

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica i Edificació

Títol: Estudi dels efectes de la fibra de paper de diari al morter autoanivellant del terra radiant i als panells prefabricats de formigó.

Document: Treball final de grau

Alumne: M^a Neus Font del Val

Tutor: Rafel Reixach Corominas

Departament: Arquitectura i Enginyeria de la Construcció

Àrea: Arquitectura i Enginyeria de la Construcció

Convocatòria (mes/any): Juny 2018

**RESUM DE L'ESTUDI DELS EFECTES DE LA FIBRA VEGETAL
DEL PAPER DE DIARI AL MORTER AUTOANIVELLANT DEL
TERRA RADIANT I ALS PANELLS PREFABRICATS DE
FORMIGÓ**

M^a Neus Font del Val
Grau en Arquitectura Tècnica i Edificació
Juny 2018

El present estudi exposa dues aplicacions per la fibra de paper de diari a elements constructius per tal que s'intenti aconseguir una aplicació real i innovadora per la construcció.

S'exposen dos aplicacions ja que els resultats que es van obtenir amb la primera idea plantejada van resultar negatius i van obligar a buscar una altra sortida a la fibra de paper de diari que ens aportés millores al material treballat.

La idea principal d'aquest treball va sorgir quan es va pensar que tot i que es coneix que les fibres de paper actuen com a bon aïllant, aquest material podria ser capaç d'aguantar la calor durant un temps determinat i alhora augmentar les propietats fisico-mecàniques, sobretot a compressió, per poder arribar a reduir el gruix del morter que s'utilitza per el terra radiant, tal com s'està utilitzant actualment l'anhidrita en aquest tipus de d'aplicació.

El tutor va donar l'aprovació d'aquesta idea i es va contactar amb l'Equip Lepamap de L'Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona. Aquest grup treballa principalment en la recerca de materials compostos amb fibres, tenen una gran experiència treballant amb fibres barrejades amb materials polímers. Darrerament estan integrant el morter, ciment i formigó en les seves línies de investigació per tal d'augmentar els seus estudis i conèixer com actuen les fibres amb aquets materials. Així que juntament amb el tutor em van orientar per poder dur a terme el projecte.

El paper de diari va ser d'aprovació ja que l'equip d'investigació encara no havia realitzat cap estudi amb aquest tipus de fibra i el ciment o formigó i resultava un material diferent a totes les altres fibres que estudien habitualment i alhora sostenible i d'un cost baix.

S'inicia el projecte amb la idea d'observar i comprovar els efectes que produeix l'addició de fibra vegetal de paper al morter autoanivellant que s'utilitza per el terra radiant per tal de descobrir si millora o empitjora les seves propietats tèrmiques i alhora fisico-mecàniques.

Primerament es va procedir a triturar el paper de diari amb una pulpejadora i posteriorment assecar-lo per complet a l'interior d'una estufa ja que a l'hora de realitzar la massa de morter i paper es necessita tenir la fibra el més seca possible i així no alterar la relació aigua-ciment.

Però a mesura que es va anar desenvolupant el treball va sorgir una sèrie de problemàtiques molt accentuades que van fer impossible poder seguir per aquesta línia.

La problemàtica més destacable de totes va ser que la fibra de paper absorbeix una gran quantitat d'aigua per si sola i tot i afegir fluïdificant en grans quantitats ens anul·la per complert les propietats viscloses del morter autoanivellant i la seva fluïdesa, per el que es necessitaria un vibrat posterior amb el que es podrien provocar conseqüències perjudicials al sistema de calefacció plantejat.

Un cop observats aquets resultats es va procedir a donar per tancada aquesta part del treball i buscar una altre aplicació de les fibres de paper de diari al món de la construcció on no fos estrictament necessària una fluïdesa tant elevada i que alhora necessiti abaixar la conductivitat i la transmitància de la calor del material, és a dir que actuï com aïllant.

Així doncs després d'analitzar detingudament diverses opcions on es complissin aquestes condicions es decideix aplicar la fibra de paper de diari als panells formigó prefabricat.

És un element que no necessita estrictament una fluïdesa del formigó i alhora porta molts additius que ajuden a obtenir-la si és necessària i més a més és interessant conèixer si la fibra de paper actuarà com aïllant amb el formigó prefabricat al igual que passava amb el morter autoanivellant ja que ajudaria a disminuir les pèrdues d'energia durant la construcció de naus industrials o habitatges disminuint a la vegada el cost de la cara calenta de l'envolupant de l'immoble.

Aquesta elecció del treball es va basar a partir de l'observació dels resultats obtinguts a la primera part de l'estudi i en la recerca d'una aplicació on l'aïllament propi del material fos un avantatge.

S'estudien al igual que a la primera part de l'estudi les millores, si es produeixen de les propietats tèrmiques i fisico-mecàniques de compressió, tracció i flexió i es farà una comparació amb provetes les quals portaran un 0 % de fibra.

La realització d'aquestes provetes s'ha efectuat a les instal·lacions de l'empresa de Prefabricats Planas S.L amb seu a Santa Coloma de Farners, aquesta empresa està

especialitzada en la construcció de l'estructura i l'envolupant de naus prefabricades. Ha estat de gran ajuda ja que s'ha pogut utilitzar els materials i maquinària que es necessiten per la fabricació de panells i alhora tenir l'ajuda dels tècnics especialistes de l'empresa.

Per aquest apartat es busquen 3 dosificacions de fibra que es barrejaran amb el formigó prefabricat. Les dosificacions escollides són 0 %, 3 % i 6 %, s'han escollit aquestes ja que després d'analitzar els resultats obtinguts i els problemes que ens aportava la fibra amb el morter i el ciment es decideix que no es pot tenir un tant per cent de fibra més elevat del 10 % i per tant es marquen aquets paràmetres per tenir una dosificació lineal i així comprovar si els resultats finals també són lineals i poder arribar a conèixer, com a futura línia de recerca, la dosificació màxima de fibra dins el formigó prefabricat.

Molts problemes que s'han tingut fins aquest moment era per que la fibra no es trobava en unes dimensions molt petites i per tant creava grumolls que impedièren formar una massa més fluida, per el que a partir d'aquest moment es decideix triturar la fibra de paper anteriorment assecada a l'estufa a través d'un molí triturador.

A partir d'aquest moment la barreja amb la fibra ha resultat més eficaç ja que tot i que es formaven una grumolls tipus "boletes" s'aconseguien diluir de manera més ràpida que quan s'utilitzava la fibra sense haver fet prèviament la trituració amb el molí.

Després de realitzar els diferents assajos fisico-mecànics on s'ha analitzat la compressió, la tracció, i la flexió del material i estudiar els efectes tèrmics que produeix la fibra en els diferents gruixos dels panells que s'utilitzen pel prefabricat s'obtenen diferents conclusions:

- S'observa que com més fibra porti el formigó prefabricat menys resistència a compressió té el material, tot i que alhora s'observa que la fibra de paper produeix un aixafament de la peça i en canvi no es produeix el trencament fràgil al instant de trencar-se.

La reducció de la resistència és proporcional al mateix temps que s'afegeix un 3% de fibra de paper i s'entén que una proveta amb més d'un 8 per cent de fibra no seria capaç de suportar el mínim de compressió.

- En el cas dels resultats obtinguts per l'assaig a tracció s'observa que són similars als de l'assaig a compressió ja que com més fibra de paper té la mostra analitzada menys resistència a tracció és capaç de suportar.

Es considera que amb un 6% de fibra no seria recomanable la fabricació del material ja que la resistència a tracció és molt baixa.

Aquests dos resultats obtinguts no influeixen amb gran quantitat a descartar la utilització del material amb fibres tot i obtenir resultats negatius ja que els panells de formigó on es vol utilitzar el material principalment no treballen a compressió ni tracció.

El que si és important per el panell prefabricat és conèixer com treballa a flexió, ja que és una propietat important per els panells que suporten les empentes del vent contínuament.

- S'analitzen els resultats i s'observa que la fibra de paper produeix una disminució molt elevada de la resistència a flexió, provocant que el material no pugui suportar el mínim establert ni amb un 3 % de fibra, ja que la disminució de la resistència obté un resultat de reducció de més del 70% respecte a una proveta sense fibra de paper.

Encara que s'entén que aquesta reducció és deguda a la reducció de la densitat que es produeix en les diferents dosificacions ja que el pes de la proveta influeix molt en la resistència a flexió de un material. Les densitats de les diferents dosificacions són:

- 0%: 2.261,95 kg/m³
- 3%: 1927,71 kg/m³
- 6%: 1428,57 kg/m³

És una dada molt negativa per l'aplicació que s'està buscant i per tant es descarta que la fibra de paper es pugui incorporar als panells de formigó sense l'addició de additius que ajudin a augmentar la resistència a flexió ja que es podria produir el trencament amb molt poc pes.

Tot i així s'analitzen els resultats tèrmics obtinguts i s'observa que com més fibra de paper s'incorpori al formigó prefabricat més aïllament produeix el material i per tant transmet menys calor cap a l'interior de la cambra freda. També es veu augmentat aquest aïllament com més gruix tingui el panell.

Aquest resultat és el que s'esperava obtenir a l'estudi i per tant es pot concloure que seria d'aplicació per els panells prefabricats sempre hi quan s'afegissin additius que ajudessin a augmentar la resistència a flexió del material. I alhora en cas de dur a terme l'addició de fibra el tant per cent més recomanable de és el 3% sobre el pes de ciment, ja que no té una reducció tant elevada de les resistències mecàniques de tracció i compressió.

Encara que finalment les conclusions generals d'ambdues aplicacions són que la fibra de paper:

- És un material difícil de tractar amb aquets aglomerats ja que una de les propietats que perjudiquen més alhora de formar una massa és l'absorció d'aigua que té aquesta fibra, per el que s'ha hagut de buscar una aplicació on la fluïdesa del material no fos imprescindible.
- Produeix una pèrdua de les resistències fisio-mecàniques en les resistències a compressió, tracció i de manera molt elevada en el cas de la resistència a flexió, cosa perjudicial per l'addició de fibra de paper al formigó en elements estructurals.
- Aporta un aïllament del material notable amb l'augment d'addició de fibra a la mostra. Aquest aïllament s'observa tant al morter com en el formigó prefabricat.

AGRAIMENTS

Aquest projecte no hagués estat possible sense el suport incondicional de la meva família. En especial dels meus pares, Quico i Neus i el meu germà, Jordi. Així que els hi agraixo tot l'esforç i paciència que han tingut amb mi en tots els moments i etapes d'aquest estudi i alhora al llarg de tot el Grau.

A terme acadèmic vull agrair al meu tutor de projecte, Doctor Rafel Reixach Corominas, que ha estat la persona que m'ha orientat en tot moment i ajudant-me a buscar solucions a tots els problemes que m'anaven sortint al llarg de l'estudi, juntament amb el Doctor Marc Delgado Aguilar, qui també ha realitzat les funcions de tutor i ambdós m'han atès totes les consultes fos el dia o hora que fos, sense posar cap inconvenient i sempre de manera positiva.

Una altre persona imprescindible per poder realitzar tot aquest estudi ha estat el Senyor Pere Bellvehí Casadellà, qui sempre he trobat al laboratori i m'ha orientat a la perfecció en el desenvolupament de totes les tasques experimentals i alhora ha estat disposat en ajudar-me i assessorar-me en tots els entrebancs que s'han plantejat.

A totes les persones que formen el grup del laboratori Lepamap amb les quals he pogut realitzar consultes i proves sense causar cap problema.

Alhora també ha estat molt necessària l'ajuda de tot l'equip de l'empresa Prefabricats Planas, per acceptar que a mig projecte l'encarés cap el món del prefabricat oferint-me les seves instal·lacions, materials i sobretot ajuda per poder arribar a un fi d'aquest projecte.

