



# **ORIENTACIÓN DE LAS FIBRAS EN EL HORMIGÓN.**

## **CAUSAS Y CONSECUENCIAS**

***Autor: Abel Gallego Sánchez***

***Directores: D.Alejandro Sánchez Bolinches***

***D.Pedro Serna Ros***

**Taller 32**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación**



1

• JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

2

• OBJETIVOS

3

• ESTADO DEL ARTE

4

• CAMPAÑA EXPERIMENTAL

5

• CONCLUSIONES

6

• ESTUDIO ECONÓMICO



## Material no tradicional

- Relación joven: hormigón -fibra
- En fase de experimentación

## Durante los últimos 20 años

- Aparición del producto como tal en el mercado
- Aparición de la normativa

## Principal problema:

- Falta de conocimiento completo de su comportamiento
- Gran cantidad de variables



L'Oceanogràfic  
Valencia

Selby College  
UK





## OBJETIVOS



1

Influencia del flujo de hormigón en la orientación de fibras.

2

Influencia de la vibración para compactación en la orientación de la fibra.

3

Relación Orientación – Propiedades mecánicas.

4

Efecto pared.



# ESTADO DEL ARTE

## HISTORIA DE LAS FIBRAS



13.000 a.C.  
Ladrillo de  
adobe  
reforzado  
con paja

1910 -  
Primeros  
resultados de  
resistencia del  
HRFA. Graham  
& Griffith

1970 -  
Introducción  
del hormigón  
reforzado con  
fibras de acero  
en el mercado  
español

1900  
Primera  
patente de la  
placa de  
fibrocemento

1960 - Bases  
teóricas y  
experimentales  
para el  
desarrollo del  
HRFA

2008 - La EHE  
introduce el HRF  
en la normativa  
española



## TIPOS DE FIBRAS PARA HORMIGÓN



### Acero

- Mejor comportamiento a flexión
- Mejor postfisuración
- Disminución de retracciones
- Mejora la resistencia a cortante



### Polipropileno

- Buen comportamiento frente a la retracción
- Aumenta la impermeabilidad
- Óptimo para soleras y pavimentos



