



SIDEA

ENGINEERING SOLUTIONS

Advanced Engineering

GALIGRU

SISTEMAS DE SEGURIDAD

**Estudio FEA Dinámico - Poste
encofrador edificios**

180-H680-RP4-1467 REV.02

29/03/2022

Índice

- Contexto
- Consideraciones generales
- Materiales
- Geometría y consideraciones – Caso 1
- Resultados – Caso 1
- Geometría y consideraciones – Caso 2
- Resultados – Caso 2
- Resultados – Reacciones en la base del poste
- Conclusiones

Revisión	Descripción
01	Emitido para aprobación de cliente
02	Emitido luego de comentarios de cliente

Contexto

- GALIGRU desea evaluar su sistema de seguridad denominado "Poste Encofrador para Edificios" en una configuración compuesta por 2 postes idénticos separados entre ellos una distancia determinada
- La evaluación de dicho sistema será realizada en función de la reproducción de condiciones experimentales informadas por GALIGRU, de tal manera de determinar si el poste falla bajo criterios de deformación plástica máxima admisible según el Eurocódigo
- En este sentido, se busca tratar de replicar el procedimiento experimental indicado por GALIGRU mediante una simulación numérica mediante el método de elementos finitos, de tal manera de capturar el comportamiento dinámico del sistema. Se ha permitido que exista deformación plástica en los resultados con un modelo de material elasto-plástico bilinear
- A continuación se da cuenta de los trabajos realizados y los resultados obtenidos

Consideraciones generales

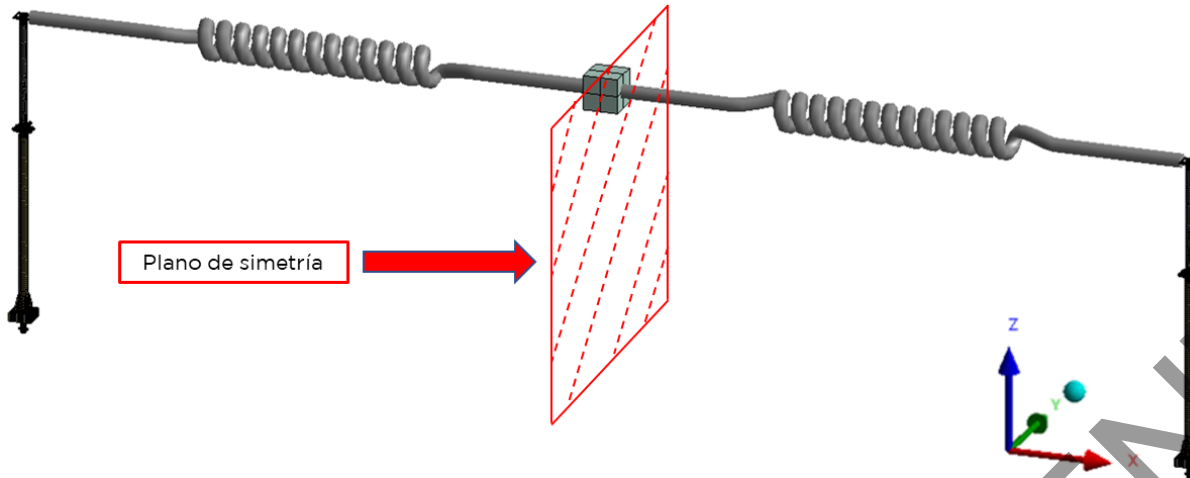


Figura 1. Descripción general del problema

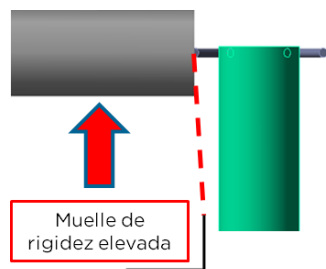


Figura 2. Detalle de la idealización para la unión entre eslinga y poste encofrador

No se considera unión por eslinga entre la barra superior de 10 mm de diámetro y el carrete

- Se aprovecha un plano de simetría del sistema, por lo que el modelo numérico está construido únicamente empleando un poste encofrado, mientras que la masa central se divide a la mitad por un plano YZ, como muestra la figura 1
- No se considera la conexión de la eslinga desde la barra superior de 10 mm de diámetro hasta el carrete de donde saldría dicha eslinga (ver figura 2). Esta configuración presenta un caso más crítico y no afecta significativamente el mecanismo de falla del sistema, por lo que es ideal para el dimensionamiento del poste encofrador
- La eslinga se idealiza como un muelle que actúa únicamente a tensión con una rigidez a tensión estimada como se muestra en la figura 3. GALIGRU no ha provisto de información detallada necesaria para la determinación de la rigidez de la eslinga, por lo que el valor mostrado en la figura 3 es un estimado en función de la revisión bibliográfica realizada por SDEA

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{8000 \text{ MPax}(50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm})}{4000 \text{ mm}} = 1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Figura 3. Estimación de la rigidez de la eslinga

Consideraciones generales

Materiales

$$k = \frac{EA}{L} = \frac{8000 \text{ MPa} \times (50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm})}{4000 \text{ mm}} = 1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Figura 3. Estimación de la rigidez de la eslinga

