

# RESILTRACK

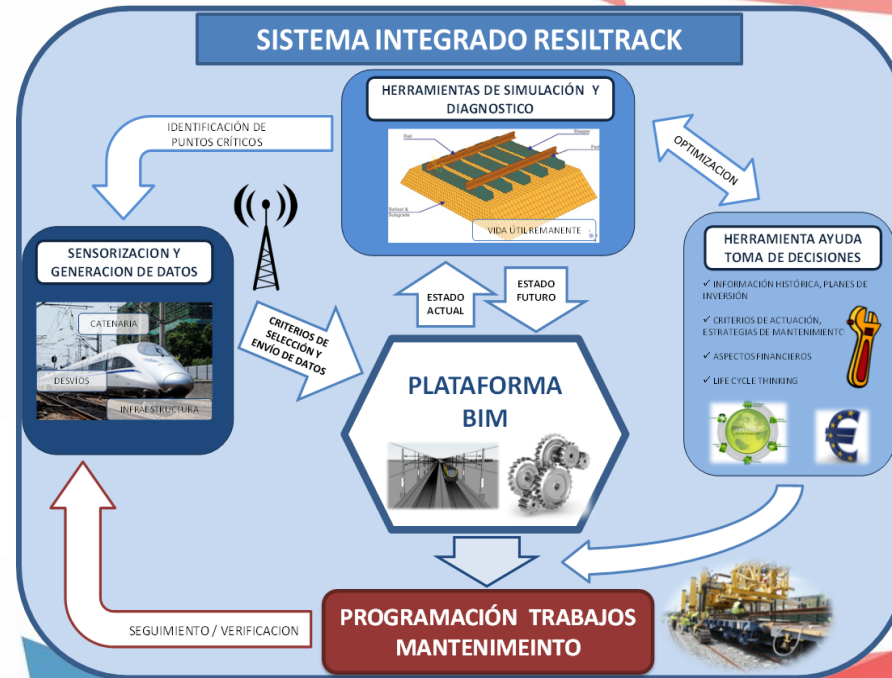
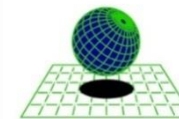
## Resiliencia de infraestructuras ferroviarias frente a Cambio Climático

# CIMNE<sup>R</sup>

### Empresas participantes



### Entidades colaboradoras



Programa Estratégico de Consorcios de Investigación Empresarial Nacional CIEN

2017

# Antecedentes: El ferrocarril en los años 80





# Antecedentes: El ferrocarril en la actualidad



CIMNE<sup>R</sup>

# Antecedentes: Lo que queremos evitar



# RESILTRACK en la estrategia Española

**Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española (PTFE)** ha publicado en junio de 2017 su “**Análisis DAFO y Prioridades Científico Tecnológicas y de Innovación del Sector Ferroviario Español**”.

<http://www.ptferroviaria.es/docs/Documentos/Prioridades2017/index.html#p=1>



# Antecedentes RESILTRACK



## Análisis DAFO y Prioridades Científico Tecnológicas y de Innovación del Sector Ferroviario Español

Actualización junio, 2017

VISIÓN  
2050



## Análisis DAFO y Prioridades Científico Tecnológicas y de Innovación del Sector Ferroviario Español

Actualización junio, 2017

VISIÓN  
2050

Financiado por:



7TR-2014-0737

[www.ptferroviaria.es](http://www.ptferroviaria.es)

Secretaría Técnica

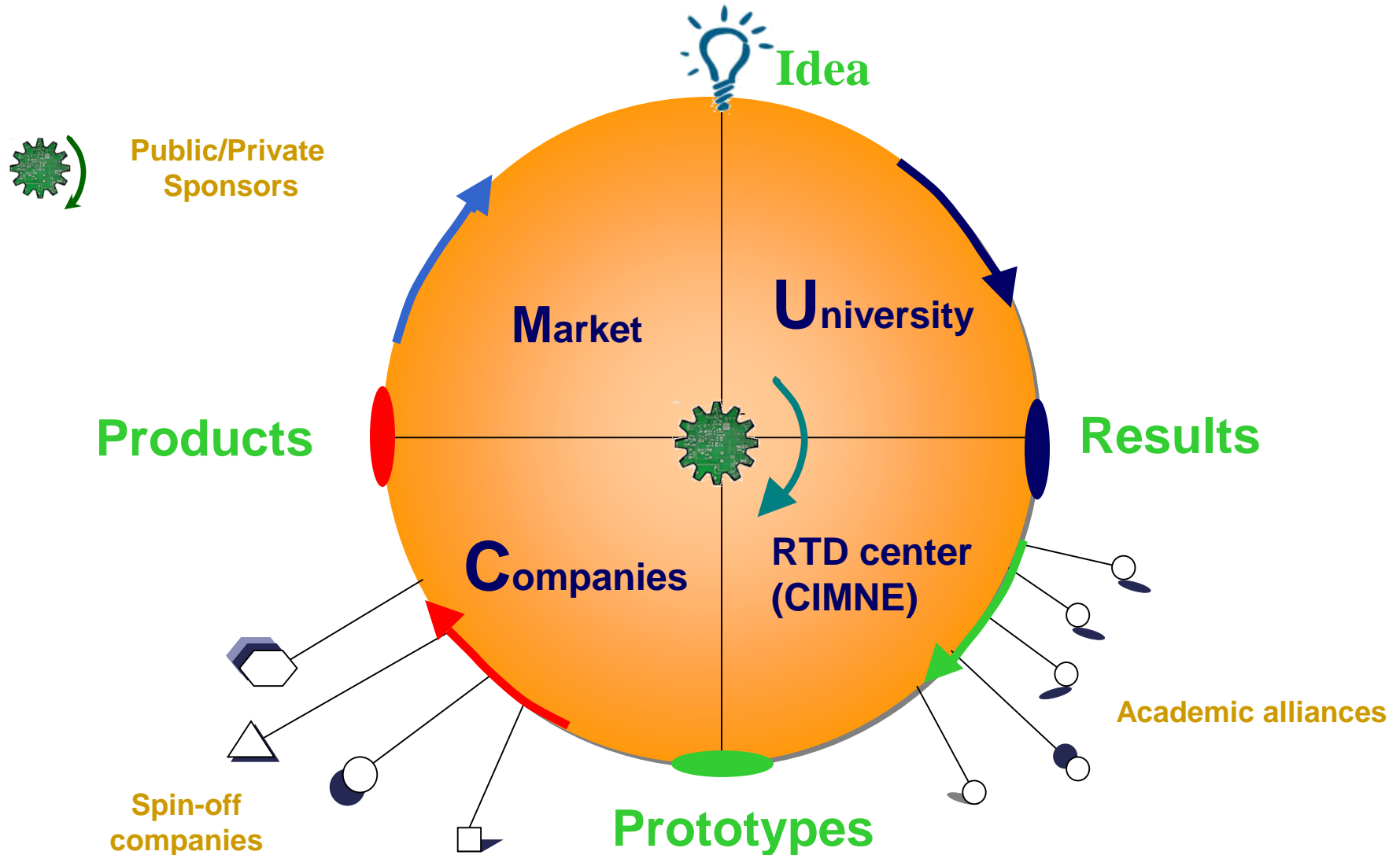


# Importancia estratégica RESILTRACK

Prioridades científico-tecnológicas	Acciones estratégicas	Horizonte temporal
Mantenimiento inteligente	Desarrollo de componentes (todos los ámbitos) dotados de autodiagnóstico para minimizar costes de mantenimiento.	2030
	Aplicaciones de autoprogramación de mantenimiento para ser instalados en nuevos componentes de infraestructura.	2030
	Desarrollo de nuevos sistemas de inspección embarcados, con posibilidad de instalación en vehículos no dedicados. Introducción de nuevas metodologías de medida de variables y su gestión para la optimización del mantenimiento.	2030
	Desarrollo de nuevas metodologías y procedimientos de inspección y técnicas de reparación para reducir costes, incorporando nuevas tecnologías: vehículos no tripulados (aéreos y terrestres con reporte automático de datos), robots, visión artificial, etc.	2020
Mantenimiento en entornos condiciones meteorológicas adversas	Desarrollo de redes de sensores para monitorización de parámetros de funcionamiento de la plataforma, vía y línea aérea de contacto. Reporte de la información a un sistema central y empleo de técnicas de BIG DATA para el análisis y el establecimiento de estrategias de mantenimiento predictivas.	2020
	Desarrollo de metodologías eficientes de mantenimiento de plataforma, vía e instalaciones sometidas a condiciones meteorológicas adversas (temperatura, arena, nieve, etc.).	2025
	Desarrollo de nuevos vehículos de mantenimiento e inspección, especialmente diseñados para dar respuesta a las nuevas problemáticas detectadas.	2020

# El ciclo de las ideas

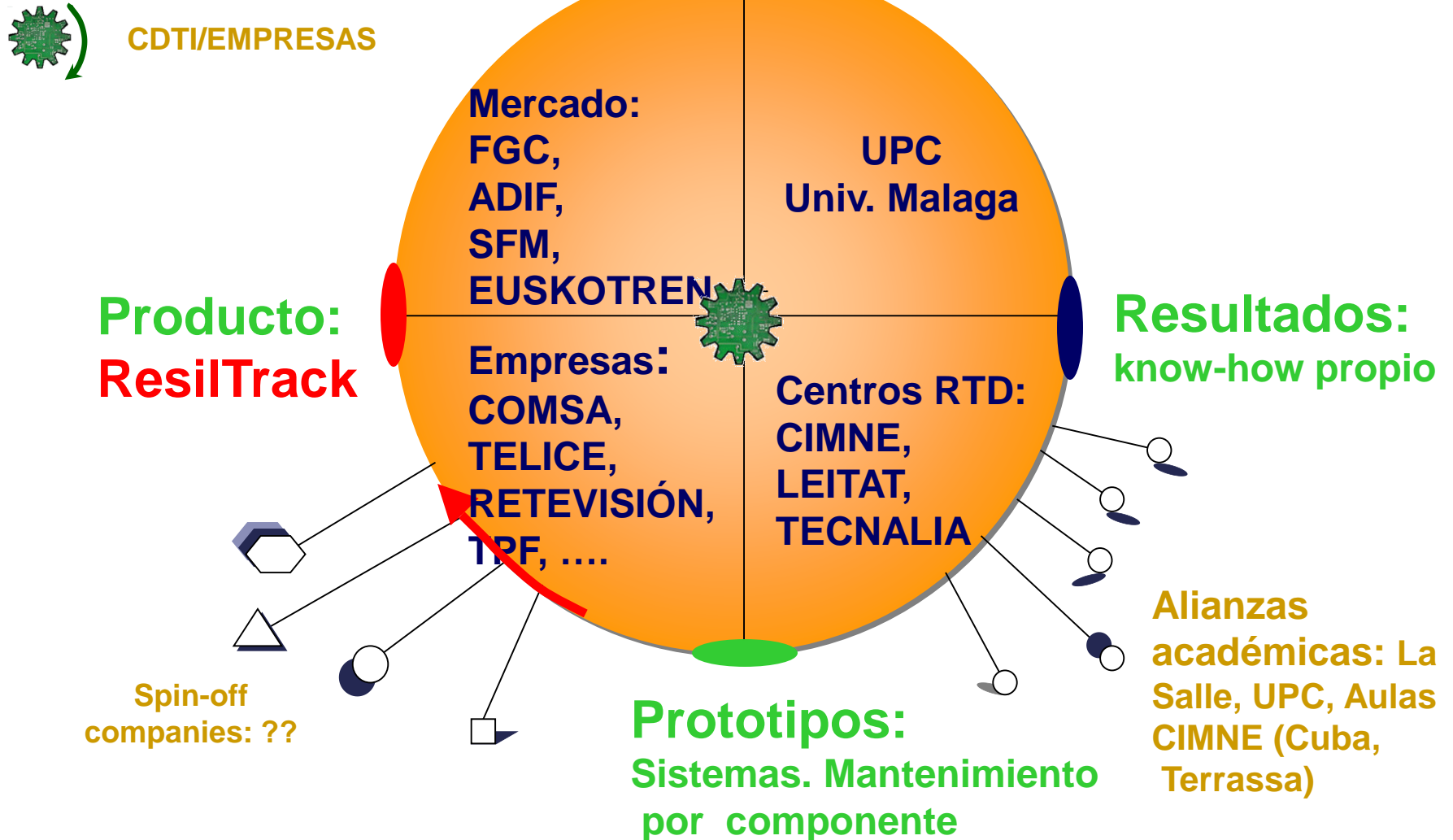
(<http://www.cimne.com/vpage/2/0/About/Research-and-Technology-Transfer>)





# RESILTRACK en el ciclo de las ideas

**Ideas:** Mantenimiento  
condicionado, Resiliencia, Cambio  
climático,....



# RESILTRACK: ficha resumen

**Duración del proyecto:** enero 2018 a diciembre 2021 (cuatro años)

Resiliencia de infraestructuras ferroviarias frente a Cambio Climático. RESILTRACK

**Hitos:**

- Concepto Tecnológico (TRL2, 2018)
- Prueba de concepto (TRL3-4, 2019)
- Sistema integrado (TRL5, 2020)
- Validación en entorno operacional (TRL6-7, 2021)

ENTIDAD	TIPOLOGÍA	ROL
COMSA, S.A.	Gran empresa	Líder
RETEVISIÓN I, S.A.	Gran empresa	Participante
TELÉFONOS LÍNEAS Y CENTRALES, S.A. (TELICE)	PYME	Participante
<b>TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.</b>	<b>Gran empresa</b>	<b>Participante</b>
CENTRO DE ESTUDIOS DE MATERIALES Y CONTROL DE OBRA, S.A. (CEMOSA)	Gran empresa	Participante
MAGTEL OPERACIONES, S.L.	Gran empresa	Participante
ESTUDIOS GIS, S.L.	PYME	Participante
Operadoras (FGC, ADIF, FF CC Mallorca)	Empresas públicas	Socios no participantes
CENTRE INTERNACIONAL EN MÈTODES NUMÈRICS A LA ENGINYERIA (CIMNE)	Centro de Investigación	Subcontratado
FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH & INNOVATION	Centro de Investigación	Subcontratado
ACONDICIONAMIENTO TARRASENSE (LEITAT)	Centro de Investigación	Subcontratado
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	Universidad pública	Subcontratado



# ¿Cuál es la cadena de valor?



# Sistema **RESILTRACK** y sus bloques fundamentales



¿Qué lugar ocupa CIMNE en RESILTRACK?