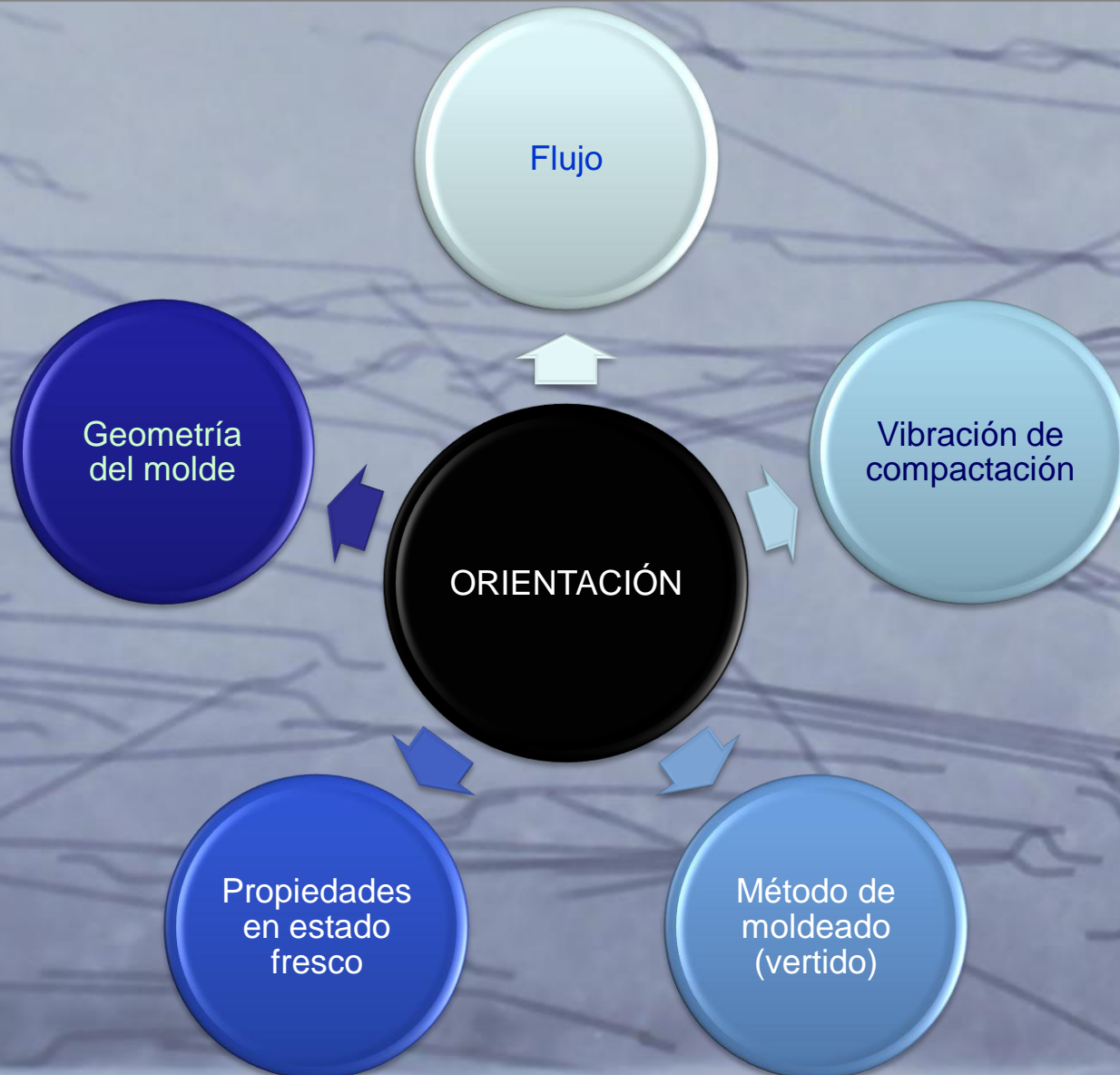
### Vidrio

- Hormigón: tipo AR (resistente a los Álcalis)
- Aumenta la durabilidad
- Óptimo para zonas de ambiente agresivo