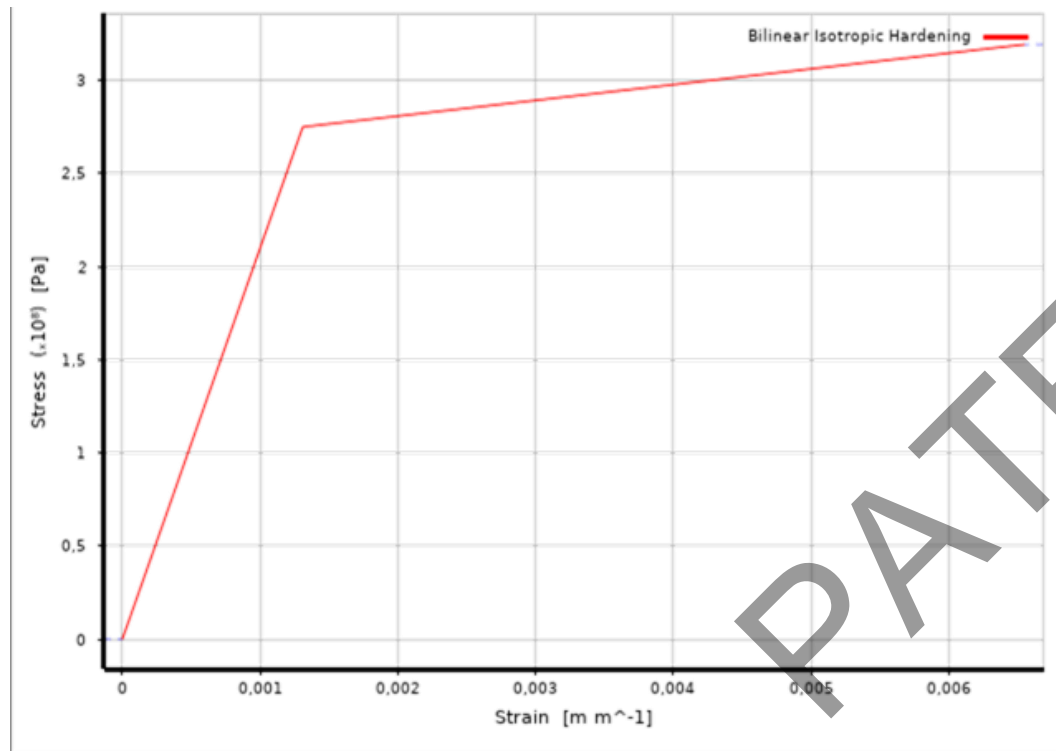


Figura 4. Modelo elasto-plástico perfecto empleado para el acero S275

	S275 [Y _M =1]	Tornillos Clase 8.8
Densidad [kg/m ³]	7850	8000
Módulo Young [GPa]	210	210
Ratio Poisson	0.3	0.3
Límite elástico f _y [MPa]	275	640
Resistencia última f _u [MPa]	410	800

Tabla 1. Propiedades de los materiales empleados

LOS RESULTADOS QUE SE MOSTRARÁN A CONTINUACIÓN PRESUPONEN EL USO DE UN ACERO S275

- Para la eslinga se supone un módulo de Young (E) igual a 8 GPa y una sección transversal rectangular (área A) de ancho 50 mm y alto 10 mm, con una longitud efectiva (L) de 4 m (la mitad del vano de 8 m analizado)
- Importante destacar que, a pesar de que el resultado es dependiente de la rigidez de la eslinga, su influencia en la carga máxima registrada en un rango de valores alrededor del estimado no es muy grande, por lo que se le resta peso a posibles errores en su estimación

Geometría y consideraciones – Caso 1: Masa lanzada desde 3 m

Geometría a partir de archivo "POSTE ENCOFRADOR_20210117.pdf" enviado por GALIGRU