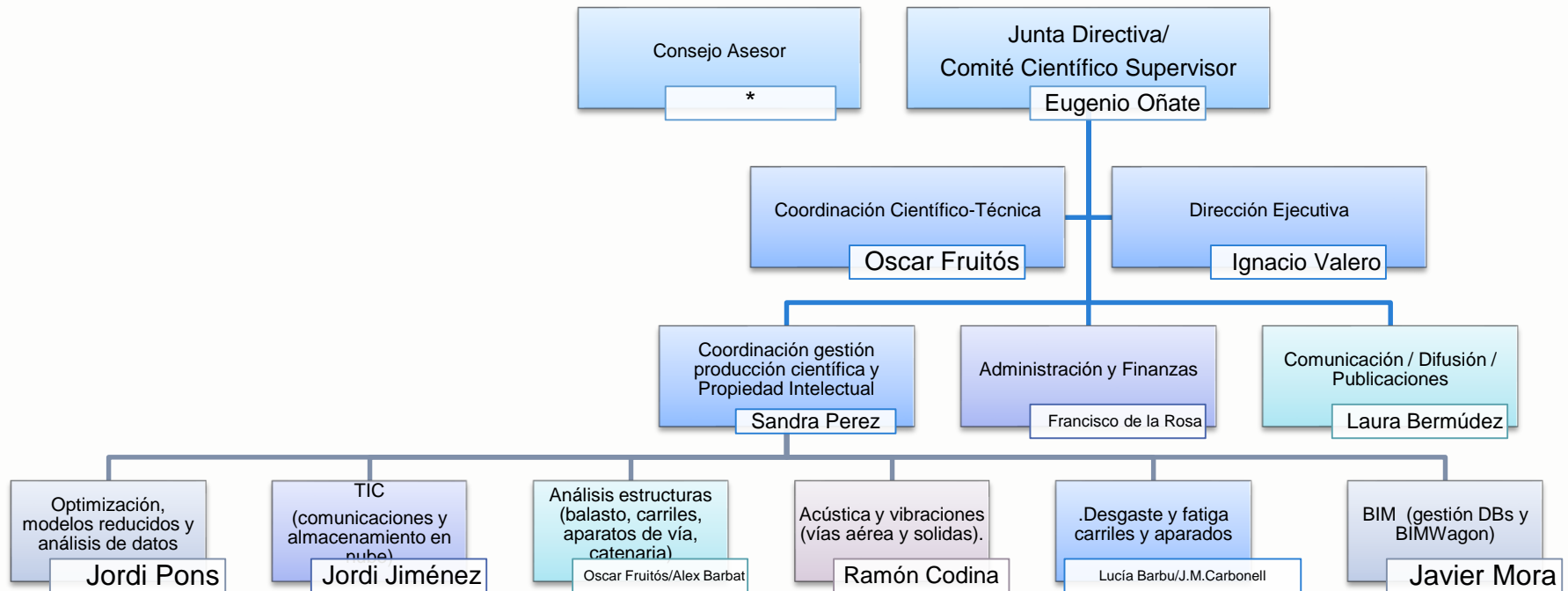
¿Cómo nos organizaremos internamente?



# ¿Qué lugar ocupa CIMNE en RESILTRACK?



# ¿Cómo nos organizaremos internamente?

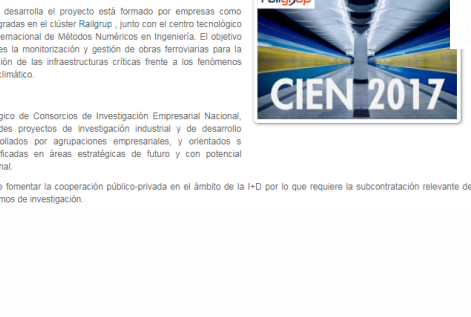


\*Consejo Asesor: invitados a hacer seguimiento de los resultados del proyecto, que podrían ser instituciones tales como Territori i Sostenibilitat, ACCIÓ, RAILGRUP, etc...

# Logística externa

Difusión:

- Se creación página web (con tecnología Fractalys)
- Lista tentativa de papers a publicar
- Lista de congresos, workshops, ferias (Ej.: BcnRail, <http://www.automobilebarcelona.com/web/bcn-rail/home>)
- Lista de cafés de CIMNE
- Redes sociales (Ej.: tweets - ¿crear cuenta?)-, linkedin -¿crear página?-, etc...).





# Logística en CIMNE

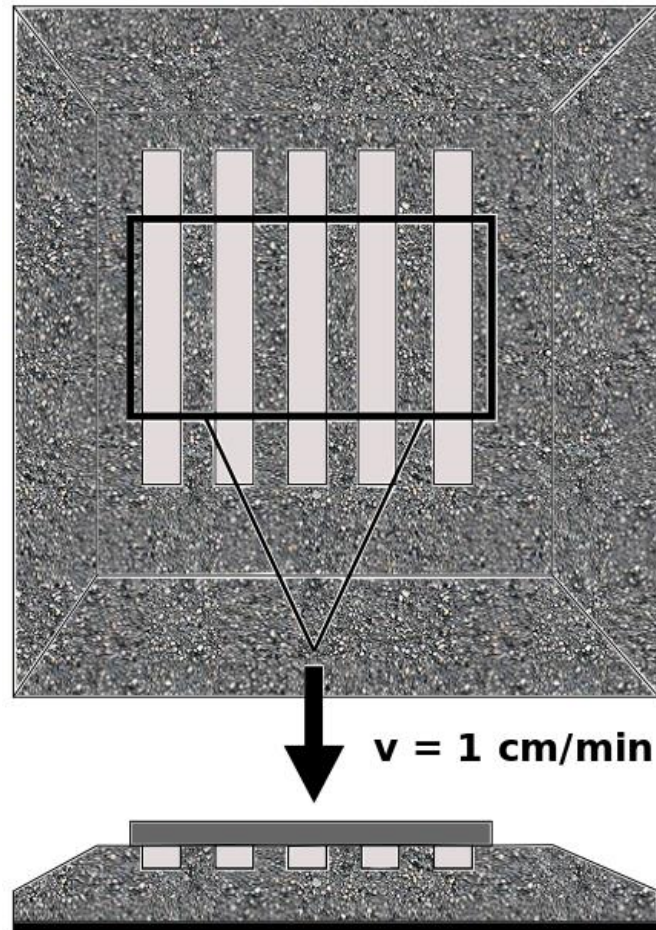
- **Seguimiento:** definir reuniones con periodicidad pautada de los equipos de trabajo (bi y multilaterales) y con dirección.
- **Definición personas:** para representar areas en reuniones de trabajo, entregas, publicaciones y presentaciones tanto internas como con resto de consorcio.
- **Marcar hitos internos:** no especificados pero importantes (como aquellos derivados de reunirnos con las empresas y/o potenciales clientes)



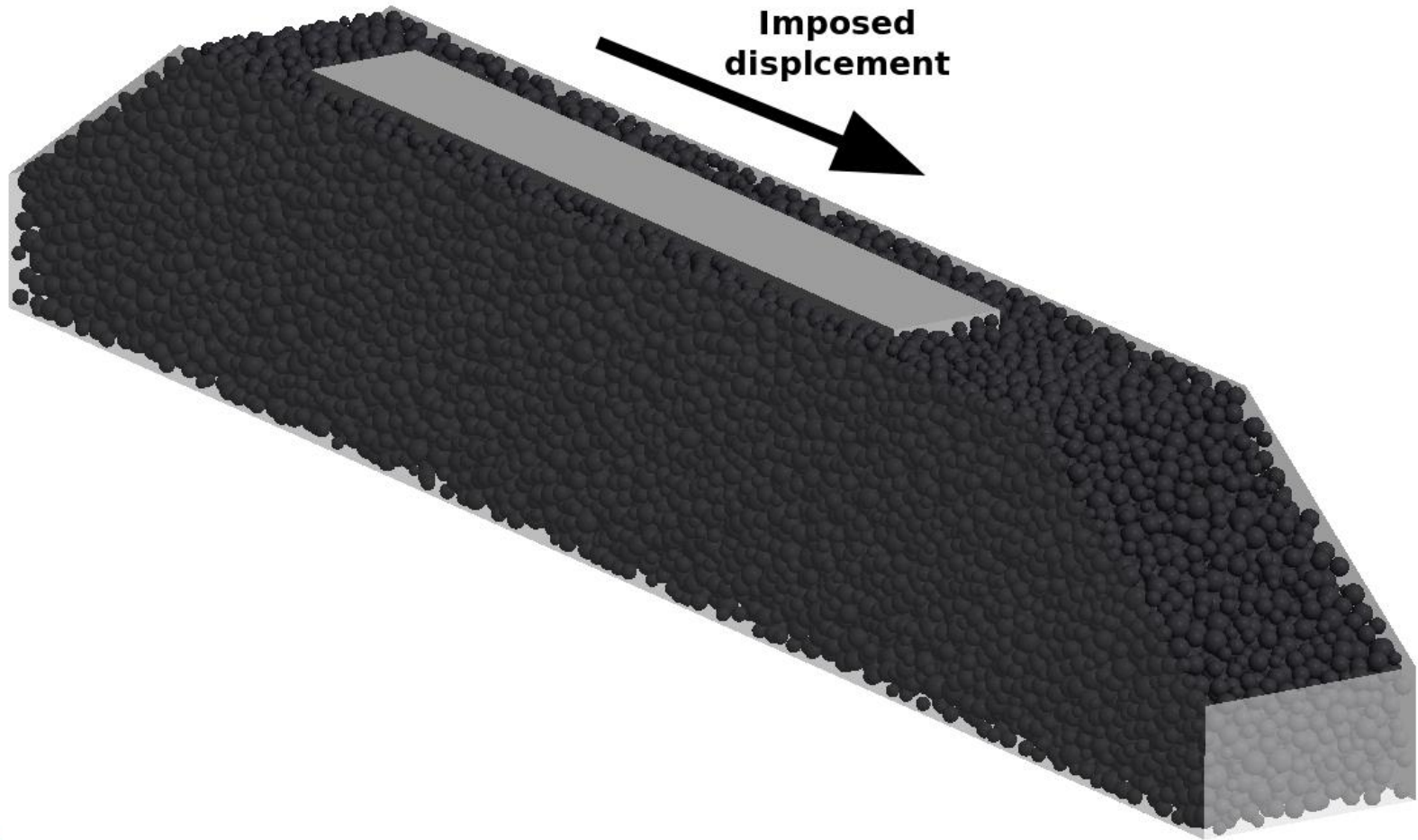
# Estudios numéricos y experimentales de degradación y rigidez del balasto: Casos de validación tecnología DEM

Investigadores responsables: Dr. Fernando Salazar - Eng. Joaquín Irazábal, Eng. Miguel Angel Celigueta, Alberto Ferriz