Fibras más utilizadas en hormigón

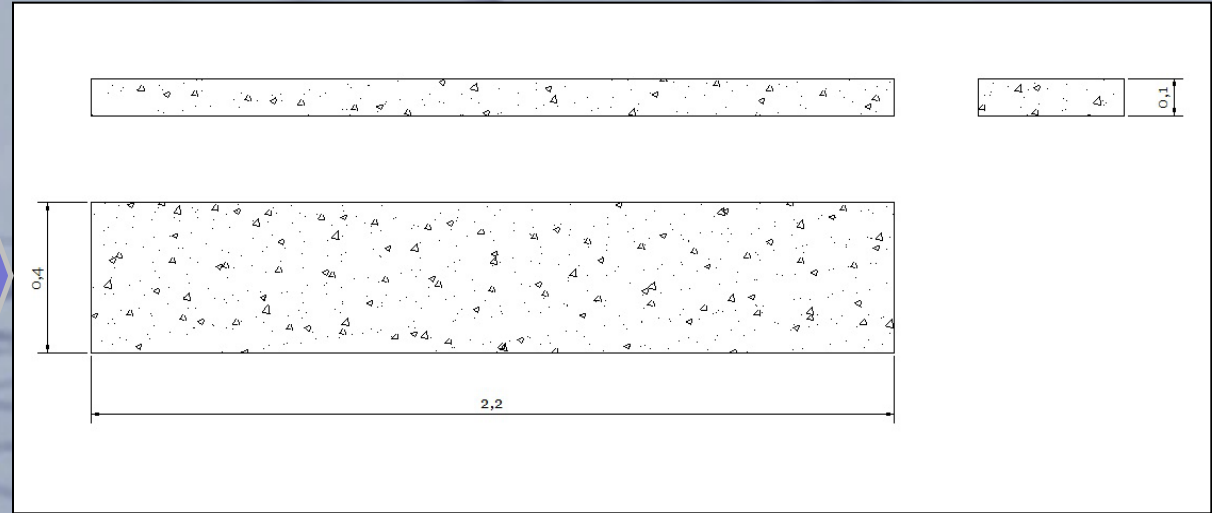


## CAUSAS DE LA ORIENTACIÓN DE FIBRAS





**PROBETA MADRE**  
**2.2 X 0.4 X 0.1**  
**metros**



**SUBPROBETAS**

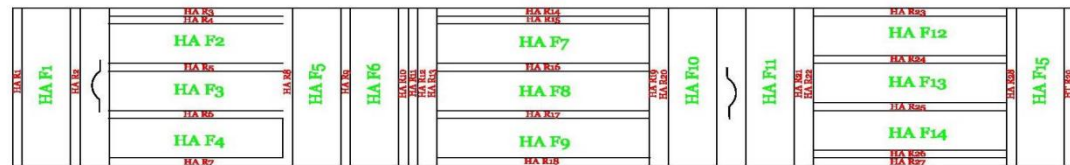
**-Tipo F: 0.4 x 0.1 x 0.1**

**-Tipo R: 0.4 x 0.02 x 0.1**




**HORMIGÓN AUTOCOMPACTABLE**  
**1ª PRUEBA**

■ Probeta flexión  
■ Probeta radiografía



Inicio hormigonado

  
 Dirección del flujo

Fin hormigonado



HAC

- *Flujo*
- *Efecto pared*

HT

- *Vibración*
- *Efecto pared*

- Flexotracción
- Análisis de Imagen



# Procedimiento

1

- Pruebas de dosificación

2

- Hormigonado de la pieza madre

3

- Fabricación de probetas

4

- Ensayos a flexotracción

5

- Pruebas radiográficas

6

- Análisis de imagen



## Pruebas de dosificación

- Dificultad de encontrar un buen HAC
- Ensayos de compresión en todas las pruebas



## Hormigonado de la pieza madre

- Mediante canal inclinado.
- En HT, vibrador de aguja para compactación



## Fabricación de probetas

- Mediante sierra de corte de piedra



## Ensayos a flexotracción

- Prensa universal
- Dos variantes: control de velocidad de carga y velocidad de desplazamiento



## Pruebas radiográficas

- Placa radiográfica y revelado tradicional
- En HT, solo las más representativas



## Análisis de imagen

- Se aplica la solución al problema conocido como Aguja de Büffon, (versión 3D, aguja larga). Se obtiene el número teórico de fibras orientadas en el plano de la placa por puro azar ( $n_e$ ), es decir, que deberían visualizarse enteras.
- Recuento de fibras enteras visibles en cada Radiografía. Se obtiene el número experimental de fibras orientadas en el plano de la radiografía ( $n_c$ )
- Su relación es el llamado factor de orientación ( $W$ , a partir de este momento)