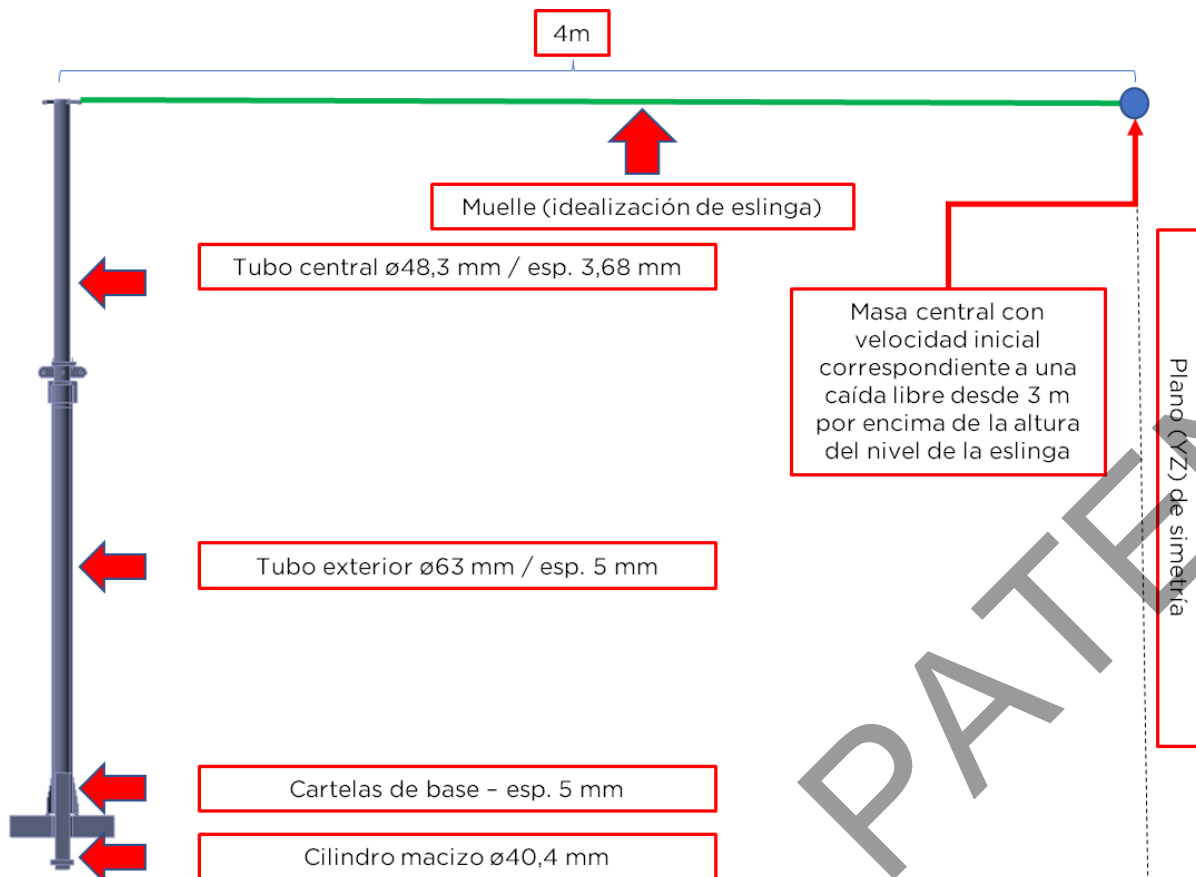


Figura 5. Geometría para Caso 1

- El poste central es un tubo de diámetro exterior 48,3 mm y espesor igual a 3,68 mm
- El poste exterior es un tubo de diámetro exterior 63 mm y espesor igual a 5 mm
- El anclaje al suelo se realiza mediante un cilindro macizo de 40,4 mm de diámetro
- Se une el poste en su barra superior de 10 mm de diámetro a una masa de 50 kg (por la simetría del sistema, ya que la indicada por GALIGRU era de 100 kg) a 4 m del poste
- Se estima la velocidad que tendría la masa si es lanzada en caída libre desde 3 m de altura sobre el nivel inicial de la eslinga. Este valor corresponde a 7,67 m/s en la dirección vertical (Z)
- Se indica que la masa tiene la velocidad inicial previamente estimada y se activa la gravedad para todo el sistema. La simulación total se configura para que capte la respuesta del sistema en 0,5 segundos, contados desde el momento en que la masa
- Se registra la evolución de los desplazamientos y deformaciones plásticas máximas en función del tiempo

Resultados – Caso 1

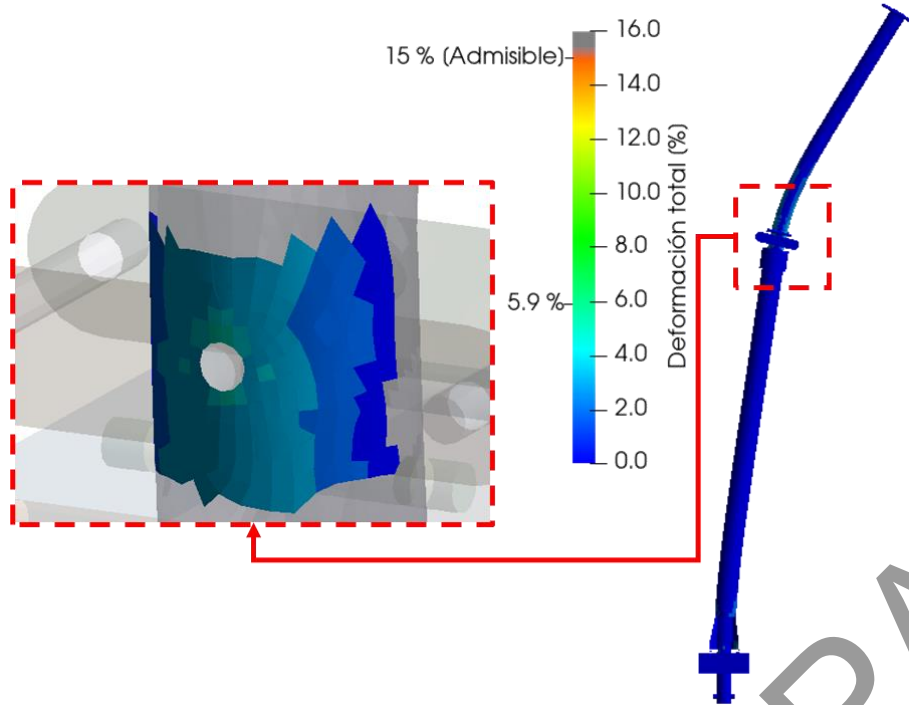
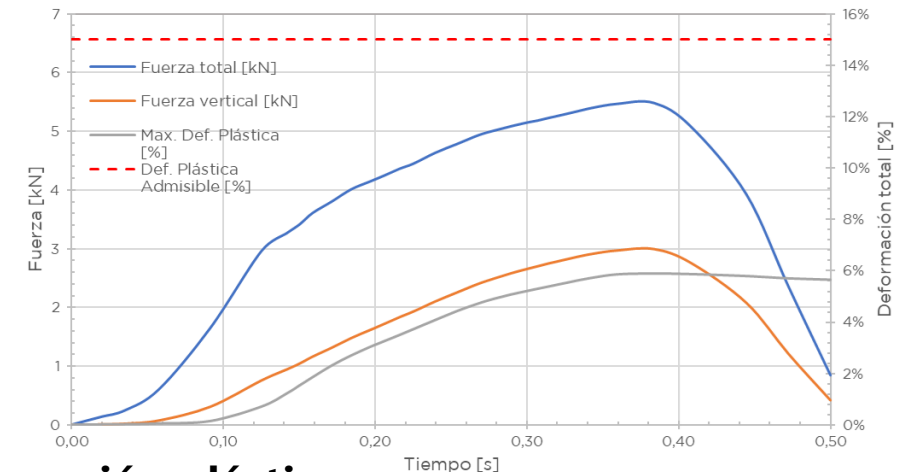


Figura 6. Gráfico de contornos de la deformación plástica del poste para caso 1

- El lanzamiento de la masa desde 3 m de altura en caída libre genera una fuerza de reacción que alcanza un valor máximo de aproximadamente 5,5 kN en la eslinga (fuerza total), con una componente vertical de aproximadamente 3 kN
- Esta sollicitación dinámica genera un valor máximo de la deformación total del sistema (elástica + plástica) de aproximadamente 5,9 %, tomando este valor como la media de un elemento para evitar valores nodales puntuales
- El valor de deformación total máximo registrado se encuentra por debajo del límite mínimo de elongación recomendado por el EC3 (15 %), por lo que se considera que el poste no falla. Este límite puede ser conservador en este caso, ya que los aceros S275 normalmente presentan mayores valores de elongaciones máximas previa rotura en un ensayo de tracción

Figura 7. Gráfico de fuerzas registradas y deformación plástica en el poste para caso 1