Per aquest estudi també ha col·laborat l'empresa Sika els quals em van proporcionar informació del morter autoanivellant que va resultar imprescindible, en especial consideració al senyor Daniel Llobet Domingo, qui em va orientar en el món del morter als inicis del projecte.

Per anar acabant vull agrair a tots el personal que forma la Universitat de Girona i en especial el personal docent del Grau d'Arquitectura Tècnica i Edificació. Persones que han estat pròximes a mi en tot moment i m'han aportat tots els coneixements i experiències per poder arribar fins aquí.

Finalment i el més important, agrair a totes les persones que m'han rodejat en tots els moments més importants de la vida, la meva família i amics. Gràcies a tots per haver-me ajudat a fer això possible.

INDEX DE CONTINGUTS

INDEX D'IMATGES	5
INDEX DE FIGURES	8
INDEX DE TAULES	8
INDEX DE GRÀFICS	10
1. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS GENERALS.....	12
2. ESTAT DE L'ART DE LA FIBRA VEGETAL.....	15
3. LA FIBRA VEGETAL, EL PAPER DE DIARI	19
3.1 EL PAPER	21
3.1.1 HISTÒRIA DEL PAPER	21
3.1.2 MÈTODE D'OBTENCIÓ DEL PAPER	22
3.1.3 BLANQUEIG DE LA PASTA DE PAPER.....	23
3.2 METODOLOGIA PER L'OBTENCIÓ DE LES FIBRES DE PAPER PER L'ESTUDI	24
3.2.1 TRITURACIÓ DEL PAPER AMB PULPER	25
3.2.2 CENTRIFUGACIÓ DEL PAPER	26
3.2.3 ASSECATGE DEL PAPER	27
3.2.4 TRITURACIÓ AMB MOLÍ TRITURADOR.....	28
3.2.5 CONCLUSIÓ DE LA TRITURACIÓ DEL PAPER	29
3.3 PROBLEMÀTICA DEL PAPER DE DIARI	31
4. PRIMERA PART. ELS EFECTES DE LA FIBRA VEGETAL EN EL MORTER AUTOANIVELLANT	32
4.1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	33
4.2 NORMATIVA.....	34
4.3 TERRA RADIANT.....	36
4.3.1 HISTÒRIA.....	36
4.3.2 SISTEMES I CAPES QUE ELS FORMEN.....	37
4.3.3 INSTAL·LACIÓ	43
4.3.4 AVANTATGES DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓ DE TERRA RADIANT.....	45
4.3.5 INCONVENIENTS DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓ DE TERRA RADIANT	46
4.4 MORTER AUTOANIVELLANT	48
4.4.1 MORTER AUTOANIVELLANT AMB ANHIDRITA	49
4.5 MATERIALS UTILITZATS A L'ESTUDI.....	50

4.5.1	CIMENT.....	50
4.5.2	AIGUA.....	51
4.5.3	MORTER AUTOANIVELLANT.....	51
4.5.4	FIBRES DE PAPER DE DIARI.....	52
4.5.5	FLUÏDIFICANT.....	52
4.6	EQUIPS.....	53
4.6.1	MÀQUINA PER CALCULAR LA SEQUEDAT.....	53
4.6.2	AMASSADORA.....	54
4.6.3	CAMBRA HUMIDA.....	54
4.6.4	ESTUFA.....	55
4.7	METODOLOGIA I ANALISIS DELS RESULTATS.....	56
4.7.1	DOSIFICACIÓ.....	57
4.7.1.1	40% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.....	58
4.7.1.2	10% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.....	60
4.7.1.3	0% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.....	61
4.7.2	REALITZACIÓ DE PROVETES TÈRMiques.....	61
4.7.2.1	FABRICACIÓ CRONOLÒGICA DE LES MOSTRES DE CIMENT AMB UN 0% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3.....	64
4.7.2.2	FABRICACIÓ CRONOLÒGICA DE LES MOSTRES DE CIMENT AMB UN 10% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3.....	66
4.7.3	ASSAIG I RESULTATS DE LES PROVETES PER OBTENIR VALORS TÈRMICS.....	68
4.7.3.1	MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG TÈRMIC.....	71
4.7.3.2	ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 3.....	73
4.7.3.3	ANÀLISI I COMPARACIÓ DE LES TEMPERATURES DE TOTES LES MOSTRES DE CIMENT A L'ASSAIG TÈRMIC.....	78
4.7.3.4	CÀLCUL DE LA TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR.....	82
4.7.4	PROVES PER MESURAR LA VISCOSITAT.....	89
4.7.4.1	0% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.....	90
4.7.4.2	0% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3 AMB FLUIDIFICANT.....	92
4.7.4.3	10% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.....	94
4.7.4.4	10% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.....	95
4.7.4.5	5% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.....	96
4.7.4.6	5% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.....	98
4.7.4.7	5% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2 AMB FLUIDIFICANT.....	99
4.7.4.8	4% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.....	100
4.7.4.9	3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.....	101
4.7.4.10	3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2 AMB FLUIDIFICANT.....	102
4.7.4.11	3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/1.....	103
4.7.4.12	3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/1 AMB FLUIDIFICANT.....	105
4.7.5	RESULTATS DE LES PROVES PER MESURAR LA VISCOSITAT.....	106
4.8	CONCLUSIÓ DELS EFECTES DE LA FIBRA DE PAPER DE DIARI AL MORTER AUTOANIVELLANT.....	108

5. SEGONA PART. EFECTES DE LES FIBRES DE PAPER EN EL FORMIGÓ PREFABRICAT

110

5.1	INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	111
5.2	NORMATIVA.....	113
5.3	PANELLS PREFABRICATS.....	119
5.3.1	HISTÒRIA.....	119
5.3.2	TIPUS DE PANELLS QUE ES TROBEN AL MERCAT.....	119
5.3.3	PROPIETATS DELS PANELLS PREFABRICATS	120
5.3.4	PROPIETATS DELS PANELLS PREFABRICATS	121
5.4	MATERIALS UTILITZATS.....	122
5.4.1	CIMENT.....	122
5.4.2	ÀRID.....	123
5.4.3	SORRA.....	123
5.4.4	AIGUA.....	123
5.4.5	ADDITIUS.....	124
5.4.6	ACCELERANT	124
5.4.7	DESENCOFRANT	124
5.5	EQUIPS.....	125
5.5.1	FORMIGONERA	125
5.5.2	MOTLLES.....	125
5.5.3	PETIT MATERIAL (EINES MANUALS, MARTELL, PALETES)	128
5.5.4	BANYERA.....	129
5.6	METODOLOGIA I ANÀLISIS DE RESULTATS.....	131
5.6.1	DOSIFICACIÓ.....	132
5.6.2	FABRICACIÓ DE LES TRES MASSES DE FORMIGÓ.....	133
5.6.2.1	PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DEL FORMIGÓ AMB FIBRES.....	134
5.6.3	REALITZACIÓ DE PROVETES A COMPRESSIÓ	136
5.6.3.1	CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ	137
5.6.3.2	PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ.....	139
5.6.4	ASSAIG I RESULTATS A COMPRESSIÓ.....	140
5.6.4.1	MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ	144
5.6.4.2	ANÀLISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 2C_3%_28.....	146
5.6.4.3	COMPARACIÓ DE TOTS ELS RESULTATS DE L'ASSAIG A COMPRESSIÓ	147
5.6.4.4	CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A COMPRESSIÓ.....	153
5.6.5	REALITZACIÓ DE PROVETES A TRACCIÓ	154

5.6.5.1	CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG A TRACCIÓ	154
5.6.5.2	PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE TRACCIÓ INDIRECTE.....	156
5.6.6	<i>ASSAIG I RESULTATS A TRACCIÓ INDIRECTE.....</i>	<i>157</i>
5.6.6.1	MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG DE TRACCIÓ	159
5.6.6.2	ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 2T_3%.....	161
5.6.6.3	COMPARACIÓ DE TOTS ELS RESULTATS DE L'ASSAIG A TRACCIÓ	162
5.6.6.4	CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A TRACCIÓ.....	167
5.6.7	<i>REALITZACIÓ DE PROVETES A FLEXIÓ</i>	<i>168</i>
5.6.7.1	CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG A FLEXIÓ	169
5.6.7.2	PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE FLEXIÓ.....	170
5.6.8	<i>ASSAIG I RESULTATS A FLEXIÓ.....</i>	<i>171</i>
5.6.8.1	MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG DE FLEXIÓ	173
5.6.8.2	ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 2F_3%.....	175
5.6.8.3	COMPARACIÓ DE TOTS ELS RESULTATS DE L'ASSAIG A FLEXIÓ	176
5.6.8.4	CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A FLEXIÓ.....	180
5.6.9	<i>REALITZACIÓ DE PROVETES PER ESTUDIAR ELS EFECTES TÈRMICS</i>	<i>180</i>
5.6.9.1	CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG TÈRMIC.....	182
5.6.9.2	PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE TÈRMIC.	184
5.6.10	<i>ASSAIG I RESULTATS DELS ASSAJOS A LES PROVETES PER CONEIXER ELS EFECTES TÈRMICS.....</i>	<i>186</i>
5.6.10.1	MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG TÈRMIC DE LES PROVETES DE FORMIGÓ	188
5.6.10.2	ANALISI I COMPARACIÓ DE LES TEMPERATURES DE TOTES LES MOSTRES DE FORMIGÓ DE L'ASSAIG TÈRMIC.....	189
5.6.10.3	CÀLCUL DE LA TRANSMITÀNCA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR	196
5.6.10.4	CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE LES PROVETES REALITZADES PER OBTENIR VALOR TERMICS A L'ASSAIG TÈRMIC	205
5.7	CONCLUSIÓ DE LA FIBRA DE PAPER AL FORMIGÓ PREFABRICAT.....	206
6.	CONCLUSIONS GENERALS	208
7.	FUTURES LINIES D'INVESTIGACIÓ	209
8.	REFERENCIES BIBLIOGRÀFIQUES	211
8.1	BIBLIOGRAFIA.....	212
8.2	NORMATIVA.....	213
8.3	WEBGRAFIA.....	213
9.	ANNEXES	215
9.1	FITXES TÈCNIQUES.....	216

9.1.1	MASTERFLOW 952. CASA COMERCIAL BASF.....	216
9.1.2	CEM I 52,5 R. CASA COMERCIAL CIMENCAT.....	216
9.1.3	CEM I 42,5 R. CASA COMERCIAL CEMEX.....	216
9.1.4	SIKA VISCOCRETE 3425. CASA COMERCIAL SIKA.....	216
9.1.5	SIKA VISCOCRETE 20 HE. CASA COMERCIAL SIKA.....	216
9.1.6	CHRYSOXEL 390. CASA COMERCIAL CHRYSO.....	216