# Ballast resistance under lateral loading:

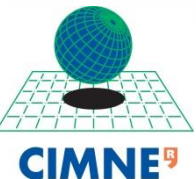
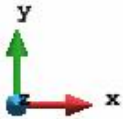
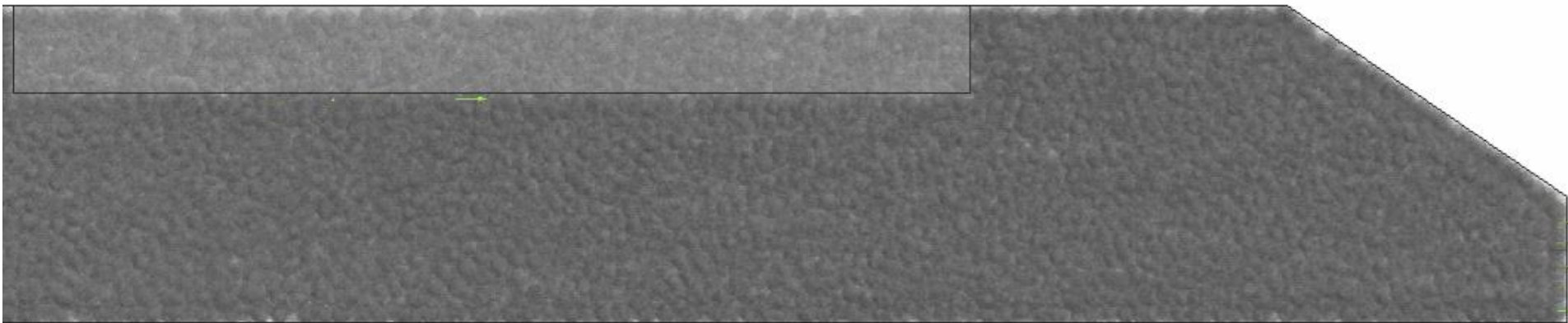


# Ballast resistance under lateral loading:

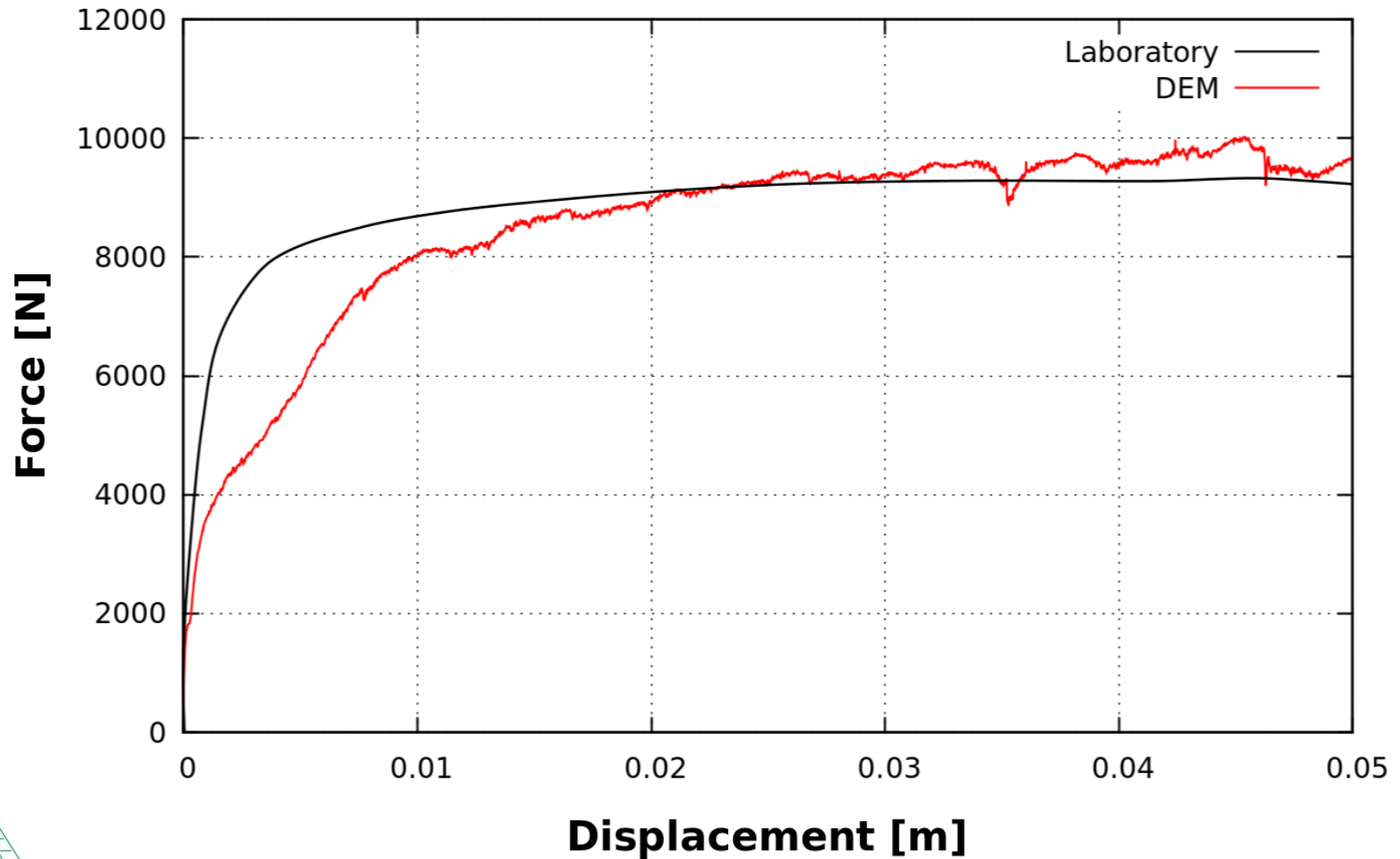




# Ballast resistance under lateral loading:



# Ballast resistance under lateral loading:

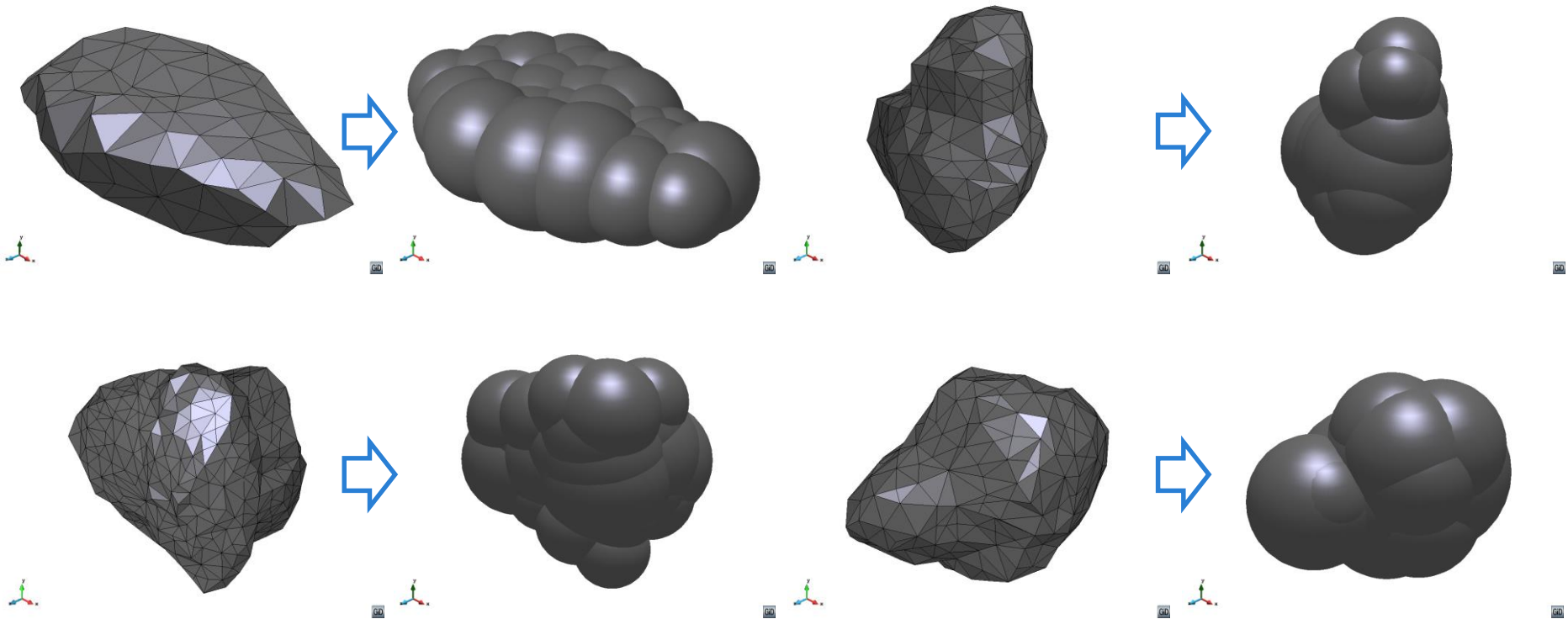


# Triaxial test:

- Specimen diameter: 30 cm
- Specimen length: 60 cm
- Actuator speed: 0.02 m/s
- Confinement pressure: 10 kPa
- Ballast stones: 338