Resultados – Caso 1: Fuerzas registradas y deformación plástica

Resultados – Caso 1

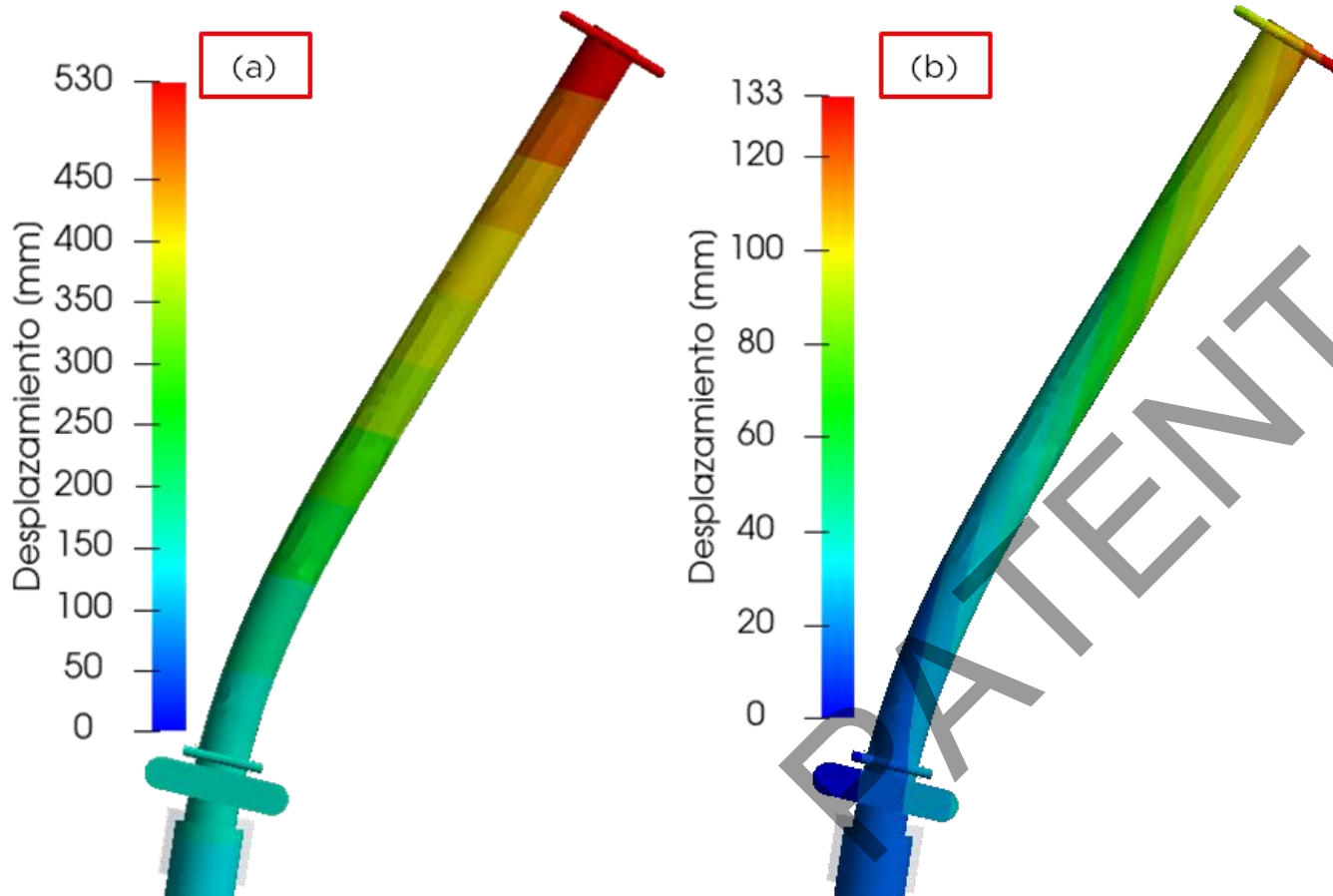


Figura 8. Gráfico de contornos de los desplazamientos del poste en la dirección (a) horizontal (X) y (b) vertical (Z)

- El punto superior del poste que más se desplaza lo hace alrededor de 530 mm en la dirección horizontal (X) y 133 mm en la dirección vertical (Z)
- La flecha máxima estimada alcanza un valor de 2345 mm, estando por debajo del criterio suministrado por GALIGRU de 3 m (2 m del poste + 1 m por debajo del nivel de la base del poste) para que un trabajador no pegue contra el suelo, el cual se debe encontrar aproximadamente a 2,5 m por debajo de la base del poste

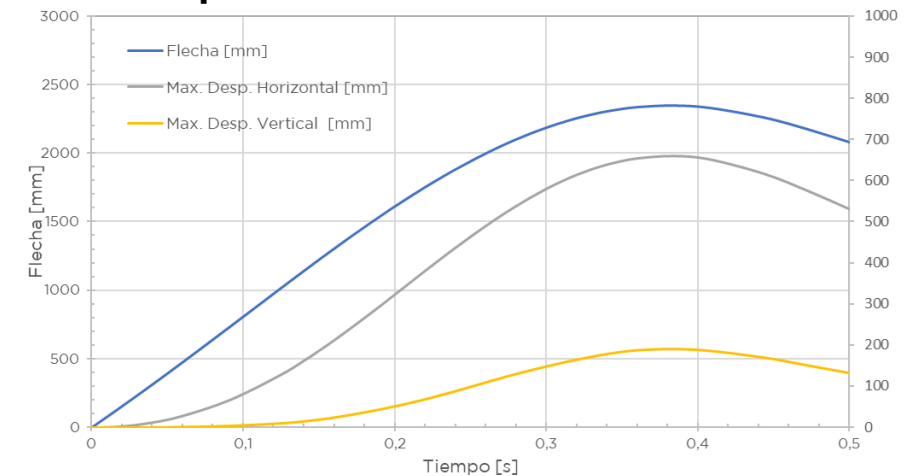


Figura 9. Gráfico de flecha del sistema y de desplazamientos horizontales y verticales máximos en el poste para caso 1

Resultados – Caso 1

- Como se dijo previamente, la flecha del sistema alcanza un valor máximo estimado en 2345 mm
- Importante destacar que esta estimación toma en cuenta la rigidez del muelle que idealiza la eslinga según los cálculos mencionados previamente, por lo que, al haber incertidumbre en el valor de esta rigidez, la estimación de la flecha puede presentar un error relativo significativo, debido a la aportación de la elongación de la eslinga, por lo que se recomienda tomar este valor como una referencia

