

Proyecto fin de grado  
Taller 17 Materiales avanzados

# ESTUDIO DE VIGA ALIGERADA DE HAC REFORZADO CON FIBRA POLIMÉRICA Y ESTUDIO PROMOTOR DE ADHERENCIA

Autores: Joaquín Jara Soriano  
Fco Javier Royo Sánchez

Tutores: Jose Ramón Albiol Ibáñez  
Luis Vicente García Ballester



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE  
VALENCIA  
Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de edificación



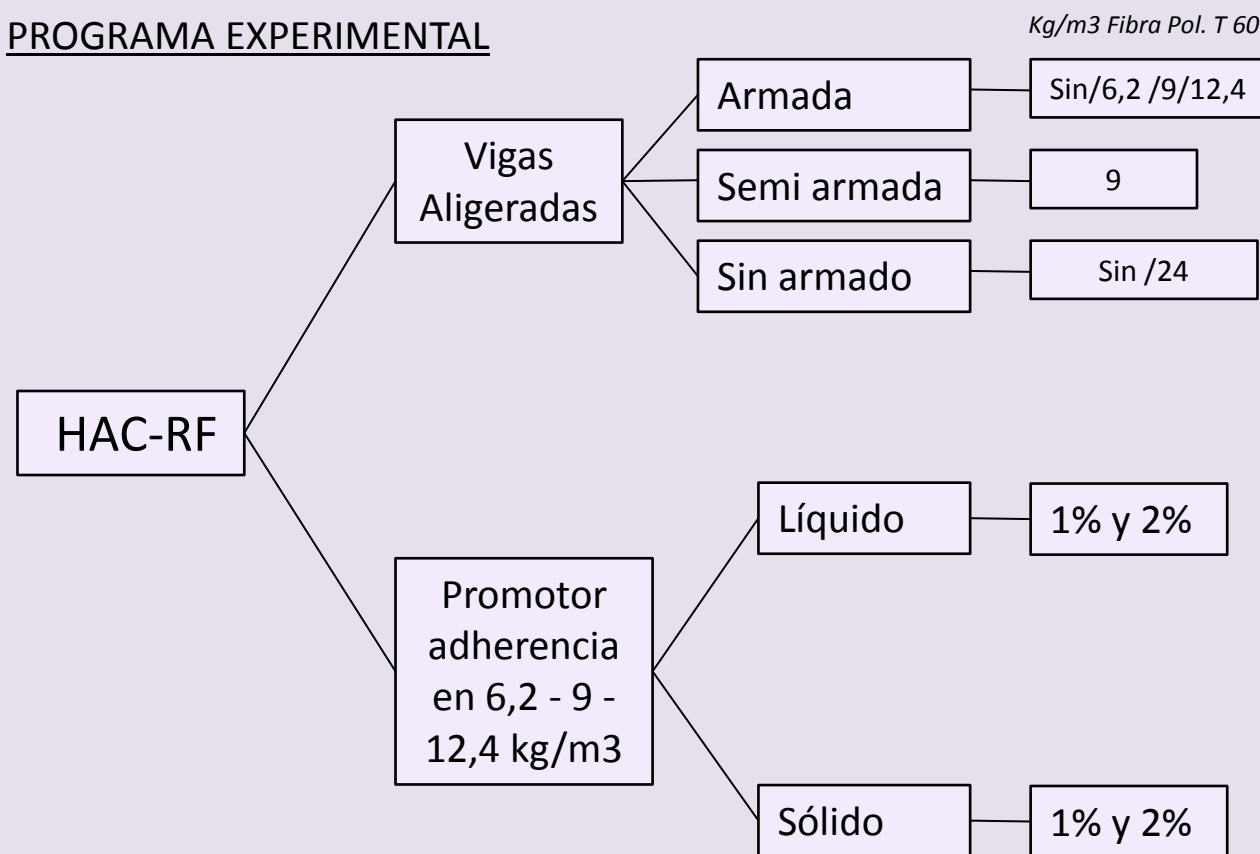
## OBJETIVOS

Este estudio se divide en dos fases principales:

1. Estudio de la influencia de incorporación de fibras en elementos de HAC armado. El elemento escogido es una viga aligerada de HAC con distintas cantidades de armado y de fibras.