### EFEECTO PARED

HT

**HT R12**

- **Situación: lateral / longitudinal**
- **Factor de orientación (W) = 1.67**



**HT R21**

- **Situación: central**
- **Factor de orientación (W) = 0.35**





### EFEECTO PARED

HAC

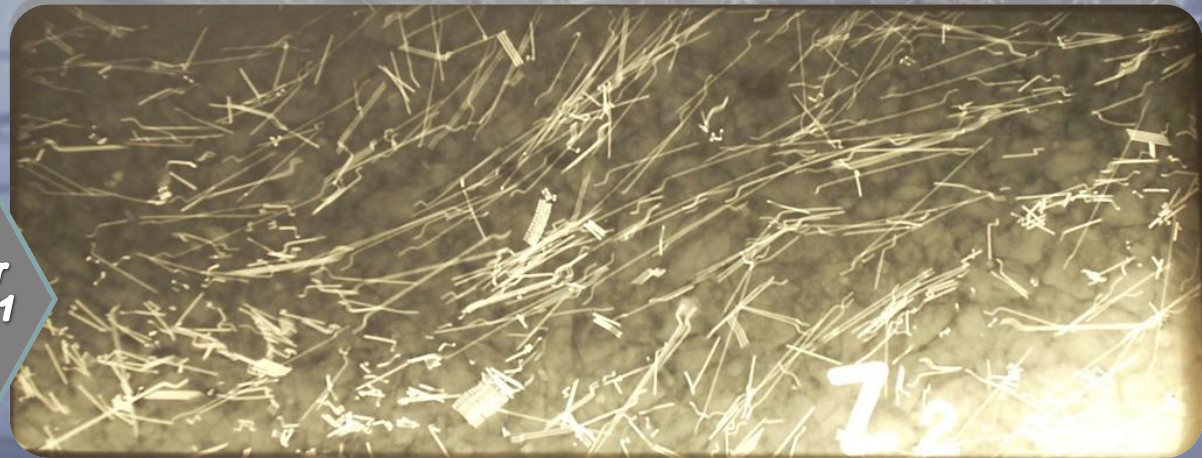
HAC R1

- *Situación: trasera / perpendicular*
- *Factor de orientación (W) = 1.64*



HAC R2

- *Situación: inicio / perpendicular*
- *Factor de orientación (W) = 0.21*





## VIBRACIÓN DE COMPACTACIÓN

HT



•Zona localizada de remolino de fibra, que no sigue el patrón del resto de la radiografía.