INDEX D'IMATGES

IMATGE 1.	PAPER TRITURAT MANUALMENT COL·LOCAT A L'INTERIOR DE LA MÀQUINA PULPER.....	24
IMATGE 2.	MÀQUINA DE PULPEJAR PAPER.....	25
IMATGE 3.	MALLA AMB POROSITAT MÍNIMA.....	25
IMATGE 4.	CENTRIFUGADORA.....	26
IMATGE 5.	PASTA DE PAPER PULPEJADA, QUE ES FILTRARÀ I ES CENTRIFUGARÀ.....	26
IMATGE 6.	ESTUFA PER L'ASSECATGE DE LES FIBRES.....	27
IMATGE 7.	FIBRA DE PAPER CENTRIFUGADA I TRITURADA MANUALMENT, POSADA EN SAFATES PER ASSECAR A L'ESTUFA.....	27
IMATGE 8.	DRETA: MOLÍ TRITURADOR. ESQUERRA: FIBRA SECA EXTRETA DE L'ESTUFA.....	28
IMATGE 9.	FIBRA TRITURADA EN FORMAT POLS DE LONGITUD 2,5 MM.....	28
IMATGE 10.	CIMENT PÒRTLAND CEM I 52,5 R DE LA CASA COMERCIAL CEMENTS CATALUNYA.....	50
IMATGE 11.	MORTER AUTOANIVELLANT MASTERFLOW 952 DE LA CASA COMERCIAL BASF.....	51
IMATGE 12.	FLUÏDIFICANT SIKA VISCOCRETE 3425 DE LA CASA COMERCIAL SIKA.....	52
IMATGE 13.	MÀQUINA PER CALCULAR LA SEQUEDAT.....	53
IMATGE 14.	AMASSADORA.....	54
IMATGE 15.	ESTUFA DE 50 A 200 °C.....	55
IMATGE 17.	QUANTITAT D'AIGUA NECESSARIA PER LES PROVETES DEL 40% AMB UNA RELACIÓ 1/3.....	59
IMATGE 18.	FIBRA DINS L'AMASSADORA QUE HA ABSORBIT LA TOTALITAT D'AIGUA.....	59
IMATGE 19.	FIBRA QUE HA ABSORBIT LA TOTALITAT D'AIGUA.....	59
IMATGE 20.	MASSA DE CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3 I UN 10% DE FIBRA.....	60
IMATGE 21.	AIGUA NECESSARIA PER LES PROVETES AMB UN 0% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3.....	64
IMATGE 22.	CIMENT NECESSARI PER LES PROVETES AMB UN 0% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3.....	64
IMATGE 23.	MASSA DE CIMENT AMB UN 0% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3.....	64
IMATGE 24.	CIMENT TOTALMENT ASSECAT 24 HORES.....	65
IMATGE 25.	FORMACIÓ DE LES PROVETES DE CIMEN DINS EL MOTLLE.....	65
IMATGE 26.	PROVETES DE CIMENT SENSE FIBRA DESEMMOTLLADES.....	65
IMATGE 27.	AIGUA NECESSARIA PER PROVETES DE CIMENT AMB 10% DE FIBRA.....	66
IMATGE 28.	10% DE FIBRA PER PROVETES DE CIMENT AMB 10% DE FIBRA.....	66

IMATGE 29. CIMENT NECESSARI PER PROVETES DE CIMENT AMB 10% DE FIBRA.	66
IMATGE 30. MASSA DE CIMENT AMB UN 10% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC DE 1/3.	67
IMATGE 31. FORMACIÓ DE LA PROVETA DE CIMENT AMB FIBRA PER TONGADES.	67
IMATGE 32. DESEMMOTLLAT DE LES PROVETES DE CIMENT AMB UN 10% DE FIBRA.	68
IMATGE 33. PROVETA DE CIMENT INTRODUÏDA DINS EL MOTLLO DE FUSTA REOMPLENAT DE POLIURETÀ.	71
IMATGE 34. MOTLLO DE FUSTA ON ES TROBA LA PROVETA.	71
IMATGE 35. INTERIOR DE CAMBRA CALENTA ON S'OBSERVA LA RESISTENCIA I EL TERMOPAD.	71
IMATGE 36 INTERIOR DE CAMBRA FREDA ON S'OBSERVA EL TERMOPAD.	71
IMATGE 37 TERMOPAD CONECTAT A UNA DE LES CARES DE LA PROVETA.	72
IMATGE 38. CAIXA CALENTA PREPARADA PER L'OBTENCIÓ DE RESULTATS.	72
IMATGE 39. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/3 I UN 0% DE FIBRA.	91
IMATGE 40. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/3 I UN 0% DE FIBRA I FLUÏDIFICANT.	92
IMATGE 41. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/3 I UN 10% DE FIBRA.	94
IMATGE 42. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/2 I UN 10% DE FIBRA.	96
IMATGE 43. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/3 I UN 5% DE FIBRA.	97
IMATGE 44. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/2 I UN 5% DE FIBRA.	98
IMATGE 45. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/2 I UN 5% DE FIBRA I FLUIDIFICANT.	99
IMATGE 46. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/2 I UN 4% DE FIBRA.	101
IMATGE 47. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/2 I UN 3% DE FIBRA.	101
IMATGE 48. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/2 I UN 3% DE FIBRA AMB FLUIDIFICANT.	102
IMATGE 49. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/1 I UN 3% DE FIBRA. SENSE MOLTA AIGUA.	105
IMATGE 50. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/1 I UN 3% DE FIBRA.	105
IMATGE 51. MOSTRA DEL MORTER AUTOANIVELLANT AMB UNA RELACIÓ AC 1/1 I UN 3% DE FIBRA AMB FLUIDIFICANT.	105
IMATGE 52. CEMEX 42,5 R.	122
IMATGE 53. SIKA VISCOCRETE 20 HE.	124
IMATGE 54. FORMIGONERA.	125
IMATGE 55. MOTLLES DE FUSTA.	126
IMATGE 56. MOTLLES DE PLÀSTIC PER PROVETES CUBIQUES.	127
IMATGE 57. MOTLLES CILINDRICS.	127
IMATGE 58. CUBELLS PER EL CIMENT I L'AIGUA PER MANTENER LA RELACIÓ AIGUA CIMENT CONSTANT.	128
IMATGE 59. CUBETA ON COL·LOCAR LES MASSES DE FORMIGÓ.	128
IMATGE 60. BÀSCULA.	129
IMATGE 61. BANYERA AMB LES PROVETES A L'INTERIOR.	130
IMATGE 62. MASSA DE FORMIGÓ SENSE ADDICIÓ DE FIBRA.	134
IMATGE 63. FIBRA DE PAPER NECESSÀRIA.	134
IMATGE 64. RESULTAT DE LA MASSA AMB FIBRA QUE NECESITA MÉS AIGUA JA QUE FORMA BOLES.	134

IMATGE 65. ADDICIÓ DE LA FIBRA DE PAPER DE DIARI AL FORMIGÓ.	134
IMATGE 66. QUANTITAT D'AIGUA I CIMENT QUE S'HA D'AFEGIR A LA MASSA PER TAL QUE NO ESTIGUI DISGREGADA.	135
IMATGE 67. MASSA DE FORMIGÓ AMB FIBRES ON S'OBSERVA UNA BONA CONSISTÈNCIA TAL COM MARCA LA NORMATIVA.	135
IMATGE 68. 24 HORES DESPRÉS DEL FORMIGONAT DE LES PROVETES DE COMPRESSIÓ.	139
IMATGE 69. PROVETES DE L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ AMB EL FORMIGÓ FRESC.	139
IMATGE 70. PROVETES JUST EXTRETES DE LA BANYERA S'OBSERVA QUE ENCARA ESTAN HUMIDES.	139
IMATGE 71. PROVETES PER COMPRESSIÓ DESENMOTLLADES.	139
IMATGE 72. PROVETES DE FIBRA DEIXADES ASSECAR 24 HORES DESPRÉS DE TREURE-LES DE LA BANYERA.	140
IMATGE 73. PREMSA HIDRÀULICA DE PREFABRICATS PLANAS.	144
IMATGE 74. PROVETES PER ASSAIG DE COMPRESSIÓ SENSE FIBRES.	144
IMATGE 75. PROVETES PER ASSAIG DE COMPRESSIÓ AMB FIBRA.	144
IMATGE 76. PREMSA HIDRÀULICA DE LA UNIVERSITAT DE GIRONA.	144
IMATGE 77. PROVETA COL·LOCADA PER EL TRENCAMENT.	145
IMATGE 78. TRENCAMENT DE PROVETA SENSE FIBRA A COMPRESSIÓ.	145
IMATGE 79. TRENCAMENT DE PROVETA AMB FIBRA A COMPRESSIÓ.	145
IMATGE 80 TRENCAMENT CORRECTE PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ DE LES PROVETES A ANALITZAR. D'ESQUERRA A DRETA 0 – 3 – 6 SUCCESSIVAMENT.	145
IMATGE 81. DESENMOTLLAT DE LES PROVETES DE L'ASSAIG A TRACCIÓ.	156
IMATGE 82. FORMIGONAT DE LES PROVETES DE L'ASSAIG DE TRACCIÓ.	156
IMATGE 83. PROVETES DE TRACCIÓ AMB FIBRA 48 HORES POSTERiors A L'EXTRACCIÓ DE LA BANYERA.	156
IMATGE 84. PROVETES DE TRACCIÓ PREPARADES PER LA COL·LOCACIÓ A LA BANYERA.	156
IMATGE 85 .PREMSA HIDRÀULICA I ADAPTADORS PER SUPORTAR LA PEÇA CILÍNDRICA.	159
IMATGE 86. PROVETES CILÍNDRIQUES PER L'ASSAIG BRASILER DE TRACCIÓ INDIRECTE.	159
IMATGE 87. TRENCAMENT A TRACCIÓ PRODUI T A LA PROVETA AMB UN 0% DE FIBRA.	159
IMATGE 88. TRENCAMENT A TRACCIÓ PRODUI T A LA PROVETA AMB UN 3 % DE FIBRA.	159
IMATGE 89. AIXEFAMENT PRODUI T A LA PROVETA AMB UNA ADDICIÓ DE FIBRA DEL 3%.	160
IMATGE 90. TRENCAMENT A TRACCIÓ PRODUI T A LA PROVETA AMB UN 6% DE FIBRA.	160
IMATGE 91. TRENCAMENT CORRECTE DE LES PROVETES A TRACCIÓ.	160
IMATGE 92. FORMIGONAT DE LES PROVETES PER FLEXIÓ.	170
IMATGE 93. DESENMOTLLAT DE PROVETES PER FLEXIÓ. COMPARACIÓ DE LES 3 DOSSIFICACIONS DE FIBRA.	170
IMATGE 94. PROVETES PER FLEXIÓ SENSE FIBRA TOTALMENT CURADES ALS 28 DIES.	170
IMATGE 95. PROVETES PER FLEXIÓ AMB FIBRA JUST EXTRETES DE LA BANYERA.	170
IMATGE 96. PREMSA HIDRÀULICA.	173
IMATGE 97. ADAPTADOR PER L'ASSAIG A FLEXIÓ.	173
IMATGE 98. PROVETES AMB UN 6% I UN 3% DE FIBRA.	173
IMATGE 99. PROVETES SENSE FIBRA.	173

IMATGE 100. DETALL DEL TRENCAMENT DE LA PROVETA AMB UN 6 % DE FIBRA.....	174
IMATGE 101. PROVETES DESPRÉS DEL TRENCAMENT. DRETA 6%, ESQUERRA 3%.....	174
IMATGE 102. PROVETA AMB UN 0% DE FIBRA DESPRÉS DEL TRENCAMENT A FLEXIÓ.	174
IMATGE 103. FORMIGONAT PROVETES PER ASSAIG TÈRMIC..	184
IMATGE 104. PROVETES PER ASSAIG TÈRMIC PREVIAMENT AL DESENMOTLLAT.	184
IMATGE 105. DESENMOTLLAT DE PROVETES PER ASSAIG TÈRMIC (DINS EL RECUADRE)	184
IMATGE 106 FORMIGONAT DE PROVETES PER ASSAIG TÈRMIC AMB UN 3% DE FIBRA.....	185
IMATGE 107. PROVETES PER ASSAIG TÈRMIC PASSAT 7 DIES DINS LA BANYERA.	185
IMATGE 108. CONTROL DE PES PER CONEIXER SI HA ANULAT TOTA L'HUMITAT DE LA PEÇA.	185
IMATGE 109. PROVETES TERMIQUES DE DIFERENTS MIDES ASSEJADES.	185
IMATGE 110. MOTLLE QUE S'HA ANAT REDUINT O AUGMENTANT DEPENEN DE LES NECESSITATS.	188
IMATGE 111. PROVETES PER ESTUDIAR ELS EFECTES TÈRMIC DE DIFERENTS DIMENSIÓNS I DOSSIFICACIONS.	188
IMATGE 112. CAIXA TÈRMICA NOVA.	188

