

# Palacio de las Artes Reina Sofía

## Análisis de la cáscara

**Proyecto final de grado 2010-2011**

**Taller 14:**

Superficies arquitectónicas singulares

**Proyecto:**

Alberto Carreras Gumá

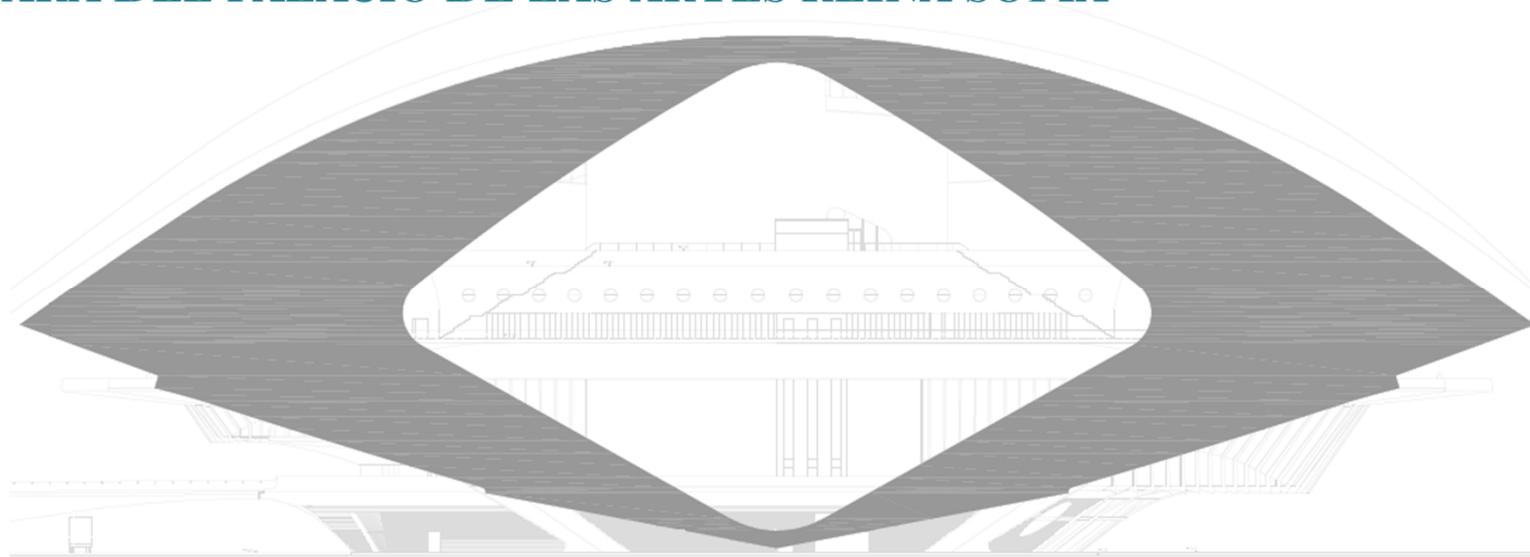
**Tutores:**

Francisco Javier Sanchís Sanpedro

Rafael Juan Ligorit Tomás