2. Estudio del comportamiento de fibras poliméricas aditivados con promotor de adherencia en HAC, analizado dicho comportamiento en los resultados obtenidos en ensayos en estado endurecido tanto a compresión como a flexotracción .

## PROGRAMA EXPERIMENTAL



## CONCLUSIONES

### 1. ESTUDIO DE VIGAS

La incorporación de fibras mejora el comportamiento mecánico y la ductibilidad del conjunto

- Aumentan la tensión de rotura del conjunto a flexotracción entorno a 1% y 2% por cada kilogramo de fibras por metro cúbico.
- Aumentan el control de la fisuración y aumentan la tenacidad del conjunto entre un 3% y un 4% por cada kilogramo de fibras por metro cúbico.
- Aumenta considerablemente la resistencia residual a flexotracción
- Disminuyen la trabajabilidad de la mezcla en su elaboración
- Una incorrecta distribución de fibras puede hacer que decaigan los beneficios de las fibras y del adherente siendo este un material heterogéneo.

### 2. ESTUDIO DE PROMOTOR DE ADHERENCIA

El aditivo adherente aumenta la resistencia a flexotracción del conjunto HAC y fibras si realizamos la comparativa con un HAC con fibras sin p.adherente.

- Aumenta la resistencia máxima alcanzada a flexotracción entre un 20% y un 30% dependiendo de la cantidad de promotor y fibras
- Aumenta la tenacidad a flexotracción del conjunto HAC y fibras entre un 25% y un 40% incrementando la resistencia residual.
- Aumenta ligeramente la resistencia a compresión, siendo mayor en adherente sólido.
- A mayor porcentaje de promotor se mejoran las características mecánicas, sin llegar a determinar la cantidad limite de eficacia del promotor.

## FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

- Combinación diferentes tipos de fibras materiales (mezcla poliméricas y metálicas)
- Optimizar cantidad de promotor de adherencia cantidad limite.
- Estudio de la robustez del HAC-RF con promotor adherente
- Estudio de la adición de fibras poliméricas cantidades mínimas y máximas.
- Estudio del comportamiento microscópico del aditivo adherente mejorando las propiedades de la unión e interfase de la fibra con la matriz