•Orientación perpendicular al diámetro del vibrador introducido verticalmente





### FLUJO

Remolinos en  
extremos de  
probeta

Zona central:  
valores absolutos  
de  $W$  muy altos

ORIENTACIÓN  
POR FLUJO

El extremo  
opuesto al inicio  
de hormigonado  
presenta  
segregación



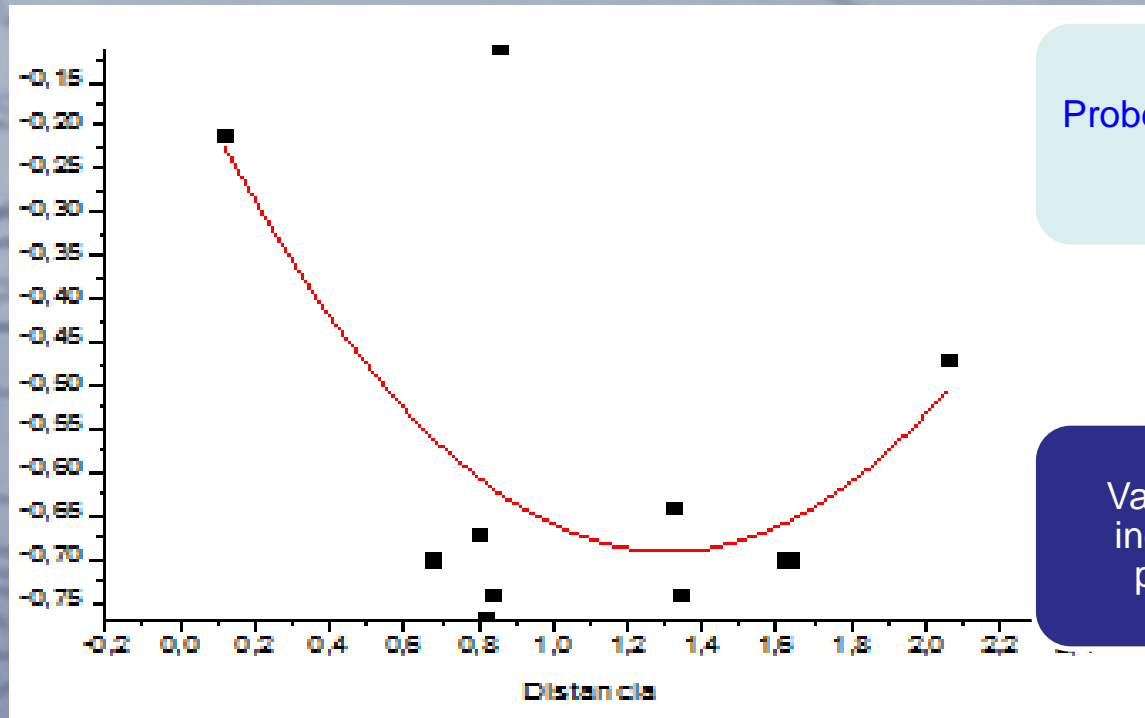


# CAMPAÑA EXPERIMENTAL

## RESULTADOS



### FLUJO



Probetas ortogonales al flujo

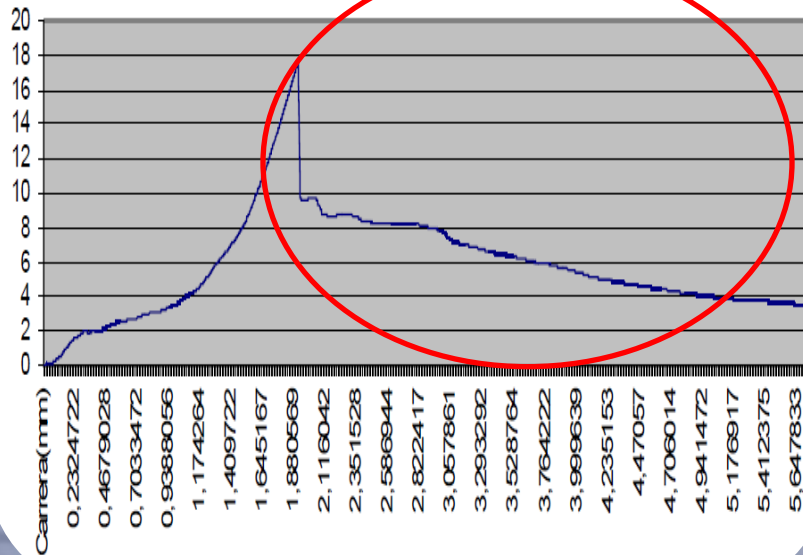
Valor negativo alto indica orientación paralela al flujo