# Sphere clusters:

It is possible to model the shape of the stones with sphere clusters





# BALAMED RESULTS

## Triaxial test:

**Diameter = 0.305 m**

**Height = 0.61 m**

**Confining pressure = 68.9 kPa**

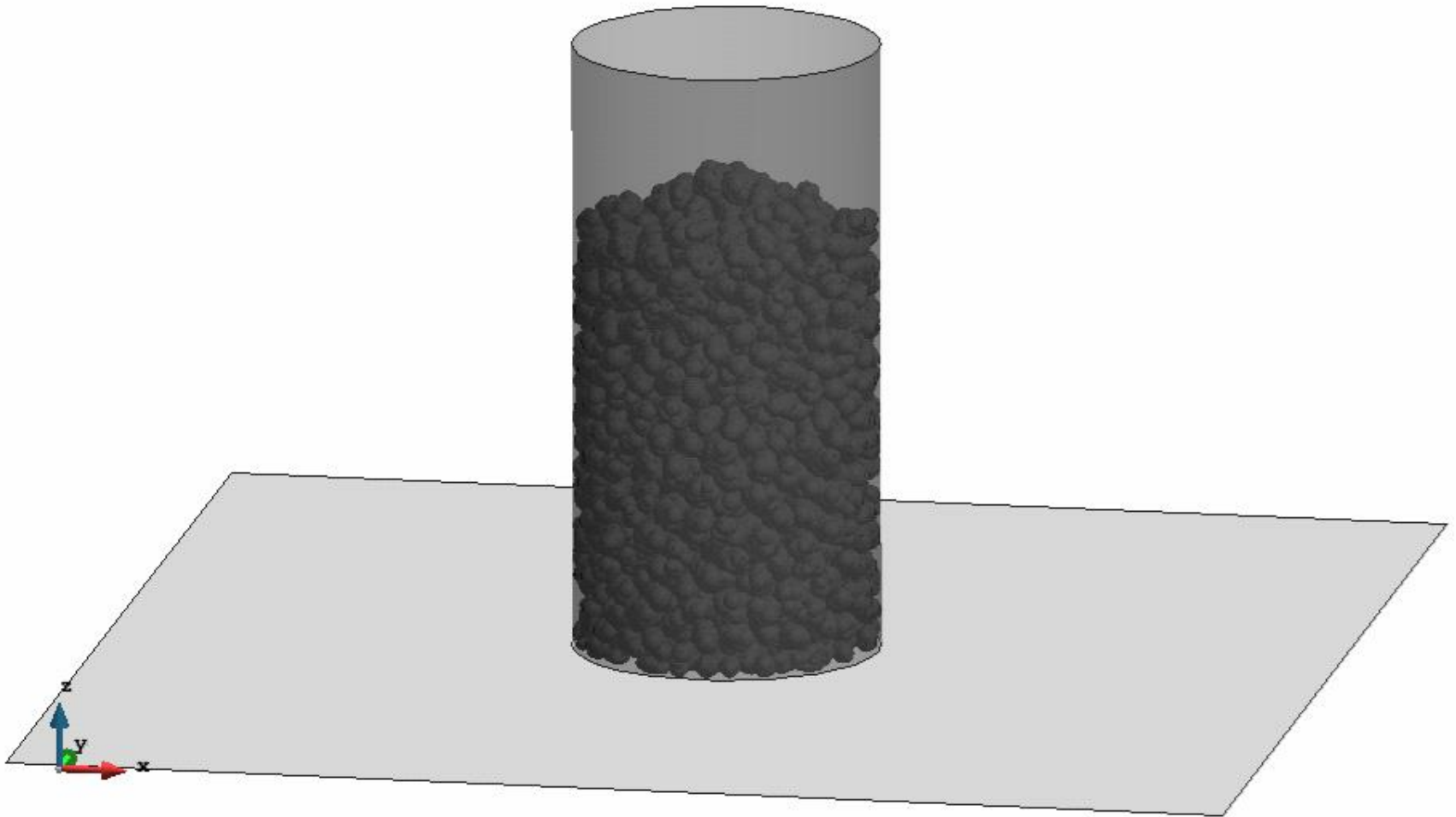
**Shear velocity = 0.038 m/s**

**Ballast stones represented  
with clusters**



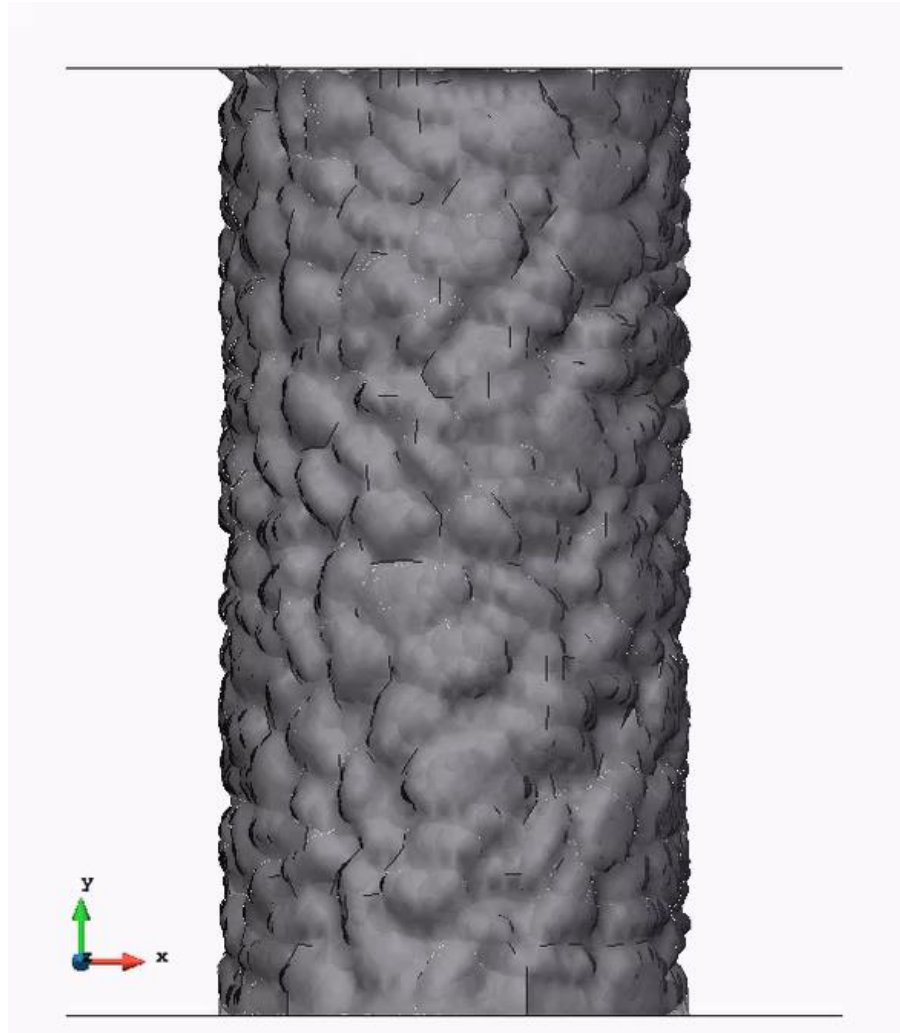
Quian et al. (2013) Triaxial compression test device - University of Illinois

# Sphere clusters:



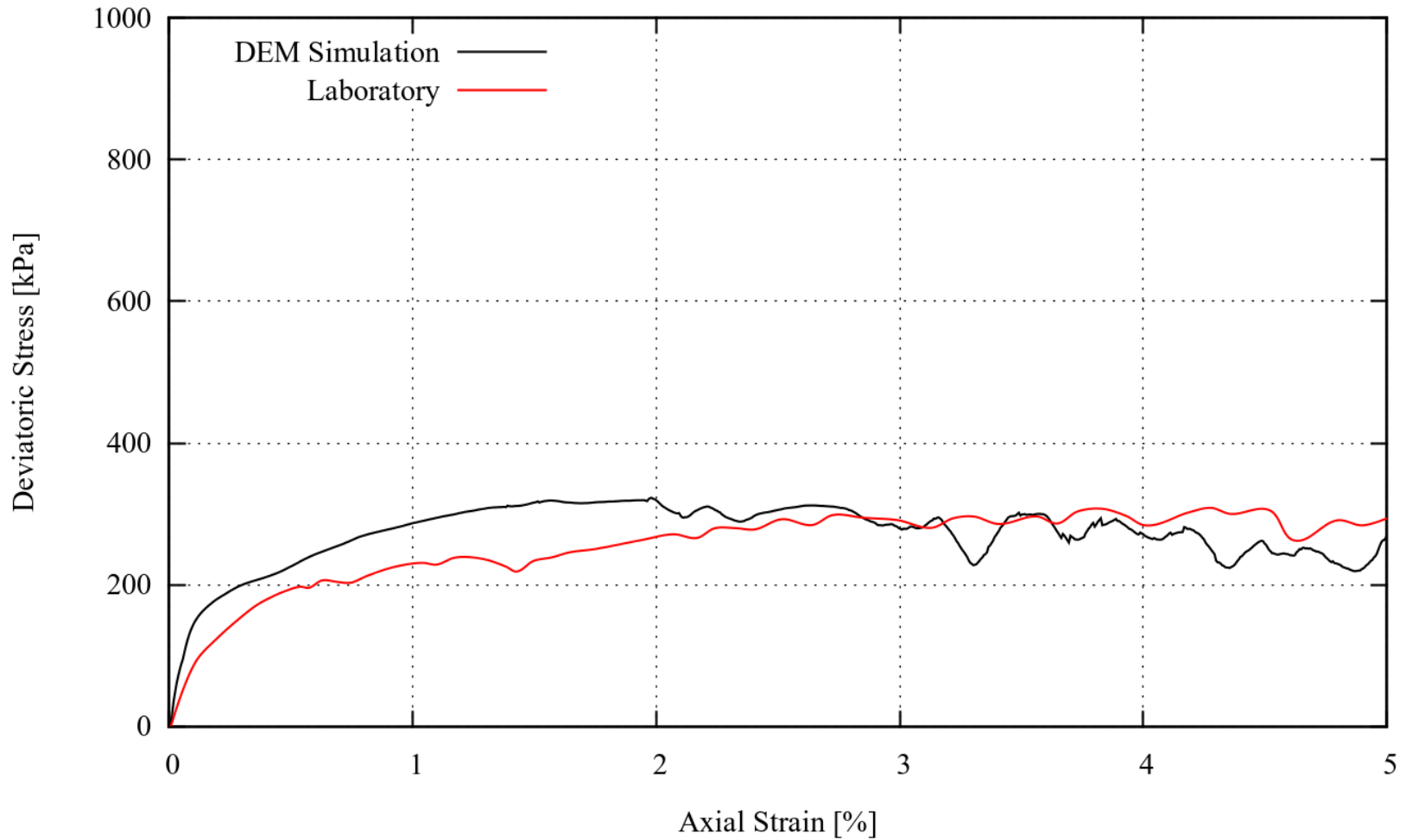
# BALAMED RESULTS

**Triaxial test:**



# BALAMED RESULTS

## Triaxial test:





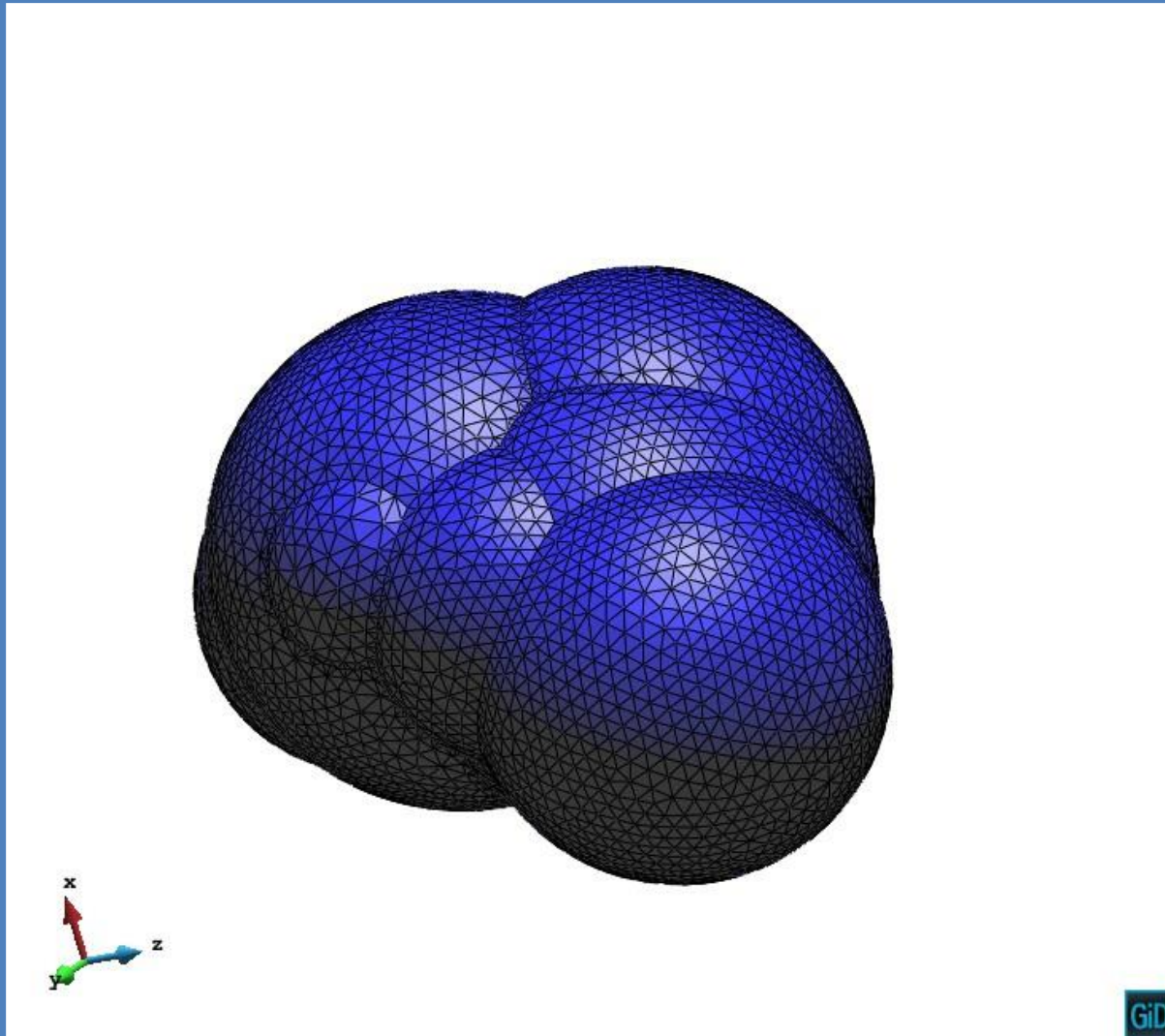
# Simulación DEM preliminar del Llenado por gravedad y bateo sin levantamiento utilizando balasto discretizado con cluster0452 par mitad de tres traviesas

A.Férriz-O.Fruitos (c/ colaboración de Joaquín  
Irazabal y Salvador Latorre - CIMNE –  
Castelldefels, 08/05/2018

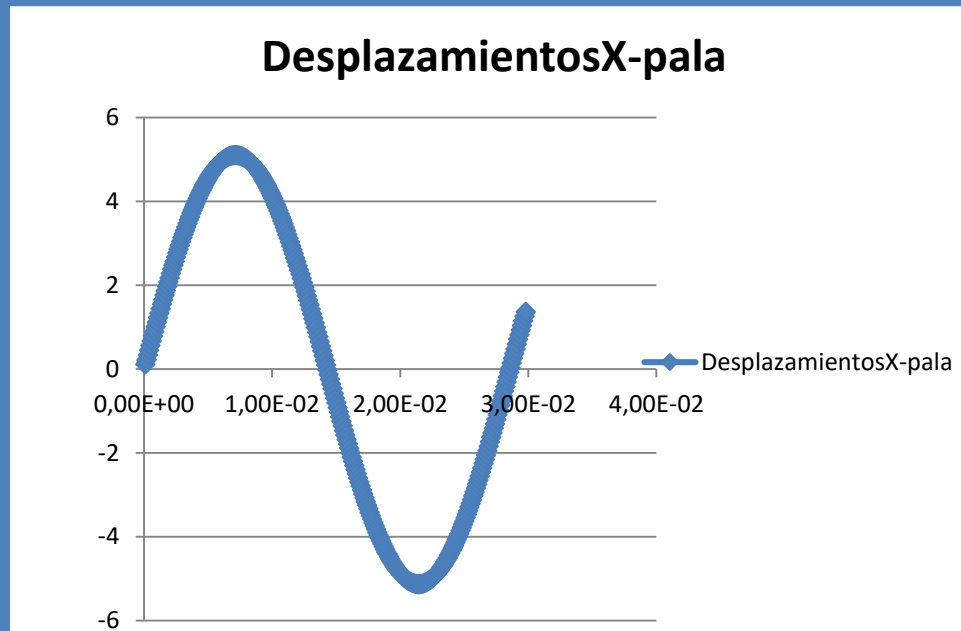
# Características de la simulación

- Profundidad de la pala debajo traviesa: 33cm (a ajustar según intervalos usuales)
- Sin levantamiento vía (provisionalmente)
- Profundidad del balasto por debajo de la traviesa 35cm (a ajustar según valores usuales)
- Frecuencia vibración de las tolvas en dirección vertical (X): 34Hz
- Frecuencia vibración traslacional de las palas en dirección horizontal y longitudinal (Y): 34Hz
- Frecuencia vibración angular según eje normal a la vía (Z): 34Hz