## METODOLOGÍA DE TRABAJO



1. Armado de viga



2. Preparación molde



3. Mezclado de áridos y finos



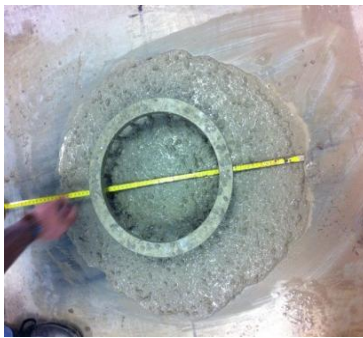
4. Vertido de agua y superplastificante



5. Vertido Promotor adherente (Sólido o Líquido)



6. Ensayo escurrimiento



7. Ensayo anillo Japonés



8. Vertido de Fibras



9. Ensayo escurrimiento con fibras



18. Ensayo flexión



17. Ensayo compresión



16. Ensayo deformación



15. Ensayo 4 puntos viga aligerada



14. Curado en cámara



13. Desencofrado probetas



12. Desencofrado viga



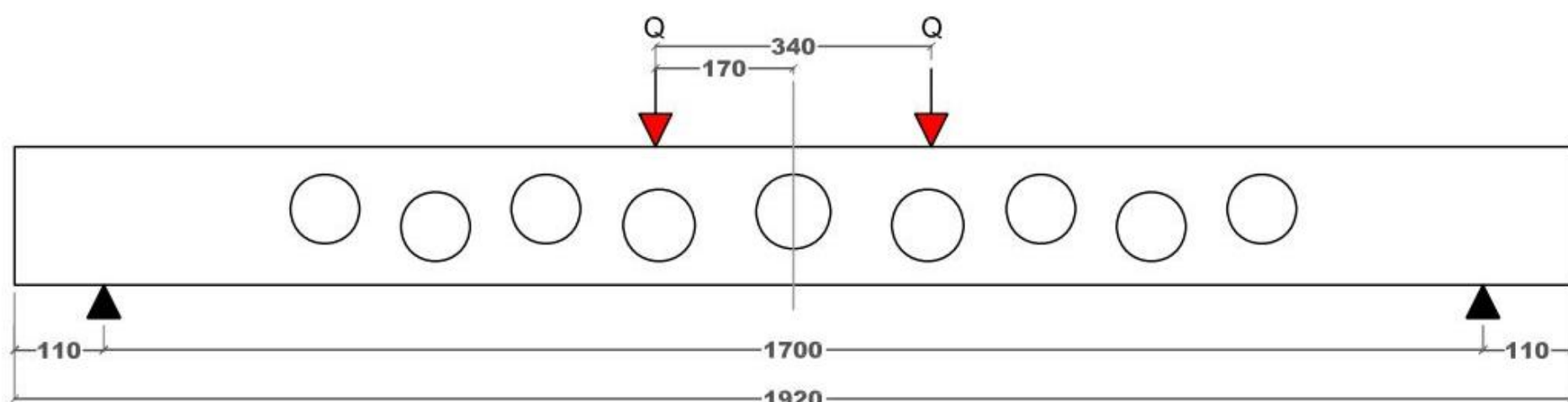
11. Vertido y etiquetado probetas



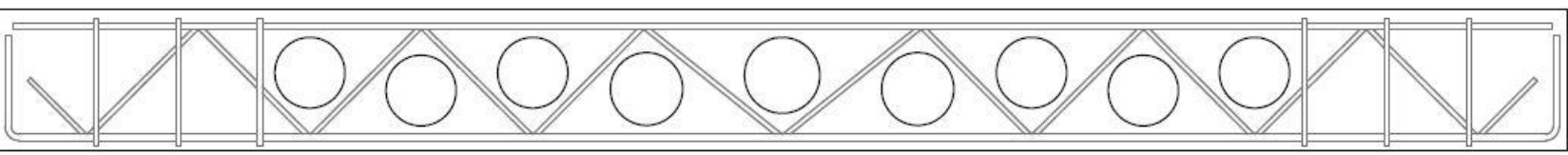
10. Vertido en molde

## ANÁLISIS DE RESULTADOS VIGAS ALIGERADAS

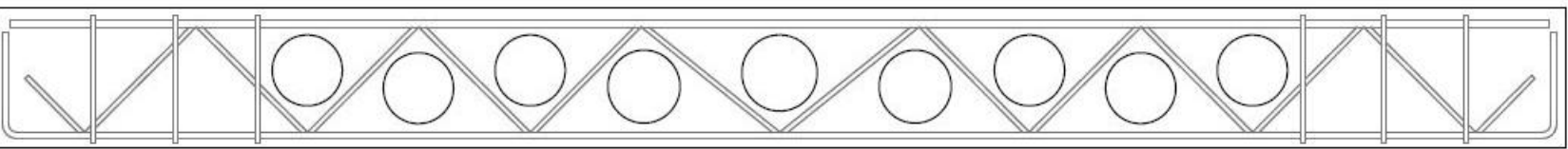
### Ensayo flexotracción 4 puntos vigas aligeradas



