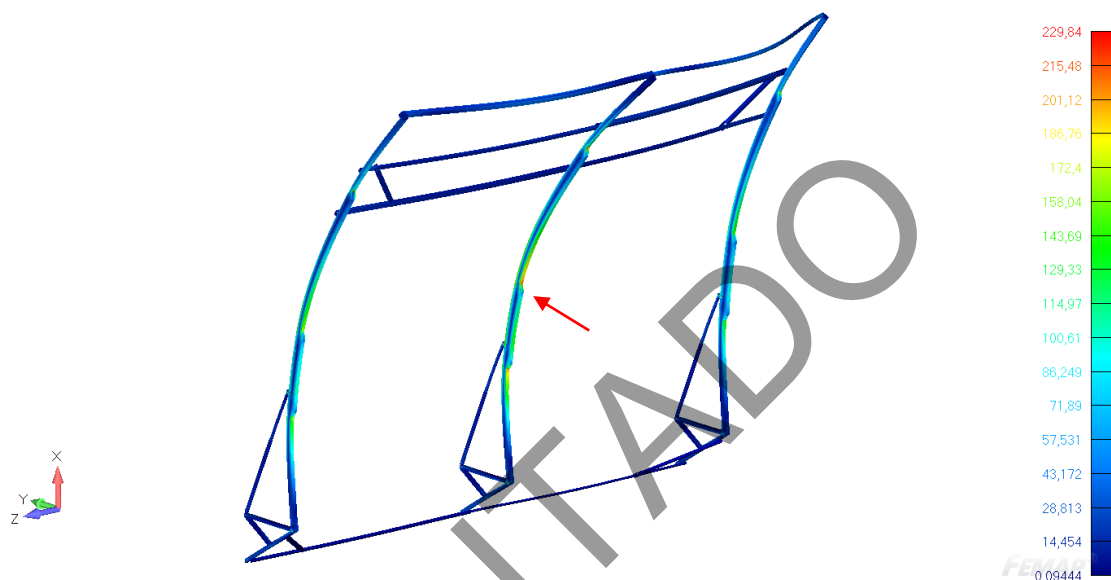


Figura 5.1, Distribución del esfuerzo de von Mises [MPa] para el caso más desfavorable.

En la Figura 5.2 se muestra la distribución del esfuerzo de von Mises sobre la estructura en el caso más desfavorable ELS, donde se destaca el punto de mayor esfuerzo. A modo de visualización, se muestra la deformada de la estructura para este caso.

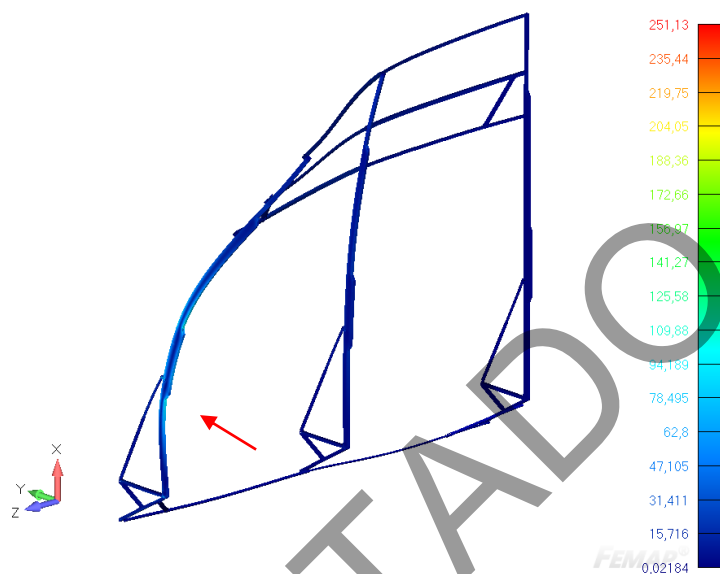


Figura 5.2, Distribución del esfuerzo de von Mises [MPa] para el caso más desfavorable ELS.

En la Figura 5.3 se muestra la distribución del esfuerzo de von Mises sobre la estructura en el caso más desfavorable ELU, donde se destaca el punto de mayor esfuerzo. A modo de visualización, se muestra la deformada de la estructura para este caso.