Descripción del volumen del balasto por unión de 8 esferas (Archivo “.msh” p/ la obtención del archivo “cluster0452.clu”)



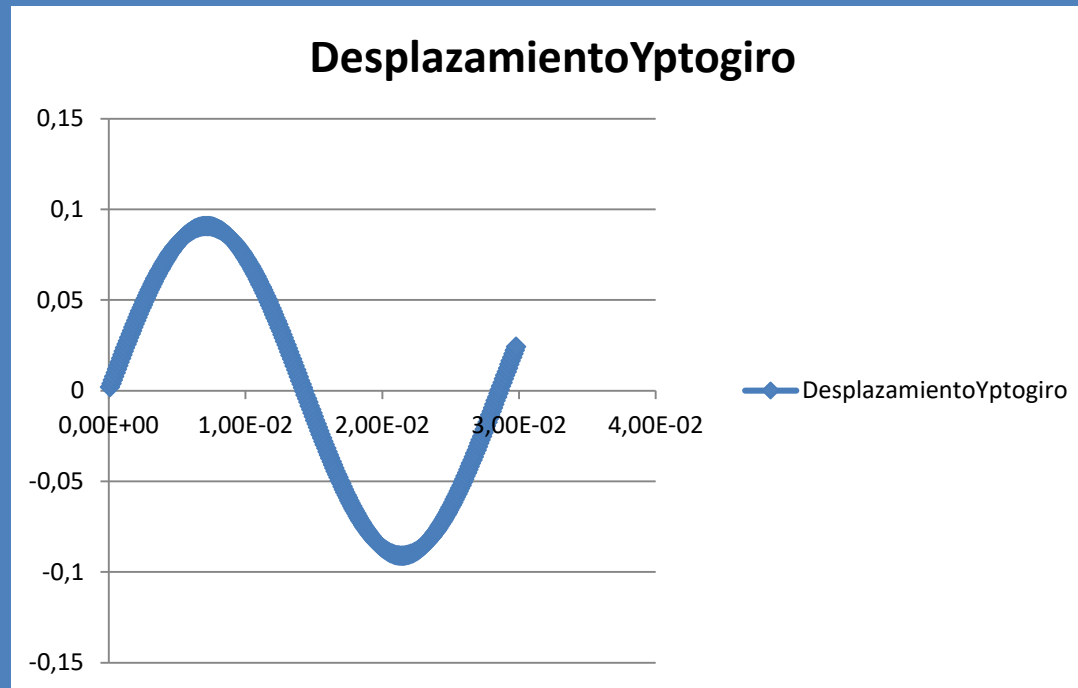
# Verificación de la cinemática de la pala en X (horizontal) en el extremo superior de la pala



Periodo resultante = 0.0286, equivalente a 34Hz

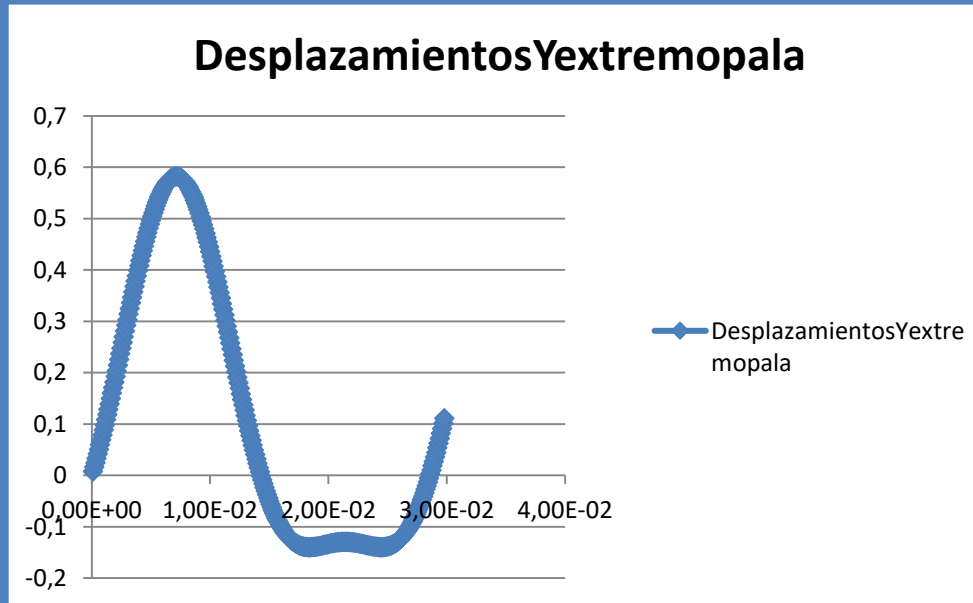


# Verificación de la cinemática de la pala en Y (vertical) en el punto de giro



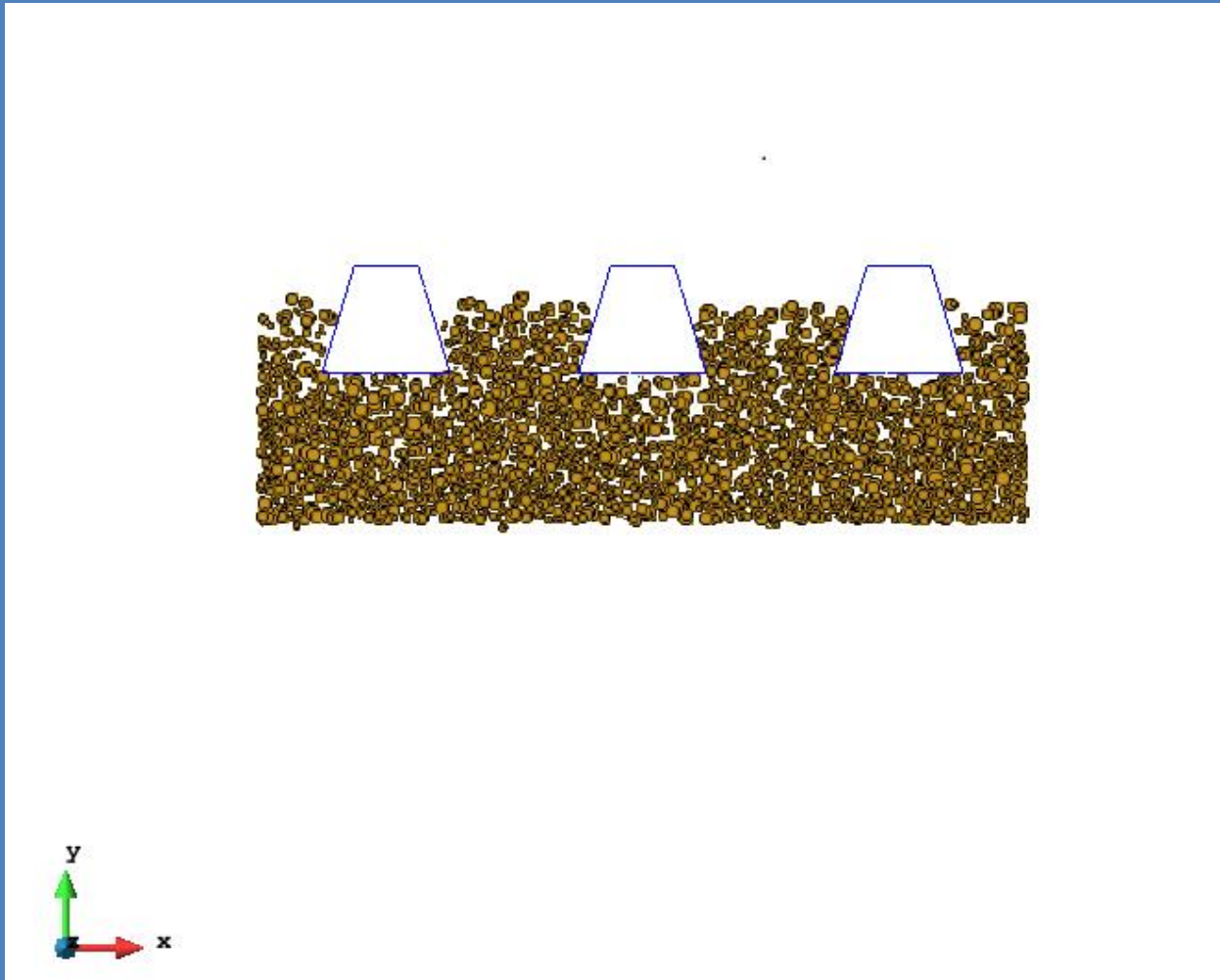
Periodo resultante = 0.0286 equivalente a 34Hz

# Resultados de la simulación cinemática de la pala en Y (vertical ) en el punto de giro



Periodo resultante = 0.0286 equivalente a 34Hz

# Configuración final después de bateo (a 10 cm lado interior carril)



# Corte horizontal a la altura de las palas (13 cm desde la base)

Project: Traviesas3-4PalasClust3-35\_0.4.post, ..., Traviesas3-4PalasClust3-35\_8.39999999985.post

Files View Geometry Utilities View results Window Help

Hueco de las palas de bateo

C	Name	I/O	St	Tr	Int	Ew
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Krat...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Cut1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Cut2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Cut3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Cut4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Cut5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1
	Cut6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1

Global settings Preprocess informal

Style:  Bod Show conditions:

Render: Norm Draw model:

Culling:  Model render:

Open layers w

To back Send to Close

Pick LEFTMOUSE to rotate (ESC to quit).  
Pick LEFTMOUSE to rotate (ESC to quit).

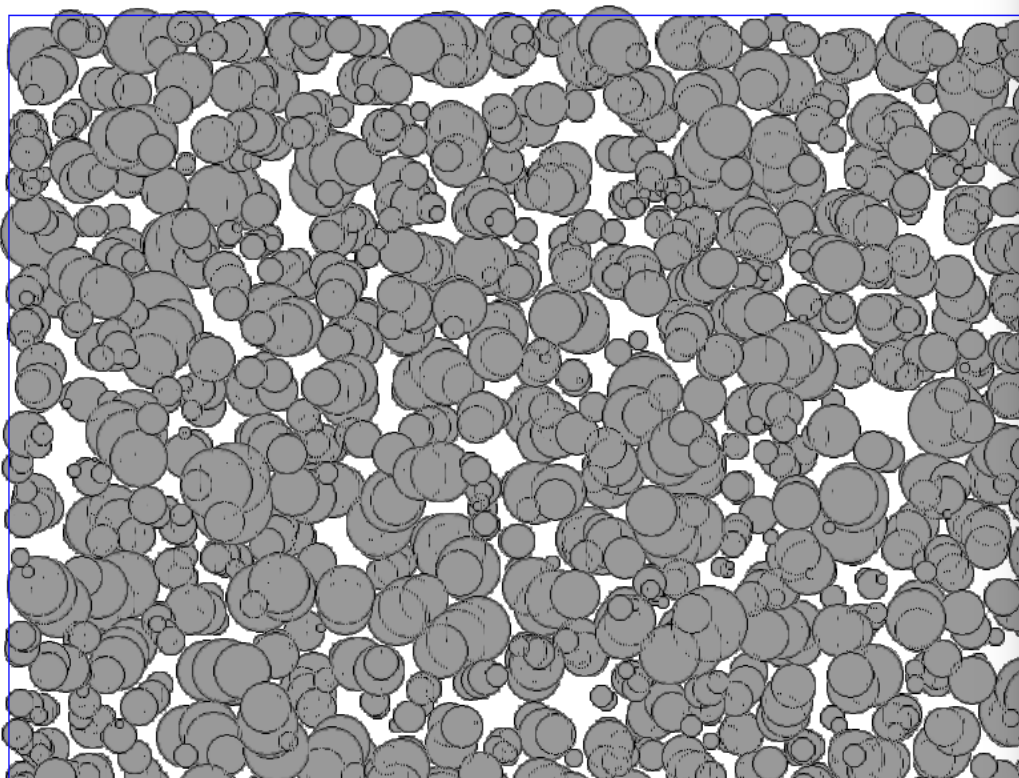
Command:

Zoom: 1x Nodes: 270K, Elements: 277K Render: Normal Sets: 0 Orthogonal view to Z Post