#### Armado Viga armada (viga 1,2,3,4)



#### Armado Viga Semi armada (viga 5)

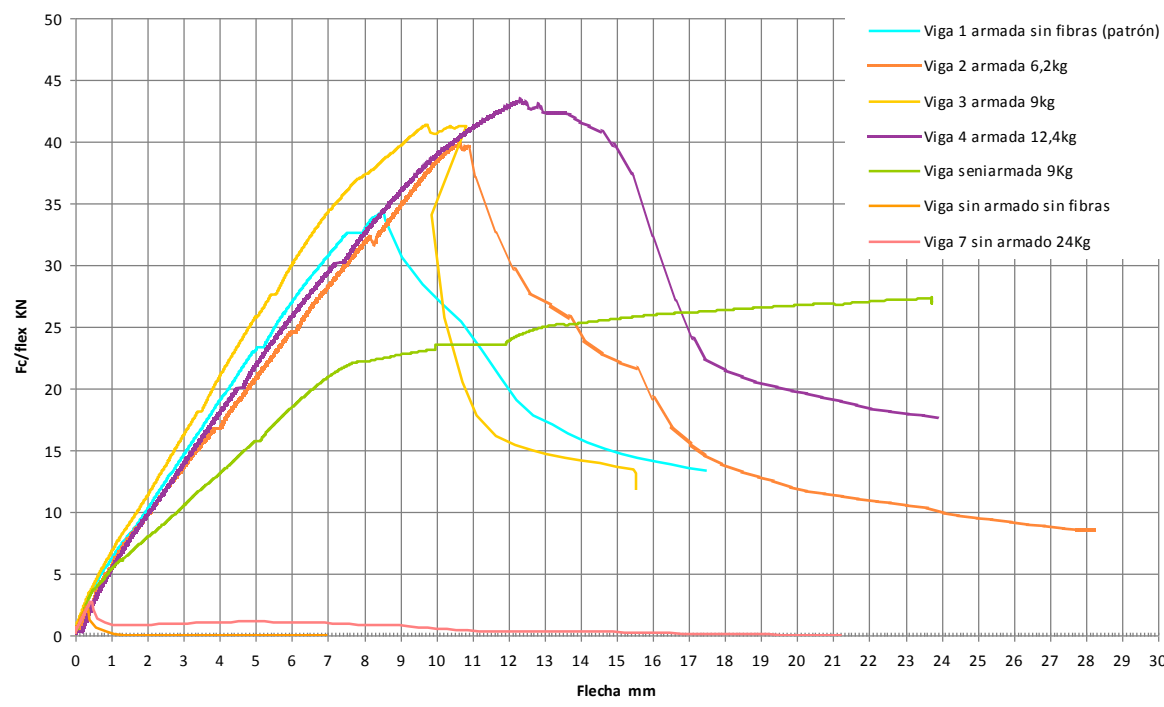


Dosificación			
Material	Ud.	Cant.	
Cemento	Kg	325	
Agua	L	195	
Finos	Kg	18,5	
Arena 0/2	Kg	517	
Arena 0/4	Kg	757	
Grava 4/12,5	Kg	553,9	
Ad. Superpl.	Kg	4,225	
1,3%			
Fibras T60	Kg	6,2	
Fibras T60	Kg	9	
Fibras T60	Kg	12,4	
Promotor 1%	Kg	3,25	
Promotor 2%	Kg	6,5	
Relación a/c		0,6	

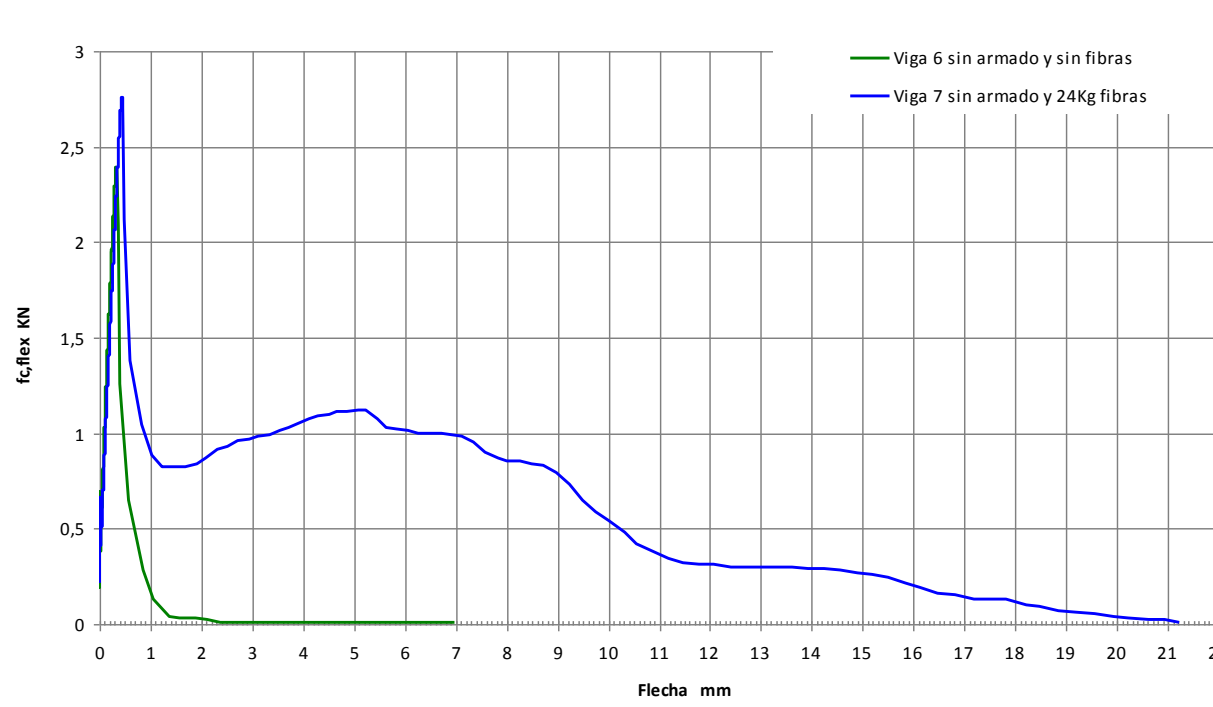
Arm.Superior: 2ø8  
Estribos 3ø6/10  
Diagonales: 2ø6  
Arm.Inferior: 4ø8

Arm.Superior: 2ø8  
Estribos 3ø6/10  
Diagonales: 2ø6  
Arm.Inferior: 2ø8

### Comparativa de vigas Fuerza /flecha



### Comparativas de vigas sin armado Fuerza / flecha



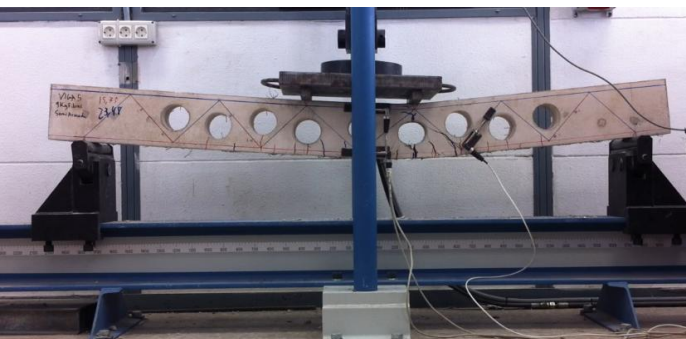
Tenacidades de vigas			
	RESILIENCIA (N-mm)	POST ROTURA (N-mm)	TENACIDAD TOTAL FLEXIÓN (N-mm)
Viga 1 patrón	171228,521	176437,295	347665,816
Viga 2 armada 6,2kg	234079,746	170856,678	404936,424
Viga3 armada 9kg	283620,58	130077,331	413697,911
Viga 4 armada 12,4kg	314410,588	185239,063	499649,651
Viga 5 semiarmada 9kg	105010,073	220134,745	325144,818
Viga 6 sin armado 0kg	585,77	537,11	1122,88
Viga 7 sin armado 24kg	857,14	7722,08	8579,22

Relación de incrementos entre vigas armadas		
	Incremento límite de rotura 24,19 Mpa	Incremento de tenacidad -
Viga 1 patrón		
Viga 2 armada 6,2kg	25,91 Mpa (7,11% mayor)	16,47%
Viga3 armada 9kg	29,13 Mpa (20,42% mayor)	18,99%
Viga 4 armada 12,4kg	30,57 Mpa (26,37% mayor)	43,71%
Incremento por Kg/m <sup>3</sup>	0,44 Mpa (1,84%)	2,76%

### Tipos de rotura



1. Rotura por cortante en viga armada

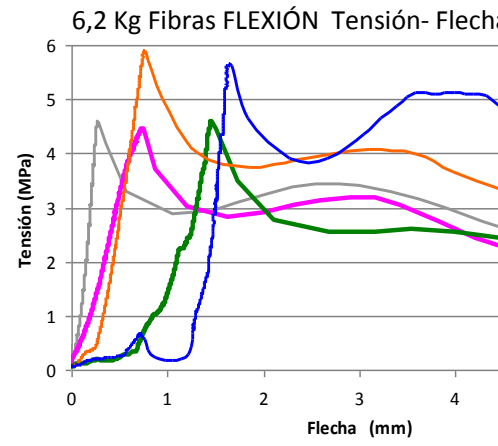


2. Rotura por flexión en viga semi armada

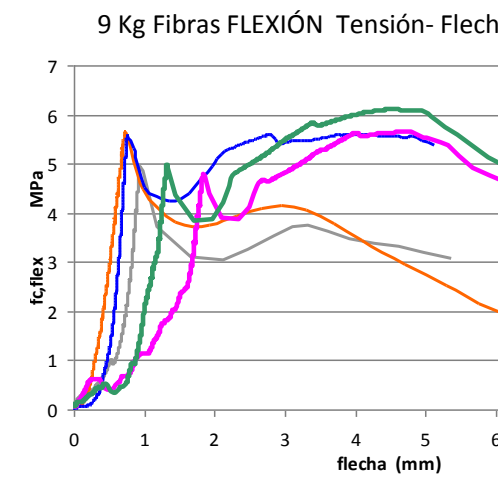


3. Rotura frágil en vigas sin armado

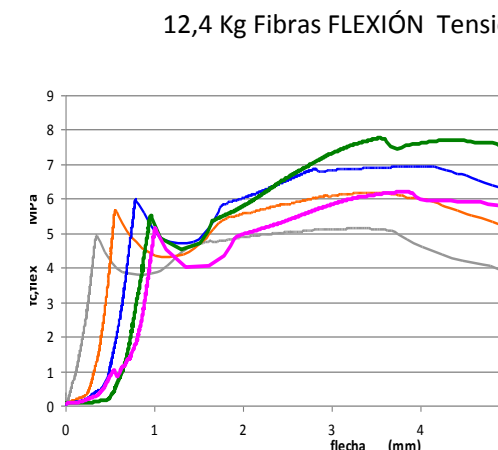
## ANÁLISIS DE RESULTADOS PROMOTOR DE ADHERENCIA