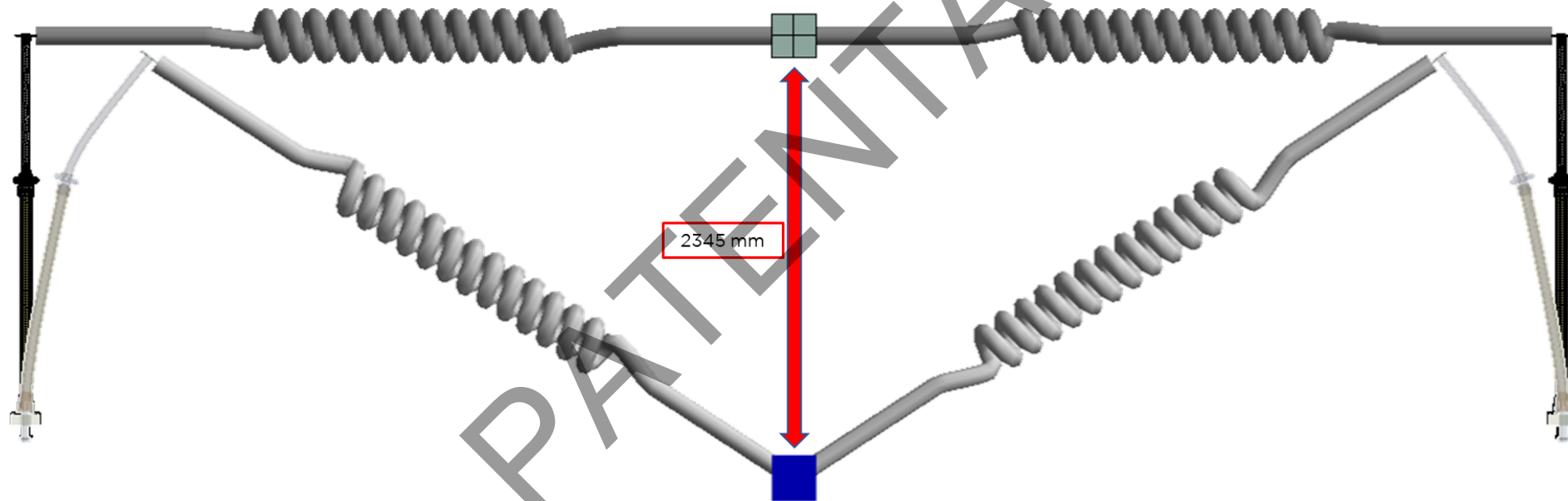


Figura 10. Imagen representativa de la flecha máxima del sistema

Geometría y consideraciones – Caso 2: Masa lanzada desde 6 m

Geometría a partir de archivo "POSTE ENCOFRADOR_20210117.pdf" enviado por GALIGRU

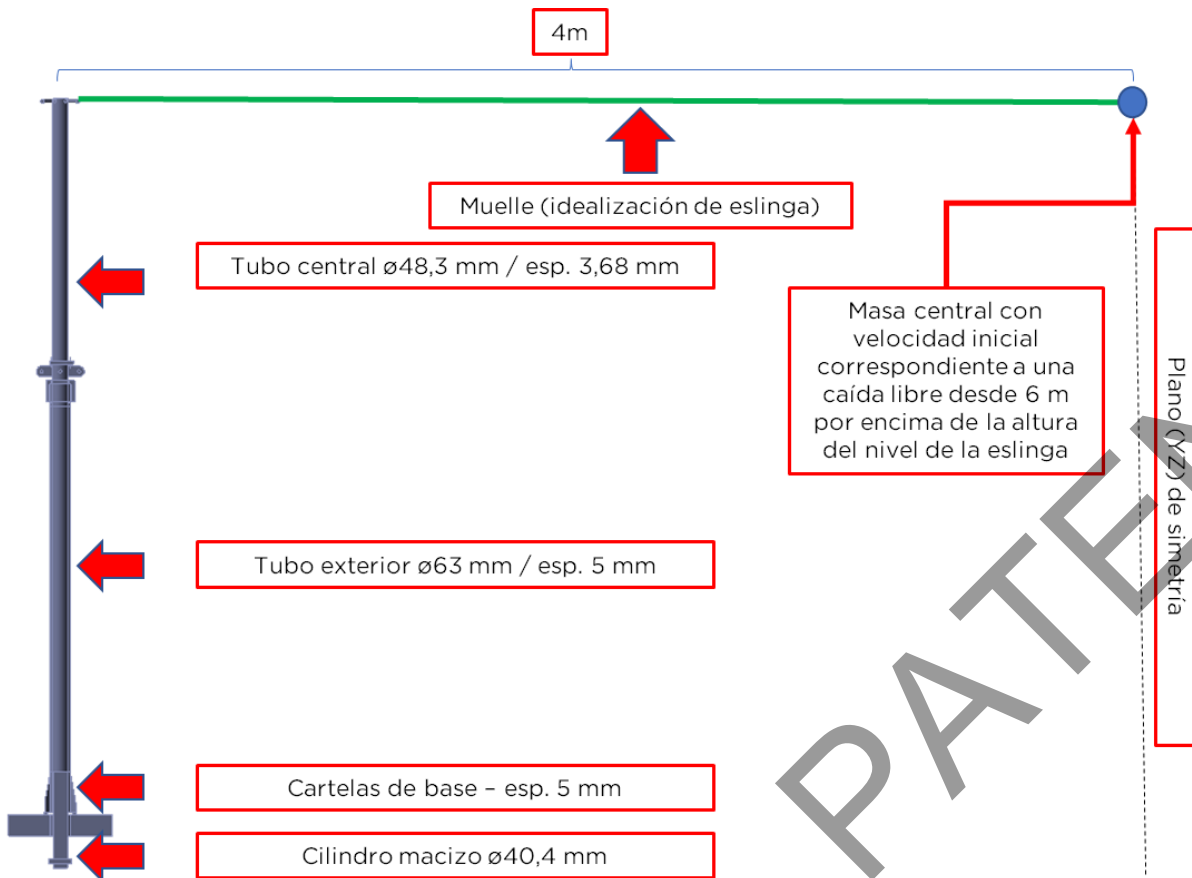


Figura 11. Geometría para Caso 2

- Mismas condiciones geométricas del poste en el caso 1
- Se une el poste en su barra superior de 10 mm de diámetro a una masa de 50 kg (por la simetría del sistema, ya que la indicada por GALIGRU era de 100 kg) a 4 m del poste
- Se estima la velocidad que tendría la masa si es lanzada en caída libre desde 6 m de altura sobre el nivel inicial de la eslinga. Este valor corresponde a 10,85 m/s en la dirección vertical (Z)
- Se indica que la masa tiene la velocidad inicial previamente estimada y se activa la gravedad para todo el sistema. La simulación total se configura para que capte la respuesta del sistema en 0,5 segundos, contados desde el momento en que la masa
- Se registra la evolución de los desplazamientos y deformaciones plásticas máximas en función del tiempo

