



UNIÓN EUROPEA



FONDO EUROPEO DE  
DESARROLLO REGIONAL

"Una manera de hacer Europa"



# SEMINARIO ANUALIDAD II

Valencia, 8 de marzo 2017

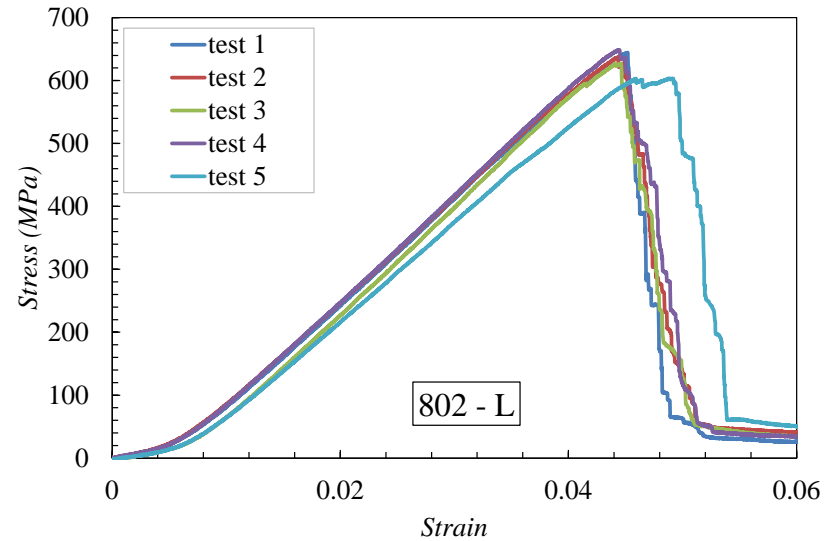
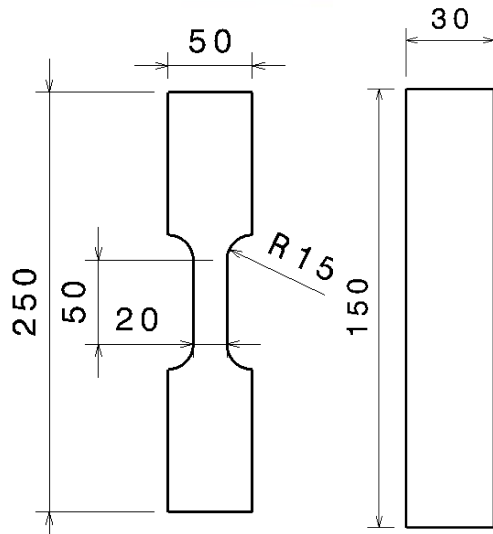
*Proyecto RTC-2015-3887-8*



# 2. Tareas año 2015-2016

## Ensayos de tracción

Feb 2016- Agosto 2017



ARAMIDA

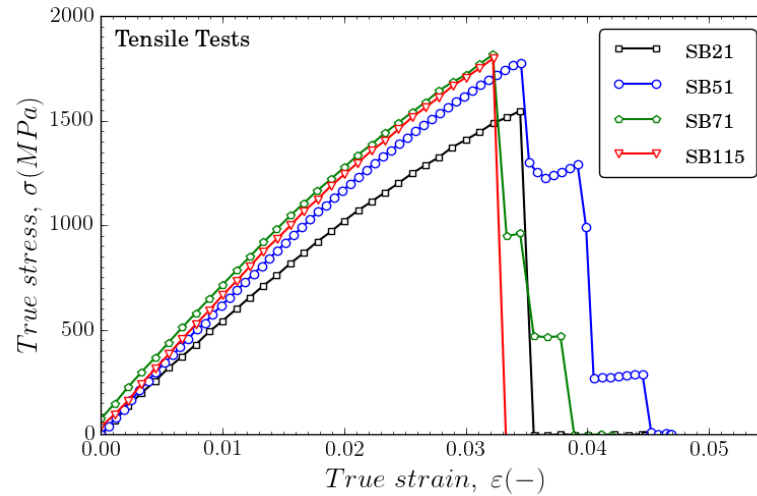
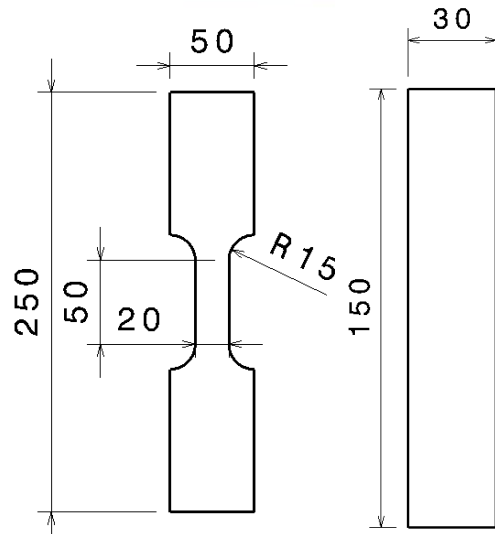
Figura 2: Resultados de los ensayos de tracción para la tela blanda 802 en dirección longitudinal.



# 2. Tareas año 2015-2016

## Ensayos de tracción

Feb 2016- Agosto 2017



**DYNEEMA**

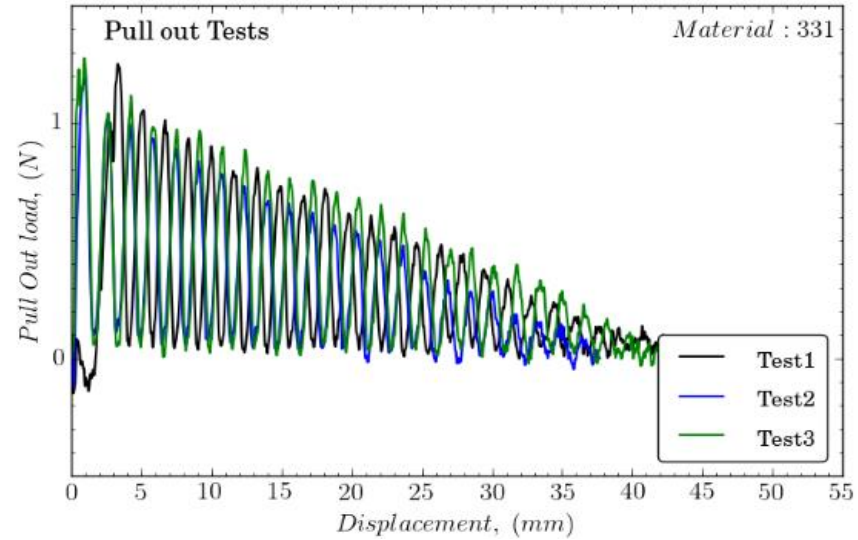
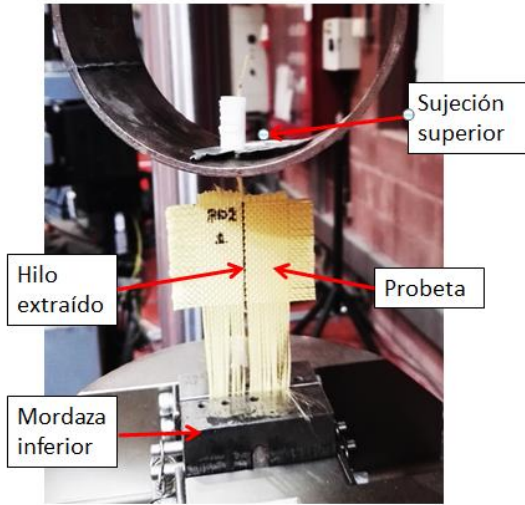
Material	Areal density ( $g/m^2$ )	$\sigma_{max}$ (MPa)	$\epsilon_f$ (-)	$E_V$ (J/m <sup>3</sup> )
SB21	142.5	1557	0.0347	30.1 $10^6$
SB51	249.7	1783	0.0346	34.6 $10^6$
SB71	185.9	1833	0.0325	33.9 $10^6$
SB115	69.31	1803	0.0325	32.4 $10^6$



# 2. Tareas año 2015-2016

## Ensayos de extracción de hilo

Feb 2016- Agosto 2017



ARAMIDA

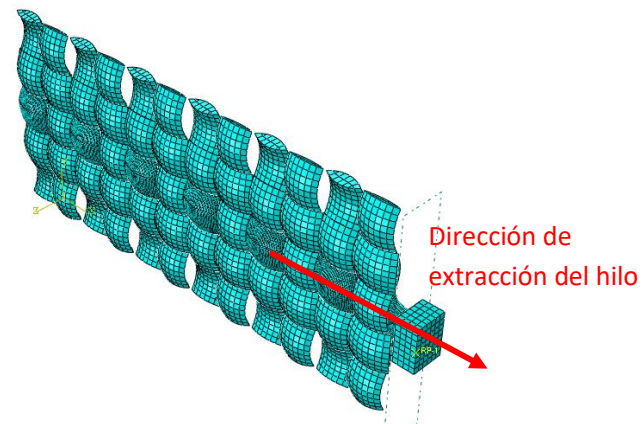


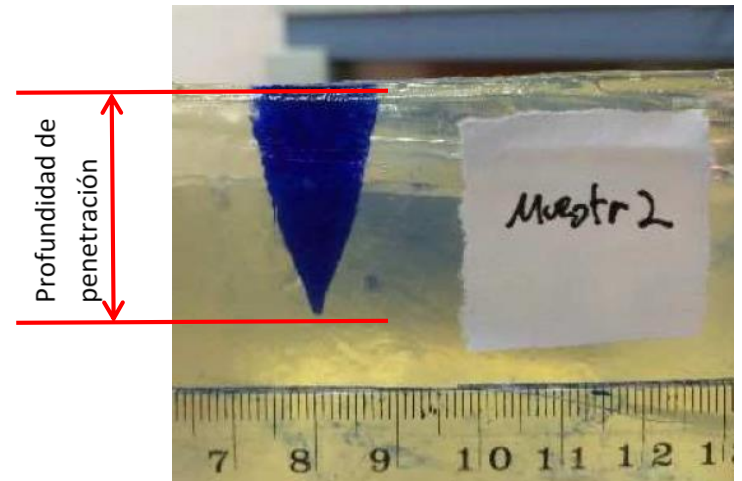
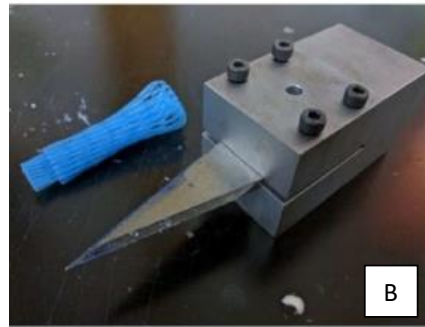
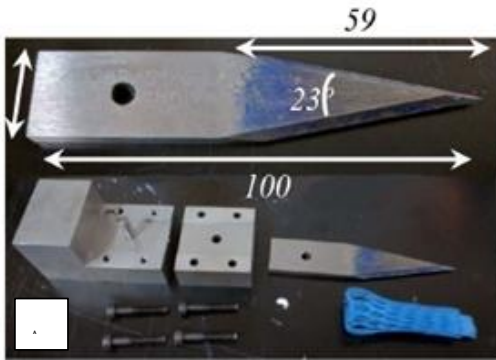
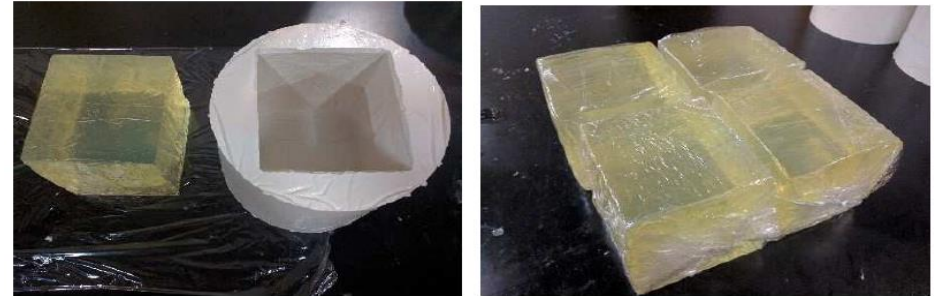
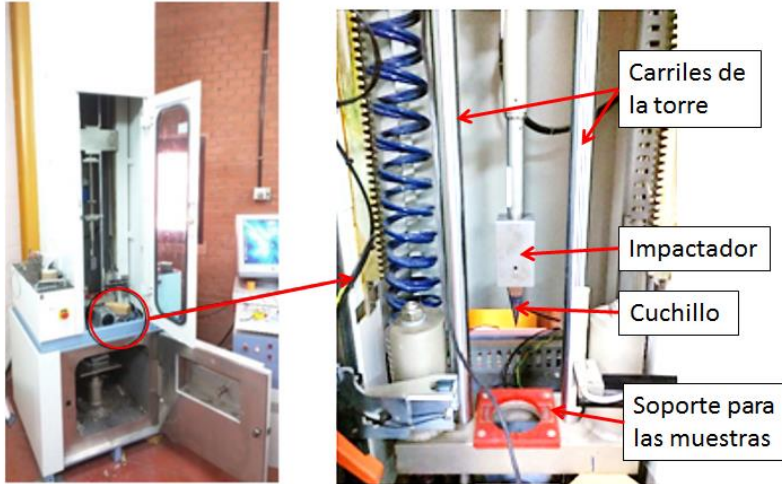
Figura 3: Modelo de la tela 270 en ABAQUS.

# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de arma blanca

Feb 2016- Agosto 2017

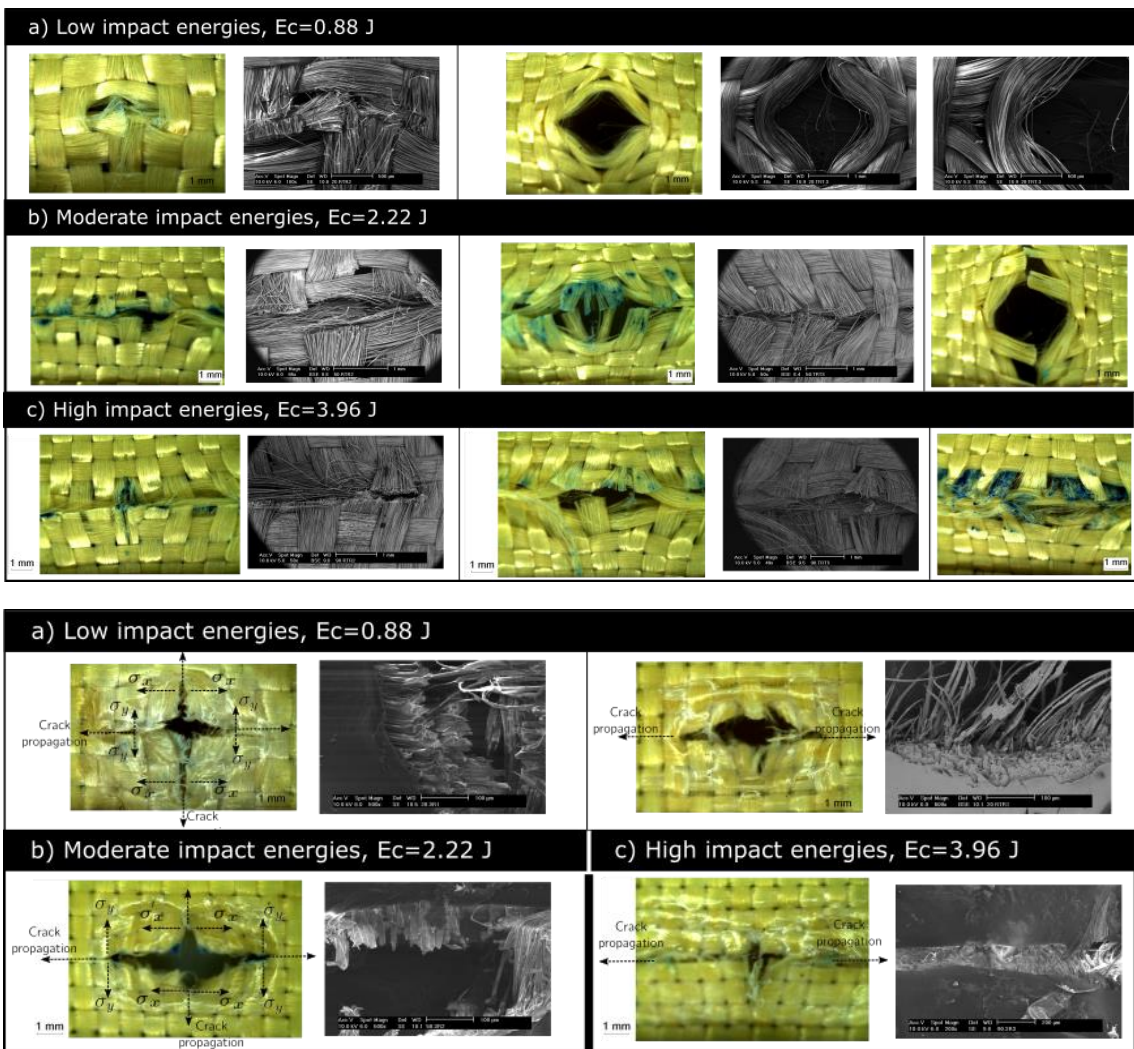
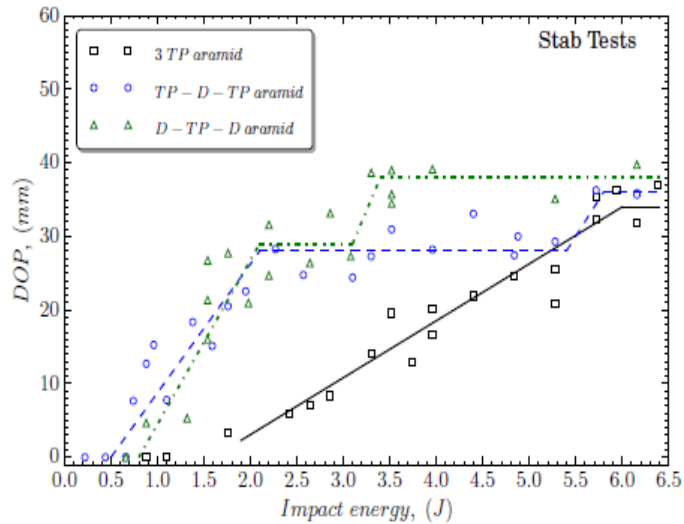
### ARAMIDA



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de arma blanca

Feb 2016- Agosto 2017

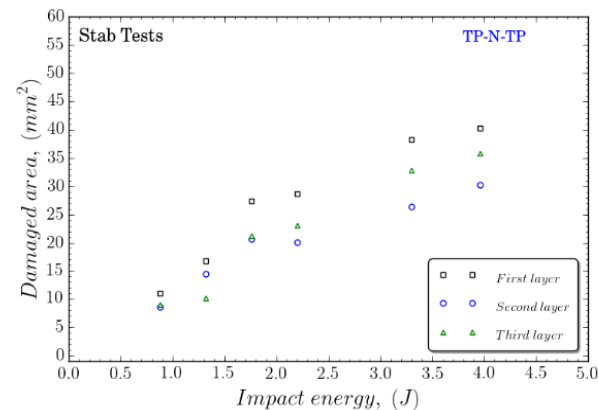
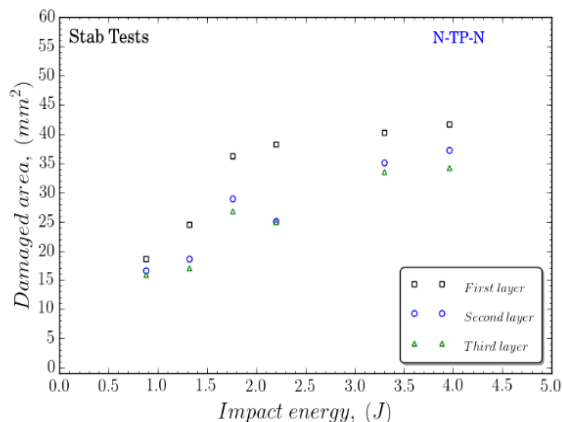
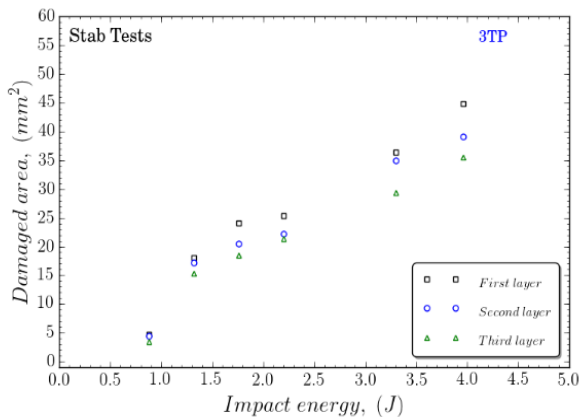


# 2. Tareas año 2016-2017

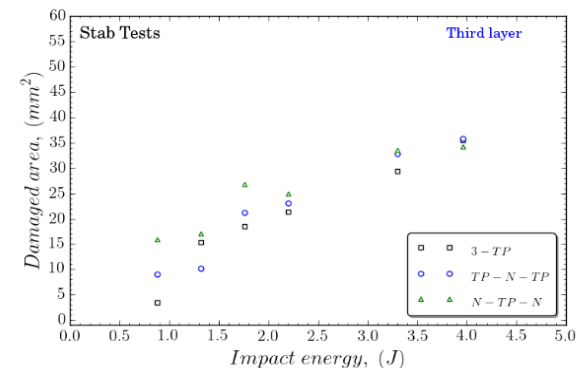
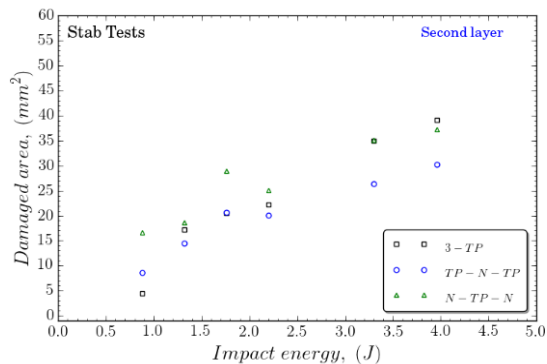
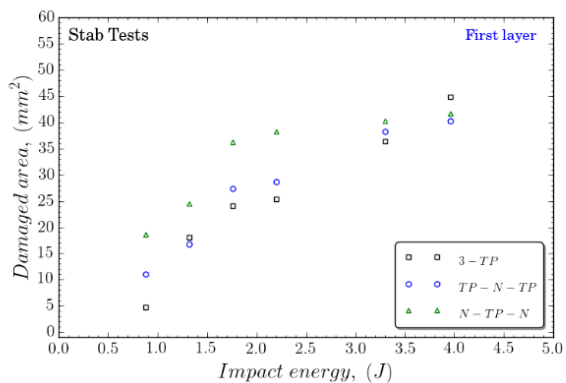
## Ensayos de arma blanca

Feb 2016- Agosto 2017

### Análisis por configuración / capa



### Análisis por capa / configuración



## 2. Tareas año 2016-2017

### *Ensayos de arma blanca*

*Feb 2016- Agosto 2017*

Protector- 363-Protector proporciona mayores niveles de energía absorbidas por masa.