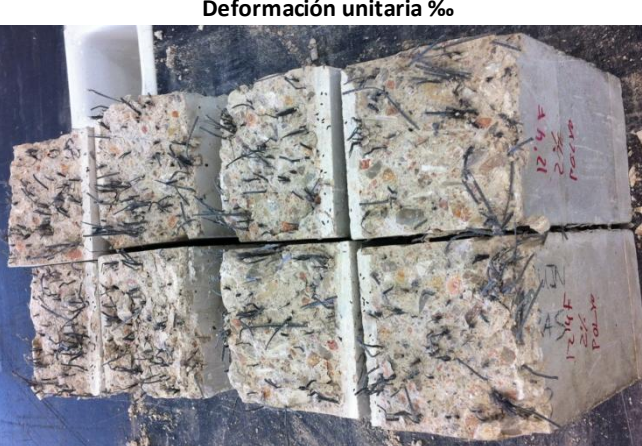
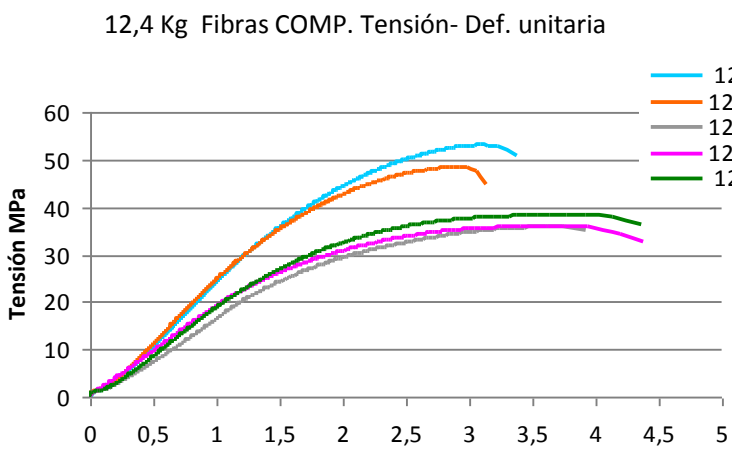
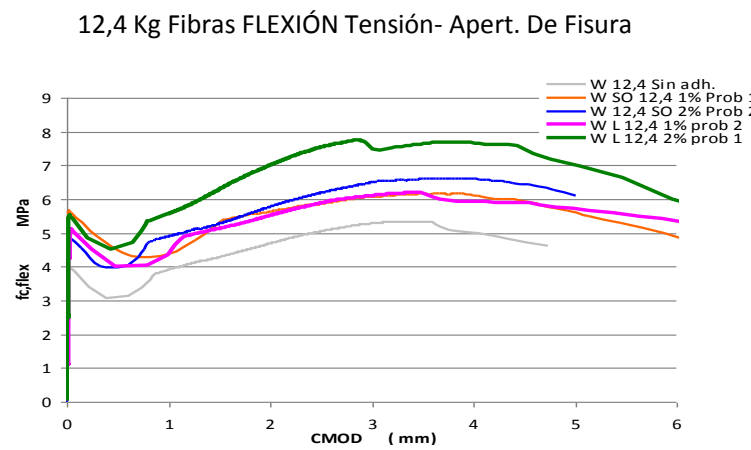
6,2 Kg Fibras Polimerica T60	Sin Adherente		LIQUIDO				SÓLIDO			
	Sin adh 6,2 Kg		6,2 Kg 1%		6,2 Kg 2%		6,2 Kg 1%		6,2 Kg 2%	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
f <sub>c</sub> cilíndrica (MPa)	35,00	35,46	36,32	37,68	39,38	38,81	36,32	37,68	51,938	51,278
f <sub>c</sub> cubica (MPa)	38,83	41,41	39,59	31,95	34,07	31,83	39,59	31,95	49,47	46,275
E <sub>c</sub> (MPa)	27247	27914	29130,05	29518,82	31042,13	31302,86	29130,05	29518,82	33740	34173
f <sub>t</sub> flex (MPa)	4,60	4,90	4,24	4,45	4,58	4,26	5,89	5,63	5,642	5,69
f <sub>t</sub> flex Matriz (MPa)	4,60	4,90	4,24	4,45	4,58	4,26	5,89	5,63	5,642	5,69
f <sub>t</sub> flex F1 CMOD 0,5 mm (MPa)	3,11	3,75	4,24	4,40	4,58	4,24	5,80	5,58	5,642	5
f <sub>t</sub> flex F1 CMOD 0,5 mm (MPa)	3,32	3,37	2,80	3,01	3,49	2,90	5,01	4,16	4,64	3,92
f <sub>t</sub> flex F2 CMOD 1,5mm (MPa)	2,98	2,48	2,89	2,90	2,53	2,67	3,74	4,72	4,33	3,57
f <sub>t</sub> flex F3 CMOD 2,5 mm (MPa)	3,36	2,47	3,41	3,16	2,58	3,13	3,98	5,15	5,09	3,56
f <sub>t</sub> flex F4 CMOD 3,5 mm (MPa)	3,37	2,51	3,48	3,03	2,43	3,01	3,98	4,77	4,56	3,11
E <sub>f</sub> flex (MPa)	42323	34109	10551,94	10959,66	13179,00	30344,28	10551,94	10959,66	34563	43069