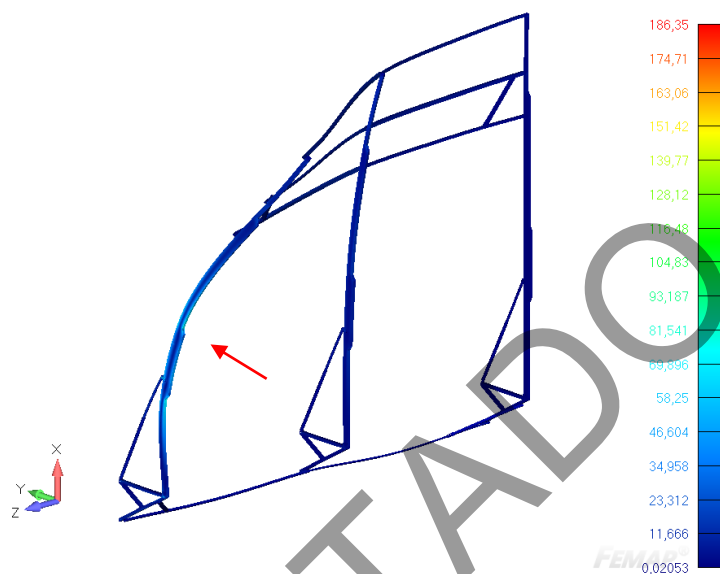


Figura 5.3, Distribución del esfuerzo de von Mises [MPa] para el caso más desfavorable ELU.

En la Figura 5.4 se muestra la distribución del esfuerzo de von Mises sobre la estructura en el caso más desfavorable CA, donde se destaca el punto de mayor esfuerzo. A modo de visualización, se muestra la deformada de la estructura para este caso.

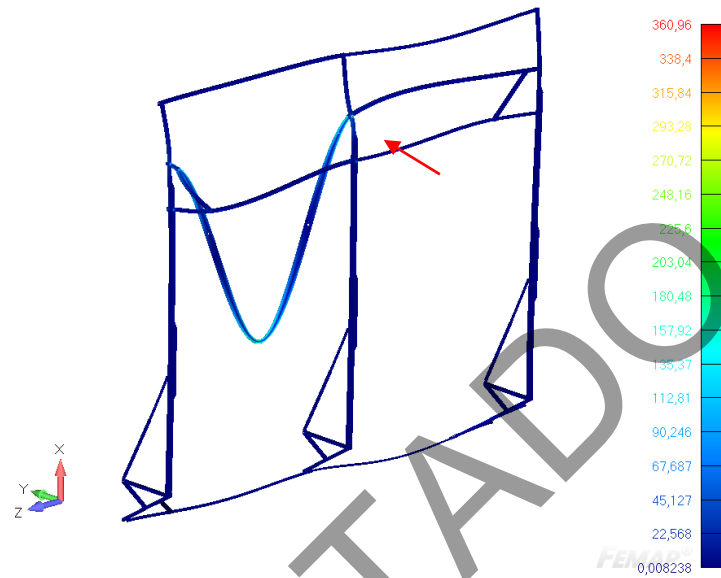


Figura 5.4, Distribución del esfuerzo de von Mises [MPa] para el caso más desfavorable CA.

6. CONCLUSIONES

El diseño propuesto por GALIGRU para un sistema modular y provisorio para protección de borde se considera exitoso, logrando reducir de gran manera los esfuerzos en toda su extensión. Más aún, se satisface la condición de flecha máxima establecida en la norma para las condiciones de carga ELS. Las magnitudes de los desplazamientos producto de las cargas se consideran satisfactorias para todos los casos de carga analizados.

Los esfuerzos en el sistema para los casos de carga analizados se concentran en la baranda extrema, resultando en las sollicitaciones mayores en esa zona. Sin embargo, no se supera en ninguno de los casos analizados el valor del esfuerzo de fluencia, a excepción del caso de carga accidental que tiene como limitante el valor de la ruptura material.

En todos los casos, se cumple con la norma que establece límites para la estructura y su desempeño mecánico, tanto en flecha como en resistencia a la fluencia y ruptura.

PATENTADO