Modelo 3D – Caso 1: Geometría original, vano de 8 m y altura inicial de masa de 6 m

Resultados – Caso 2

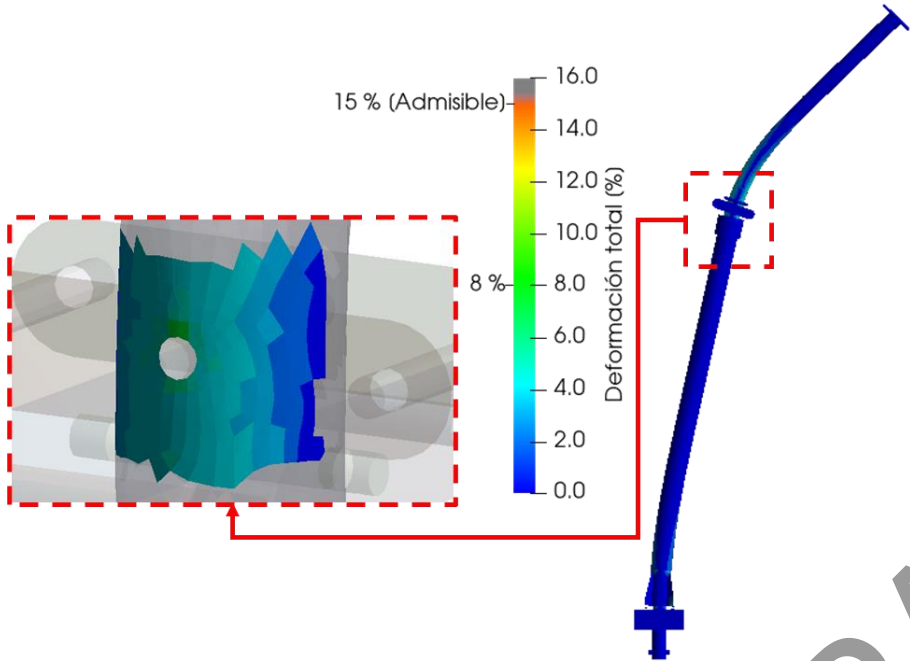
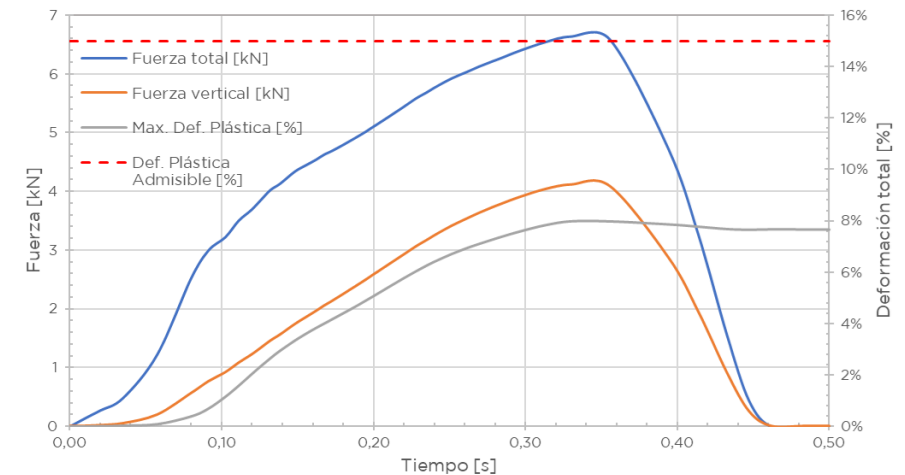


Figura 12. Gráfico de contornos de la deformación plástica del poste para caso 2

- El lanzamiento de la masa desde 6 m de altura en caída libre genera una fuerza de reacción que alcanza un valor máximo de aproximadamente 6,6 kN en la eslinga (fuerza total), con una componente vertical de aproximadamente 4,1 kN
- Esta sollicitación dinámica genera un valor máximo de la deformación total del sistema (elástica + plástica) de aproximadamente 8 %, tomando este valor como la media de un elemento para evitar valores nodales puntuales
- El valor de deformación total máximo registrado se encuentra por debajo del límite mínimo de elongación recomendado por el EC3 (15 %), por lo que se considera que el poste no falla. Este límite puede ser conservador en este caso, ya que los aceros S275 normalmente presentan mayores valores de elongaciones máximas previa rotura en un ensayo de tracción

Figura 13. Gráfico de fuerzas registradas y deformación plástica en el poste para caso 2