9 Kg Fibras Polimerica T60	Sin Adherente		LIQUIDO				SÓLIDO			
	Sin adh 9 Kg		9 Kg 1%		9 Kg 2%		9 Kg 1%		9 Kg 2%	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
f <sub>c</sub> cilíndrica (MPa)	38,26	37,39	40,17	38,92	40,36	44,59	44,947	45,413	49,458	47,57
f <sub>c</sub> cubica (MPa)	42,24	41,67	36,66	42,42	38,74	38,36	45,27	46,3	45,81	46,5
E <sub>c</sub> (MPa)	29606	28972	30446,39	29722,58	29221,55	29884,35	30639	30146	31576	31102
f <sub>t</sub> flex (MPa)	5,05	4,95	4,08	5,64	6,07	5,65	5,191	5,663	5,599	5,323
f <sub>t</sub> flex Matriz (MPa)	5,05	4,95	4,08	4,75	4,91	4,78	5,19	5,66	5,56	5,32
f <sub>t</sub> flex F1 CMOD 0,5 mm (MPa)	5,01	4,95	*	4,75	4,91	4,76	5,16	5,66	5,54	5,29
f <sub>t</sub> flex F1 CMOD 0,5 mm (MPa)	4,00	3,71	*	3,85	3,84	3,85	4,03	4,47	4,22	3,71
f <sub>t</sub> flex F2 CMOD 1,5mm (MPa)	3,49	3,03	*	4,93	4,96	4,93	3,37	3,73	5,1	2,95
f <sub>t</sub> flex F3 CMOD 2,5 mm (MPa)	3,91	3,71	*	5,62	5,70	5,62	3,63	4,096	5,43	2,45
f <sub>t</sub> flex F4 CMOD 3,5 mm (MPa)	3,32	3,46	*	5,52	5,98	5,52	3,22	4,05	5,56	2,2
E <sub>f</sub> flex (MPa)	25627	28944,12	26592,59	17272,72	17346,15	13562,50	35837	22531	36659	36417



12,4 Kg Fibras Polimerica T60	Sin Adherente		LIQUIDO				SÓLIDO			
	Sin adh 12,4 Kg		12,4 Kg 1%		12,4 Kg 2%		12,4 Kg 1%		12,4 Kg 2%	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
f <sub>c</sub> cilíndrica (MPa)	35,89	37,94	35,96	28,53	38,41	37,64	53,008	52,29	49,366	47,967
f <sub>c</sub> cubica (MPa)	43,97	42,20	37,29	39,93	43,01	38,55	51,66	46,79	48,95	45,265
E <sub>c</sub> (MPa)	27365	28406	28892,33	30998,97	29281,28	30294,37	34030	33731	31492	33947
f <sub>t</sub> flex (MPa)	5,15	5,31	5,31	6,15	7,64	6,69	6,165	5,731	6,619	6,929
f <sub>t</sub> flex Matriz (MPa)	4,93	4,02	5,12	5,18	5,51	5,02	5,65	5,73	4,84	5,96
f <sub>t</sub> flex F1 CMOD 0,5 mm (MPa)	3,51	3,91	*	5,06	43,10	8,90	5,59	5,72	4,8	5,96
f <sub>t</sub> flex F1 CMOD 0,5 mm (MPa)	3,83	3,12	*	3,99	8,35	7,33	4,32	4,88	4	4,79
f <sub>t</sub> flex F2 CMOD 1,5mm (MPa)	4,74	4,28	*	5,13	11,33	9,60	5,36	3,15	5,27	6,07
f <sub>t</sub> flex F3 CMOD 2,5 mm (MPa)	5,00	5,05	*	5,89	13,57	11,22	5,86	3,05	6,19	6,78
f <sub>t</sub> flex F4 CMOD 3,5 mm (MPa)	5,15	5,31	*	6,17	13,75	11,63	6,16	2,55	6,59	6,91
E <sub>f</sub> flex (MPa)	35298,8	21399,86	2399,46	30333,33	27472,22	27146,66	46434	39203	23595	35703



Probetas 12,4 Kg/m<sup>3</sup> + adherente