# PROPIEDADES MECÁNICAS

Tensión/Deformación HAC - F1

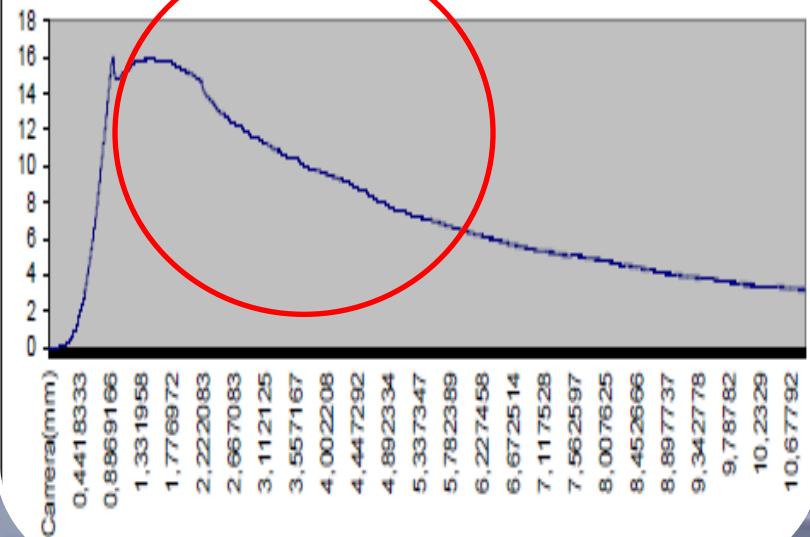


**HAC F1**

**Rotura: 7.9 Mpa**

**F. Orientación (W): 0.72**

Tensión/Deformación HA - F7



**HAC F7**

**Rotura 7.2 Mpa**

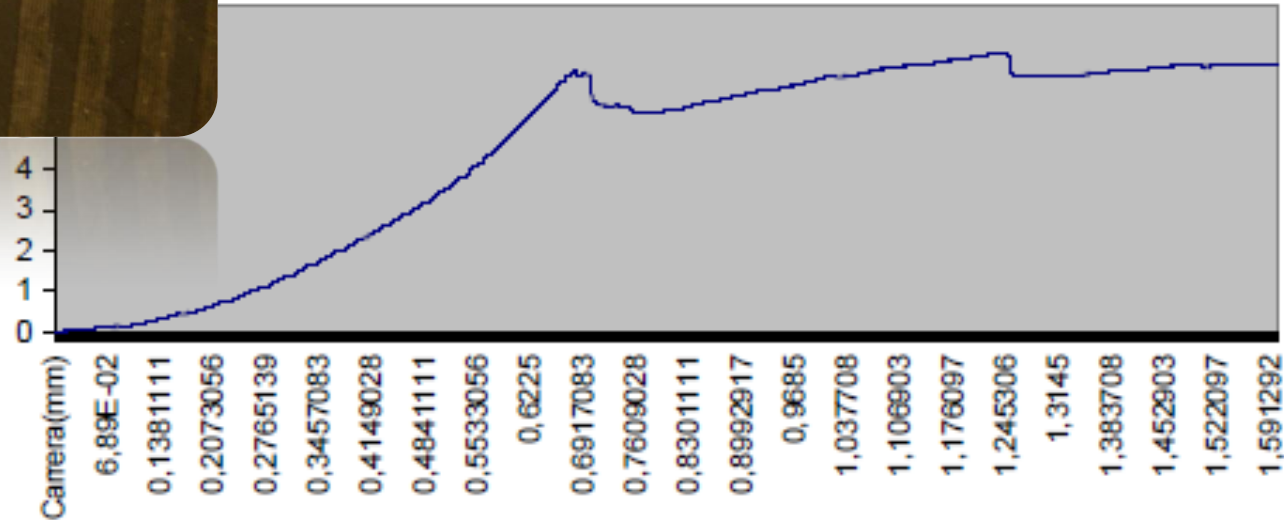
**F. Orientación (W): 1.21**



# PROPIEDADES MECÁNICAS

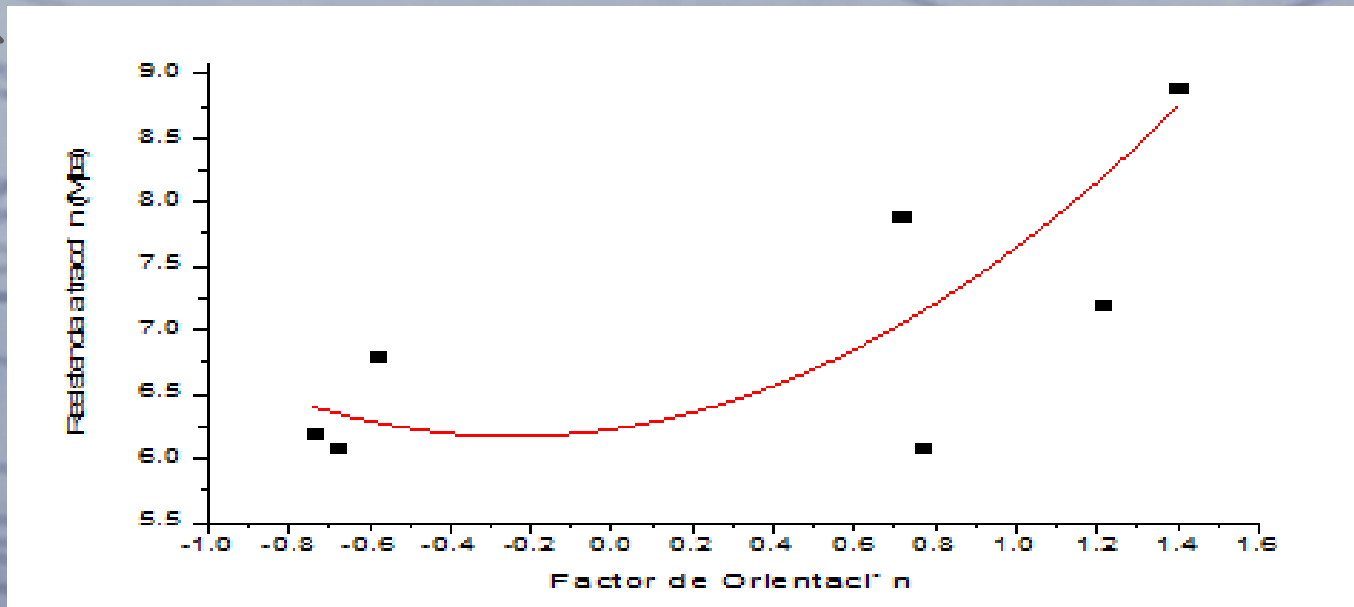


Tensión/Deformación HT - F6





### PROPIEDADES MECÁNICAS





## CONCLUSIONES



1

Influencia del flujo de hormigón en la orientación de fibras.