Resultados – Caso 2

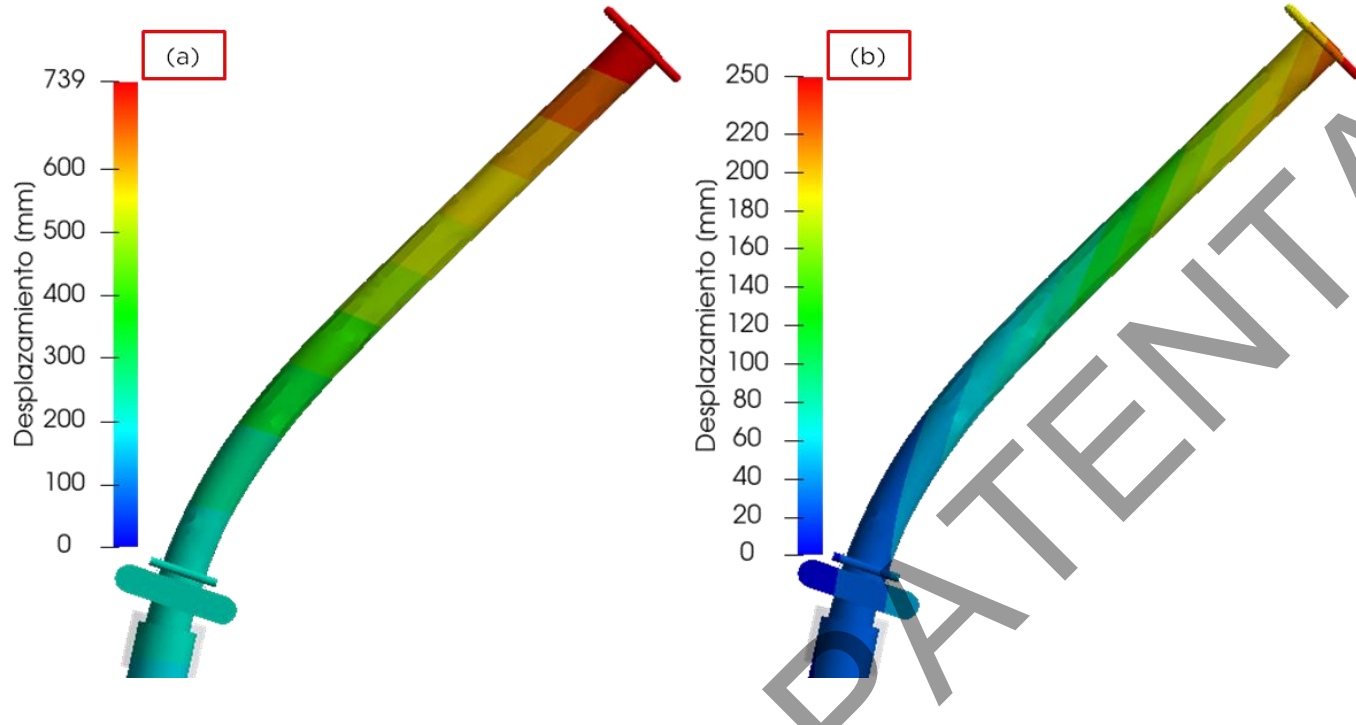


Figura 14. Gráfico de contornos de los desplazamientos del poste en la dirección (a) horizontal (X) y (b) vertical (Z)

- El punto superior del poste que más se desplaza lo hace alrededor de 739 mm en la dirección horizontal (X) y 250 mm en la dirección vertical (Z)
- La flecha máxima estimada alcanza un valor de 2813 mm, estando por debajo del criterio suministrado por GALIGRU de 3 m (2 m del poste + 1 m por debajo del nivel de la base del poste) para que un trabajador no pegue contra el suelo, el cual se debe encontrar aproximadamente a 2,5 m por debajo de la base del poste

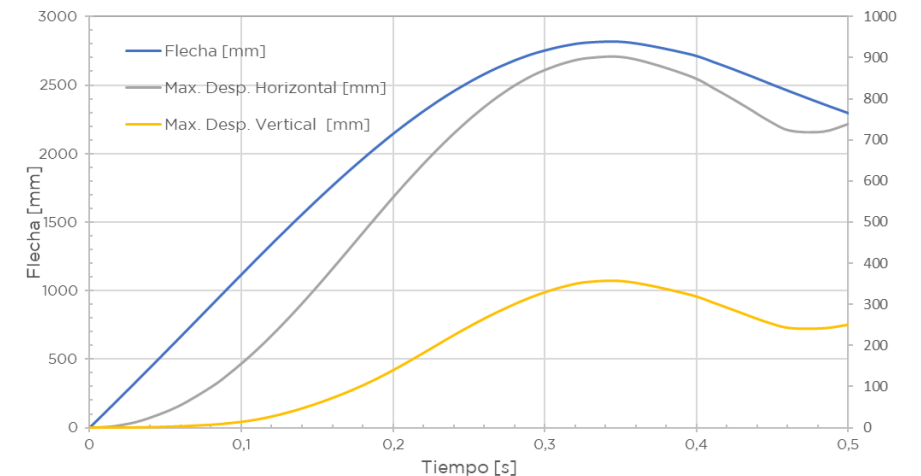


Figura 15. Gráfico de flecha del sistema y de desplazamientos horizontales y verticales máximos en el poste para caso 2

Resultados – Caso 2

- Como se dijo previamente, la flecha del sistema alcanza un valor máximo estimado en 2813 mm
- Importante destacar que esta estimación toma en cuenta la rigidez del muelle que idealiza la eslinga según los cálculos mencionados previamente, por lo que, al haber incertidumbre en el valor de esta rigidez, la estimación de la flecha puede presentar un error relativo significativo, debido a la aportación de la elongación de la eslinga, por lo que se recomienda tomar este valor como una referencia