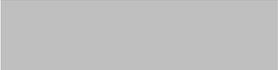


## CÁSCARA DEL PALACIO DE LAS ARTES REINA SOFÍA



*Alzado de la cáscara.*





**ESTUDIO GEOMÉTRICO**



ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

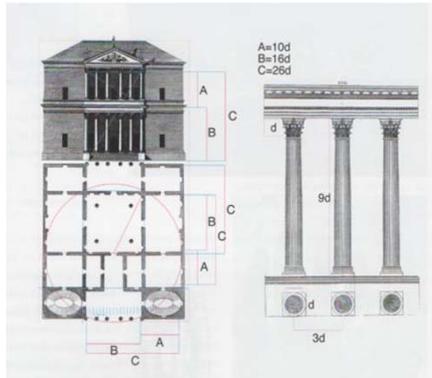


ANÁLISIS ESTRUCTURAL



MONTAJE EN OBRA

## USO DE LA GEOMETRÍA



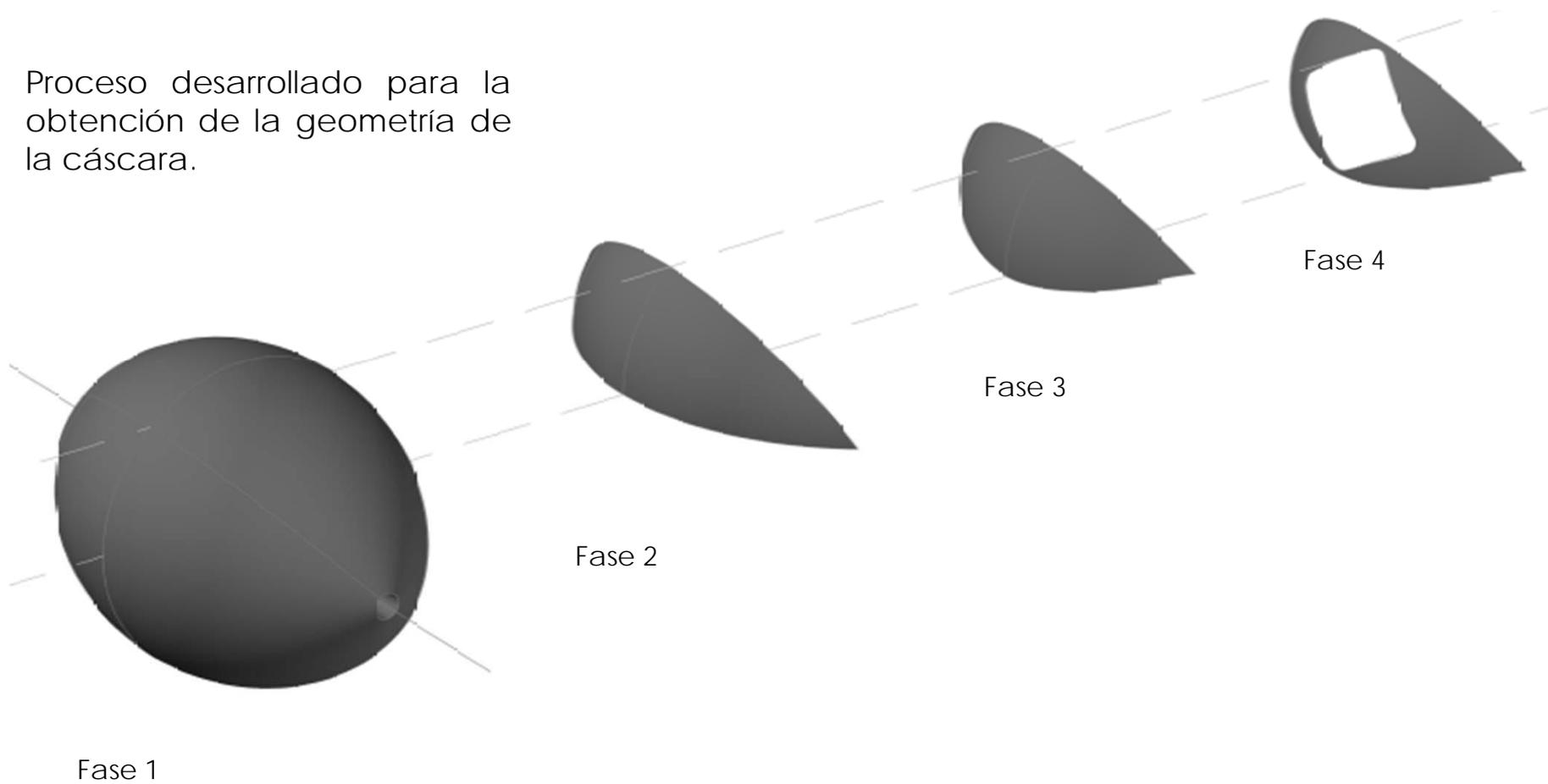
Evolución de la geometría



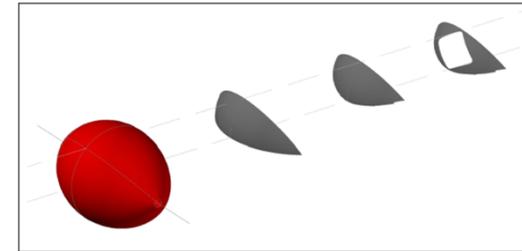
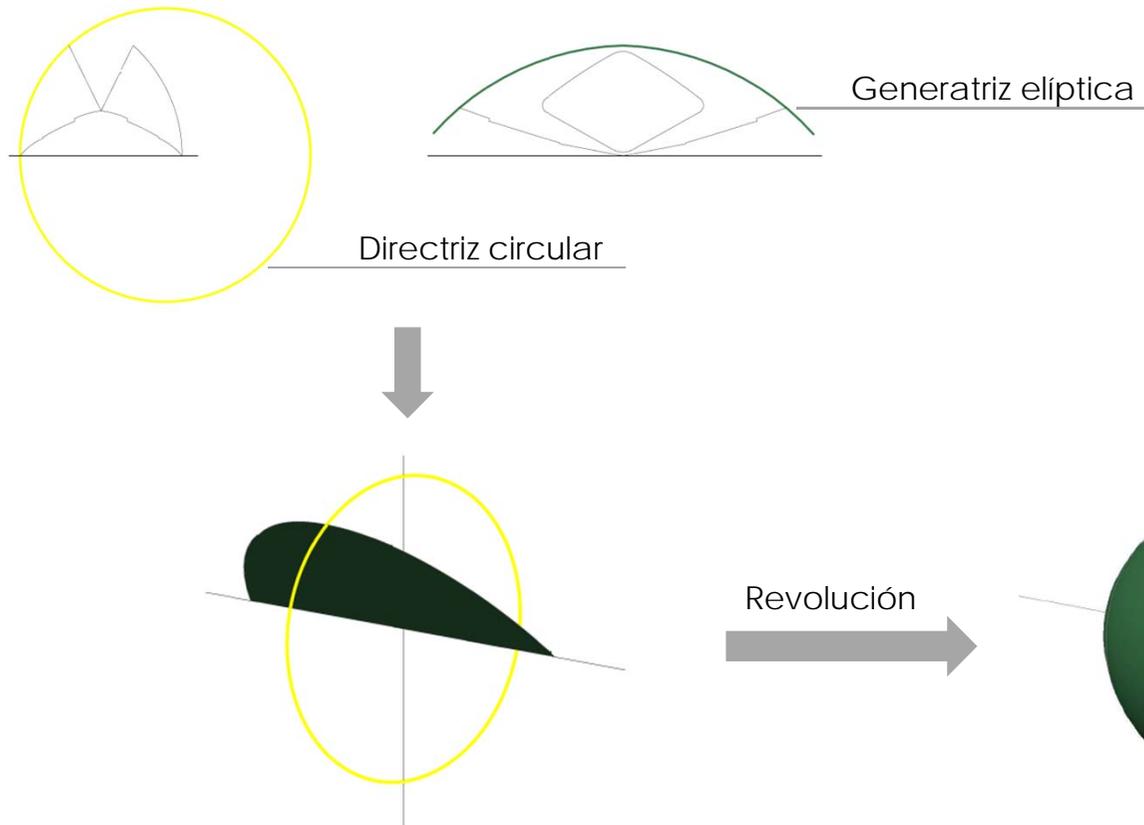
Santiago  
Calatrava

## DESARROLLO GEOMÉTRICO DE LA CÁSCARA

Proceso desarrollado para la obtención de la geometría de la cáscara.