INDEX DE FIGURES

FIGURA 1. SISTEMA TIPUS A	38
FIGURA 2 SISTEMA TIPUS B.	38
FIGURA 3 SISTEMA TIPUS C	39
FIGURA 4 SISTEMA TIPUS D	40

INDEX DE TAULES

TAULA 1. RESISTENCIA TÈRMICA NECESSARI PER L'AILLAMENT SEGONS LES ESTANCES CONTIGUES.	42
TAULA 2. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE CIMENT AMB UN 40% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3.....	58
TAULA 3. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE CIMENT AMB UN 10% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3.	60
TAULA 4. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE CIMENT AMB UN 0% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3.	61
TAULA 5. TAULA DE LES DADES REGISTRADES PER EL DATALINK DE LA PROVETA 3 AMB UN 10% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT I UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.	76
TAULA 68. COMPARACIÓ DE TEMPERATURES A CARA FREDA EN UNA HORA DETERMINADA	80
TAULA 79. COMPARACIÓ DE TEMPERATURES A CARA CALENTA EN UNA HORA DETERMINADA.	81
TAULA 8. COMPARACIÓ DE TEMPERATURES A CARA FREDA EN UNA HORA DETERMINADA	82
TAULA 9. TEMPERATURES MITJANES DE LA PROVETA 3 DE CIMENT AMB UN 10 % DE FIBRA.....	83
TAULA 10. INCREMENT DE TEMPERTURA PROVETA 3.....	83
TAULA 11. DIMENSIÓ PROVETA 3	83
TAULA 12. ESPESSOR PROVETA 3.....	83
TAULA 13. TAULA DE RESISTENCIES TÈRMiques SUPERFICIALS DE PARTICIONS INTERIORS.....	84

TAULA 14. RESISTÈNCIA SUPERFICIAL A PARTIR DE TAULA 25	84
TAULA 15. CONJUNT DE VALORS DE TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR TOTES LES MOSTRES	87
TAULA 16. MITJANA DELS VALORS DE LA TAULA 27 SEGONS EL TANT PER CENT DE FIBRA	87
TAULA 17. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 0% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3.	91
TAULA 18. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 0% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3 I FLUIDIFICANT.	93
TAULA 19. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 10% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3.....	94
TAULA 20. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 10% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/2.....	95
TAULA 21. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 5% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/3.	97
TAULA 22. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 5% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/2.	98
TAULA 23. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 5% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/2 I FLUIDIFICANT.	99
TAULA 24. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 4% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/2.	100
TAULA 25. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 3% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/2.	102
TAULA 26. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 3% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/2 I FLUIDIFICANT.	103
TAULA 27. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 3% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/1.	104
TAULA 28. DOSIFICACIÓ DE LES PROVES DE MORTER AMB UN 3% DE FIBRA SOBRE EL PES CIMENT AMB UNA RELACIÓ AC DE 1/1.	106
TAULA 29. RELACIÓ DE NORMATIVA UNE SEGONS ELS ELEMENTS.	115
TAULA 30. RELACIÓ DE NORMATIVA UNE SEGONS ELS ELEMENTS.	116
TAULA 31. REDUCCIÓ DE LA MASSA AMB L'ADDICIÓ DE FIBRES	132
TAULA 32. COMPARACIÓ DE RESULTATS OBTINGUTS A L'ASSAIG DE RESISTÈNCIA A COMPRESSIÓ ALS 7 DIES.....	151
TAULA 33. COMPARACIÓ DE RESULTATS OBTINGUTS A L'ASSAIG DE RESISTÈNCIA A COMPRESSIÓ ALS 28 DIES.....	152
TAULA 34. COMPARACIÓ DE RESULTATS OBTINGUTS A L'ASSAIG DE RESISTÈNCIA A TRACCIÓ.	166
TAULA 35. RESULTATS DE TOTES LES PROVES ASSEJADES AMB L'ASSAIG DE FLEXIÓ	179
TAULA 36. TEMPERATURES EN UNA HORA DETERMINADA DEL RÈGIM ESTACIONARI PER PROVES DE 12 CM A CARA CALENTA.....	191
TAULA 37. TEMPERATURES EN UNA HORA DETERMINADA DEL RÈGIM ESTACIONARI PER PROVES DE 16 CM A CARA CALENTA.....	192
TAULA 38 TEMPERATURES EN UNA HORA DETERMINADA DEL RÈGIM ESTACIONARI PER PROVES DE 20 CM A CARA CALENTA.	192
TAULA 39. TEMPERATURES EN UNA HORA DETERMINADA DEL RÈGIM ESTACIONARI PER PROVES DE 12 CM A CARA FREDA.....	195
TAULA 40. TEMPERATURES EN UNA HORA DETERMINADA DEL RÈGIM ESTACIONARI PER PROVES DE 16 CM A CARA FREDA.....	195
TAULA 41. TEMPERATURES EN UNA HORA DETERMINADA DEL RÈGIM ESTACIONARI PER PROVES DE 20 CM A CARA FREDA.	196
TAULA 42. TEMPERATURES MITJANES DE LA PROVETA T12_3%_1	196
TAULA 43. INCREMENT DE TEMPERATURA DE PROVETA T12_3%_1.....	197
TAULA 44. DIMENSIÓ PROVETA T12_3%_1	197
TAULA 45. ESPESOR PROVETA T12_3%_1.....	197
TAULA 46. TAULA DE RESISTÈNCIES TÈRMiques SUPERFICIALS DE PARTICIONS INTERIORS.....	197

TAULA 47. RESISTÈNCIA SUPERFICIAL A PARTIR DE TAULA 47	198
TAULA 48 CONJUNT DE VALORS DE TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR DE LES PROVETES DE 12 CM.....	199
TAULA 49. MITJANA DE VALORS DE LES PROVETES DE 12 CM SEGONS LA TAULA 48.	199
TAULA 50. CONJUNT DE VALORS DE TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR DE LES PROVETES DE 16 CM.....	201
TAULA 51. MITJANA DE VALORS DE LES PROVETES DE 16 CM SEGONS TAULA 50	201
TAULA 52 CONJUNT DE VALORS DE TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR DE LES PROVETES DE 12 CM.....	203
TAULA 53. MITJANA DE VALORS DE LES PROVETES DE 20 CM SEGONS TAULA 52	203

INDEX DE GRÀFICS

GRÀFIC 1. ANÀLISI DEL FLUX QUE ADQUIEREIX UNA MOSTRA EN EL MOMENTO D'ASSAIG.	76
GRÀFIC 2. ANÀLISI DE LES TEMPERATURAS RESPECTE EL TEMPS PER ARRIBAR AL REGIM ESTACIONARI DE LA PROVETA 3.	77
GRÀFIC 3. ANÀLISI DE LA VARIACIÓ DE TEMPERATURA DE CARA CALENTA RESPECTE EL TEMPS MESURAT SOBRE TOTES LES MOSTRES ANALITZADES.	78
GRÀFIC 4. ANÀLISI DE LA VARIACIÓ DE TEMPERATURA DE CARA FREDA RESPECTE EL TEMPS MESURAT SOBRE TOTES LES MOSTRES ANALITZADES.	78
GRÀFIC 5 ANÀLISI DE LA VARIACIÓ DE TEMPERATURA DE CARA CALENTA RESPECTE EL TEMPS MESURAT SOBRE TOTES LES MOSTRES ANALITZADES	79
GRÀFIC 6. COMPARACIÓ DE LA TRANSMITÀNCIA PER LES PROVETES DE CIMENT	87
GRÀFIC 7. COMPARACIÓ DE LA CONDUCTIVITAT PER LES PROVETES DE CIMENT	88
GRÀFIC 8. COMPARACIÓ DEL FLUX DE CALOR DE LES PROVETES DE CIMENT	88
GRÀFIC 9. RESULTATS ASSAIG A COMPRESSIÓ PROVETA 2C_3%_28.....	146
GRÀFIC 10. TRENCAMENT A COMPRESSIÓ DE LA PROVETA 1C_0%_28	147
GRÀFIC 11. TRENCAMENT A COMPRESSIÓ DE LA PROVETA 1C_3%_28	148
GRÀFIC 12 TRENCAMENT A COMPRESSIÓ DE LA PROVETA 1C_6%_28	148
GRÀFIC 13. COMPARACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A COMPRESSIÓ DE LES DIFERENTS DOSIFICACIONS A UN TRENCAMENT DE 7 DIES.	149
GRÀFIC 14. COMPARACIÓ DE LA RESISTÈNCIA A COMPRESSIÓ DE LES DIFERENTS DOSIFICACIONS A UN TRENCAMENT DE 28 DIES	150
GRÀFIC 15. RESULTAT ASSAIG DE TRACCIÓ INDIRECTE PROVETA 2 AMB UN 3%	161
GRÀFIC 16. TRENCAMENT A TRACCIÓ INDIRECTE DE LA PROVETA 1T_0%.....	163
GRÀFIC 17. TRENCAMENT A TRACCIÓ INDIRECTE DE LA PROVETA 2T_3%.....	163
GRÀFIC 18. TRENCAMENT A TRACCIÓ INDIRECTE DE LA PROVETA 1T_6%.....	164
GRÀFIC 19. COMPARACIÓ DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓ LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS	165
GRÀFIC 20. RESULTAT ASSAIG DE FLEXIÓ PROVETA 2 AMB UN 3 %	175
GRÀFIC 21. RESISTÈNCIA A FLEXIÓ DE LA PROVETA AMB UN 0 % DE FIBRA	176
GRÀFIC 22. RESISTÈNCIA A FLEXIÓ DE LA PROVETA AMB UN 3% DE FIBRA	177
GRÀFIC 23. RESISTÈNCIA A FLEXIÓ DE LA PROVETA AMB UN 6% DE FIBRA	177

GRÀFIC 24. COMPARACIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A FLEXIÓ AMB LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS	178
GRÀFIC 25. VARIACIÓ DE TEMPERATURA A CARA CALENTA PER PROVETES DE 12 CM DE GRUIX.	189
GRÀFIC 26. VARIACIÓ DE TEMPERATURA A CARA CALENTA PER PROVETES DE 16 CM DE GRUIX.....	190
GRÀFIC 27. VARIACIÓ DE TEMPERATURA A CARA CALENTA PER PROVETES DE 20 CM DE GRUIX.....	190
GRÀFIC 28. VARIACIÓ DE TEMPERATURA A CARA FREDA PER PROVETES DE 12 CM DE GRUIX.....	193
GRÀFIC 29. VARIACIÓ DE LA TEMPERATURA A CARA FREDA PER PROVETES DE 16 CM DE GRUIX.	193
GRÀFIC 30. VARIACIÓ DE TEMPERATURA A CARA FREDA PER PROVETES DE 20 CM DE GRUIX.	194
GRÀFIC 31. COMPARACIÓ DE LA TRANSMITÀNCA DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 12 CM DE GRUIX.....	199
GRÀFIC 32. COMPARACIÓ DE LA CONDUCTIVITAT DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 12 CM DE GRUIX.	200
GRÀFIC 33. COMPARACIÓ DEL FLUX DE CALOR DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 12 CM DE GRUIX.	200
GRÀFIC 34. COMPARACIÓ DE LA TRANSMITÀNCA DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 16 CM DE GRUIX.....	201
GRÀFIC 35. COMPARACIÓ DE LA CONDUCTIVITAT DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 16 CM DE GRUIX.	202
GRÀFIC 36. COMPARACIÓ DEL FLUX DE CALOR DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 16 CM DE GRUIX.....	202
GRÀFIC 37. COMPARACIÓ DE LA TRANSMITÀNCA DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 20 CM DE GRUIX.....	203
GRÀFIC 38. COMPARACIÓ DE LA CONDUCTIVITAT DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 20 CM DE GRUIX.	204
GRÀFIC 39. COMPARACIÓ DEL FLUX DE CALOR DE LES DIFERENTS DOSSIFICACIONS PER 20 CM DE GRUIX.....	204

1. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS GENERALS

La idea principal d'aquest estudi es observar i comprovar els efectes que produeix l'addició de fibra vegetal al morter autoanivellant que s'utilitza per el terra radiant, per tal de descobrir si millora o empitjora les seves propietats tèrmiques i alhora fisico-mecàniques.