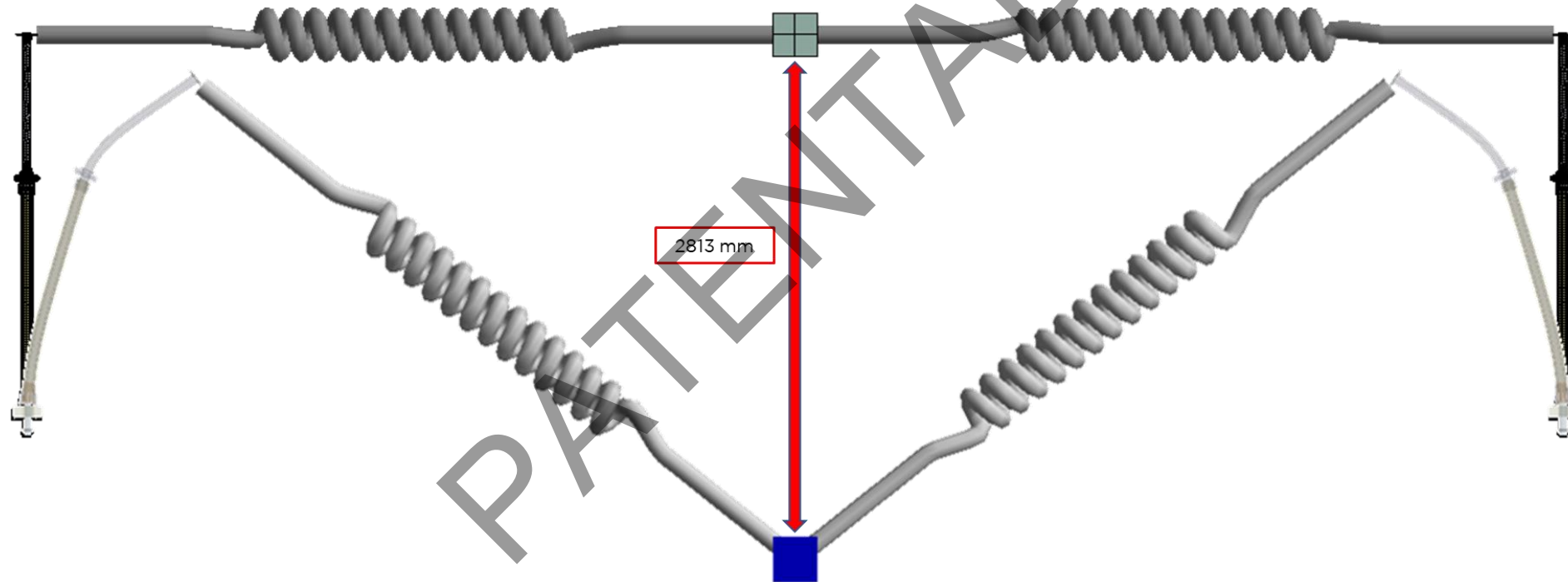


Figura 16. Imagen representativa de la flecha máxima del sistema para el caso 2

Resultados – Reacciones en la base del poste

- La siguiente figura resume las reacciones en la base del poste, siendo estas correspondientes a las siguientes descripciones:
 - Una fuerza vertical, V , originada por las contribuciones del peso del poste más la fuerza dinámica impartida por la masa al impactar en la eslinga
 - Una fuerza horizontal, H , derivada de la componente de la reacción de la eslinga en la misma dirección y sentido contrario
 - Un momento flector, M , derivado del producto de la componente horizontal de la reacción de la eslinga por la altura del poste

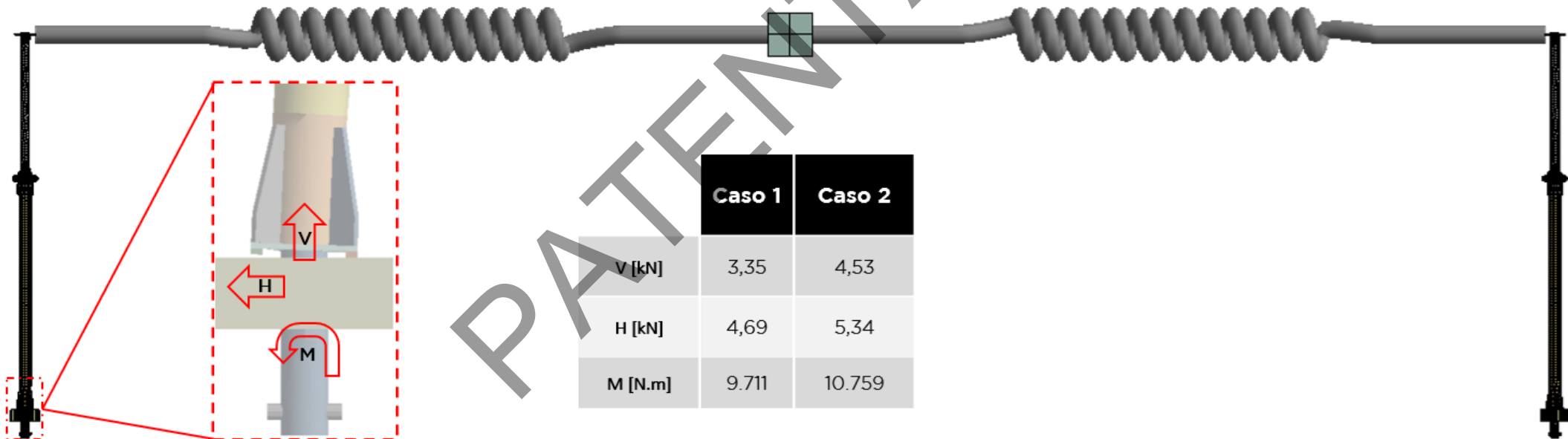


Figura 17. Reacciones en la base del poste para los 2 casos estudiados

Resultados: Reacciones en la base de cada poste

CONCLUSIONES

PATENTADO

Conclusiones

- El poste encofrador de edificios, bajo su diseño original, **soporta las solicitaciones dinámicas indicadas por GALIGRU** bajo la configuración estudiada: 2 postes idénticos separados 8 m entre sus ejes y conectados entre sí por una eslinga
- Al lanzar una masa de 100 kg en caída libre en el punto medio de la eslinga, desde una altura de 3 m, se estima que la fuerza de reacción total en la eslinga esté alrededor de 5,5 kN y su componente vertical en 3 kN. Asimismo, la deformación total (elástica + plástica) máxima medida como el promedio en un elemento alcanza un valor estimado del 5,9 % (por debajo del criterio conservador del EC3 del 15 %).
- Al lanzar una masa de 100 kg en caída libre en el punto medio de la eslinga, desde una altura de 6 m, se estima que la fuerza de reacción total en la eslinga esté alrededor de 6,6 kN y su componente vertical en 4,1 kN. Asimismo, la deformación total (elástica + plástica) máxima medida como el promedio en un elemento alcanza un valor estimado del 8 % (por debajo del criterio conservador del EC3 del 15 %).
- La flecha máxima en el sistema se estima en 2345 mm y 2813 mm, al lanzar la masa de 100 kg en caída libre desde alturas respectivas de 3 m y 6 m. Importante destacar que estas estimaciones tienen cierta incertidumbre dado que contienen contribuciones debidas a la elongación de la eslinga, que a su vez dependen de su rigidez, la cual fue estimada en función de una búsqueda realizada por SDEA, ya que no existía mayor información de este componente suministrada por GALIGRU