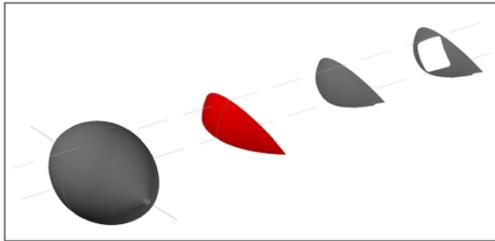


# Fase 1.

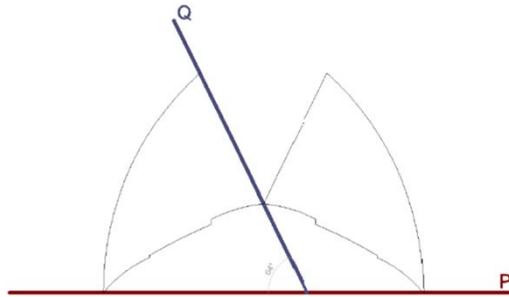


*En rojo, fase analizada*

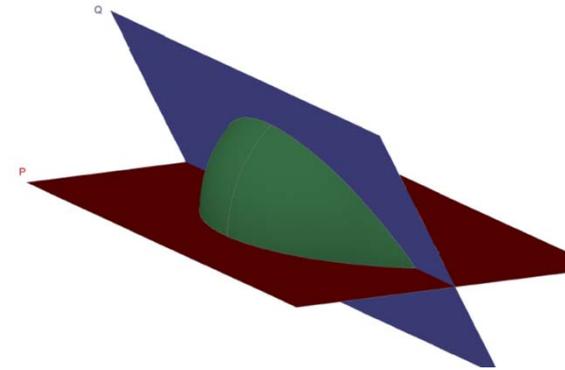
## Fase 2.



*En rojo, fase analizada*

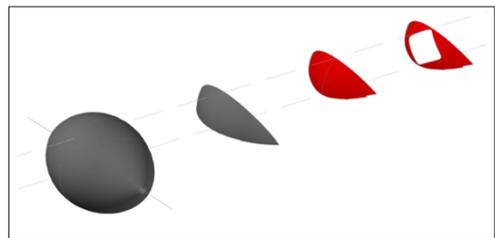


*Alzado. Planos de corte Q y P*

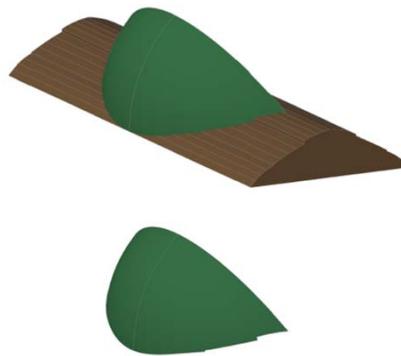


*Perspectiva de la fase 2*

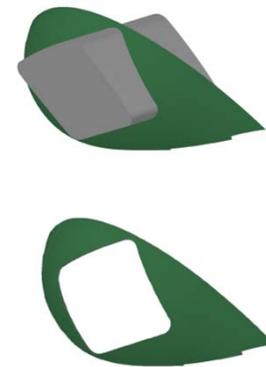
## Fases 3 y 4.



*En rojo, fase analizada*



*Perspectivas fase 3*

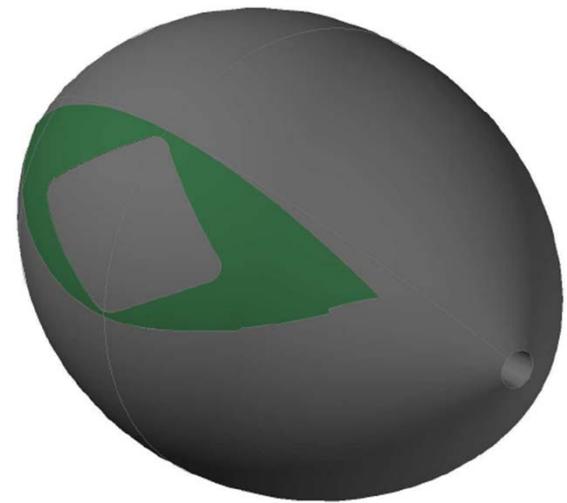


*Perspectivas fase 4*

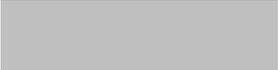
## Geometría final obtenida



*Perspectiva de la geometría final*



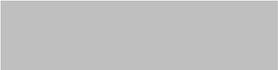
*Porción geométrica extraída del elipsoide para generar la cáscara*



ESTUDIO GEOMÉTRICO



**ANÁLISIS CONSTRUCTIVO**



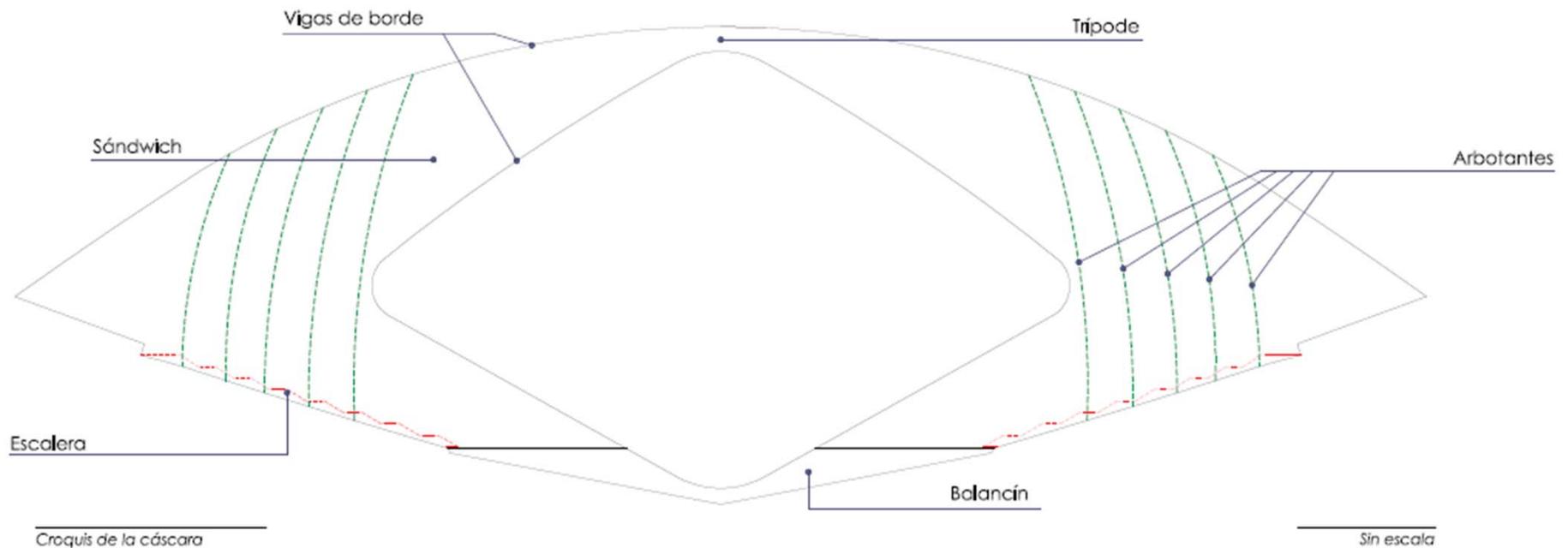
ANÁLISIS ESTRUCTURAL



MONTAJE EN OBRA

## ANÁLISIS CONSTRUCTIVO DE LA CÁSCARA

- **Estructura de la cáscara:** panel sándwich y vigas de borde
- **Apoyos:** balancín, trípode y arbotantes



## Estructura de la cáscara

- Sándwich
- Vigas de borde



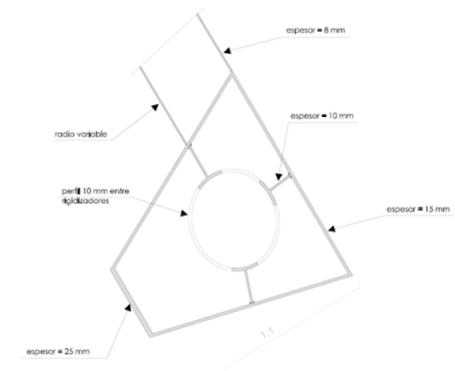
Pieza del sándwich acopiada



Sección de sándwich y viga

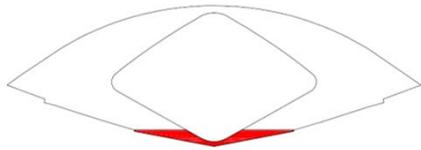


Viga de borde

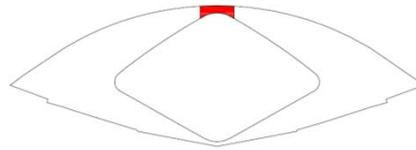


## Apoyos.

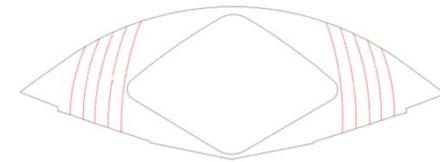
Apoyo inferior: Balancín

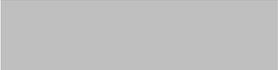


Apoyo superior: Trípode

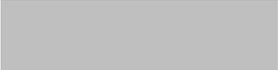


Apoyo intermedio: Arbotantes





ESTUDIO GEOMÉTRICO



ANÁLISIS CONSTRUCTIVO



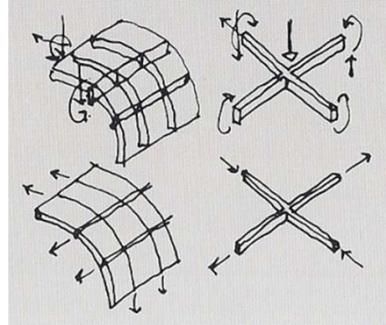
**ANÁLISIS ESTRUCTURAL**



**MONTAJE EN OBRA**

# CONDICIONANTES DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

1. Esquema estructural. La forma



Esfuerzos de flexión



Esfuerzos de membrana

2. Elección del material



Hormigón: diseño inicial

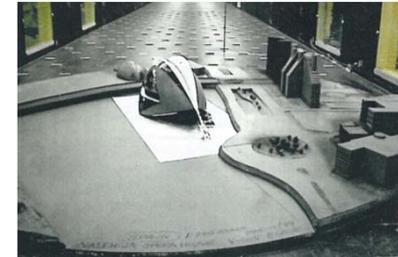


Acero: diseño final

3. Dimensionado



Modelizado y cálculo



*Ensayo túnel de viento*

## SECUENCIA DE MONTAJE

- Fase 1. Pieza clave y escalera.
- Fase 2. Siguiete pieza del panel sándwich.
- Fase 3. Colocación del sándwich unido al balancín.
- Fase 4. Pieza continuación de la colocada en fase 2.
- Fase 5. Panel y arbotante nº 1.
- Fase 6. Panel y arbotante nº 2.
- Fase 7. Panel y arbotante nº 3.
- Fase 8. Panel y arbotante nº 4.
- Fase 9. Panel y arbotante nº 5.
- Fase 10. Pieza del extremo, denominada "punta".
- Fase 12. Descenso de los apoyos provisionales y tesado del balancín.



*Fase 1*



*Fase 2*



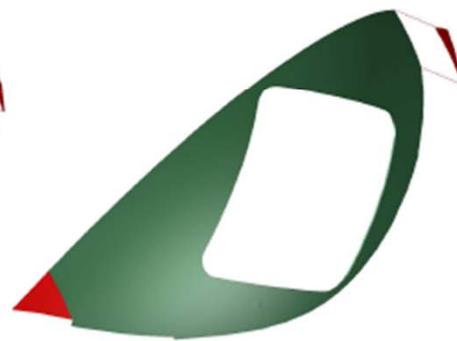
*Fase 3*



*Fase 4*



*Fase 5, 6, 7, 8 y 9*



*Fase 10*

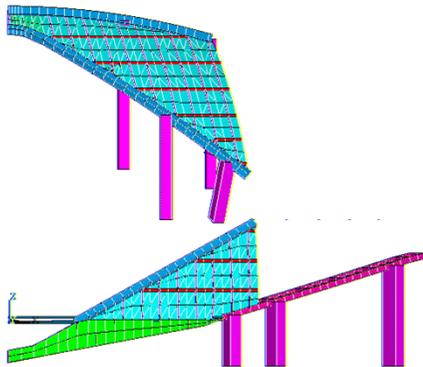


*Fase 11*

## MODELIZADO DE LA FASE 4



*Perspectiva de la fase 4*



*Modelo de cálculo en la fase 4*



*Fotografía durante el montaje de la cáscara en la fase 4*

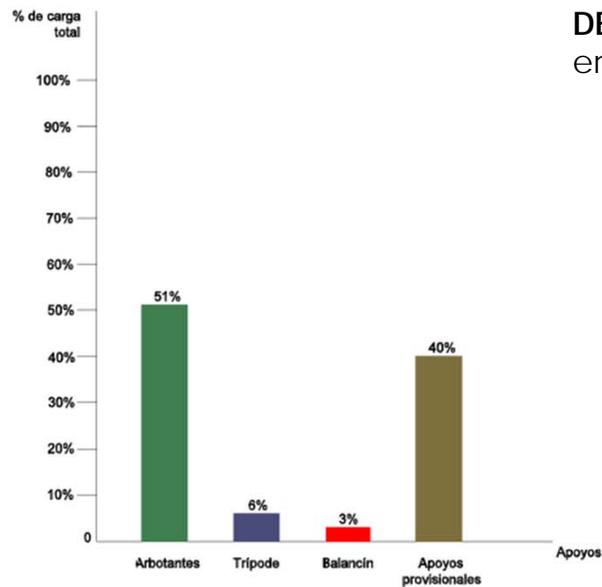
## ENTRADA EN CARGA DE LA CÁSCARA

ESCALON DE CARGA	DESCENSO ACUMULADO DE GATOS (mm)					
	APEO N° 1	APEO N° 2	APEO N° 3	APEO N° 4	APEO N° 5	APEO N° 6
1	10	7	4	2	8	9
2	19	15	8	5	16	18
3	29	22	12	7	25	27

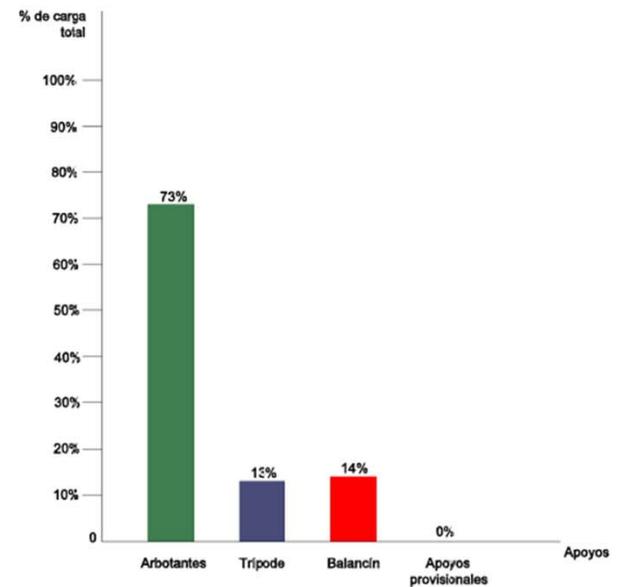
→ Descenso máximo de 27 mm

### Gráficos del % de carga en los apoyos

ANTES de la entrada en carga



DESPUÉS de la entrada en carga



## SECUENCIA FOTOGRÁFICA DEL MONTAJE