L'equip que m'ha ajudat a dur a terme aquest estudi ha estat l'equip d'investigació Grup Lepamap de L' Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona. Aquest grup treballa principalment en la recerca de materials compostos amb fibres, tenen una gran experiència treballant amb fibres barrejades amb materials polímers. Darrerament estan integrant el morter, ciment i formigó en les seves línies de investigació per tal d'augmentar els seus estudis i conèixer com actuen les fibres amb aquets materials. Així que juntament amb el tutor em van orientar per poder dur a terme el projecte.

Per tal de resoldre totes les qüestions plantejades es va buscar una fibra vegetal que complís tots els requisits (sostenible, cost baix, accessible, innovador, útil, etc...), finalment es va triar la fibra del paper de diari, principalment per què l'equip d'investigació encara no havia realitzat cap estudi amb aquest tipus de fibra barrejat amb el ciment o formigó i resultava un material diferent a totes les altres fibres que estudien habitualment i alhora sostenible i d'un cost baix.

Tot i que es coneix que les fibres del paper actuen com a bon aïllant, es va pensar que podria ser un material capaç d'aguantar la calor durant un temps determinat i alhora que es podrien augmentar les propietats fisico-mecàniques, sobretot a compressió, per poder arribar a reduir el gruix del morter que s'utilitza per el terra radiant, ja que s'intentaria que realitzés la mateixa funció que un armat. Tal com s'està utilitzant actualment l'anhidrita en aquest tipus de d'aplicació.

Però a mesura que es va anar desenvolupant el treball va sorgir una sèrie de problemàtiques molt accentuades que en van fer impossible poder seguir per aquesta línia.

La problemàtica més destacable de totes va ser que la fibra de paper absorbeix una gran quantitat d'aigua per si sola i, tot i afegir fluidificant en grans quantitats, ens anul·la per complert les propietats viscoses del morter autoanivellant i la seva fluïdesa, per el que es necessitaria un vibrat posterior amb el que es podrien provocar conseqüències perjudicials al sistema de calefacció plantejat.

Un cop observats aquets resultats es va procedir a donar per tancada aquesta part del treball i buscar una altre aplicació de les fibres de paper de diari al món de la construcció on no fos estrictament necessària una fluïdesa tant elevada.

Així que la opció que es va escollir per l'aplicació de les fibres de paper de diari va ser la de comprovar els efectes que ens produeix afegir la fibra de paper al formigó prefabricat, en aquest cas per la construcció de panells prefabricats. I comprovar així si millora o empitjora les propietats tèrmiques i físico-mecàniques. Aquesta elecció del treball es va basar a partir de l'observació dels resultats obtinguts a la primera part de l'estudi i en la recerca d'una aplicació on l'aïllament propi del material fos un avantatge.

Per realitzar aquesta segona part del projecte s'ha hagut de dur a terme a les instal·lacions de Prefabricats Planas ja que es necessitava la utilització d'elements específics del prefabricat.

Tot i així el següent estudi exposa de manera diferenciada les dues vessants amb els seus respectius assajos i conclusions, fins arribar a una conclusió general de la fibra del paper de diari per a la construcció.

2. ESTAT DE L'ART DE LA FIBRA VEGETAL

La fibra vegetal és un material que des de els últims anys està començant a aparèixer al món de la construcció de manera més innovadora, ja que aporta propietats que els materials aglomerats que més s'utilitzen per construir no són capaços d'aportar.

Les fibres són capaces de funcionar com aïllant, com a transmissores de calor o inclús millorar les propietats físico-mecàniques com la compressió, la tracció o la flexió.

Des de els darrers anys a la Universitat de Girona s'ha començat a treballar amb algunes de les fibres que es troben al mercat com el cànem, el jute, la palla i el paper entre d'altres. S'ha agafat com a referència per extreure informació per la realització d'aquest estudi alguns dels projectes de la Universitat de Girona, entre d'altres:

- *“Estudi del jute com a material de reforç en ciments”* – Treball final de carrera en Grau d'Arquitectura tècnica realitzat per Aida Rosich Amorós, exposat a la Universitat de Girona i tutoritzat per Dr. Rafel Reixach Coromines. Any 2016.

Aquest estudi tracta de fer una comparació de la utilització de la fibra de jute en malla i triturada i comprovar quina de les dues millora les propietats mecàniques dels ciments. S'observa que la fibra de jute triturada millora la resistència a flexió en canvi la fibra de jute en malla no millora les resistències mecàniques de flexió i compressió. Finalment arriba a la conclusió que la fibra de jute és una bona opció per treballar amb els materials constructius.

- *“Estudi del formigó per a panells prefabricats per a façanes amb la millora de les condicions tèrmiques i acústiques amb la incorporació de fibres vegetals de cànem”* – Treball final de carrera realitzat per Arià Pla i Coll, exposat a la Universitat de Girona i tutoritzat per Dr. Rafel Reixach Coromines. Any 2017.

Tracta de conèixer si amb l'addició de fibres de cànem es pot aconseguir una millora de les condicions tèrmiques, acústiques i físico-mecàniques. Fent una comparativa d'un mostreig amb un 0% un 3% i un 6% de fibra. Finalment s'observa que aquestes condicions milloren quan hi ha una addició de la fibra de cànem del 3% en les propietats tèrmiques i físico-mecàniques.

El treball del cànem amb el formigó ha estat una guia per realitzar el present estudi, el qual s'ha seguit de manera molt similar, ja que s'han realitzat les provetes a les mateixes instal·lacions i amb el qual es pretén fer una comparativa ja que s'han utilitzat les mateixes dimensions de les provetes, tal com marca la normativa, i els mateixos assajos.

- *“Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lecheguilla), como materiales para construccion en Mexico”* – Tesis doctoral en ingeniería amb especialitat de materials realitzat per César Antonio Juárez Alvarado, exposat a la Universidad Autónoma de Nuevo León i tutoritzat per Dra. Patricia Rodriguez Lopez. Any 2000.

La tesis d'aquest doctorat tracta de investigar les propietats físiques, mecàniques, químiques i la durabilitat de la fibra de “lechuguilla”. I alhora estudiar el comportament mecànic i la durabilitat que pateix el ciment portland reforçat amb aquestes fibres. Finalment la tesis arriba a la conclusió que aquestes fibres aporten ser un reforç al ciment sempre hi quan estiguin tractades amb parafina.

- *“Fibras vegetales en el hormigón y su protección”* – Monografia realitzada per Magali Torres Fuentes i Wilfredo F. Olivera Muñiz. Any 2013.

Es tracta d'una monografia dedicada a l'estudi de l'addició de fibres vegetals al formigó amb la comparació de 40 països, ja que depenen de cada país s'utilitzaran unes fibres determinades. En aquest monogràfic s'exposa al llarg de la història els estudis i articles més destacats que fan referència al món constructiu amb productes vegetals ordenats cronològicament.

- *“Morteros autonivelantes de elevada conductividad térmica”* – Treball final de carrera en Grau d'Enginyeria de l'Edificació realitzat per Tomás Escribano Tévar i Alba García Andrés, exposat a la Universitat de Politècnica de Valencia i tutoritzat per Luis V. García Ballester i José Ramón Albiol Ibáñez. Any 2013.

L'estudi tracta d'analitzar els efectes que es produeix al morter autoanivellant amb l'addició de fibres plàstiques i additius que millorin la conductivitat tèrmica del material. Ha estat molt important la lectura d'aquest estudi ja que aporta molta informació per la realització de la primera part del present projecte, el morter autoanivellant. En aquest treball s'arriba a la conclusió que l'addició de retardants de freguat i altres additius milloren les propietats a l'hora de reduir el temps de curat, però en canvi les fibres de polipropilè no aporten una millora significativa en cap aspecte en comparació a un morter sense fibres.

- *“Preparacion y caracterización de fibras naturales”* – Treball final de carrera en Grau d'Enginyeria Mecànica realitzat per Lohengrin David Benazco Ángel, exposat a la Universidad de la Laguna i tutoritzat per Maria Milagros Laz Pavón i Maria Hernández Molina. Any 2015.

Aquest estudi es basa en estudiar com són i com es preparen les fibres naturals com el plàtan per actuar com additius a altres materials constructius i així aportar millores en aquests

materials. S'arriba a la conclusió que la fibra del plataner ha d'estar prèviament tractada per actuar com additiu ja que per si sol no adquireix adherència.

- *“Uso de No Tejidos de fibras vegetales en matrices de cemento para materiales de construcción”* – Tesis de final de master en Sostenibilitat realitzada per Maria Alethia Sabanés Hernández, defensat a la Universitat Politècnica de Catalunya i tutoritzat per Lucía Fernández Carrasco. Any 2013.

L'objectiu principal consisteix en analitzar les fibres com el lli per tal de conèixer si aporta un reforç per el ciment. S'arriba a la conclusió que utilitzar mantes no teixides de fibra de lli disminueix considerablement la resistència del material, però en canvi si aquesta addició és amb fibra no teixida, s'aconsegueix augmentar la resistència.

- *“Utilitzacion de fibras de fibrequén en hormigones”* – Estudi realitzat per Dr. José A. Macías Mesa, Dra. Maria Lourdes Artola Pimentel i Pedro J. Hernandez Ramos a Cuba.

S'estudia com afecta la fibra de fibrequén als formigons que s'utilitzen a la illa de Cuba. S'obté una millora de la resistència mecànica sempre que hi ha addició d'aquestes fibres. És una aplicació molt important ja que la fibra de fibrequén existeix amb abundància a l'illa de Cuba.

- *“Estudi tecnològic dels aïllaments tèrmics a Catalunya en l'àmbit de l'edificació”* – Estudi realitzat per Josep Solé del Grup Uralita. Any 2015.

En aquest estudi s'exposen la majoria d'aïllaments tèrmics que s'utilitzen en més quantitat a Catalunya depenen del lloc d'aplicació. S'observa que la fibra vegetal comença a formar part d'aquets materials aïllants.

A partir d'aquesta recerca de informació s'observa que les fibres vegetals en format trenat com una malla no aporten millores de la resistència mecànica dels materials formats amb ciment o formigó, però en canvi, si l'addició d'aquestes fibres és amb fibra triturada la resistència dels materials a estudiar augmenta, encara que en no tots els casos, considerablement.

Tot i que s'ha observat que en algun dels estudis les propietats tèrmiques que aporten les fibres vegetals són aïllants, també s'ha consultat que algunes actuen aguantant el calor. Per el que es decideix seguir per aquesta línia en el primer apartat d'aquest estudi.

3. LA FIBRA VEGETAL, EL PAPER DE DIARI

L'equip d'investigació Grup Lepamap tracta amb molts tipus de fibres diferents, tant vegetals com sintètiques i les estudien de manera que volen conèixer els seus efectes un cop s'han barrejat amb materials polímers o, com investiguen més recentment, amb materials aglomerats.

Actualment les fibres vegetals que més treballen són el cànem, jute o la palla. Així que va semblar innovador treballar amb el paper de diari ja que és un material sostenible, de cost reduït i de fàcil obtenció.

El paper de diari es distingeix del paper convencional principalment per que esta elaborat a partir d'una base de paper recuperat o una pasta de paper obtingut de manera mecànica, cosa que implica que la seva qualitat sigui inferior, per la qual cosa té un gramatge més baix que oscil·la entre 40g/m² i 52 g/m², mentre que el paper conegut com a foli té un gramatge entre 70g/m² i 90g/m².

3.1 EL PAPER

3.1.1 HISTÒRIA DEL PAPER

El paper de diari es va començar a comercialitzar quan l'any 1453 un inventor anomenat Gutenberg va crear l'impremta, cosa que va provocar un augment exponencial de la impressió de textos. En aquell moment la societat es trobava manca de informació ja que la velocitat del escrivents era molt baixa pel fet de haver poca gent que sàpigues escriure i alhora resultava ser una feina que implicava moltes hores.

Durant el segle XVI aquesta tècnica d'impressió va arribar a Anglaterra i no va ser fins l'any 1680 que els espanyols van exportar la primera fabrica de producció de paper al continent americà.

Fins aquell moment la matèria primera que s'utilitzava per crear el paper de diari eren draps vells, cotó o altres teles que suposàvem molts inconvenients per poder obtenir grans quantitats d'aquesta i satisfer el volum de producció demandat. Aquest problema va fer imprescindible la busca de noves fonts de matèria primera per poder obtenir la producció desitjada.

Així que l'any 1720, el francès Ferchault de Reaumur va descobrir que es podria utilitzar la fusta com a font de fibres vegetals per l'obtenció del paper. Aquest moment va suposar un gran avanç per la impressió de paper ja que el problema d'obtenció de la matèria prima va quedar resolt. Així que a finals de segle l'inventor Nicholas Robert va crear la primera màquina de producció continua de paper, la qual va ser comercialitzada per els germans Fourdrinier. A partir d'aquest moment la velocitat d'obtenció del paper va augmentar de manera exponencial creant grans bobines de paper que eren fàcilment transportables cap a les editorials.

Tot i així encara es pensava que la matèria prima podria acabar ja que es necessitaven molts arbres per crear el paper i el creixement d'aquets es lent. Així que l'any 1850 l'alemany Friedrich Gottlob Sèller va aconseguir crear un mètode per obtenir paper a partir de la polpa de la fusta. Aquest mètode es va perfeccionar posteriorment amb mitjans químics.

Això va provocar una gran expansió de la producció de paper a gran escala i alhora i augment de fàbriques productores de paper escampades arreu del món.

Durant al llarg del segle XX, la producció de paper s'ha mantingut estable tot i que hi ha hagut avançaments en nous materials, recuperació d'energia, regulació dels residus, etc... que millora la producció constantment.

3.1.2 MÈTODE D'OBTENCIÓ DEL PAPER

El paper de diari que es comercialitza actualment, s'obté a partir de les fibres de cel·lulosa que es troba a les plantes. Aquestes fibres provenen de diferents vegetals com el cotó, la fusta, la palla, cereals, etc... Però per la producció de paper de diari s'utilitza la fusta, més ben dit la polpa de la fusta.

L'obtenció de la polpa es basa en separar les fibres de cel·lulosa que es troben fortament lligades amb la lignina. Actualment existeixen diferents mètodes per l'obtenció de la polpa, els més comuns són:

- Mètodes químic:

Es cou la fusta dins una solució de compostos químics dintre dels quals destaca el sofre que emet una olor característica. Dins els mètodes químics es distingeixen dos mètodes on depenen del tipus de d'hidròxid de sodi que s'utilitza genera un procés o un altre. Si s'utilitza un sulfur de sodi s'anomenarà procés de sulfit, en canvi si s'utilitza el carbonat de sodi s'anomenarà procés de kraft o mètode alcalí.

- o Mètode alcalí:

La principal diferència entre aquets dos processos és que el de kraft dona lloc a una pasta de color marró que desprèn emissions tòxiques a l'aire, que acaba causant el que s'anomena com pluja acida, fent que en molts països la producció de paper a partir d'aquest mètode estigui estrictament prohibit.

- o Mètode del sulfit:

Al igual que el mètode alcalí aquest també involucra la cocció d'estelles però en aquest cas sulfur de sodi. Amb aquest procés s'arriba a la producció d'una pasta més

clara, dèbil i soluble però tot i així, al igual que el mètode kraft, crea una gran contaminació a l'aire i a l'aigua.

- Mètodes mecànics:

És el procés més eficient en quan a quantitat de pasta que es produeix, tot i així la qualitat és menor. El paper que s'obté d'aquest procés s'utilitza principalment per la producció de diari o de guies telefòniques, per la falta de qualitat.

Tot i que les fabriques utilitzen resines àcides altament tòxiques, la producció del paper no emet compostos de sulfur a l'aire i per tant es consideren més sostenibles en contaminació atmosfèrica.

3.1.3 BLANQUEIG DE LA PASTA DE PAPER

Un cop s'ha obtingut una pasta de paper, aquesta s'ha de blanquejar en més o menys intensitat depenen del destí que se'n vulgui aconseguir.

Per blanquejar el paper s'utilitza un element anomenat peròxid d'hidrogen que canvia l'estructura de la lignina i altera el seu color, alhora s'afegeix gas de clor que és extremadament reactiu i ens permet generar el blanqueig del paper desitjat.

Encara que a primera vista no sembli que el paper de diari estigui blanquejat, aquest sí que ho està, però amb una intensitat molt més baixa que el blanqueig del paper anomenat blanc.

3.2 METODOLOGIA PER L'OBTENCIÓ DE LES FIBRES DE PAPER PER L'ESTUDI

Per l'estudi s'ha necessitat tractar el paper de diari per poder realitzar les proves necessàries i així obtenir resultats idonis i semblants als materials que estem acostumats a tractar, sense alterar en gran mesura les seves propietats.

A l'hora de la fabricació de les diferents provetes de morter, ciment i formigó era imprescindible l'addició d'aigua així que es va optar per tenir les fibres el més deshidratades possible i no alterar de cap manera la relació d'aigua-ciment en tots els aspectes del treball.

S'ha hagut de comprovar sempre el tant per cent d'humitat que tenien les fibres ja que això implicava una diferència a l'hora d'afegir la quantitat d'aigua necessària.



Imatge 1. Paper triturat manualment col·locat a l'interior de la màquina Pulper
Font: Pròpia

Ja que per obtenir resultats decents no es podia utilitzar el format de paper de diari que estem acostumats es va decidir que s'hauria de triturar a una longitud de 2,5 mm per acabar obtenint una fibra amb format pols i així estalviar problemes amb l'aglomerat que volem estudiar.

Per tal d'arribar a aconseguir el paper en format pols es va haver de seguir un procediment específic al laboratori. Aquest procediment esta format per 4 parts:

- Trituració del paper amb maquinària específica Pulper.
- Centrifugació de la pasta obtinguda.
- Assecatge de les fibres a l'estufa.
- Trituració a una longitud de 2,5 mm amb molí de trituració.

3.2.1 TRITURACIÓ DEL PAPER AMB PULPER

Just abans de començar la trituració es va haver de recopilar tot el material necessari, és a dir, un total de 10 kg de paper de diari en format convencional.

El primer pas un cop s'ha obtingut la quantitat desitjada de paper és triturar-lo amb una màquina que disposa el grup Lepamap al seu laboratori. Aquesta màquina esta formada per un cubell metàl·lic, un triturador en forma d'espiral i un motor.

Per tal de que funcioni correctament i poder triturar el paper, és necessari afegir la mateixa quantitat o més d'aigua que de paper de diari.



Imatge 2. Màquina de Pulpejar paper.

Font: Pròpia

És important que el paper de diari estigui prèviament tallat en trossos petits, d'unes dimensions màximes de 10 x 10 cm, ja que si no es podria fer malbé la màquina i provocar que es col·lapsés.

Un cop s'ha tallat el paper en les dimensions esmentades recentment, es va afegint al dipòsit al mateix temps que s'afegeix aigua i amb una velocitat mínima es comença a donar voltes a l'eix i al triturador en forma d'espiral per tal d'evitar col·lapsar la pròpia màquina.

Quan tenim tota la quantitat de paper dins el dipòsit es col·loca la tapa i es puja la velocitat a 100 rpm durant 30 minuts.

Transcorregut aquest temps es paralitza la màquina i s'observa que el paper introduït en format de 10 x 10 cm, s'ha convertit en una pasta de color gris. Aquesta pasta presenta un color grisos per l'efecte de la tinta.

Ja que la pasta de paper té molta aigua a l'interior, posteriorment s'ha de centrifugar per aconseguir treure el màxim possible d'aigua que ha absorbit la fibra.



Imatge 3. Malla amb porositat mínima.

Font: Pròpia

Per extreure la pasta de paper de l'interior del dipòsit, s'aixeca una palanca que fa caure tota aquesta quantitat de paper a un cubell. En aquest cubell s'ha col·locat prèviament una malla amb una porositat mínima per tal de poder transportar la pasta fins la centrifugadora i aquesta pugui extreure la màxima aigua possible.

3.2.2 CENTRIFUGACIÓ DEL PAPER

Com s'ha comentat a l'apartat anterior, s'haurà col·locat tota la pasta de paper a una malla per poder-la transportar a la centrifugadora.

La centrifugadora que s'utilitza al laboratori té una quantitat màxima permesa de 2 kg de pasta, on un cop ha perdut tota l'aigua es queda reduïda a una quantitat de 300 grams de fibra. Això implica que s'haurà de centrifugar tota la quantitat de paper per tongades ja que s'han triturat aproximadament uns 10 kg de paper d'una vegada.

El funcionament de la centrifugadora es donar voltes fins aconseguir extreure tota l'aigua possible. Aquesta aigua surt per un orifici que es troba a la part baixa de l'aparell, després la fibra queda gairebé deshidratada i s'extreu de la centrifugadora.



Imatge 5. Pasta de paper pulpejada, que es filtrarà i es centrifugarà.
Font: Pròpia



Imatge 4. Centrifugadora.
Font: Pròpia

3.2.3 ASSECATGE DEL PAPER

Un cop la pasta ha estat centrifugada s'obté un material compacte que dificulta l'assecatge, així que s'haurà d'anar triturant de manera manual amb una mida més reduïda (el màxim possible), ja que això disminuirà el temps d'assecatge de la fibra de paper.

Aquesta fibra es col·loca ben distribuïda sobre unes safates metàl·liques que posteriorment s'introduiran a una estufa a, com a mínim, 50 graus de temperatura. La fibra vegetal no es pot introduir a un forn a més de 200 graus de temperatura, ja que provocaria el trencament de la fibra i la pèrdua de les seves resistències mecàniques.

Unes 24 hores més tard es comprova si la fibra es troba totalment seca i llavors en cas afirmatiu s'extreu de l'estufa per transportar-la al molí triturador.



Imatge 7. Fibra de paper centrifugada i triturada manualment, posada en safates per assecar a l'estufa.
Font: Pròpia



Imatge 6. Estufa per l'assecatge de les fibres.
Font: Pròpia

3.2.4 TRITURACIÓ AMB MOLÍ TRITURADOR

El molí triturador serà l'encarregat de transformar la pasta de paper de diari compacte i posteriorment assecada, a pols. D'aquesta manera ens facilita el maneig de la fibra i la formació de les provetes de manera idònia.

Aquesta tècnica no s'ha dut a terme fins al inici de la segona part d'aquest estudi ja que al observar els problemes que donava la fibra va ser necessari canviar el format de la fibra que s'utilitzava.

El funcionament d'aquest molí és senzill s'evoca la fibra totalment assecada a l'interior d'un dipòsit, just a la part baixa del dipòsit existeixen dos trituradors y un colador que transforma la fibra de una pasta compacte a una longitud de 2,5 mm, per lo que té un aspecte similar a la pols.

És estrictament important que el paper de diari que es vol triturar estigui totalment sec, ja que en cas contrari es podria malmetre el molí triturador ja que no està preparat per suportar humitat.



Imatge 8. Dreta: Molí triturador. Esquerra: fibra seca extreta de l'estufa.
Font: Pròpia



Imatge 9. Fibra triturada en format pols de longitud 2,5 mm.
Font: Pròpia

3.2.5 CONCLUSIÓ DE LA TRITURACIÓ DEL PAPER

És molt important arribar a obtenir el paper de diari en format fibra de paper de 2,5 mm similar a la pols.

Es a intentar triturar el paper de diari de manera directe (format paper convencional) amb el molí triturador sense prèviament haver-la hagut de transformar en pasta i assecar-la, però va resultar una prova nul·la, ja que el molí no és capaç d'assimilar el format tant prim del paper de diari convencional i no el pot triturar. Així que és estrictament necessari executar tots els passos esmenats fins aconseguir la fibra en el format idoni per formar una massa.

El desglossament de la durada segons les activitats per un total de 4 kg de fibra i a una temperatura de l'estufa a 100 °C, és:

- Trituració del paper a unes dimensions de 10 x 10 cm. → 1 hora.
- Trituració del paper amb la màquina Pulper fins a obtenir pasta. → 1 hora. (30 minuts per introduir tot el paper a una velocitat baixa i no provar col·lapsa i 30 minuts per triturar el paper a una velocitat de 100 rpm)
- Extracció de la pasta de paper i posterior centrifugació. → 1 hora.
- Trituració de la pasta centrifugada a una mida molt més reduïda per facilitar l'assecatge → 30 minuts.
- Assecatge dins de l'estufa a 100 °C. → 16 hores.
- Trituració de la pasta de paper amb el molí triturador. → 3 hores.

El procediment d'obtenció de 4 kg de paper de diari té una durada aproximada de 22,5 hores, el qual es pot veure reduït si es puja la temperatura de l'estufa en el moment d'assecatge.

Es molt important aconseguir la fibra en format pols, ja que prèviament s'ha provat en aquest estudi formar una massa del ciment amb el format de pasta assecada i triturada manualment, en una dimensió de 2 x 3 cm, el qual dificulta obtenir una mescla homogènia ja que es

necessari que primerament estigui en remull amb l' aigua que es necessitarà per fer la massa ja que s'ha de reduir la fibra per tal de no tenir grumolls i alhora impedir que la fibra l'absorbeixi per complet i formar una massa homogènia.

Aquest inconvenient va ser el que va fer estudiar la manera d'obtenir-la en format pols fins a trobar aquest procediment amb el molí triturador que ha resultat ser beneficiós per l'estudi.

3.3 PROBLEMÀTICA DEL PAPER DE DIARI

El paper de diari ha resultat ser un material difícil de tractar envers els materials compostos que necessiten aigua per formar un aglomerat, causant una problemàtica extensa durant tot el projecte.

Una de les propietats més destacades del paper de diari és l'absorció de l'aigua, la qual cosa va provocar que s'havia de variar l'ordre alhora de fer la mescla, ja que si no el paper absorbia a l'instant tota l'aigua que es necessitava impedit formant una mescla amb els altres materials i provocant que tots es quedessin tots disgregats.

El mètode per obtenir la longitud de fibra i la textura també ha portat un procés lent i elaborat ja que el paper no és un material molt treballat per la construcció i es va haver d'innovar per trobar el mètode que fos més eficient.

Tot i així s'ha pogut realitzar totes les proves necessàries per conèixer si és important l'aplicació d'aquest material en el món de la construcció, en dues vessants diferents, o directament es pot descartar. Per tal de conèixer aquestes conclusions s'exposa l'estudi de les dues vessants a continuació.

4. PRIMERA PART. ELS EFECTES DE LA FIBRA VEGETAL EN EL MORTER AUTOANIVELLANT

4.1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

En aquesta primera part del treball es té com a objectiu principal conèixer els efectes que produeix de manera tèrmica i físico-mecànica l'addició de les fibres de paper de diari al morter autoanivellant que s'utilitza per el terra radiant.

S'intenta buscar quin tant per cent de fibra serà necessari perquè els efectes i la viscositat que té el morter autoanivellant del terra radiant no es vegin perjudicats en cas que es volgués fer l'aplicació. I alhora que el morter autoanivellant amb fibres ens porti una transmitància de calor cap el paviment, o si més no, que agunti l'escalfor durant més temps que si es tingués el morter sense fibra.

Es comença l'estudi amb l'addició d'un 40% de fibra de paper de diari sobre el pes del ciment de la proveta que es vol realitzar. Ràpidament s'observa que la fibra absorbeix una gran quantitat d'aigua per el que es procedeix a baixar el tant per cent de fibra a un 10% sobre el pes del ciment.

Posteriorment i després d'un seguit de proves s'aconsegueix arribar a formar una massa amb el ciment i les fibres, fins a aquest moment havia estat impossible crear una massa homogènia que pogués formar una proveta. Aquesta massa, i per tant, la de les diferents provetes que s'analitzaran amb les proves tèrmiques està formada amb un 10% de la fibra sobre el pes del ciment, esdevenint unes provetes molt poroses ja que ha quedat tota la massa completament disgregada.

Tot i veure el disgregament de les diferents provetes es procedeix a la realització de les diferents proves tèrmiques, per comprovar si l'addició de les fibres de paper ens produïa l'efecte desitjat, és a dir, la transmitància de calor o si més no, mantenir el morter calent durant més temps, o si per contra ens produïa un aïllament més elevat, ja que és necessari per l'estudi conèixer aquest aspecte del paper de diari amb el ciment.

4.2 NORMATIVA

Per la realització d'aquesta primera part de l'estudi s'ha necessitat consultar diferent normativa específica per cada tipus de material, sistema o assaig que s'havia de dur a terme.

Entre molts tipus de plecs de normativa trobem alguna que en destaca en aquest tema, en aquest cas és la norma europea aplicable als sistemes de calefacció i refrigeració de circulació d'aigua integrat a superfícies. Tal definició coincideix amb la definició de Terra Radiant. Aquesta normativa és la UNE-EN 1264.

Tot i que, per seguir els assajos a realitzar i comprovar que els resultats obtinguts compleixin els mínims requerits segons les corresponents normatives s'ha consultat:

Normativa UNE:

- 196 Métodos de ensayo de Cementos
- 197 Cemento
- 934 Aditivos para hormigones morteros y pastas
- 998 Especificaciones de los morteros de albañilería
- 1015 Métodos de ensayo de los morteros de albañilería
- 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies
- 1346 Adhesivos para baldosas cerámicas
- 12664 Materiales de construcción. Resistencia térmica
- 13139 Áridos para morteros
- 13813 Mortero para recrecidos y acabados de suelos

- 13892 Métodos de ensayo de materiales para solera continuas
- 14025 Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas
- 83258 Aditivos para hormigones, morteros y pastas

Normativa EHE- 08:

És la Instrucción de hormigón estructural i té per objecte regular el projecte, l'execució y control de les estructures de formigó, tant en obres de l'edificació com de l'enginyeria civil, al objecte de aconseguir l'adequada seguretat de les mateixes, perseverant les construccions que en ella es sustentin y la dels usuaris que la utilitzen.

Normativa Codi Tècnic de l'Edificació:

És el marc normatiu que estableix les exigències que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat establerts en la Llei 38/1999 de 5 de novembre, d'Ordenació de l'Edificació (LOE).

Les Exigències Bàsiques de qualitat que han de complir els edificis es refereixen a matèries de seguretat i habitabilitat.

El CTE també s'ocupa de l'accessibilitat com a conseqüència de la Llei 51/2003 de 2 de desembre, d'igualtat d'oportunitats, no discriminació i accessibilitat universal de les persones amb discapacitat, LIONDAU.

4.3 TERRA RADIANT

El terra radiant és el sistema de calefacció i refrigeració que té un menor consum d'energia respecte els altres sistemes de calefacció. És una calefacció neta, invisible i silenciosa ja que és un sistema de canonades integrades en el paviment que aporten calor de manera uniforme per tot l'habitatge.

El principi bàsic del sistema consisteix en la impulsió d'aigua a temperatura mitjana a través de circuits de canonades situades sota el paviment de les estades que es pretenen calefatar. Aquestes canonades estan col·locades sobre un aïllament, normalment format amb uns sortints que subjecten les canonades, que van a sobre el forjat. Un cop s'ha col·locat tots els tubs de la calefacció sobre l'aïllament es forma una capa de morter de ciment on queden incrustats totes les canonades de la calefacció impeding buits. Aquesta capa absorbeix l'energia tèrmica dissipada per les canonades i la cedeix al paviment que, al seu torn, emet aquesta energia a l'estança a calefatar mitjançant radiació i, en menor grau, convecció natural.

El sistema de calor que emet és per radiació, d'aquí esdevé el seu nom, aquest efecte pot ser perjudicial a les persones depenen de la situació on es trobi. Anteriorment es va estudiar que si el sistema de calefacció radiant es col·loqués al sostre dels habitatges podria provocar més danys ja que la radiació afecta directament el cap de les persones, així que es va comprovar que col·locant el sistema al paviment no provocava ni una mínima part dels danys a les persones que apareixien en l'altre cas.

Es diu que el terra radiant és un sistema de baixa temperatura perquè l'aigua que recorre les canonades de la calefacció no supera els 45°C, enfront dels 70-90° que arriben a els sistemes amb radiadors. És molt important que la temperatura que circula per els tubs de calefacció no sigui molt elevada ja que la única separació que existeix entre els tubs i les persones, és la capa de morter i l'acabat del paviment.

4.3.1 HISTÒRIA

Al segle XII aC, els romans utilitzaven el sistema "Hipocausus", és un sistema similar al terra radiant que consistia en deixar buits sota el sòl. Per aquets buits circulava aire calent que procedia d'una mena de forn anomenat "Ad Hoc".

Tot i que es coneix que un mètode similar al dels romans va arribar a Espanya durant l'Edat Mitjana, ja que s'han observat diferents llocs de Castella que l'utilitzaven.

Però el sistema de calefacció radiant tal com es coneix avui dia va arribar a Europa arran de la crisi del petroli que es va patir al territori durant els anys 70. Aquesta crisi i el fet de que molts arquitectes apreciïn la seva invisibilitat respecte els altres sistemes de calefacció va esdevenir un gran creixement de la implantació del sistema.

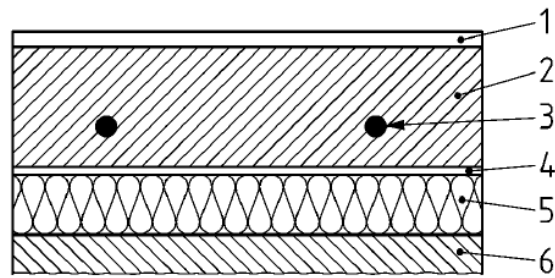
4.3.2 SISTEMES I CAPES QUE ELS FORMEN

El sistema de calefacció de sòl radiant està format per capes de diferents materials que es col·loquen de manera encadenada per acabar formant un sistema conjunt.