El uso de 363 proporciona menores áreas dañadas en configuraciones Protector- 363-Protector

**UNDER  
REVIEW**

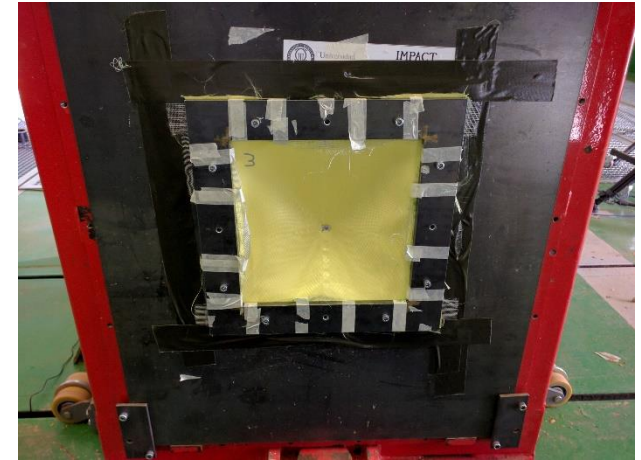
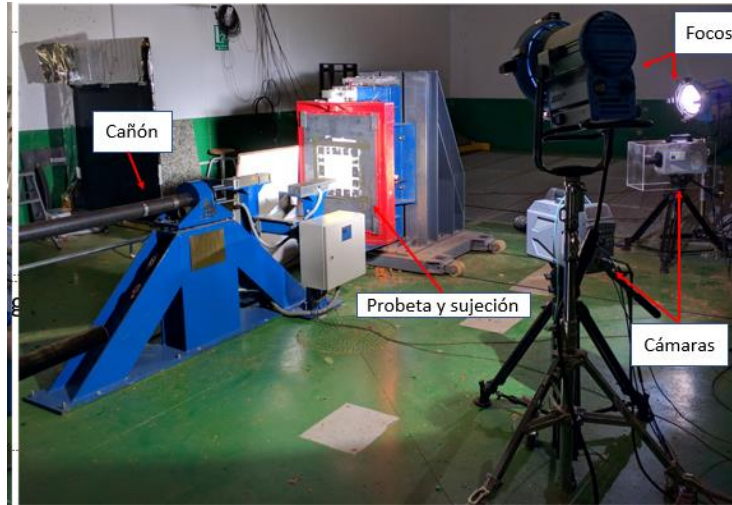




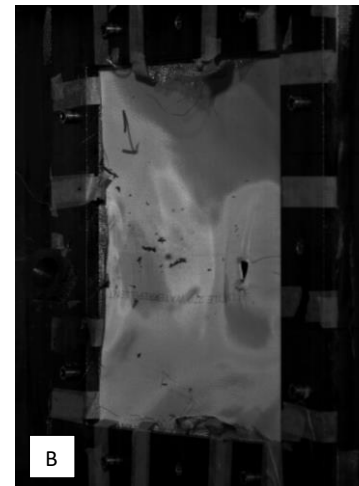
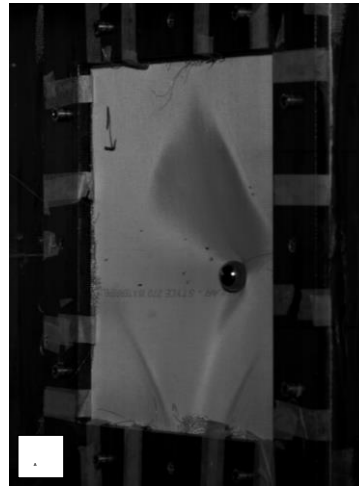
# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



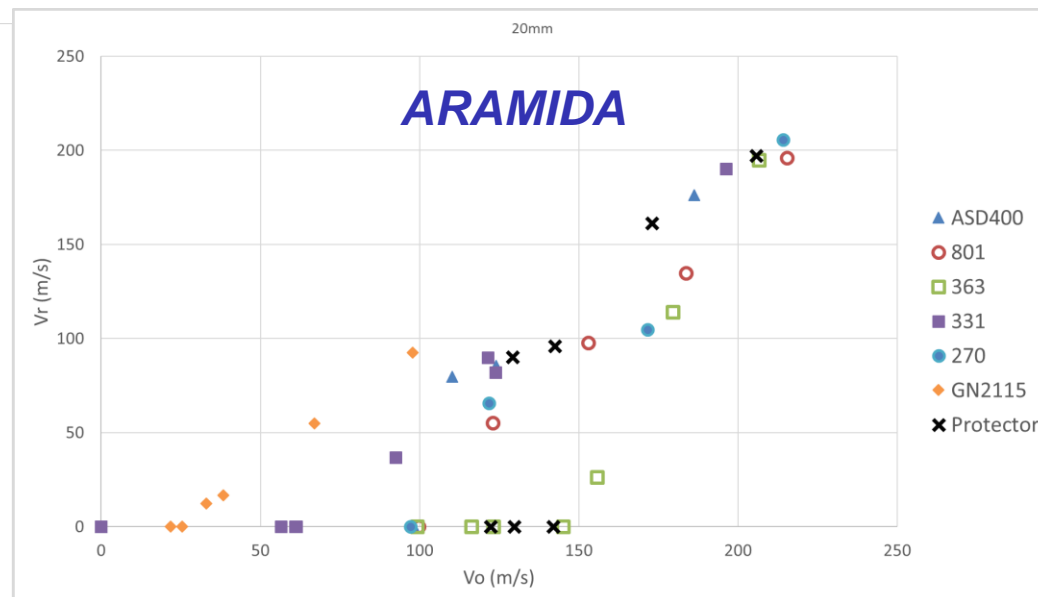
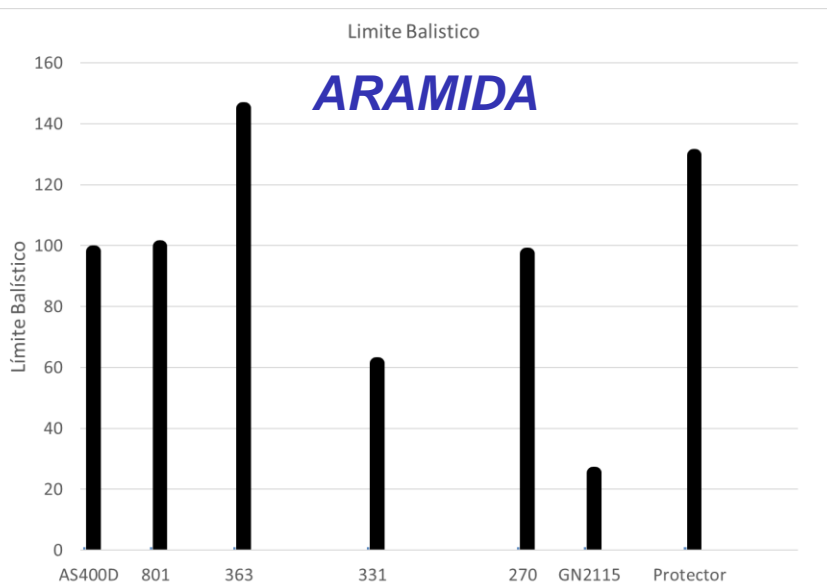
380x380mm  
Esfera 30mm  $\phi$



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



1 CAPA

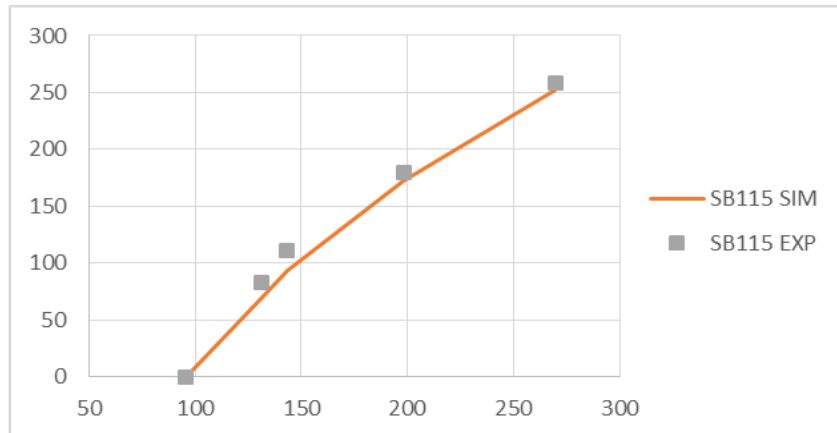
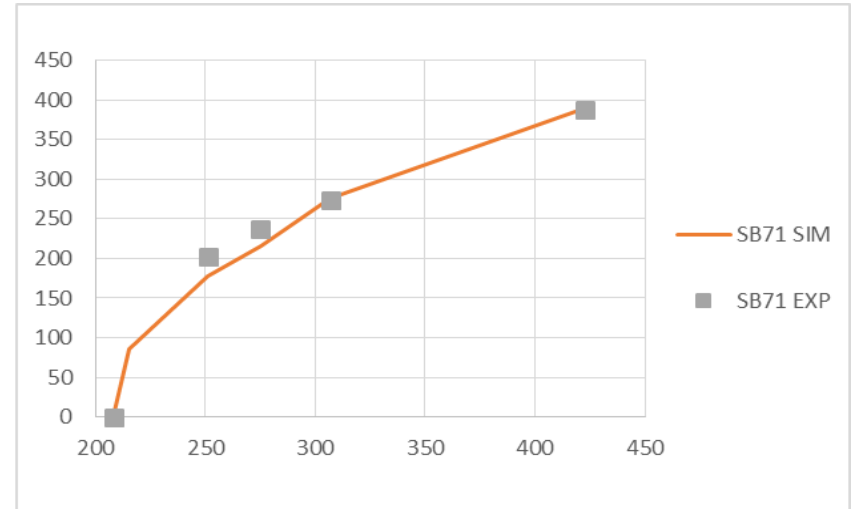
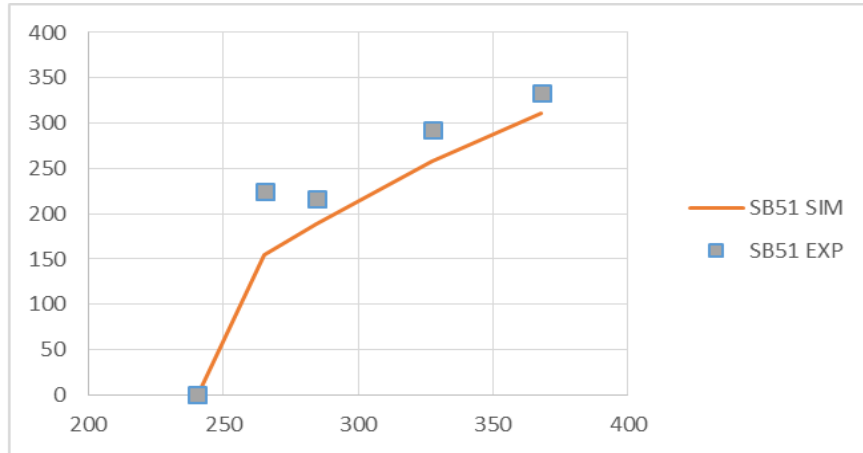
Material	Densidad Areal (g/m <sup>2</sup> )	Espesor hilo (mm)	Area hilo WARP(mm <sup>2</sup> )	Area hilo FILL(mm <sup>2</sup> )	PASO ENTRE HILOS WARP	PASO ENTRE HILOS FILL
802	190	0.26	0.7282	0.7717	1.1296801	1.16819073
363	200	0.31	0.7298	0.7614	0.9686	0.9289
331	110	0.13	0.2259	0.2757	0.7679	0.7802
270	125	0.2	0.1754	0.1986	0.3619	0.3582
PROTEC	310	0.25				
AS400	280	0.225				
GN2115	107					