2

Influencia de la vibración para compactación en la orientación del HRF



3

Relación Orientación – Propiedades mecánicas



4

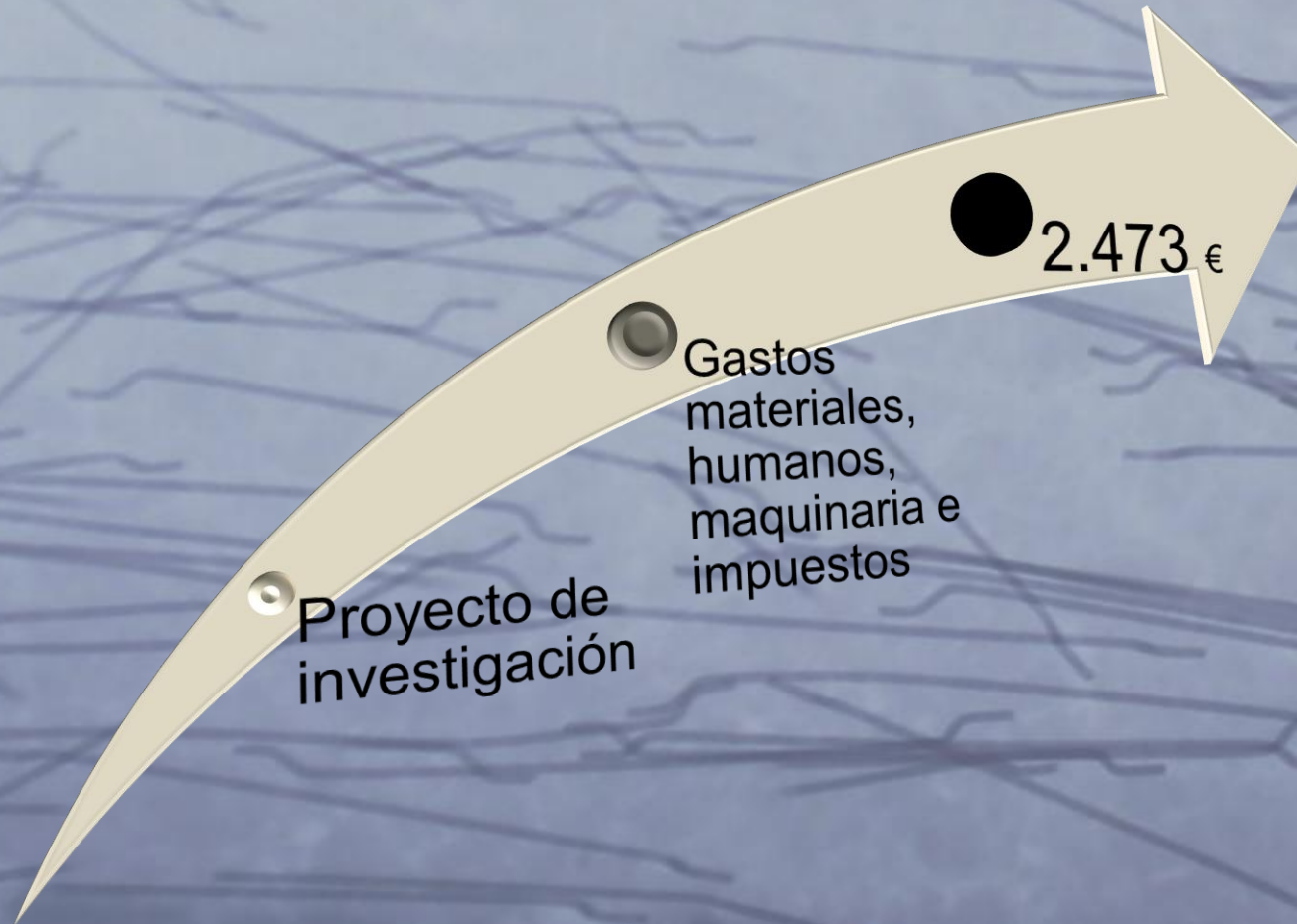
Efecto pared



5

Posibilidad de optimizar el proceso de fabricación del HRF mediante modelos matemáticos polinomiales







**MUCHAS GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN**