An abstract sculpture made of many flat, triangular and polygonal pieces of light-colored material, possibly stone or concrete, arranged in a complex, overlapping geometric pattern. The lighting creates strong shadows and highlights, emphasizing the sharp edges and facets of the structure.

PROPUESTA Y FORMULACIÓN PARA EL ANÁLISIS SUBESTRUCTURADO DE GRANDES ESTRUCTURAS DE MATERIAL COMPUESTO

CENTRO
INTERNACIONAL DE
MÉTODOS NUMÉRICOS
EN LA INGENIERÍA

Grupo:
CAMMS

Francesc Turon

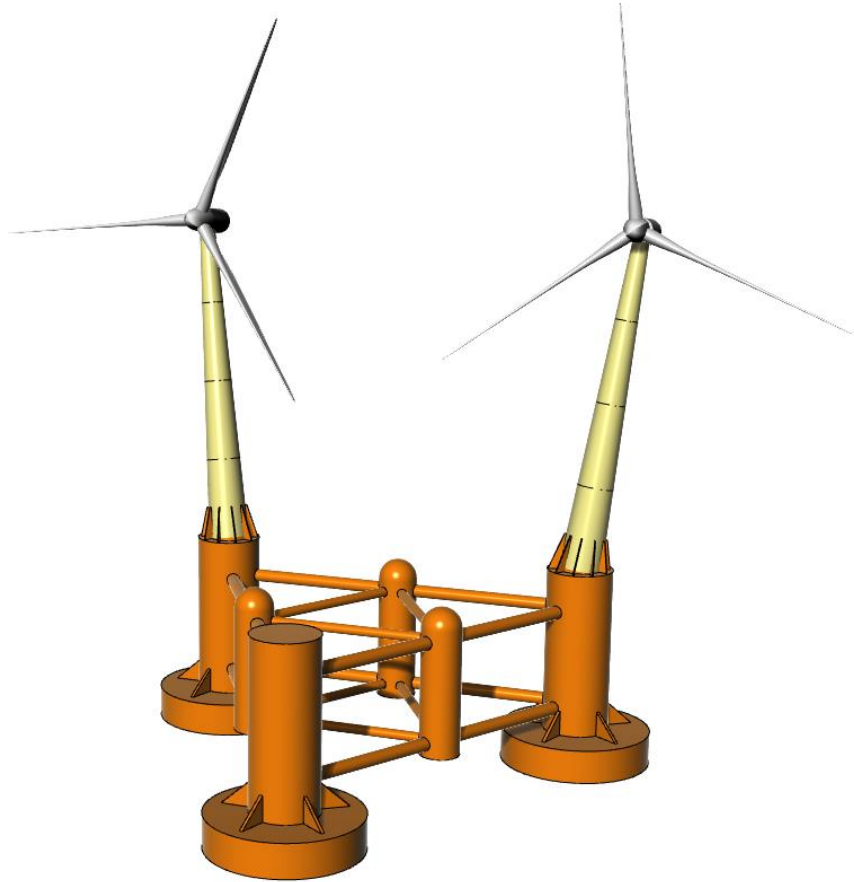
Proyectos - Innovación e aporte



FIBRE4YARDS tiene como objetivo adaptar y transformar los métodos de producción presentes en los astilleros para la producción en serie de embarcaciones de material compuesto.

FIBREGY tiene como objetivo impulsar la implementación de los materiales compuestos a los sistemas de generación eléctrico marinos.

Diseño e investigación

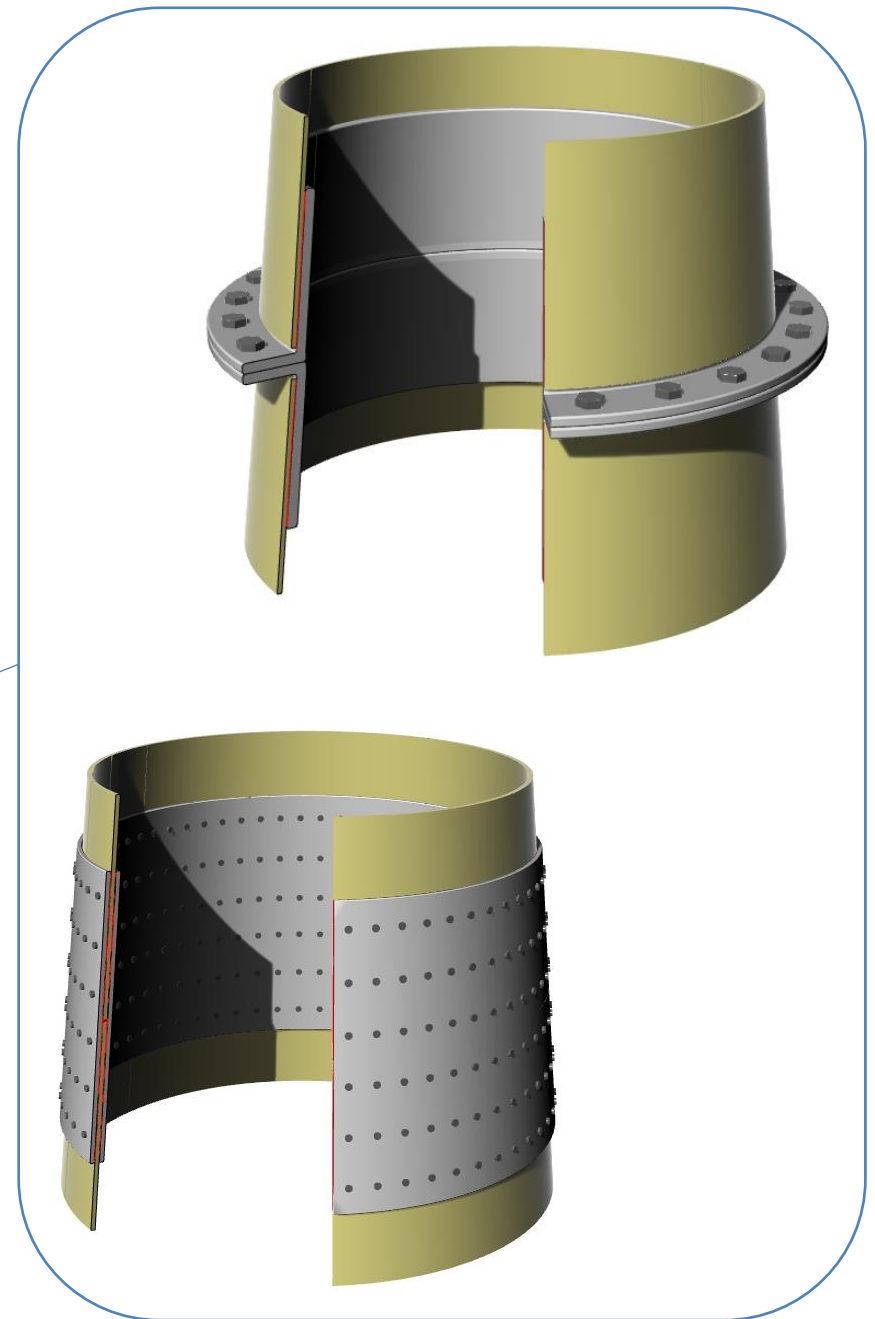
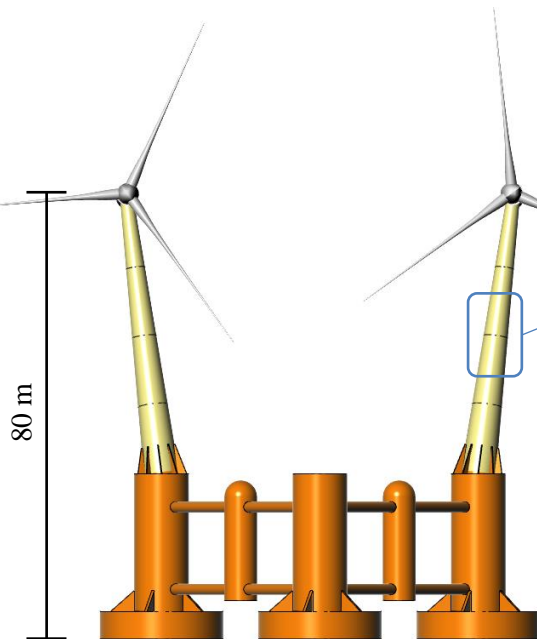


En ambos proyectos se prioriza el uso de materiales compuestos debido a su alta resistencia al entorno marino y su alta tolerancia a las cargas cíclicas.

Desde CIMNE asistimos a la fase de diseño mediante ensayos numéricos con los que optimizar y perfeccionar el producto final.

Rediseñando con materiales compuestos

El uso de los materiales compuestos aflora zonas de unión y discontinuidades que deben ser analizadas mediante análisis FEM.

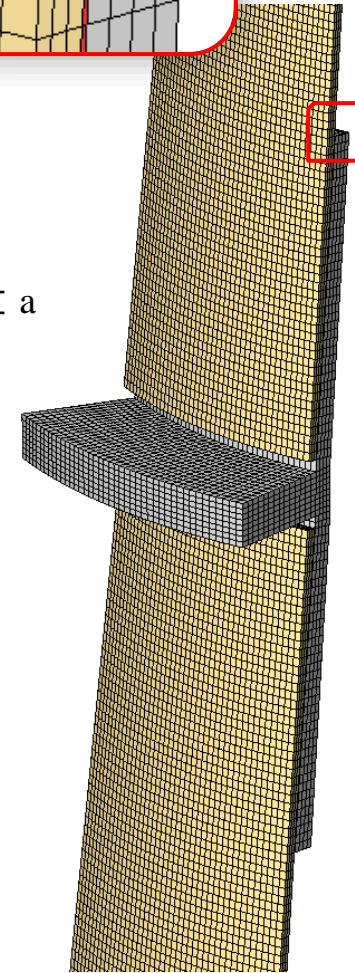
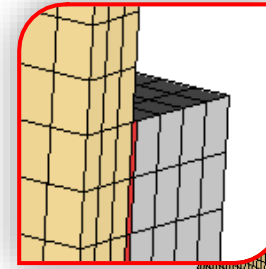
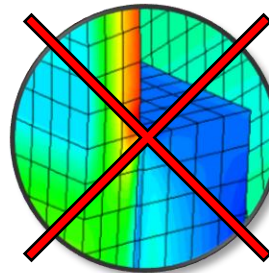
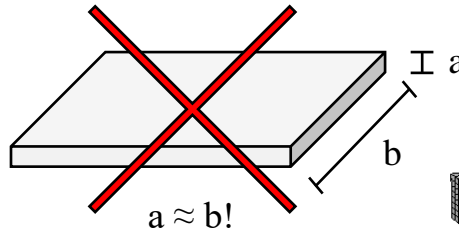


Limitaciones actuales

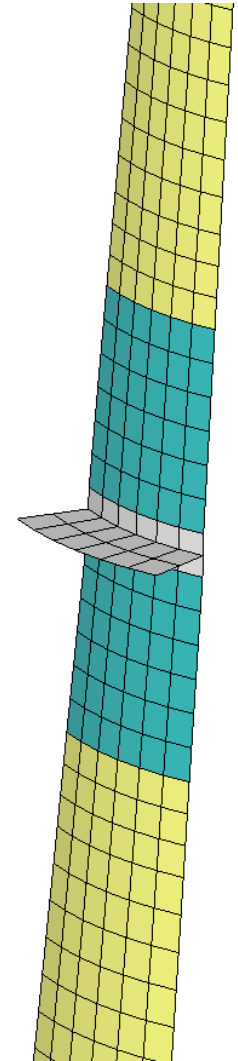
La naturaleza laminar de los materiales compuestos encarece notablemente su análisis mediante el FEM.

Debido a la proporción en el número total de elementos Sólidos es muy elevado.

Los elementos Shell, mucho más económicos, no son capaces de aproximar el estado de tensión cerca de discontinuidades.



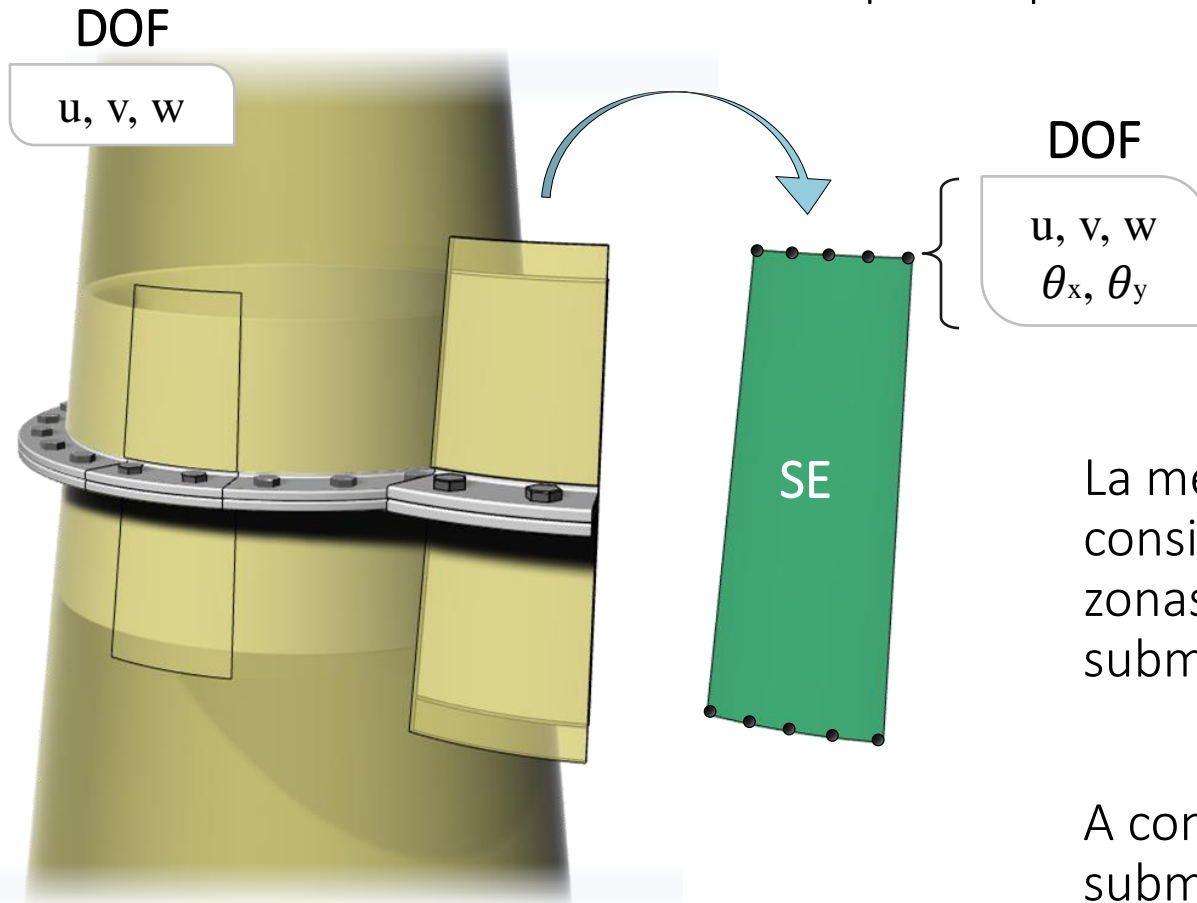
Malla volumétrica con elementos Sólidos



Malla con elementos Shell equivalente

Enfoque

Objetivo: Reducir el coste computacional sin perder precisión en las irregularidades.



Modelo volumétrico
de la estructura

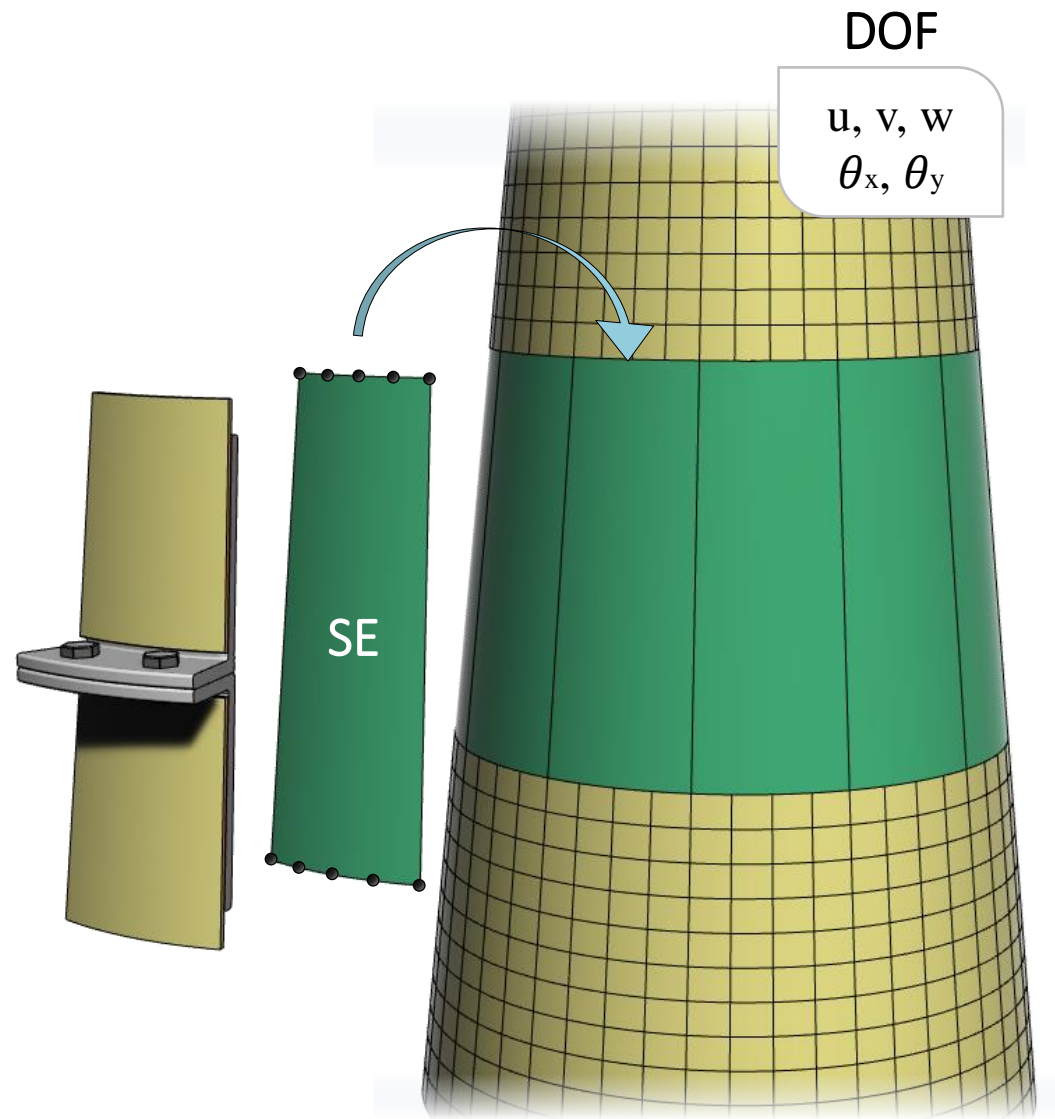
La metodología propuesta consiste en aislar las distintas zonas de discontinuidad en submodelos que se repitan.

A continuación, reducir dichos submodelos a *superelementos* (SE) compatibles con elementos tipo Shell.

Enfoque

Definir y resolver un modelo estructural ensamblando elementos convencionales tipo Shell y los SE.

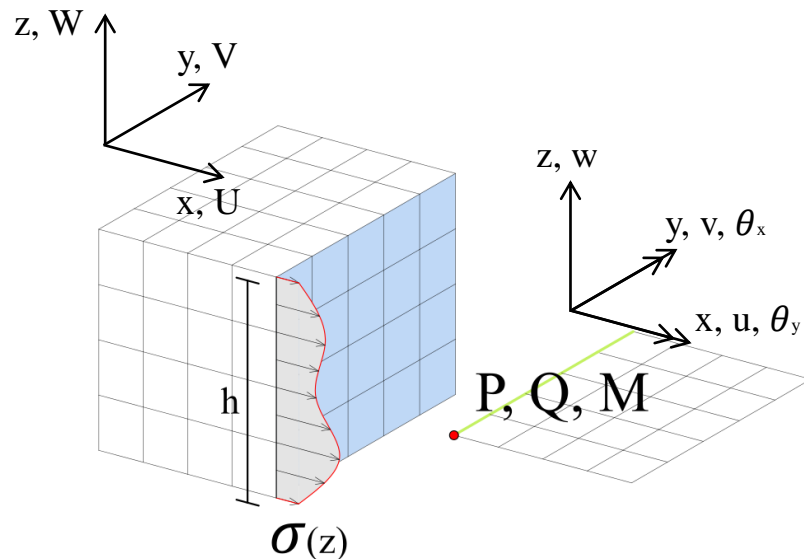
Finalmente evaluar el estado tensional en cada SE.



Modelo estructural /
elementos Shell + SE

Definición del SE

1. Condensación de los nodos internos en el modelo volumétrico de la irregularidad
2. Parametrización de los nodos de contorno mediante equilibrio energético.



Igualdad de reacciones

$$\int_A \sigma_x dA = P$$

$$\int_A \tau_{xz} dA = Q$$

$$\int_A \sigma_{xz} dA = M$$

Igualdad de energía

$$\int_A \sigma_x U dA = Pu$$

$$\int_A \tau_{xz} W dA = Qw$$

$$\int_A \sigma_{xz} U dA = M_y \theta$$

Relación débil entre los grados de libertad

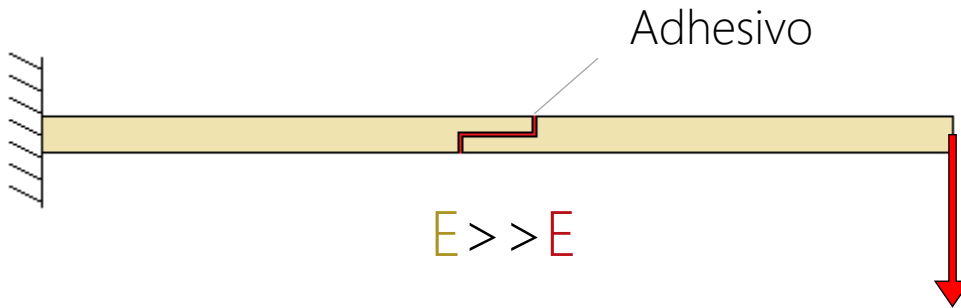
$$u = \sum k_i U_i$$

$$v = \sum k_i V_i$$

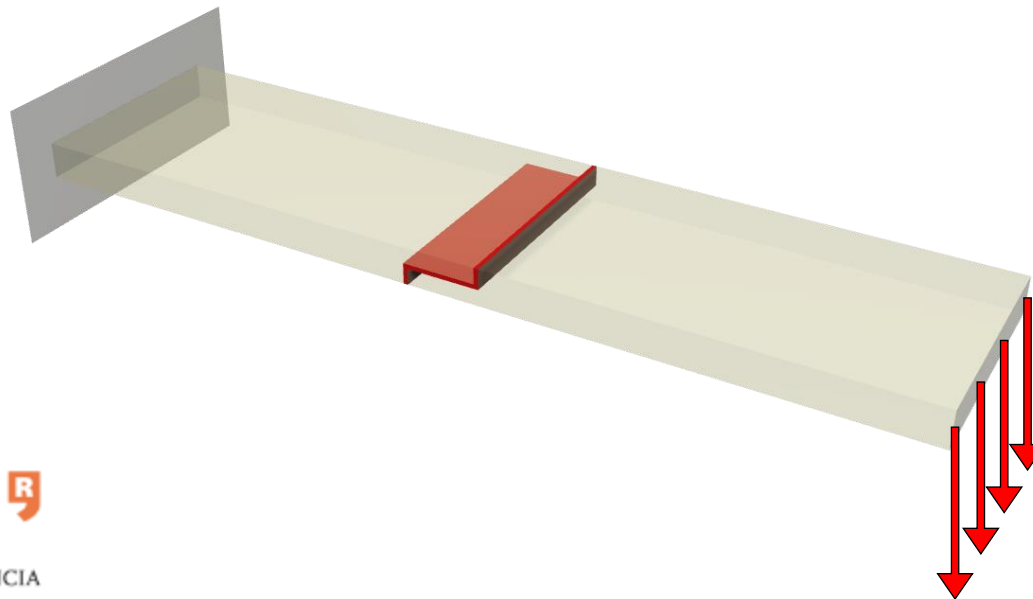
$$\theta = \sum k_i U_i$$

Compatibilidad en desplazamientos y tensiones

Ejemplo de discontinuidad

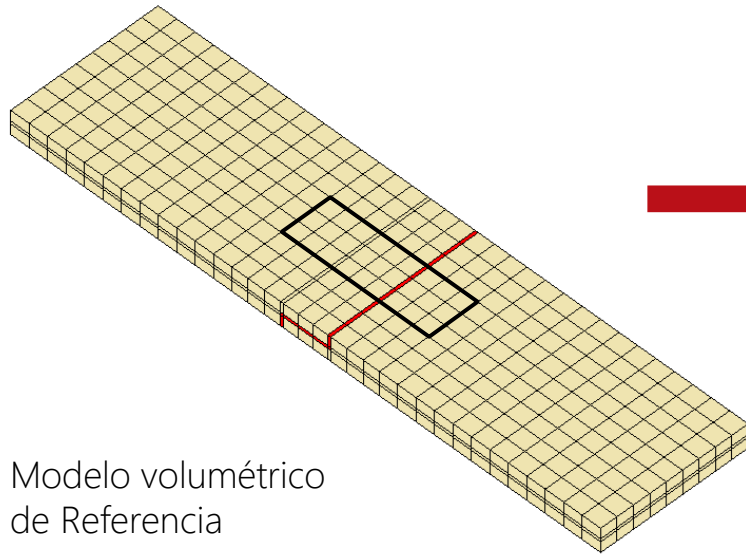


Modelo empotrado con dos materiales de distinta rigidez sujeto a un desplazamiento impuesto

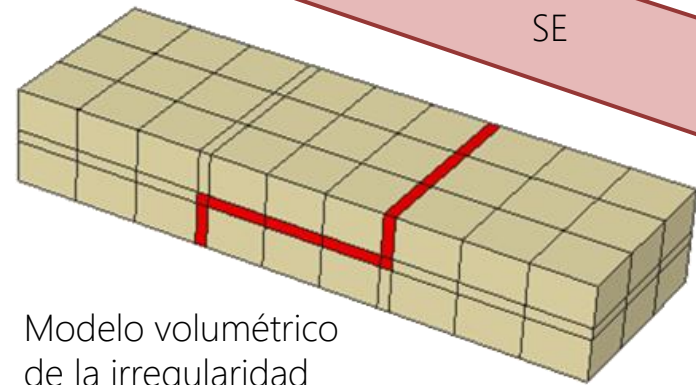


Desplazamiento impuesto

Modelos

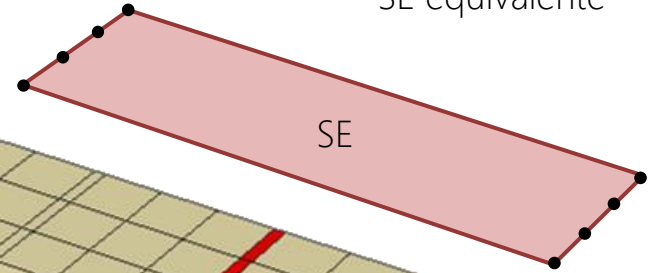


Modelo volumétrico de Referencia



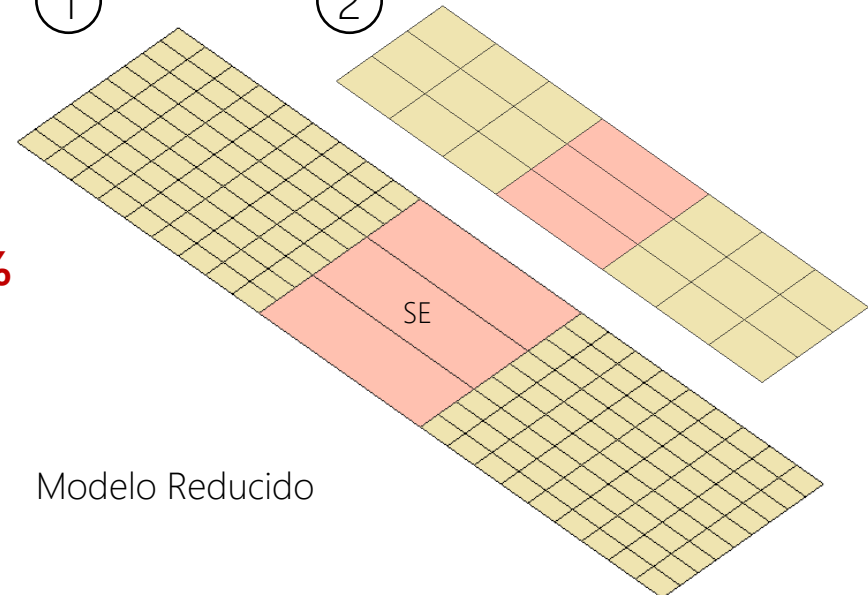
Modelo volumétrico de la irregularidad

Definición del SE equivalente



①

②



Modelo Reducido

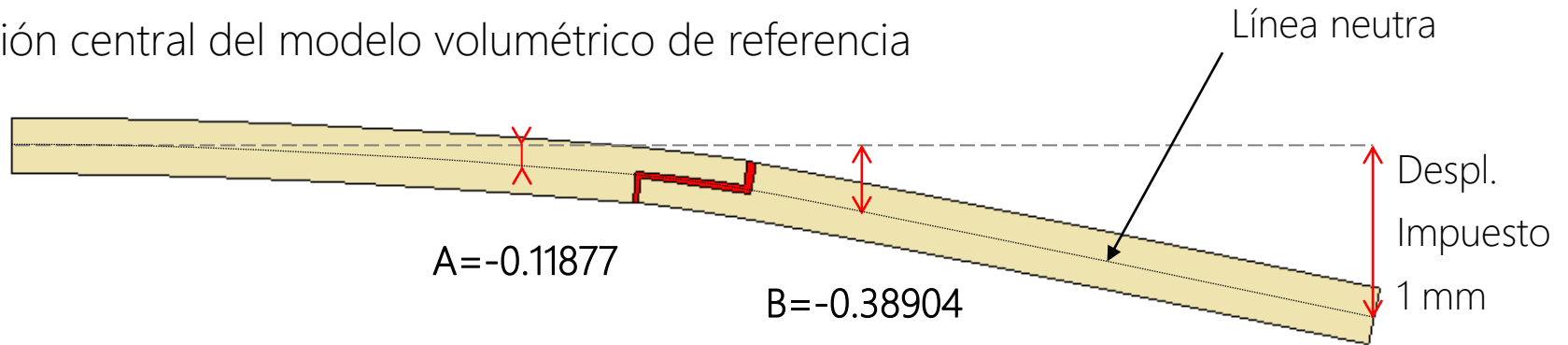
Grados de libertad	
Referencia	16000
Mod. Estructural 1	4000
Mod. Estructural 2	1800



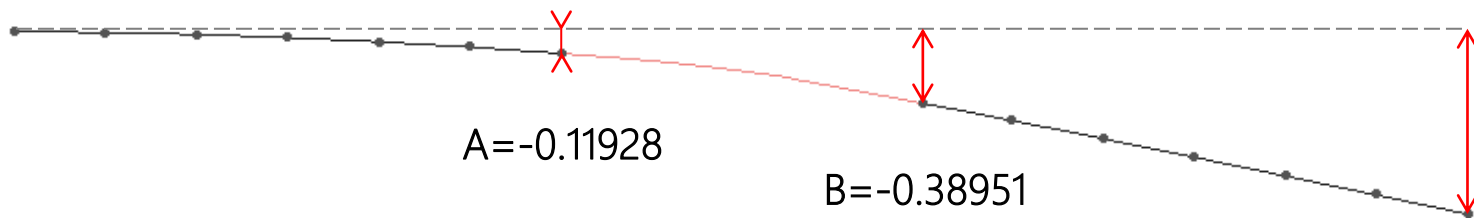
-90%

Desplazamientos

Sección central del modelo volumétrico de referencia

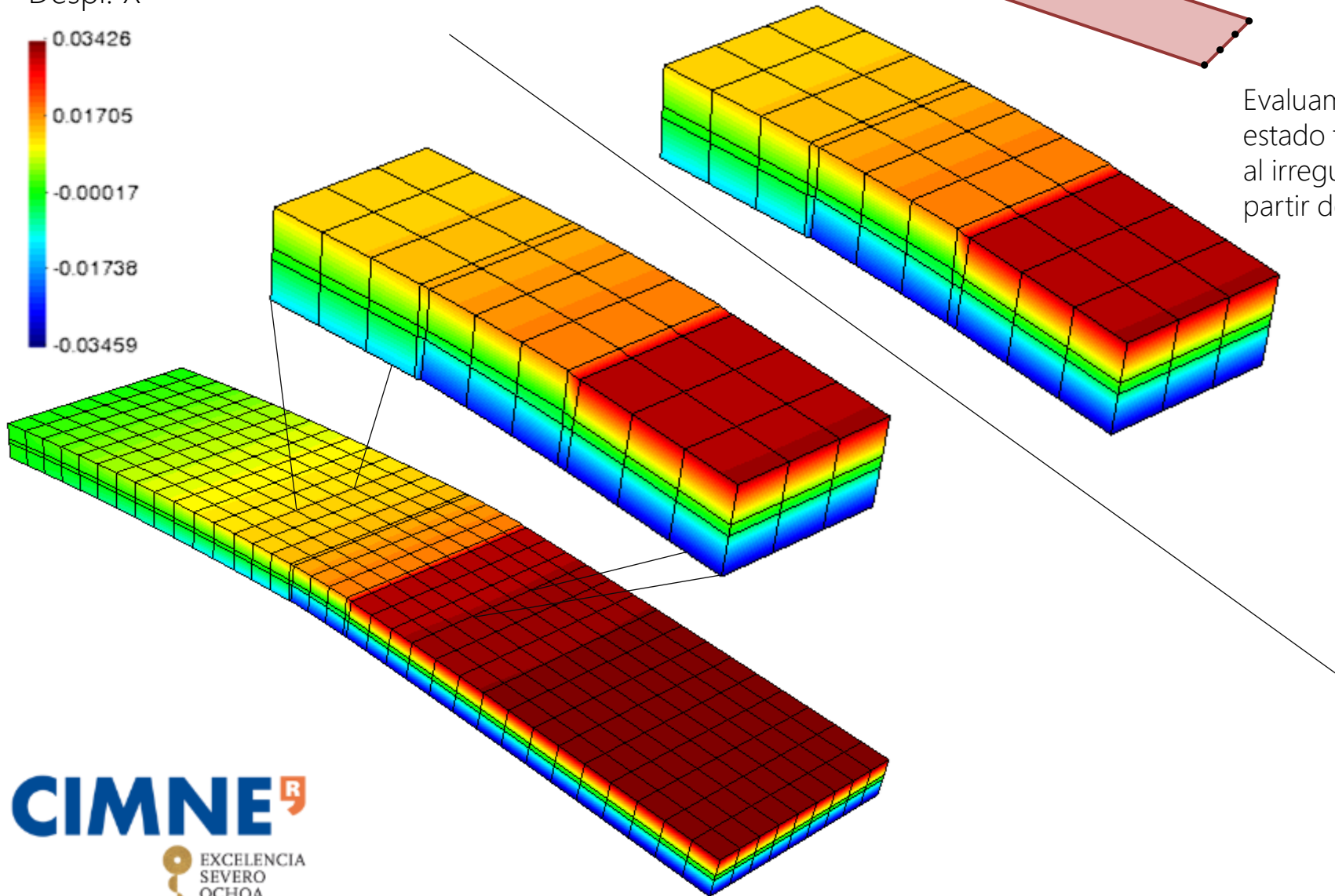
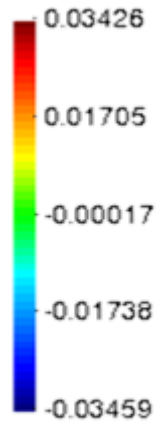


Sección central del modelo estructural



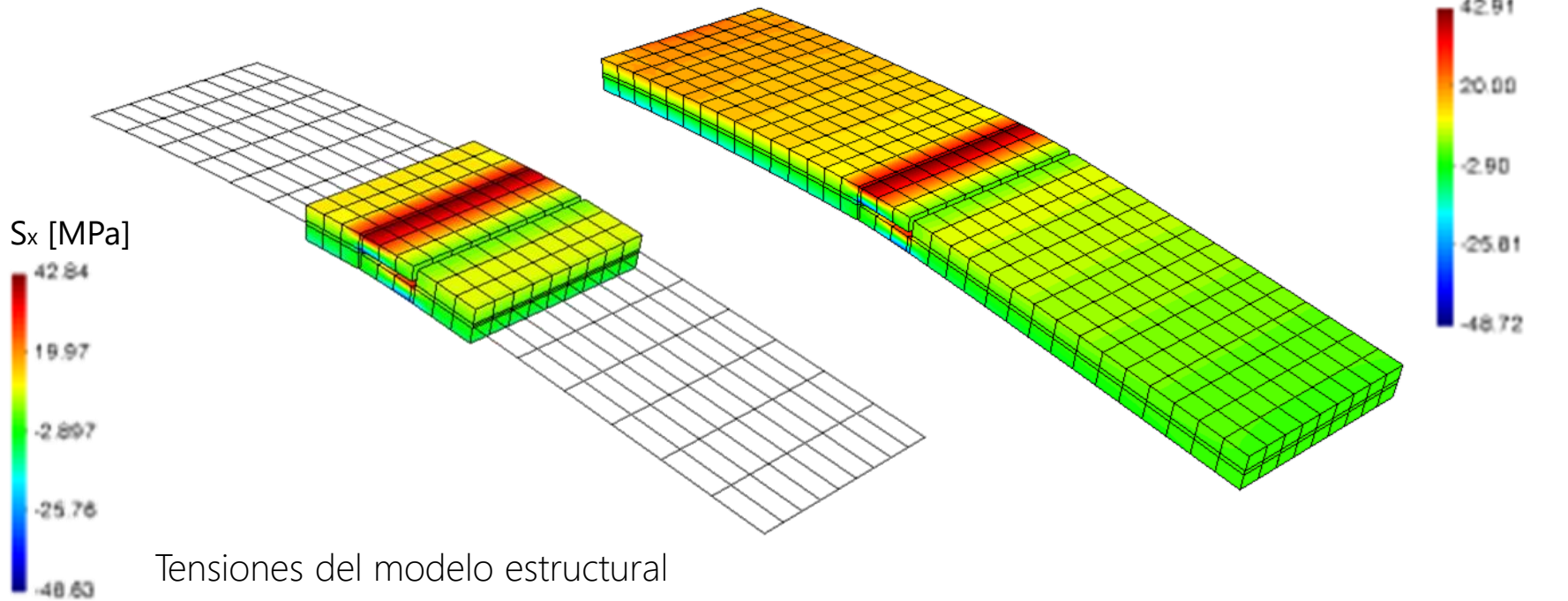
Desplazamientos

Despl. X



Estado tensional

Tensiones en el modelo volumétrico de referencia



Podemos concluir que con la correcta definición de los superelementos el modelo estructural reducido es equivalente a su modelo análogo descrito con elementos volumétricos

Conclusiones

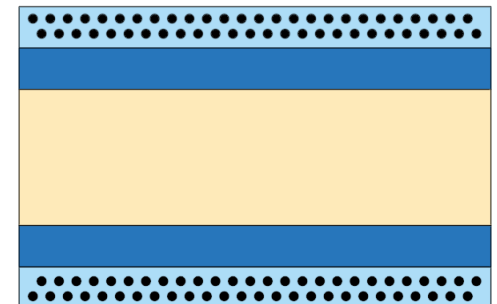
- La definición de los superelementos permite tener en cuenta el comportamiento de uniones y otras discontinuidades con la precisión propia de un modelo volumétrico, utilizando elementos lámina.
- Esta metodología permite minimizar el coste computacional asociado al análisis de grandes estructuras de material compuesto teniendo en cuenta sus detalles estructurales.

Desarrollos

- Extender el acople energético a secciones laminares propias de los materiales compuestos.
- Automatizar el proceso de generación y definición de los SE así como su asignación y ensamblaje en el modelo estructural.
- Explorando teorías laminares más complejas y con mas grados de libertad mas idóneas para laminados tipo sándwich.

Futuras líneas de investigación

- Estudiar la implementación a modelos no lineales



Agradecimientos



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N° 952966.



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N° 101006860.





Muchas gracias por
su atención

Francesc Turon