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



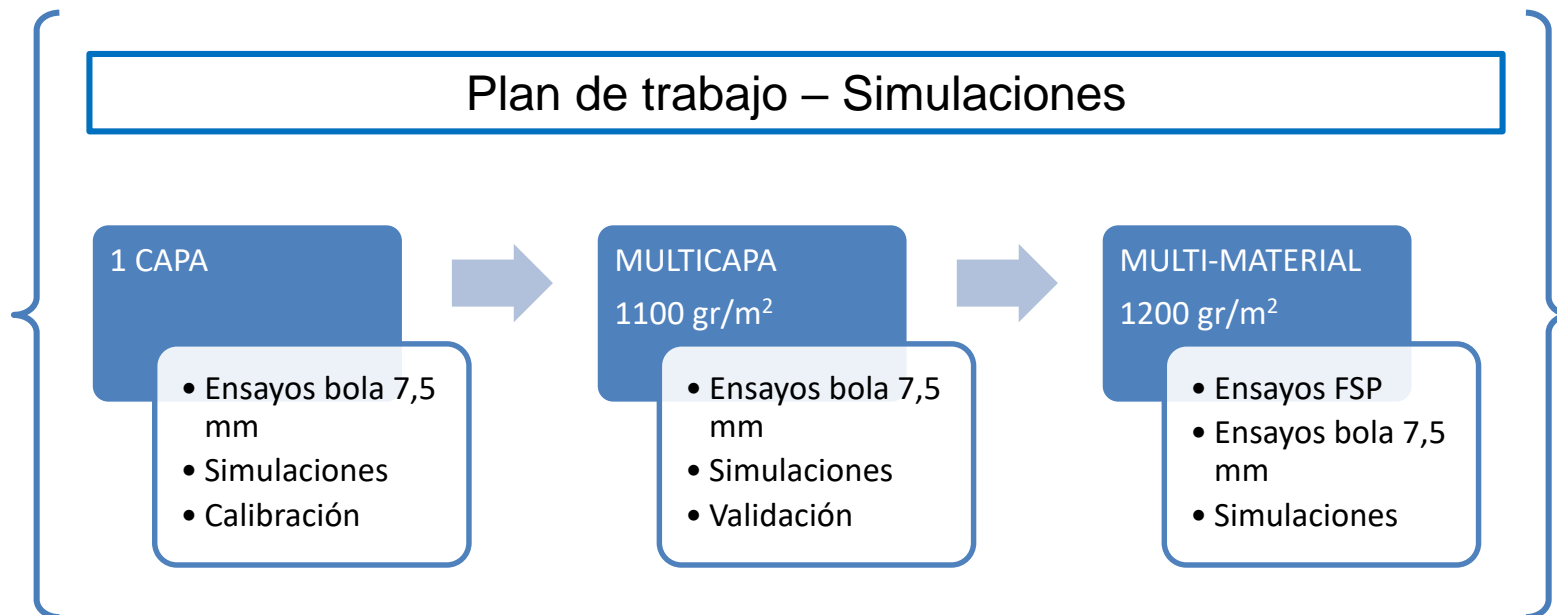
**DYNEEMA**



## 2. Tareas año 2016-2017

### *Ensayos de impacto en telas*

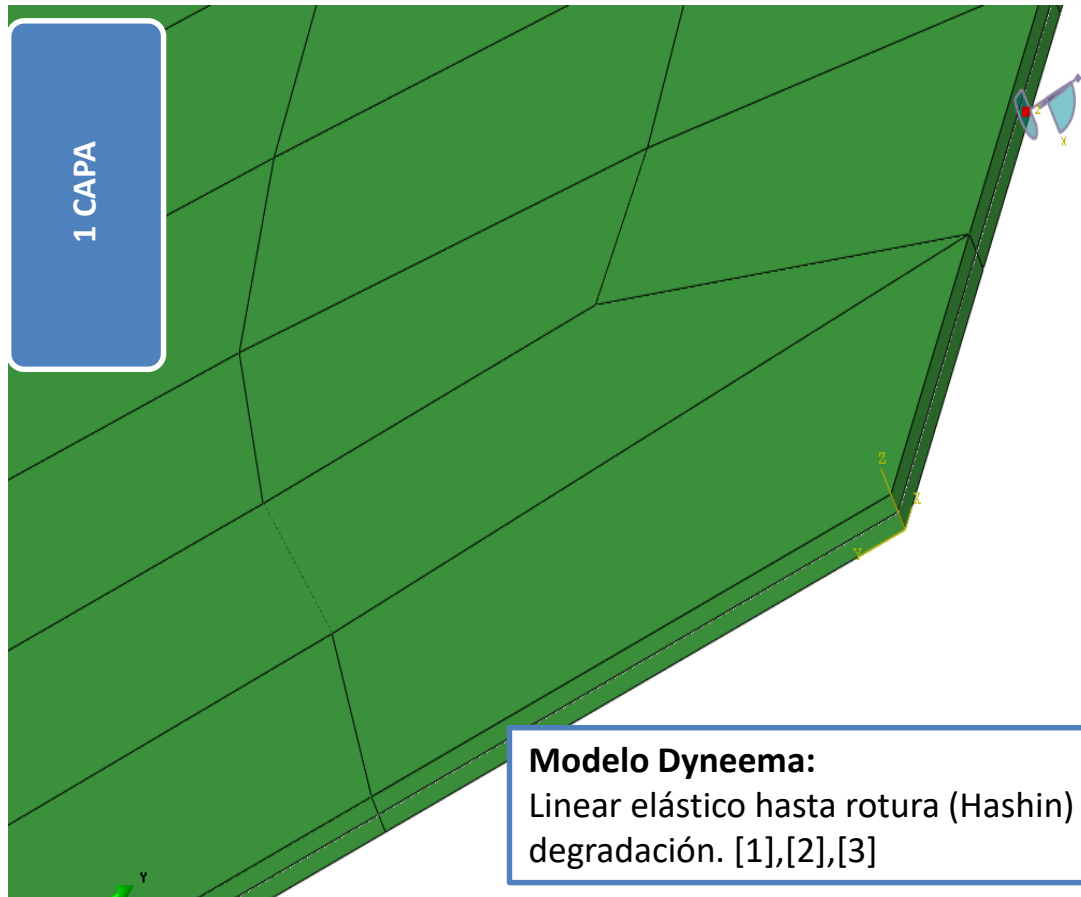
*Feb 2016- Agosto 2017*



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



### CADA TELA DE DYNEEMA:

- Una capa a  $0^\circ$
- Otra capa a  $90^\circ$

### CRITERIOS DE ROTURA:

- Fibras a tracción
- Fibras a compresión
- Matriz a tracción
- Matriz a compresión

Grujicic, P. S. Glomski, T. He, G. Arakere, W. C. Bell, B. A. Cheeseman. Material Modeling and Ballistic-Resistance Analysis of Armor-Grade Composites Reinforced with High-Performance Fibers. Journal of Materials Engineering and Performance December 2009, Volume 18, Issue 9, pp 1169-1182. [1]

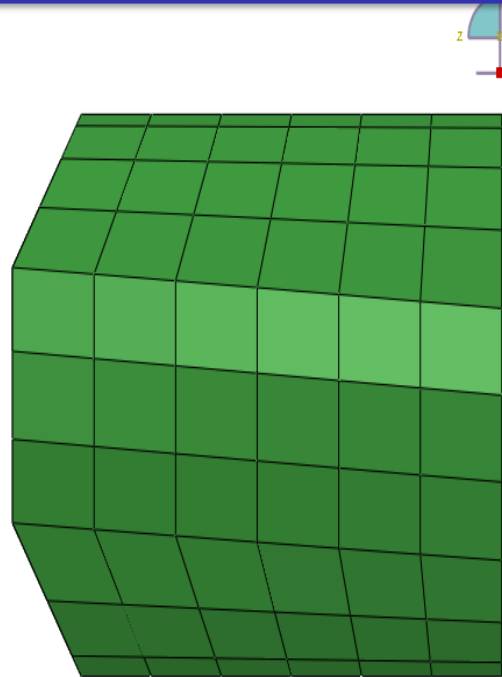
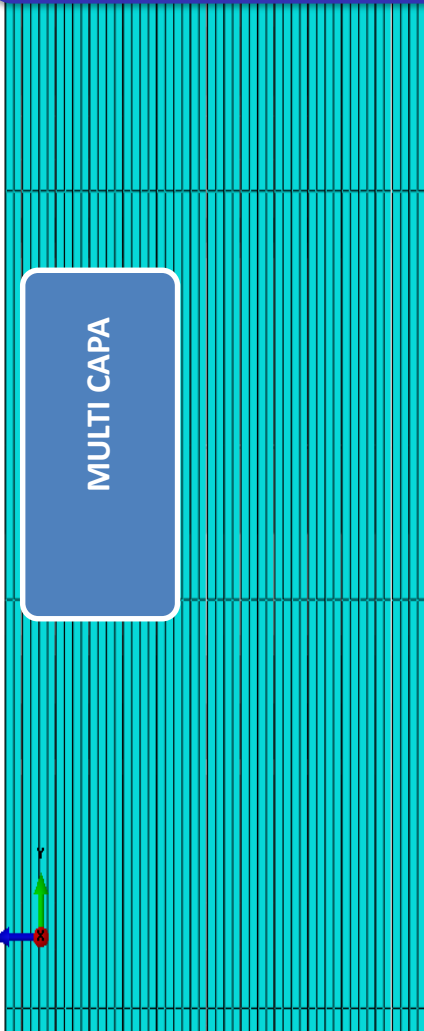
Xiaogang Chen a, Yi Zhou , Garry Wells. Numerical and experimental investigations into ballistic performance of hybrid fabric panels. Composites: Part B 58 (2014) 35–42 [2]

M. Yong , L. Iannucci , B.G. Falzon. Efficient modelling and optimisation of hybrid multilayered plates subject to ballistic impact. International Journal of Impact Engineering 37 (2010) 605–624 [3].

# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



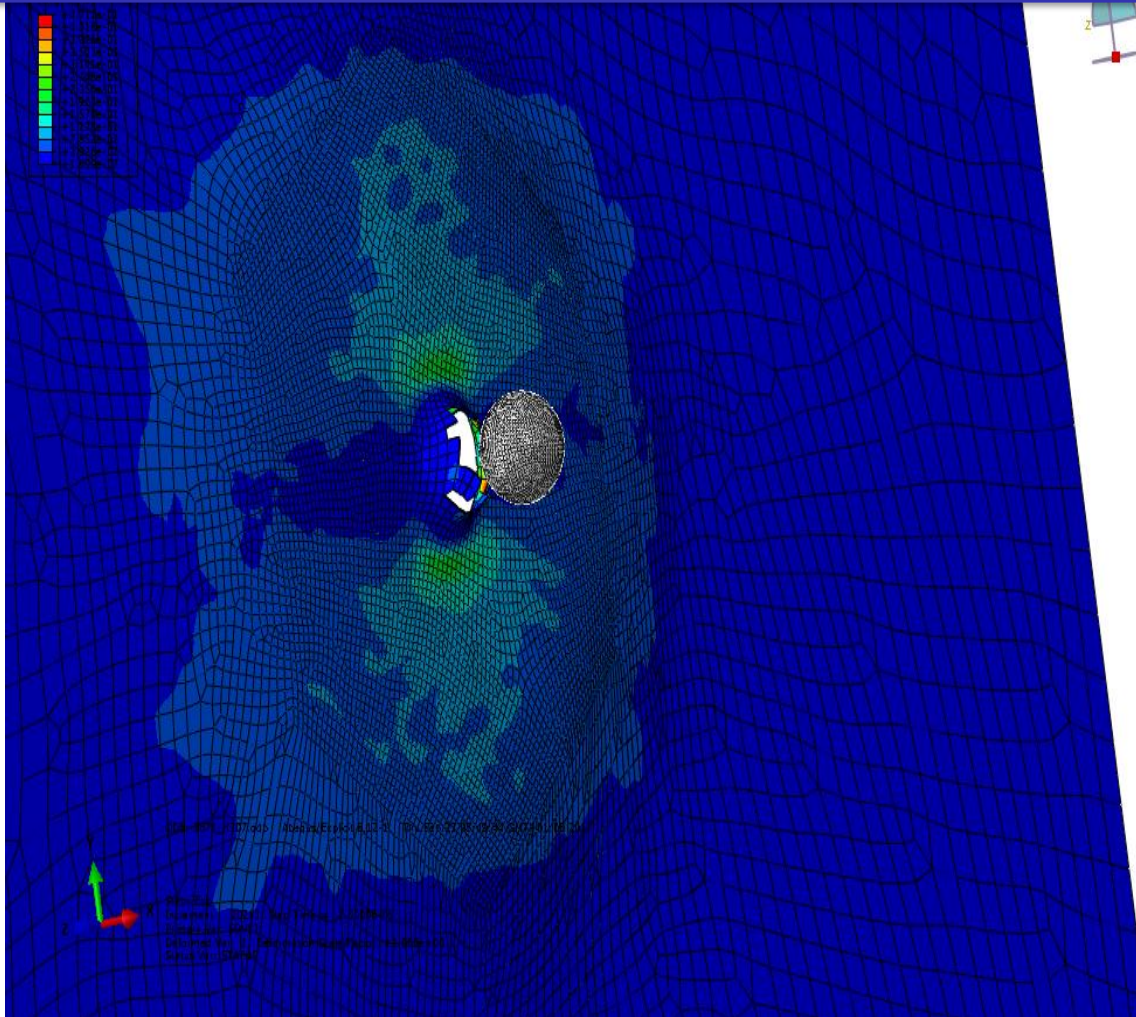
### MODELO MULTICAPA:

- Cada tela tiene una lámina a  $0^\circ$  y otra a  $90^\circ$
- Fricción contra la superior e inferior

# 2. Tareas año 2016-2017

## *Ensayos de impacto en telas*

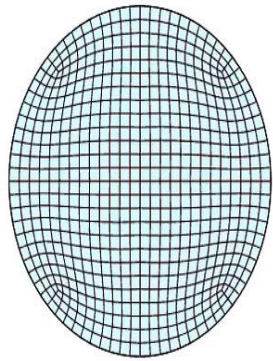
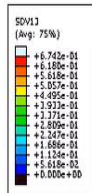
*Feb 2016- Agosto 2017*



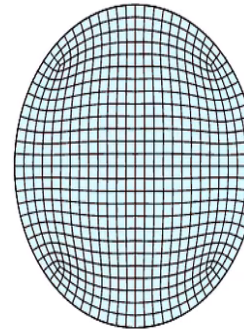
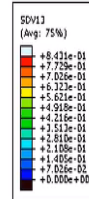
# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



Step: Exp    Fran  
Total Time: 0.00000



Step: Exp    Frame: 0  
Total Time: 0.000000

ODB: SB71\_H251.odb    Abaqus/Explicit 6.12-1    Fri Mar 03 09:57:03 GMT+01:00 2017

Step: Exp  
Increment: 0: Step Time = 0.0  
Primary Var: SDV13  
Deformed Var: U    Deformation Scale Factor: +1.000e+00  
Status Var: STATUS

ODB: SB71\_H251.odb    Abaqus/Explicit 6.12-1    Feb 23 08:49:38 GMT+01:00 2017

Step: Exp  
Increment: 0: Step Time = 0.0  
Primary Var: SDV13  
Deformed Var: U    Deformation Scale Factor: +1.000e+00  
Status Var: STATUS



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017

1 CAPA

- Ensayos bola 7,5 mm
- Simulaciones
- Calibración

MULTICAPA  
1100 gr/m<sup>2</sup>

- Ensayos bola 7,5 mm
- Simulaciones
- Validación

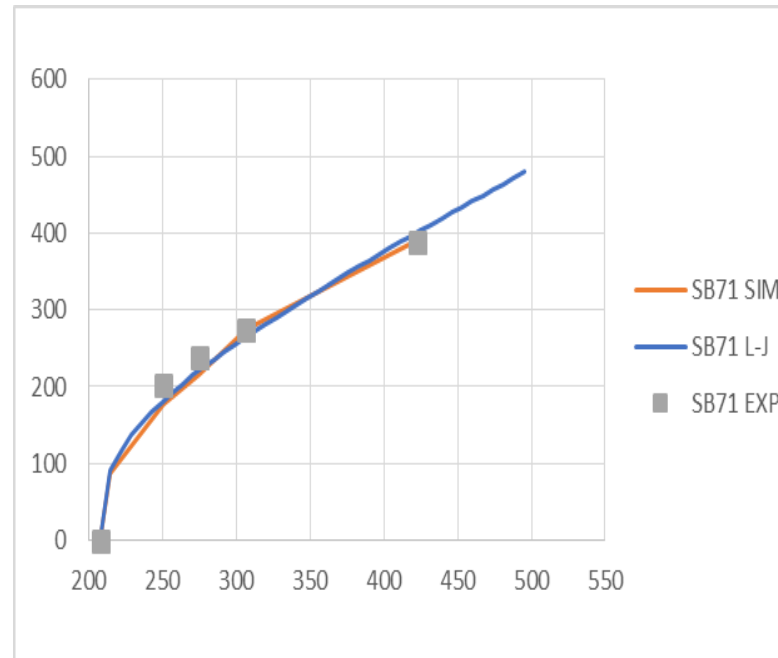
MULTI-MATERIAL  
1200 gr/m<sup>2</sup>

- Ensayos FSP
- Ensayos bola 7,5 mm
- Simulaciones

### MATERIALES:

- SB21
- SB51
- SB71
- SB115
- SB117

- **SIMULACIONES:**  
(faltan SB21 y SB117)
- **ENSAYOS: OK**



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017

1 CAPA

- Ensayos bola 7,5 mm
- Simulaciones
- Calibración

MULTICAPA  
1100 gr/m<sup>2</sup>

- Ensayos bola 7,5 mm
- Simulaciones
- Validación

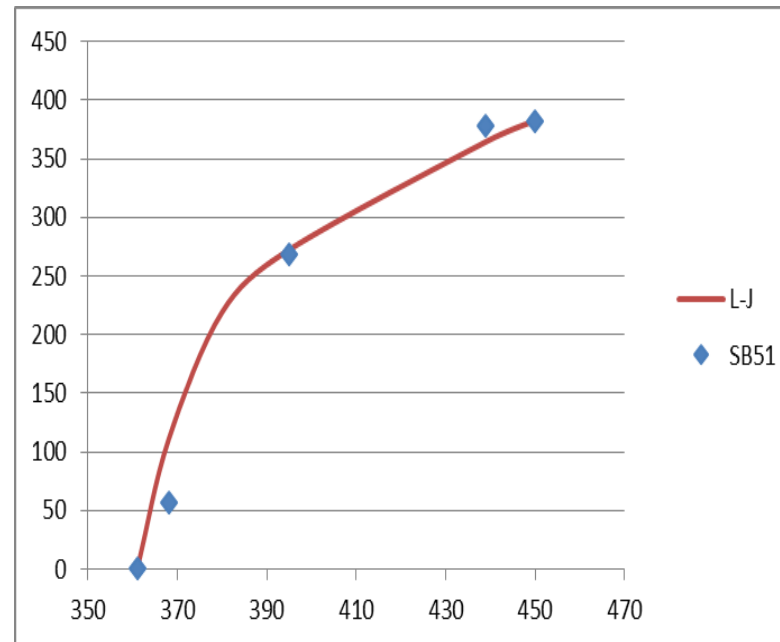
MULTI-MATERIAL  
1200 gr/m<sup>2</sup>

- Ensayos FSP
- Ensayos bola 7,5 mm
- Simulaciones

MATERIALES:

- SB21x7 (1015 gr/m<sup>2</sup>)
- SB51x4 (1012 gr/m<sup>2</sup>)
- SB117x5 (1080 gr/m<sup>2</sup>)

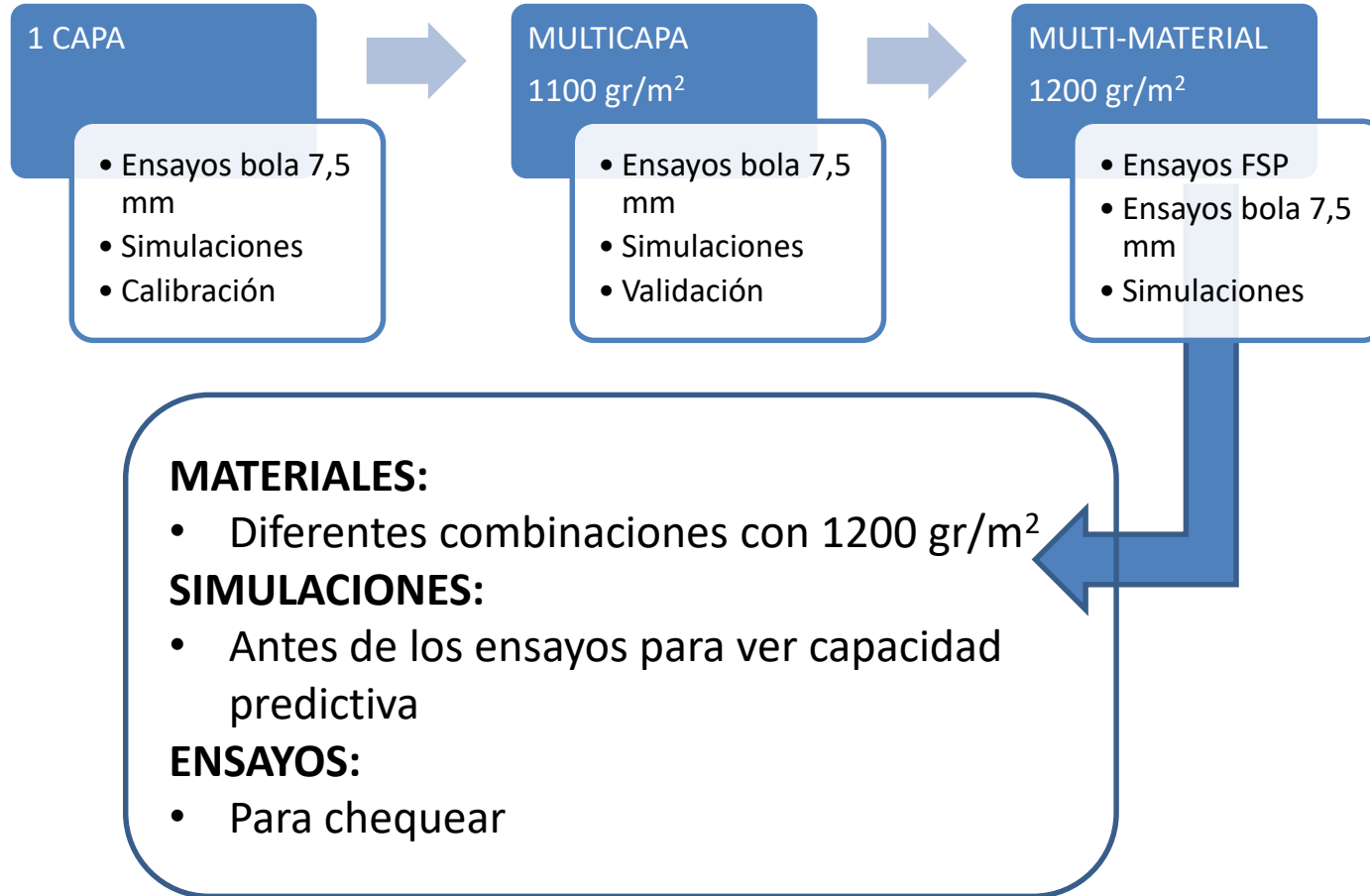
- SIMULACIONES FALTAN
- ENSAYOS OK



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en telas

Feb 2016- Agosto 2017



Universidad  
Carlos III de Madrid

## 2. Tareas año 2016-2017

*Ensayos de impacto en aramida compuesta*

*Feb 2016- Agosto 2017*

*Estudios en placa (HITO 2)*

*Estudios en casco (HITO 4)*

## 2. Tareas año 2016-2017

### *Ensayos de impacto en aramida compuesta*

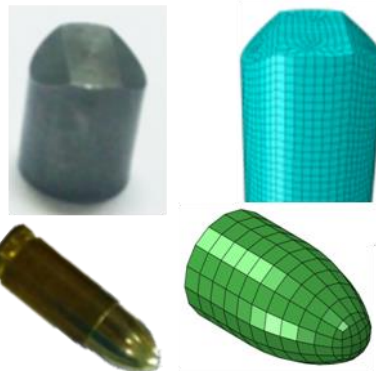
Feb 2016- Agosto 2017

*Estudios en placa (HITO 2)*

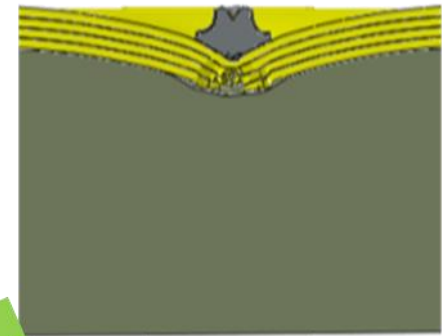
Basados en los ensayos desarrollados por FECSA



*Ensayos balísticos en placas*



*Desarrollo del modelo numérico FEM*



*Calibración y validación placa*

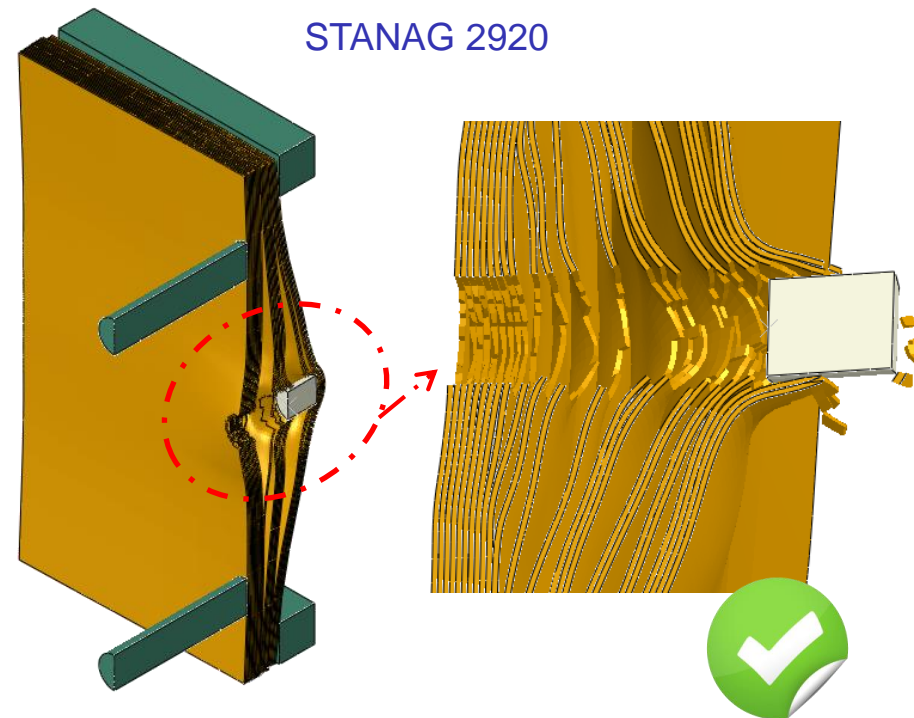
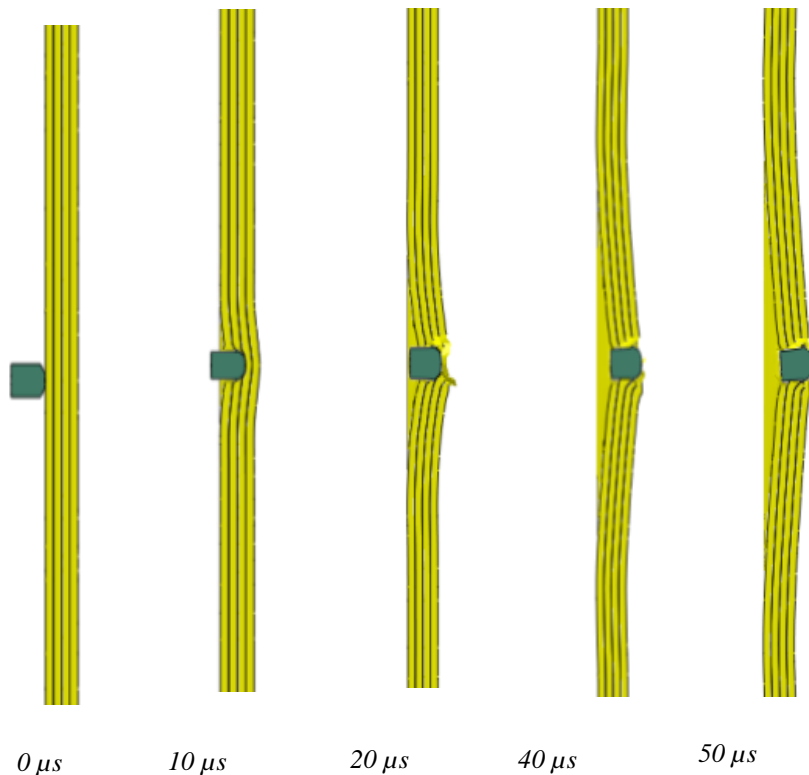
# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en aramida compuesta

Feb 2016- Agosto 2017

Estudios en placa (HITO 2)

Basados en los ensayos desarrollados por FECSA



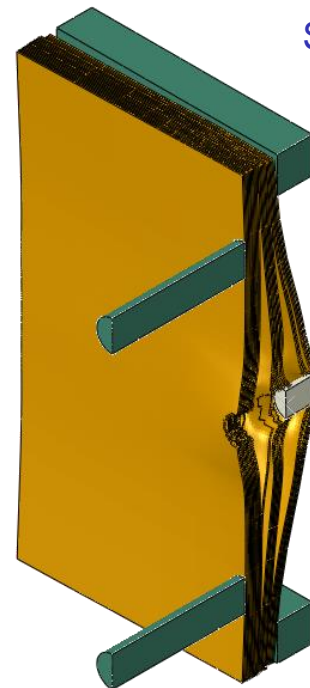
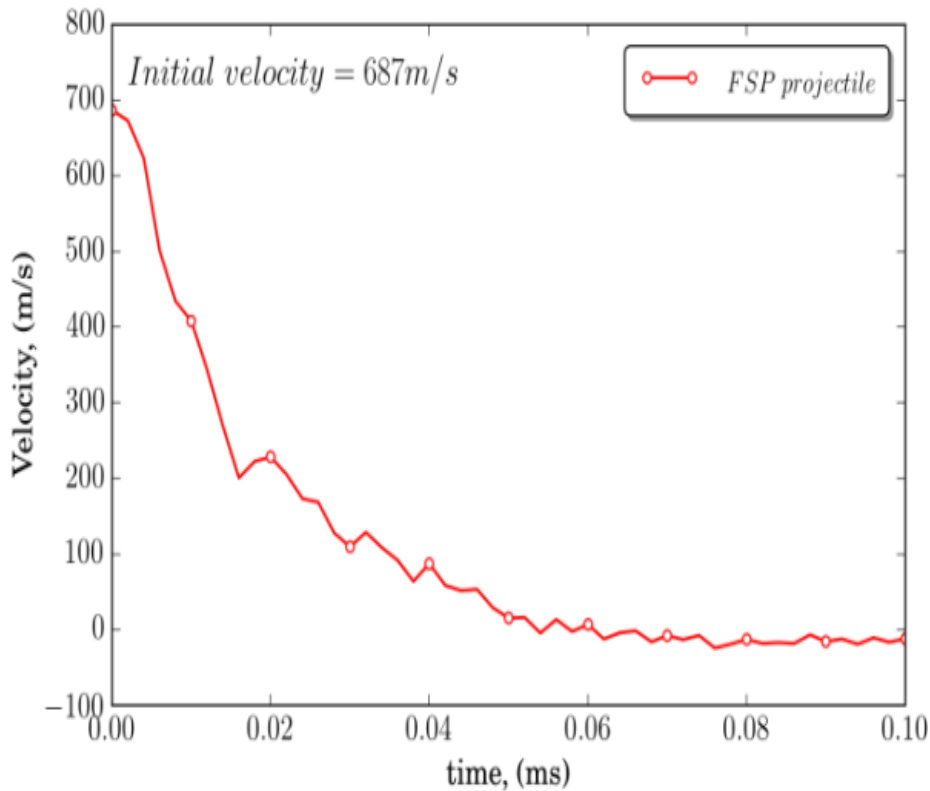
# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en aramida compuesta

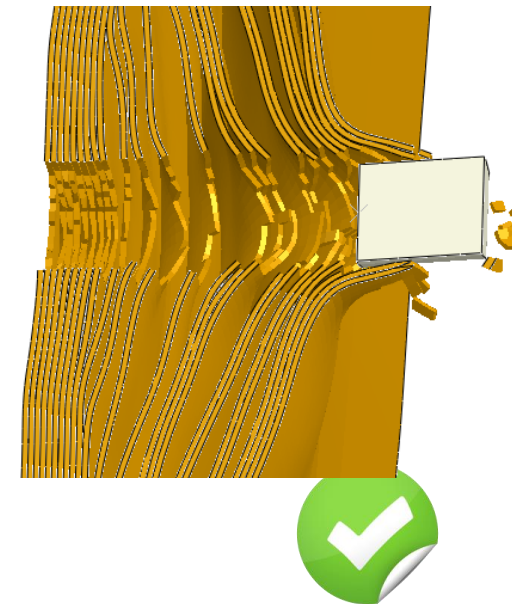
Feb 2016- Agosto 2017

Estudios en placa (HITO 2)

Basados en los ensayos desarrollados por FECSA



STANAG 2920



# 2. Tareas año 2016-2017

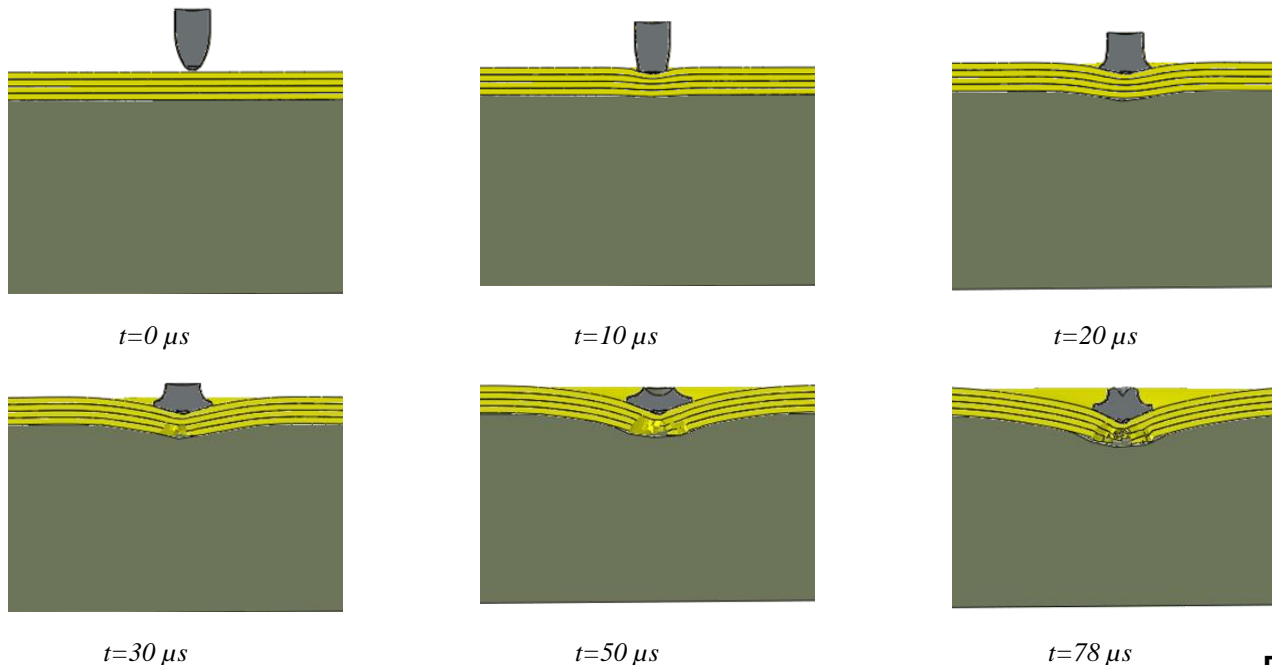
## Ensayos de impacto en aramida compuesta

Feb 2016- Agosto 2017

Estudios en placa (HITO 2)

Basados en los ensayos desarrollados por FECSA

NIJ-STD-0106



El trauma calculado a  $V_0=425$  m/s es 20 mm.  
El experimental es  $21.8 \pm 1.35$  mm.

Publicado y revisado

M. Rodriguez-Millan, T. Ito, J.A Loya, A. Olmedo, H. Miguez. *Development of numerical model for ballistic resistance evaluation of combat helmet and experimental validation.* Materials and Design, Volume 110, 2016, Pages 391-403



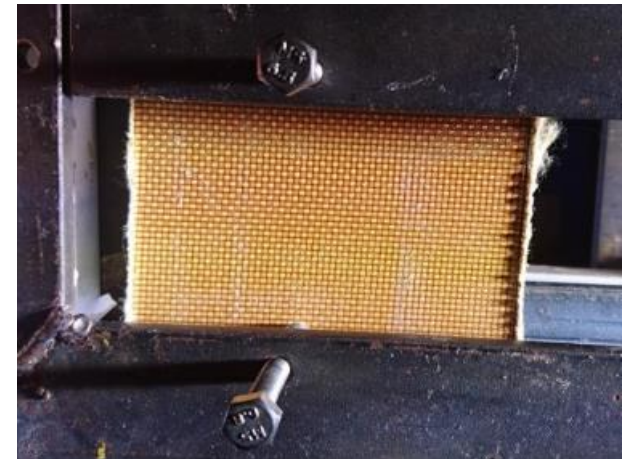
## 2. Tareas año 2016-2017

### *Ensayos de impacto en aramida compuesta*

Feb 2016- Agosto 2017

*Estudios en placa (HITO 2)*

Basados en los ensayos desarrollados por UC3M



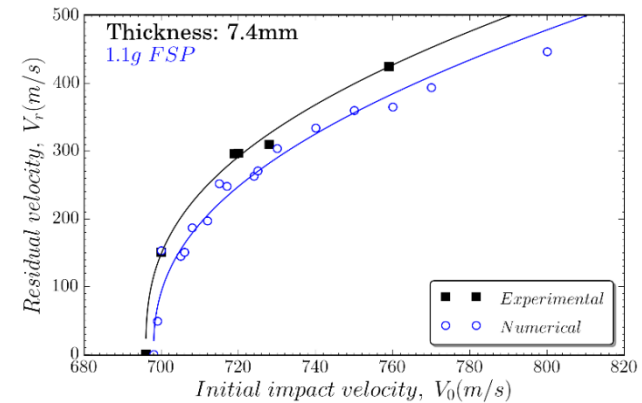
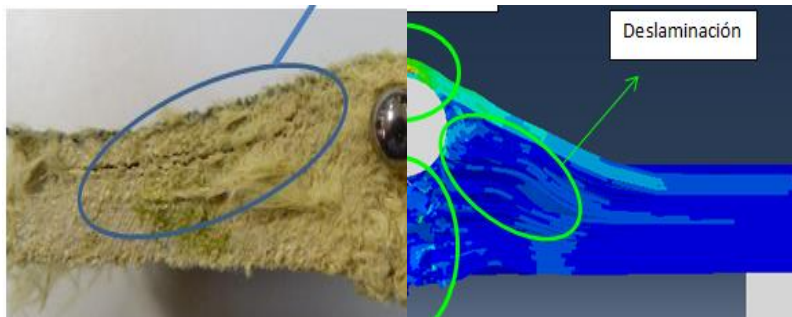
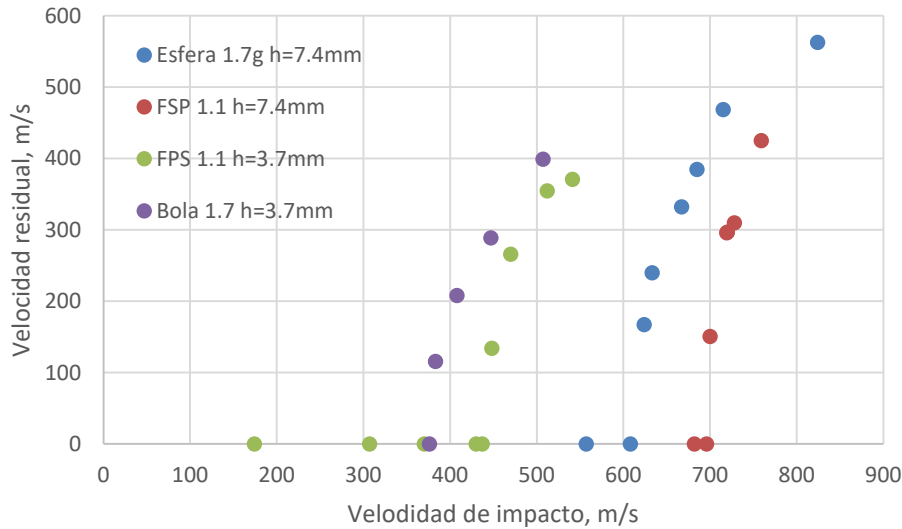
# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en aramida compuesta

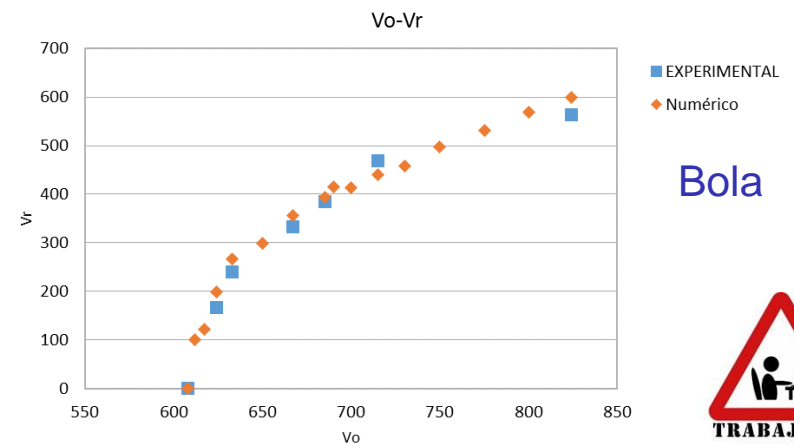
Feb 2016- Agosto 2017

### Estudios en placa (HITO 2)

Basados en los ensayos desarrollados por UC3M



FSP



Bola



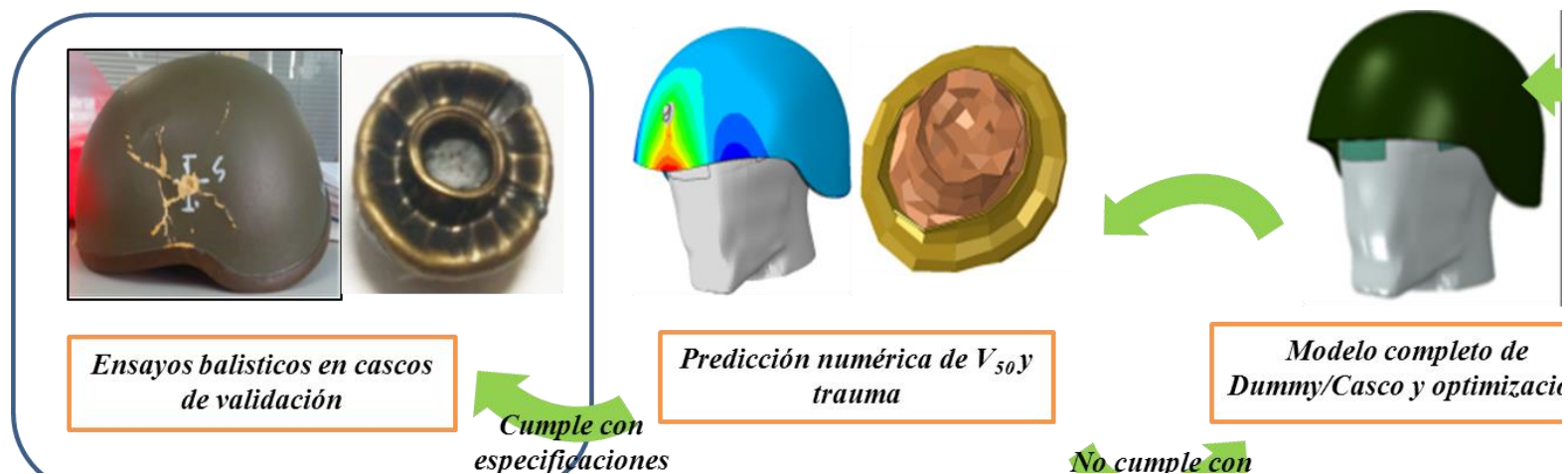
## 2. Tareas año 2016-2017

### Ensayos de impacto en aramida compuesta

Sept 2015- Jul 2017

Estudios en casco (HITO 4)

Basados en los ensayos desarrollados por FECSA



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en aramida compuesta

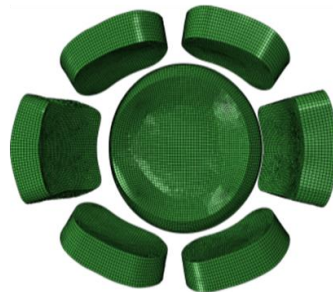
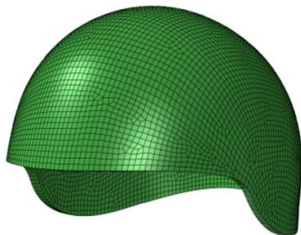
Feb 2016- Agosto 2017

Estudios en casco (HITO 4)

Basados en los ensayos desarrollados por FECSA



a)



b)



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en aramida compuesta

Feb 2016- Agosto 2017

### Estudios en casco (HITO 4)

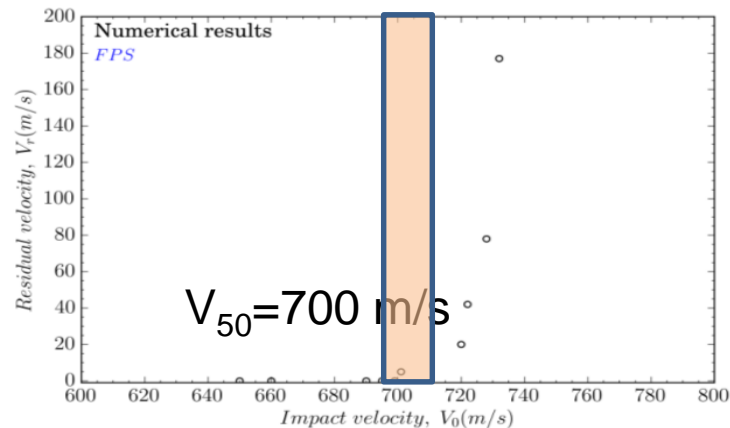
Basados en los ensayos desarrollados por FECSA



$V_{50}=697$  m/s



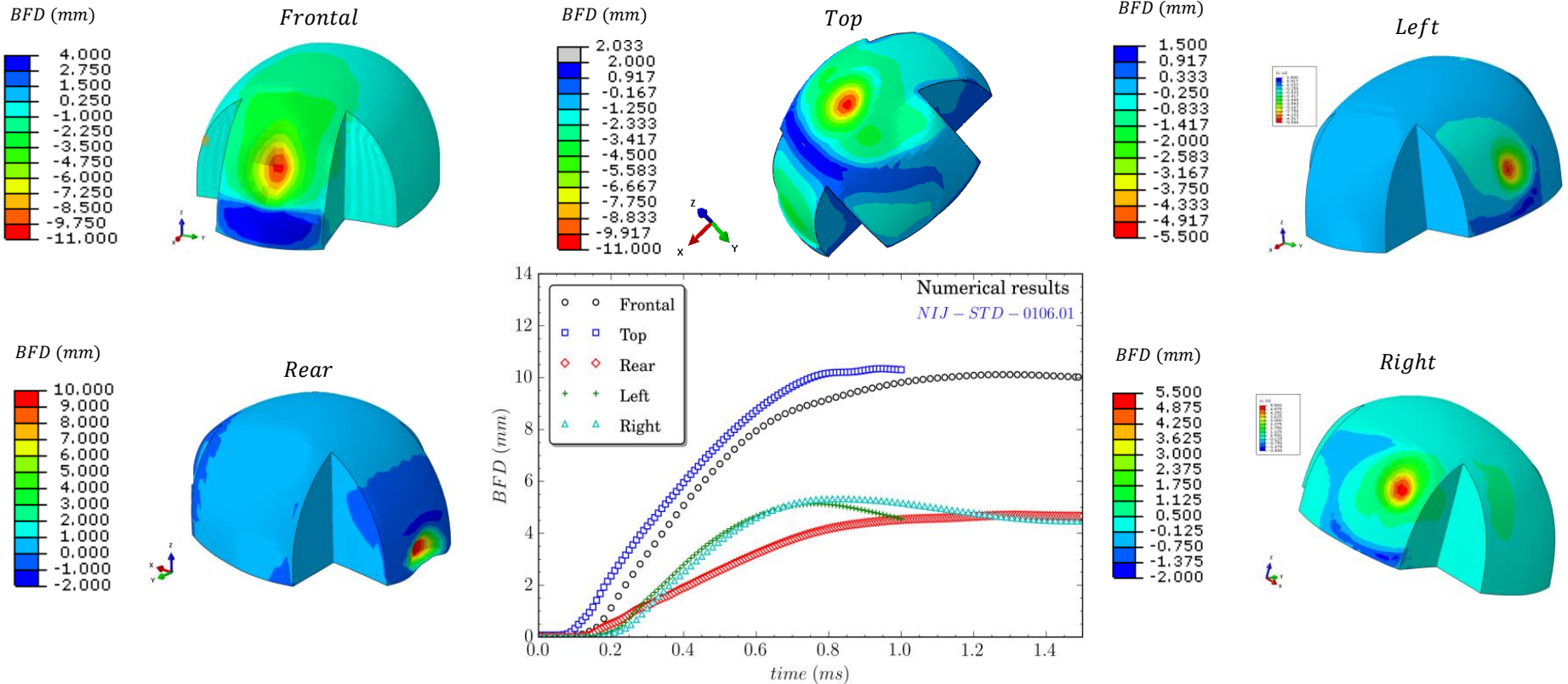
Nº Test	Impact Velocity (m/s)	Experimental results	Numerical results
		Perforation	Residual velocity (m/s)
1	663.6	Partial	-
2	683.2	Partial	-
3	689.7	Partial	-
4	697.0	Partial	-
5	701.1	Complete	Very low (~ 0)
6	701.7	Complete	Very low (~ 0)
7	718.5	Complete	20
8	732.0	Complete	177



# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en aramida compuesta

Feb 2016- Agosto 2017



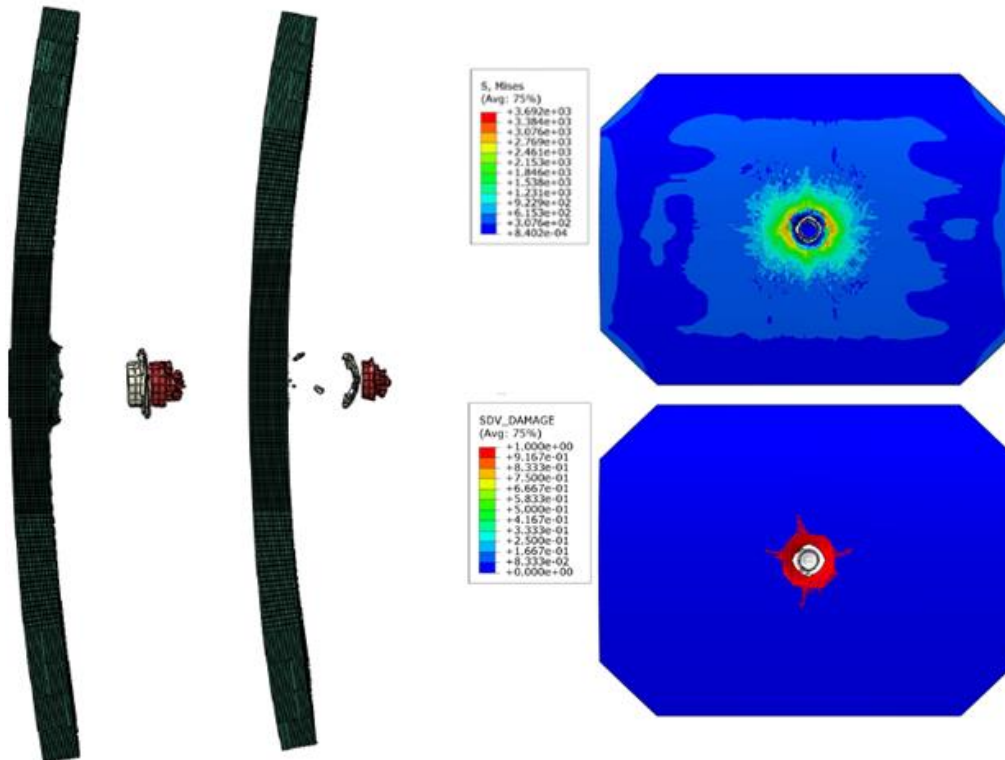
Position	Impact Velocity (m/s)	Exp. BFD (mm)	Num. BFD (mm)	Error (%)
Front	427.3	12	10.1	15.8
Right	420.7	6	5.35	10.8
Back	419.7	9	9.67	7.44
Left	433.8	6	5.13	14.5
Top	421.5	11	10.3	6.3
			Average error (%)	10.9

# 2. Tareas año 2016-2017

## Ensayos de impacto en cerámica

Feb 2016- Agosto 2017

- Modelo numérico validado en la literatura en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, AlN, B<sub>4</sub>C y SiC.
- Ensayos experimentales



# 2. Tareas año 2016-2017

## HITO 5: DESARROLLO DE MODELO MULTICUERPO DE CABEZA Y CUELLO

Ene 2016- Mar 2017

- Desarrollo de modelo mult cuerpo, validado con la literatura
- Validación experimental sobre dummy

### Outputs:

- Fuerzas
- Aceleraciones en vertebras del cuello
- Aceleración cabeza



Figura 1: Representación gráfica y modelo mult cuerpo del dummy Hybrid-III

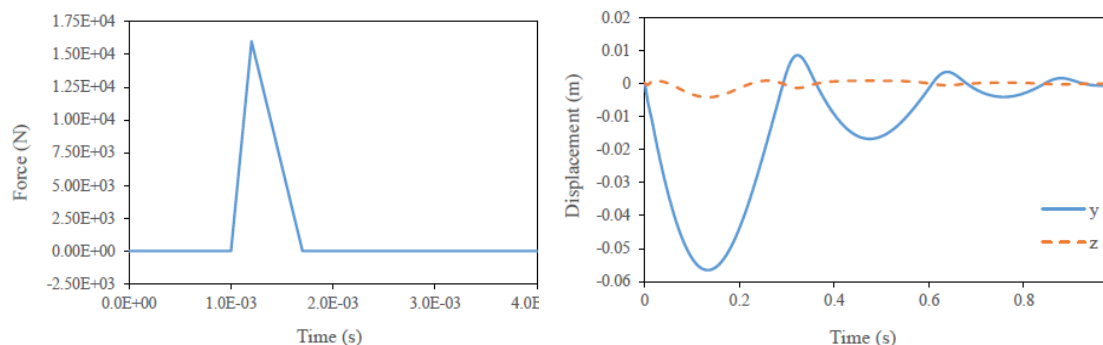


Figura 2: Perfil de fuerza aplicado al dummy y movimiento del centro de masas de la cabeza durante una de las simulaciones preliminares