# Zoom del corte

Project: Traviesas3-4PalasClust3\_0.4.post, ..., Traviesas3-4PalasClust3\_14.7999999996.post

Files View Geometry Utilities View results Window Help



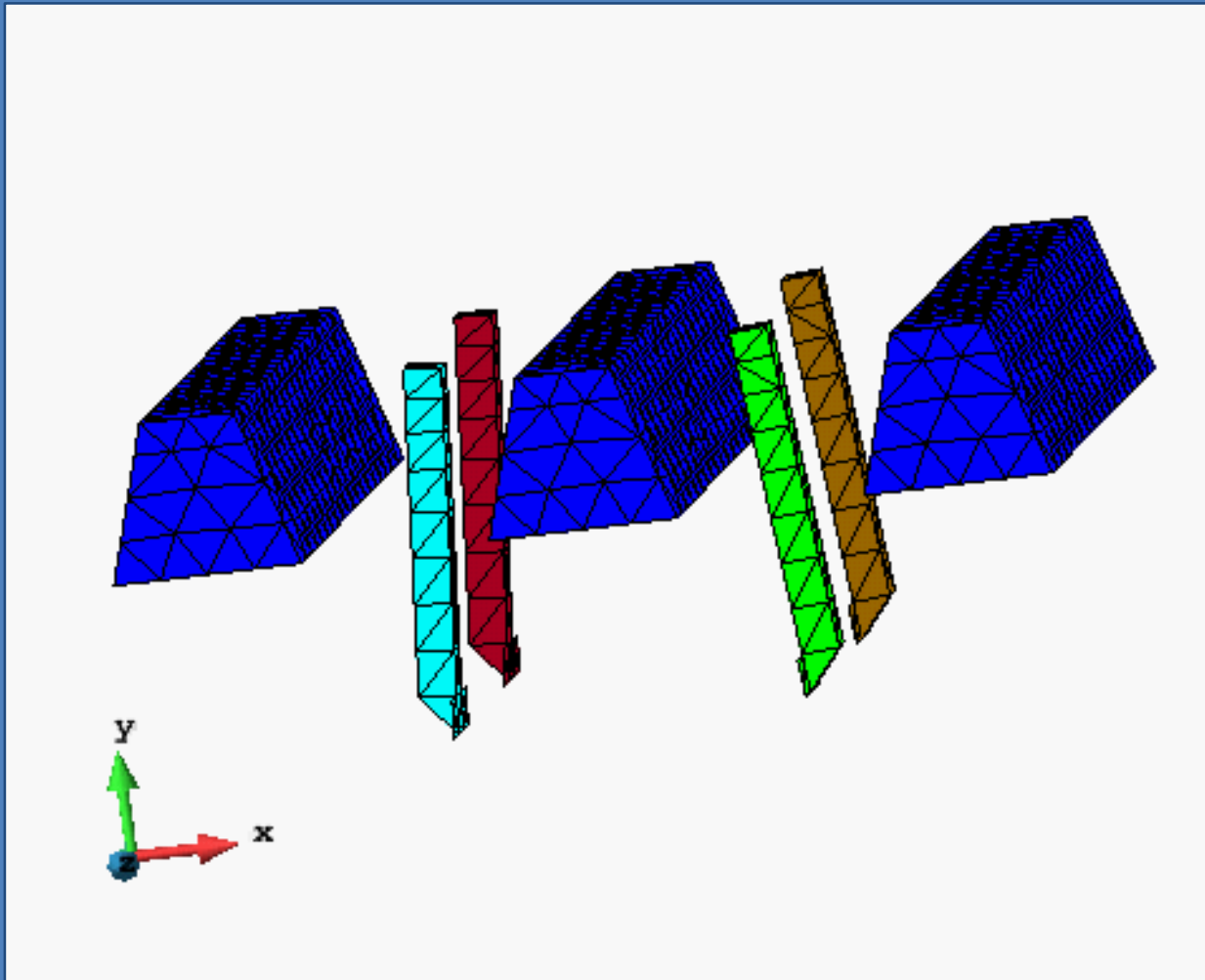
C	Name	I/O	St	Tr	Int	Ew
Blue	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Grey	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Blue	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Cyan	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Grey	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Red	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Green	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Brown	Krat...	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Grey	Cut1	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1
Blue	Cut2	Lightbulb	Checked	Green	Orange	1

Pick LEFTMOUSE to displace view (ESC to quit)  
Pick LEFTMOUSE to displace view (ESC to quit).

Command:

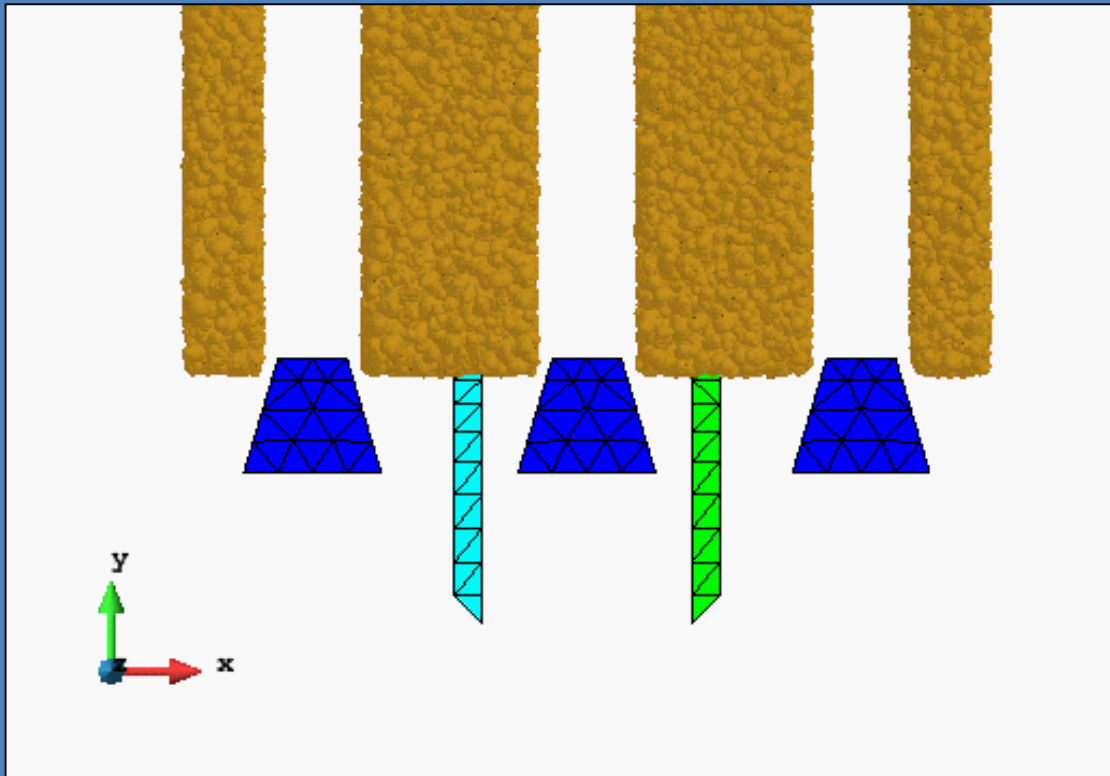
Zoom: 4.99x    Nodes: 270K, Elements: 277K    Render: Normal    Sets: 0    Orthogonal view to Z    Post

# Animación cinemática de las palas de bateo





# Animación del llenado y bateo (sin levantamiento)



## Lineas de Trabajo a seguir:

- Implementación de múltiples estrategias para simulación de levantes, cargas de consolidación y Servicio.
- Mallado con clústers en dominios complejos (ejemplo): cavidad con traviesas y palas evitando la descarga desde tolvas por gravedad.
- Ejecución simulación con mayor número de procesadores (actualmente 4 cpu's) sobre clúster ACUARIUS de CIMNE (cuenta de usuario en trámite).
- Determinación de rigidez vertical y transversal. Validación experimental.

# Estudios numéricos preliminares del efecto del cambio de rigidez del balasto utilizando tecnología FEM

Investigadores responsables:  
Alberto Ferriz, Jesús Conde, Oscar  
Fritos

# Propiedades de los materiales

(ahora desde referencias bibliográficas, en RESILTRACK desde simulaciones DEM)

## Riel

$$E = 210000MPa$$

$$\nu = 0.22$$

$$\delta = 7850 kg/m^3$$

## Traviesa

$$E = 25000MPa$$

$$\nu = 0.22$$

$$\delta = 1800kg/m^3$$

## Balasto

$$E = 110 \div 500MPa$$

$$\nu = 0.22$$

$$\delta = 1800kg/m^3$$

## Subbalasto

$$E = 80MPa$$

$$\nu = 0.22$$

$$\delta = 1800kg/m^3$$

## Plataforma

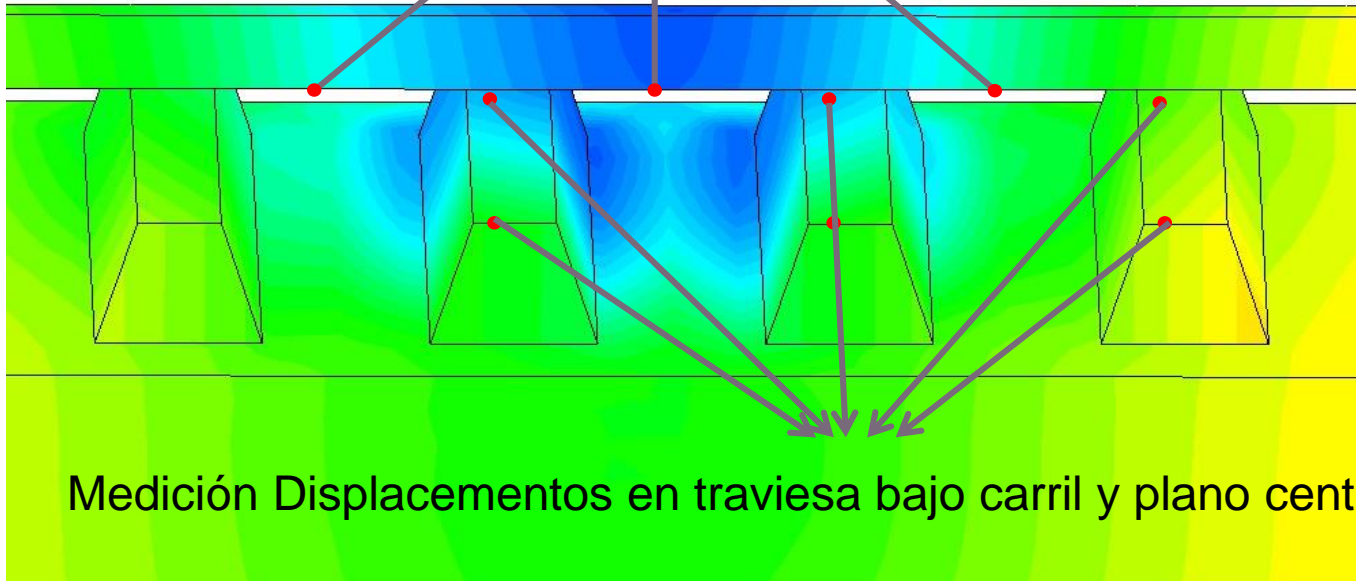
$$E = 25000MPa$$

$$\nu = 0.22$$

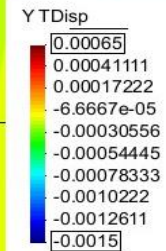
$$\delta = 2200kg/m^3$$

# Puntos de estudio numéricos

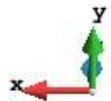
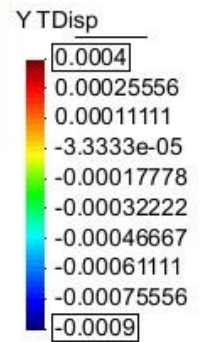
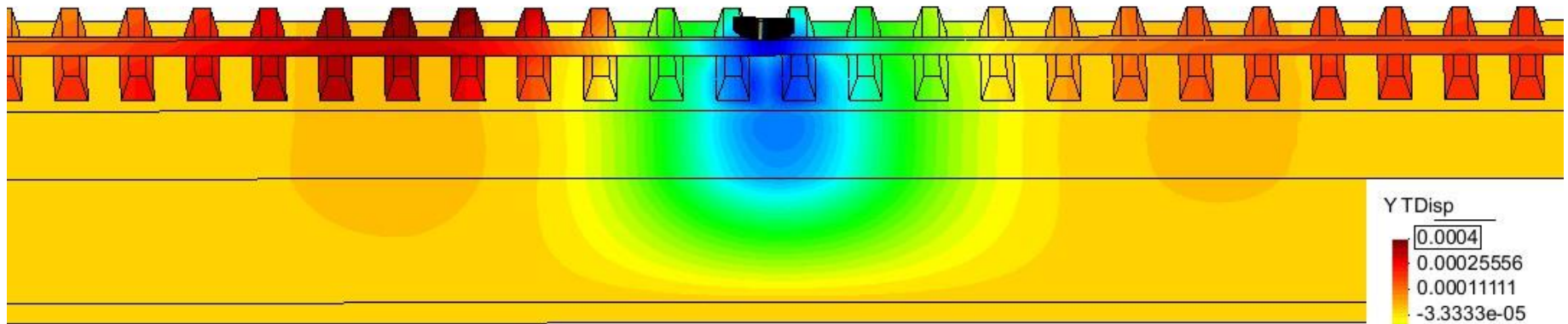
Medición de deformaciones en base del carril



Medición Displacements en traviesa bajo carril y plano central

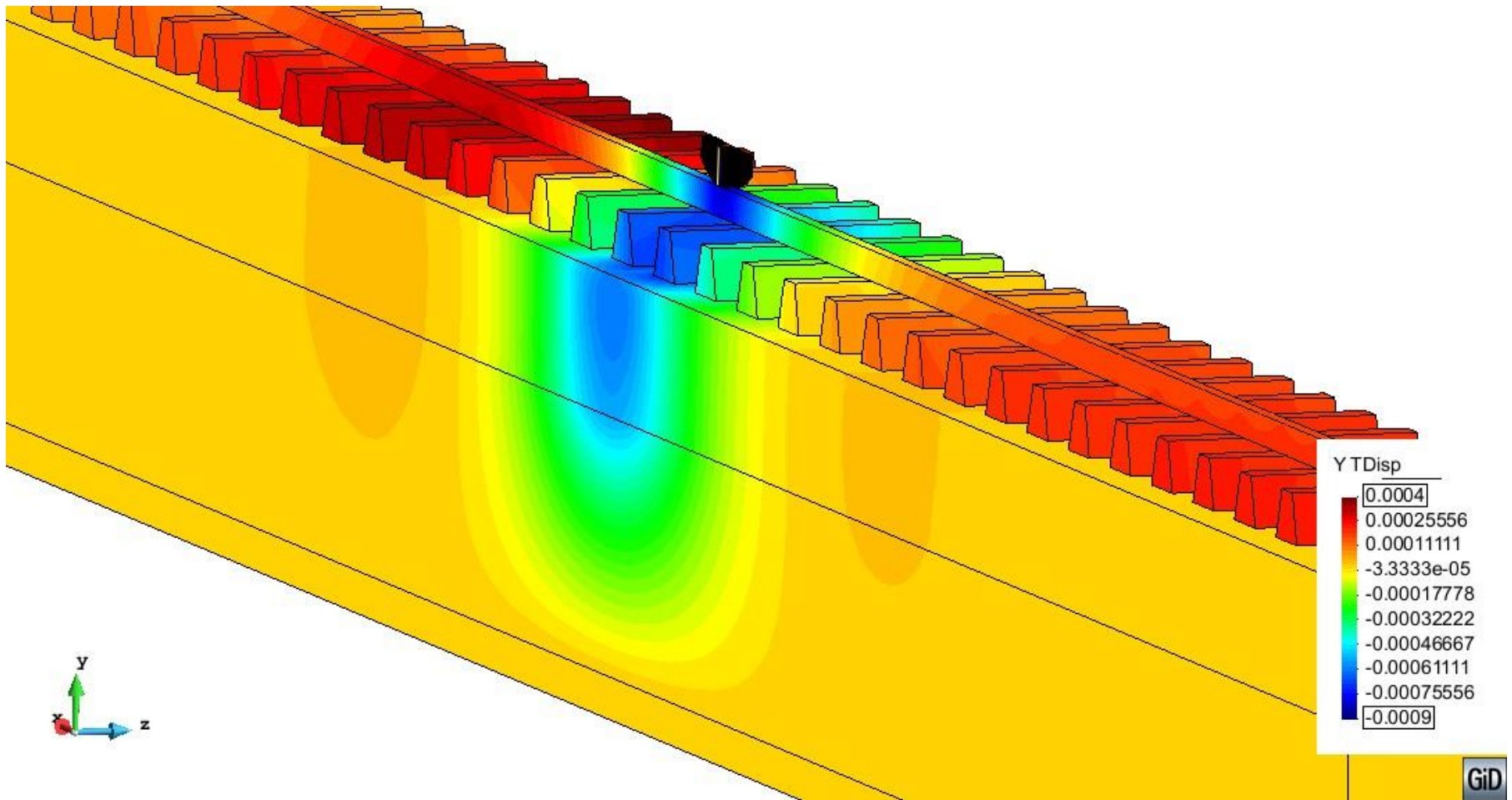


# Desplazamientos en Y

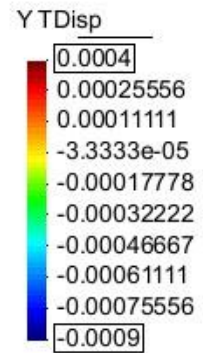
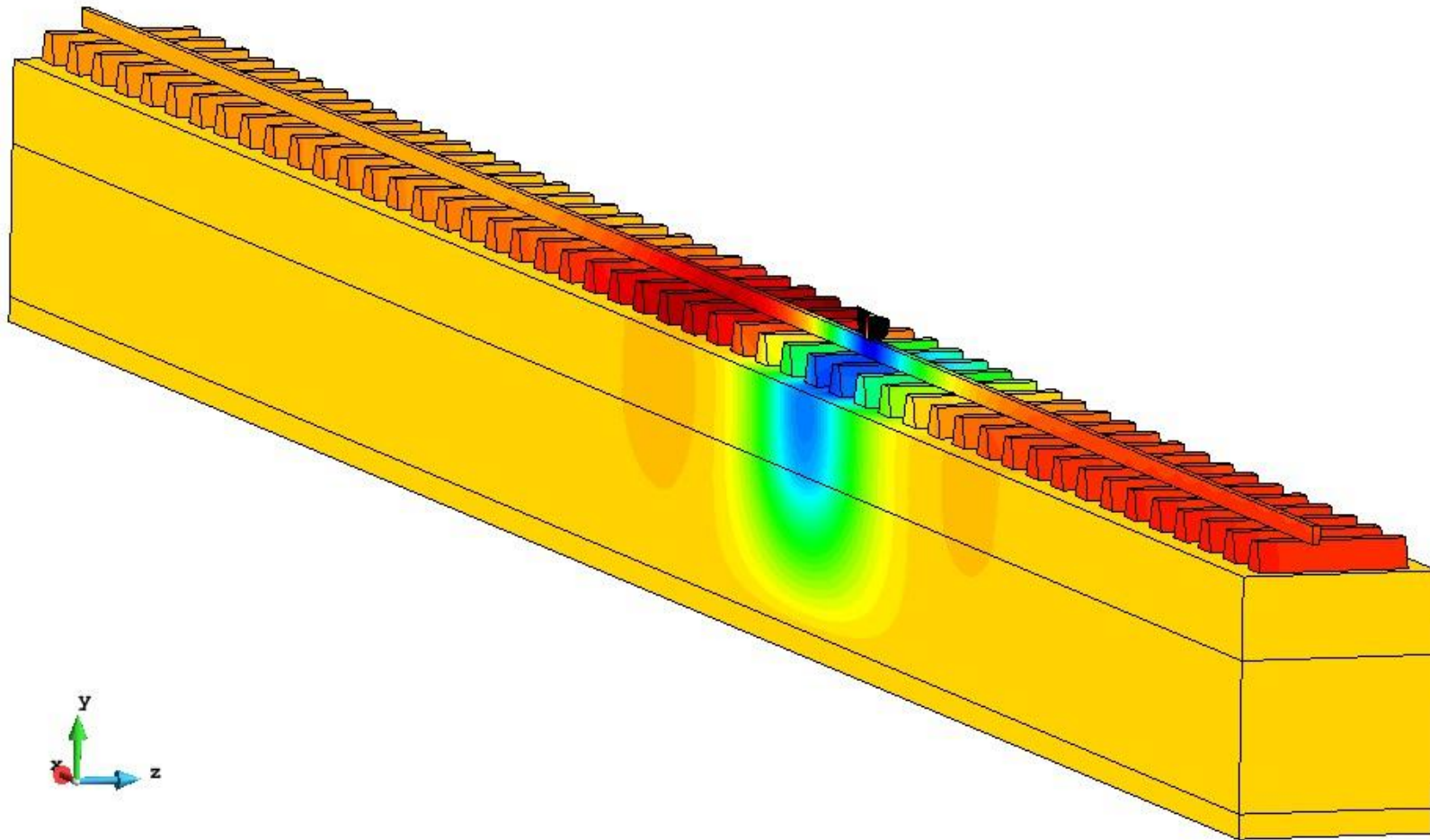




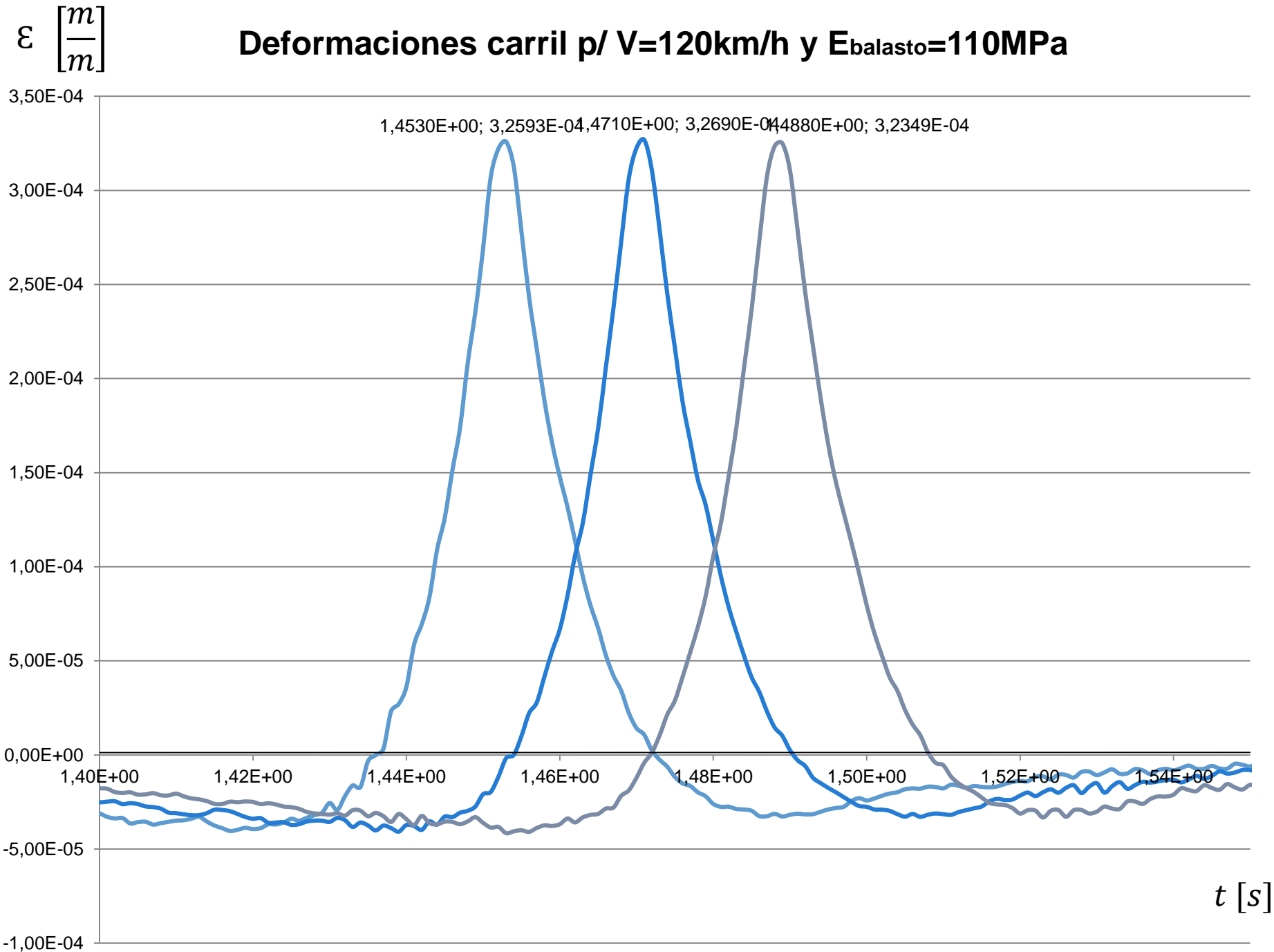
# Desplazamientos en Y



# Desplazamientos en Y

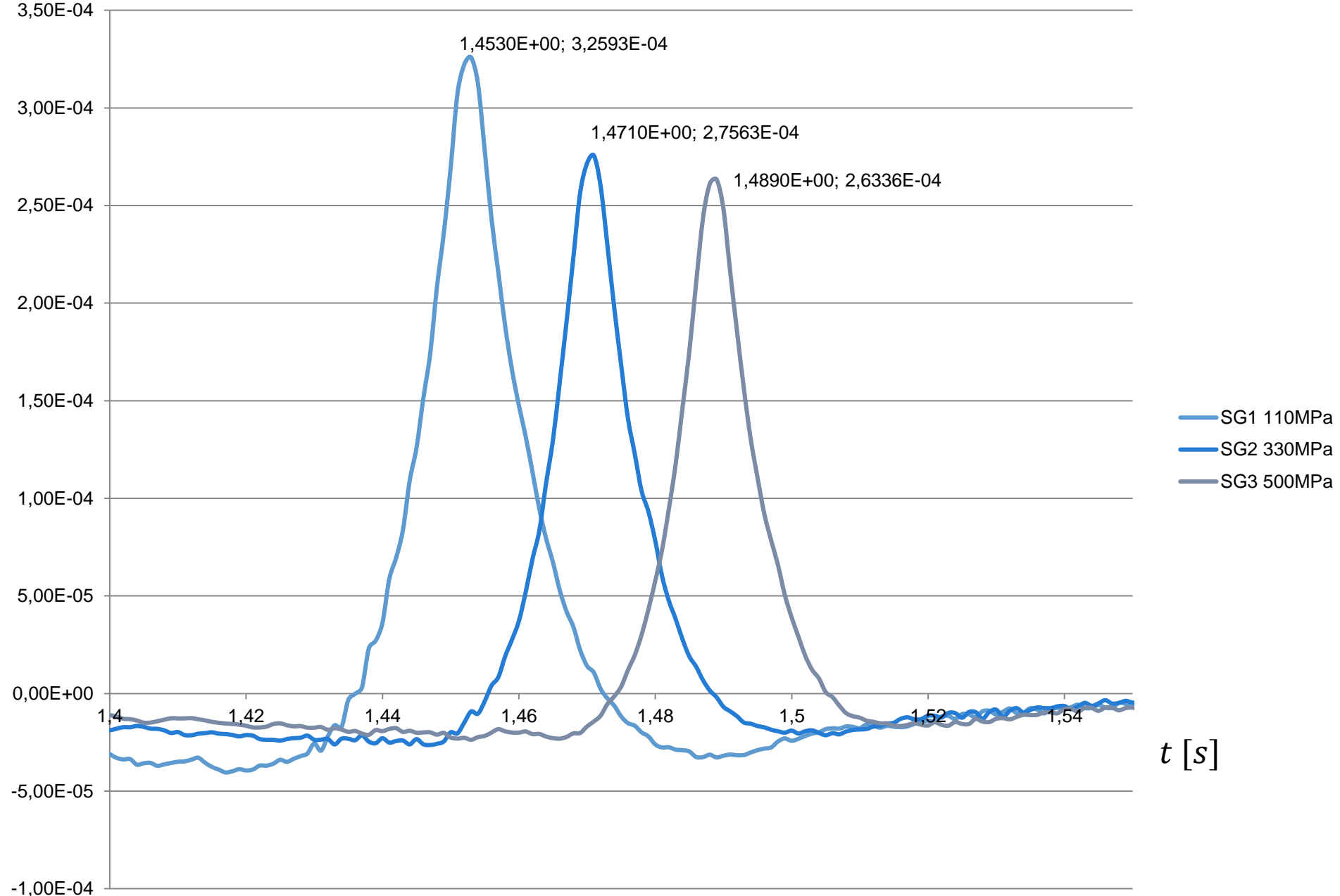


# Deformaciones carril p/ V=120km/h y E<sub>balasto</sub>=110MPa

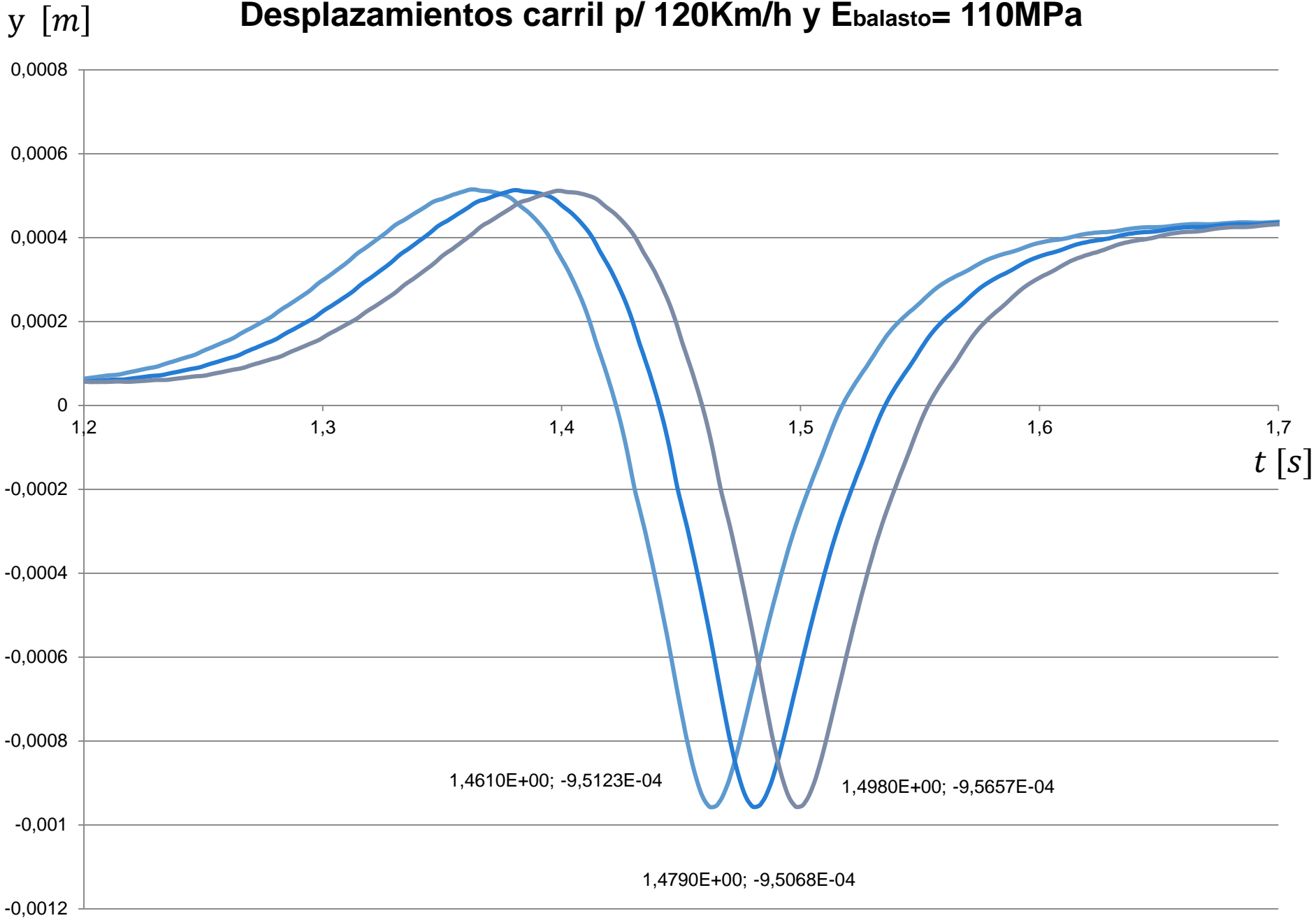


$\varepsilon \left[ \frac{m}{m} \right]$ 

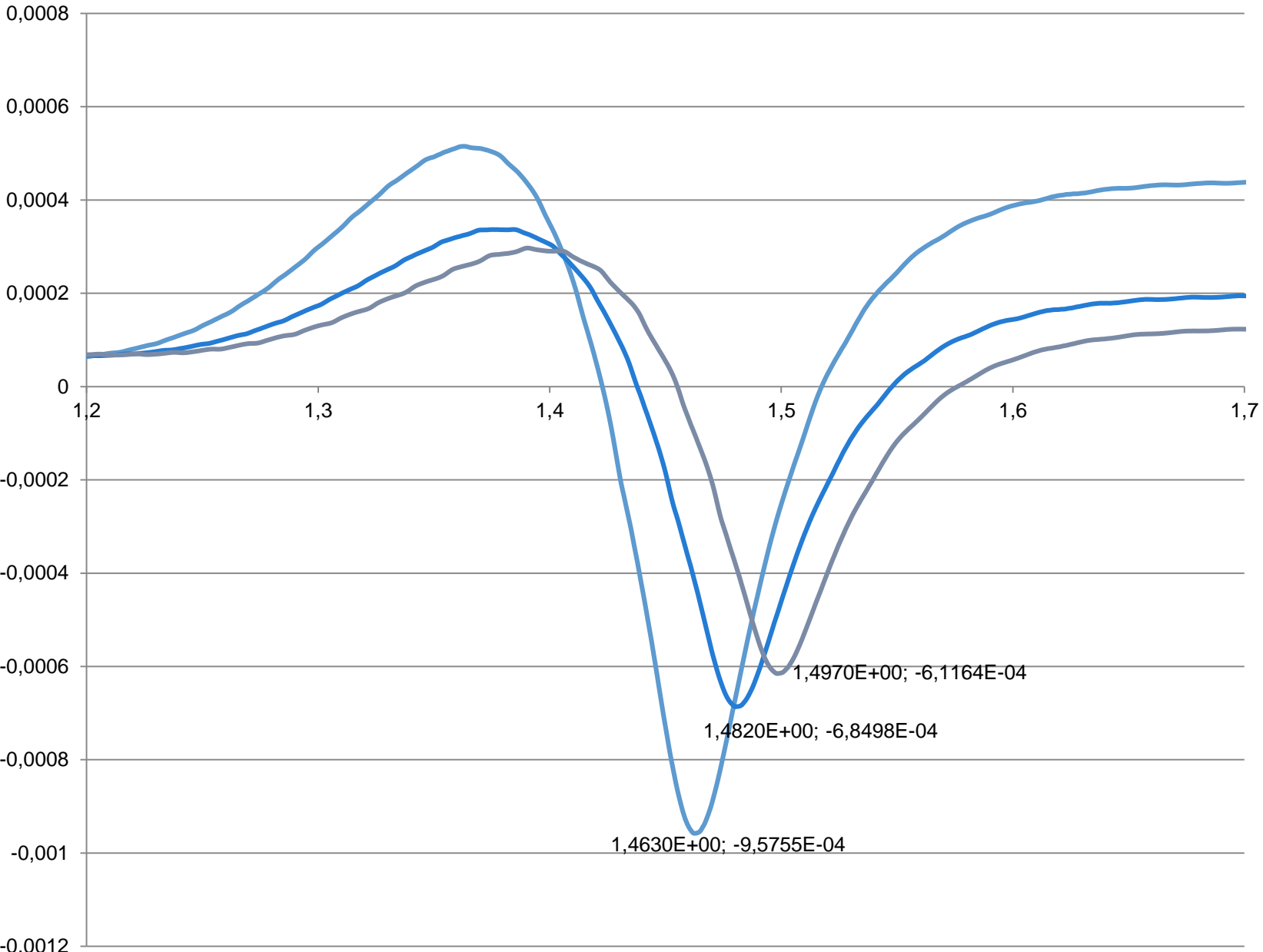
# Deformaciones carril p/ V=120Km/h y E<sub>balasto</sub>= 110, 330 y 500MPa



# Desplazamientos carril p/ 120Km/h y $E_{\text{balasto}} = 110\text{MPa}$



# y [m] Desplazamientos carril p/ V=120Km/h y E<sub>balasto</sub>= 110, 330 y 500MPa



$t$  [s]

- Y1 110MPa
- Y2 330MPa
- Y3 500MPa



# ¿Cómo nos organizaremos internamente?

## *CIMNE – Centre Internacional de Metodes Numerics en Enginyeria*

Coordinación financiera ([ivalero@cimne.upc.edu](mailto:ivalero@cimne.upc.edu) )

Coordinación administrativa ([fdelarosa@cimne.upc.edu](mailto:fdelarosa@cimne.upc.edu) )

Coordinación técnica ([ofruitos@cimne.upc.edu](mailto:ofruitos@cimne.upc.edu) )

Coordinación área BIM-RV ([mora@cimne.upc.edu](mailto:mora@cimne.upc.edu) )

Coordinación área TIC ( [@cimne.upc.edu](mailto:@cimne.upc.edu) )

Coordinación área AERO ( [@cimne.upc.edu](mailto:@cimne.upc.edu) )

Coordinación RMEE ( [@cimne.upc.edu](mailto:@cimne.upc.edu) )

Coordinación área Projectes ([fdelarosa@cimne.upc.edu](mailto:fdelarosa@cimne.upc.edu) )

Coordinación área Publicaciones ( [@cimne.upc.edu](mailto:@cimne.upc.edu) )

**Gracias por vuestra paciencia y atención**