L'enumeració de les diferents capes s'exposarà de la mateixa manera que s'hauria d'executar la instal·lació del sistema. Ja que segons la normativa UNE EN-1264 existeixen diferents maneres de instal·lació s'exposa de manera individual cada una d'elles.

SISTEMA TIPUS A

El sistema tipus A és el sistema de calefacció que incorpora els tubs de calefacció o refrigeració dins el paviment. La capa que s'utilitza com a carga de pes en aquest cas és el morter autoanivellant.



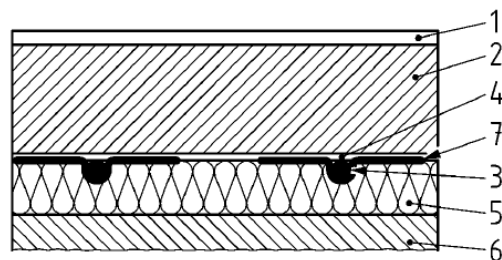
- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso y de difusión térmica (pavimento)
- 3 Tubo de calefacción/refrigeración
- 4 Capa protectora
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural

Figura 1. Sistema tipus A

Font: Normativa AENOR UNE ES-1264-1 Annex A

SISTEMA TIPUS B

El sistema tipus B és el sistema de calefacció que incorpora els tubs de calefacció o refrigeració per sota del paviment. Incorpora alhora un dispositiu de difusió del calor al voltant dels tubs. En aquest cas, per la carga de pes pot trobar-se que està formada per morter autoanivellant o per fusta.



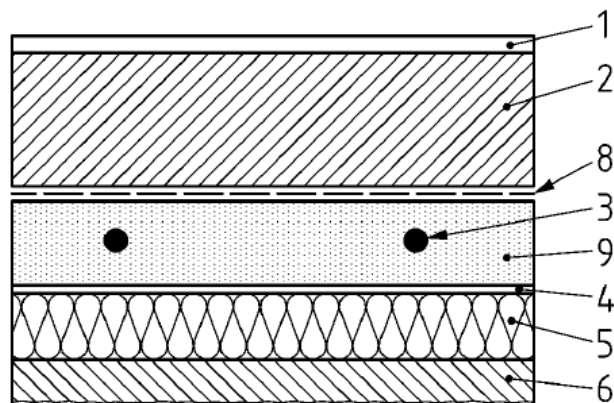
- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso (madera/pavimento)
- 3 Tubo de calefacción /refrigeración
- 4 Capa protectora
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural
- 7 Dispositivo de difusión de calor

Figura 2 Sistema tipus B.

Font: Normativa AENOR UNE ES-1264-1 Annex A

SISTEMA TIPUS C

El sistema tipus C és el sistema de calefacció que incorpora els tubs de calefacció o refrigeració dins del paviment, però alhora disposa de una capa doble separadora la qual desvincula la capa de pes, que és el morter, amb la capa que s'ha utilitzat per recobrir els tubs de calefacció i refrigeració.



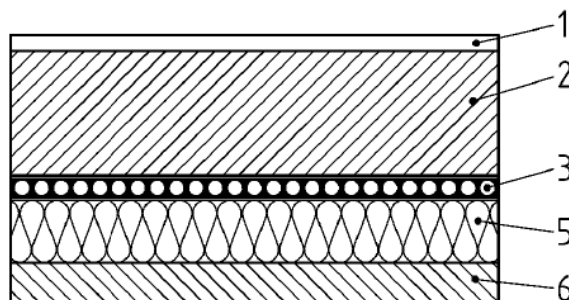
- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso y de difusión térmica (pavimento)
- 3 Tubo de calefacción /refrigeración
- 4 Capa protectora
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural
- 8 Doble capa separadora
- 9 Ajuste de pavimento

Figura 3 Sistema tipus C

Font: Normativa AENOR UNE EN-1264-1 Annex A

SISTEMA TIPUS D

El sistema tipus D és el sistema de calefacció amb seccions foradades que actuen com a canals d'aigua.



- 1 Recubrimiento del suelo
- 2 Capa de carga de peso y de difusión térmica (pavimento)
- 3 Elemento de superficie
- 5 Capa aislante
- 6 Base estructural

Figura 4 Sistema tipus D

Font: Normativa AENOR UNE-1264-1 Annex A

Tal com s'aprecia als diferents sistemes, es solen repetir les capes que el formen. Així que s'exposarà a continuació de quin material està formada cada capa.

1. **Recobrimient del sol** → És la capa més exterior la qual està en contacte amb les persones, objectes, mobiliari o animals que conviuen a espais on s'ha col·locat aquest tipus de sistema de calefacció. Aquesta capa també es sol anomenar acabat i en aquest cas pot ser qualsevol tipus de acabat que es coneix per la construcció. Tot i que cal destacar, que en cas de la utilització de la fusta, com el parquet, no sol ser molt recomanable ja que amb l'influència de la variació de temperatura pot provocar dilatacions a la fusta d'acabat i futurs problemes amb les juntes.

Així que l'acabat que més s'utilitza en paviment radiants sol ser la rajola ceràmica tipus gres la qual resisteix més la variació de temperatura.

2. **Capa de carga de pes i de difusió tèrmica (paviment)** → Aquesta capa en els sistemes tipus A és el morter autoanivellant, el qual és la base d'objecte d'aquest estudi ja que és on s'afegiran les fibres de paper triturades.

En el cas del sistema de tipus B aquesta capa pot ser de morter o de fusta, ja que amb els elements de difusió accepta aquest canvi de material.

3. **Element de superfície / Tubs de calefacció o refrigeració** → Els tubs de refrigeració poden ser de plàstic o de coure. Els més utilitzats són els de plàstic ja que s'evita corrosió a la zona interna del sistema de calefacció i alhora són més manejables al integrar-los a la base.
4. **Capa protectora** → Es col·loca abans de la incorporació de la capa de morter. Aquesta capa està composta per una pel·lícula de polietilè de almenys 0,15 mm de gruix. És important que aquesta capa sobresurti per sobre el canto superior de la franja d'aïllament perifèric perquè pugui complir la funció de protecció i així evitar les filtracions del morter líquid.

Cal destacar que aquestes capes protectores no actuen com a barreres en contra la humitat i en alguns casos s'ha de posar una altre capa que faci aquesta funció.

5. **Capa d'aïllament** → La capa d'aïllament varia depenen del tipus d'habitacions contigües a l'estança que es vol implementar el sistema ja que necessitarà menys o més resistència tèrmica, augmentat considerablement si aquesta és l'exterior.

Per saber quina resistència tèrmica es necessita es consulta a la taula 1 de l'article 4.1.2.2.1 de la normativa UNE EN-1264-4.

Tabla 1 – Sistema de aislamiento Resistencia a la conducción de calor mínima de las capas aislantes del sistema, por debajo de los tubos de los sistemas de calefacción/refrigeración ($m^2 \cdot K/W$)

	Habitación calentada inferiormente	Habitación sin calentar o calentada intermitentemente por debajo, adyacente o directamente en el suelo*	Temperatura exterior del aire por debajo o adyacente		
			temperatura exterior de diseño $\vartheta_d \geq 0 \text{ }^\circ\text{C}$	temperatura exterior de diseño $0 \text{ }^\circ\text{C} > \vartheta_d \geq -5 \text{ }^\circ\text{C}$	temperatura exterior de diseño- $-5 \text{ }^\circ\text{C} > \vartheta_d \geq -15 \text{ }^\circ\text{C}$
Resistencia térmica $R_{s,ins}$	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00
* Con nivel freático de agua ≤ 5 m por debajo de la base soporte, el valor se debería incrementar.					

Taula 1. Resistència tèrmica necessari per l'aïllament segons les estances contigües.
Font: Taula 1 de l'Article 4.1.2.2.1 Normativa AENOR UNE EN-1264-4

Molts cops aquesta capa d'aïllament ja ve formada amb uns elements sortints que fan possible la subjecció dels tubs de calefacció els quals formaran una estructura més compacte i resistent a la posterior aplicació del morter autoanivellant.

Com a aïllament també s'utilitza la junta perifèrica, aquesta s'estén per tot el perímetre del forjat permetent un moviment de la placa de 5 mm com a mínim.

Quan existeixin múltiples capes d'aïllament, aquesta s'haurà de col·locar abans de l'aplicació de la capa d'aïllament superior.

6. **Base estructural** → La base estructural és l'encarregada de subjectar tot el sistema de calefacció, aquesta base és el forjat.
7. **Dispositiu de difusió de calor** → El dispositiu de difusió de calor ajuda a transmetre la calor a través de la superfície de carga en cas que aquesta sigui una fusta o un altre material que tingui més dificultat de transmetre l'energia.
8. **Doble capa separadora** → La doble capa separadora és imprescindible per separar la capa d'ajust amb la capa de carga per tal de fer una desvinculació d'ambdues i protegir-les de la humitat si s'escau.

9. **Ajust del paviment** → Aquesta capa és al igual que la capa de paviment, una capa de morter que ha de tenir una dimensió de com a mínim 20 mm més gran que els tubs de calefacció que es vulguin col·locar.

En cas que aquesta capa porti l'addició d'anhidrita, s'haurà de protegir de la humitat que poden crear les altres capes. En el cas del sistema tipus C, que és l'únic sistema que incorpora aquesta capa, cal destacar que ja cobreix molt poc més sobre dels tubs de calefacció, aquesta capa tendirà a escardar-se degut a la contracció del material però sense abaixar l'eficàcia.

4.3.3 *INSTAL·LACIÓ*

Un cop estudiats els diferents sistemes que incorpora la normativa, s'exposa a continuació el procediment de la instal·lació del sistema tipus A, que és el més utilitzat i el que més ens interessa per l'estudi que s'està estudiant.

La instal·lació d'aquets elements sol variar depenen de l'ordre de la distribució interior, depenen de si:

- Els envans de ceràmica ja estan construïts formant la distribució interior. En aquest cas és el més senzill i alhora més llarg que haurà de realitzar el sistema de calefacció estança per estança.
- Els envans de ceràmica es construiran just abans de col·locar el paviment i s'integraran a dins el sistema de calefacció i es farà el paviment radiant de manera continuada al llarg de tota la planta. Aquesta situació només es pot realitzar en cas que sigui obra nova.
- Utilització d'envans de cartró guix que s'han de vincular amb el paviment radiant que s'està utilitzant. Aquest sistema és similar al segon però no necessàriament ha de ser obra nova.

Per exposar com es realitza la instal·lació del terra radiant es farà suposant que els envans ja estan construïts, així que el procediment a seguir serà el següent:

1. Comprovar i adequar la superfície de suport, el forjat, per a que pugui admetre el sistema de calefacció que es vol implementar. Fent que aquest sigui el més net, llis i sense restes, possible.
2. Comprovar que els envans i les instal·lacions de conducció d'aigua i electricitat estiguin totalment acabades, es recomana que els envans estiguin enguixats.
3. Instal·lació de l'equip de distribució a un armari encastat de cuina o sala de calderes.
4. En cas que l'habitació es trobi sobre terreny natural, soterrani o espais a l'exterior s'haurà de col·locar una capa de polietilè com a barrera antihumitat i solapar-la amb els elements verticals.
5. Posteriorment es col·locarà una banda perimetral a les parets, pilars, portes, etc.. protegint tot el perímetre de l'estança, aquesta banda també és un film de polietilè que haurà de sobresortir de la capa d'aïllament que es col·locarà més tard.
6. Col·locació del panell d'aïllament al llarg de tota l'habitació.
7. Col·locació dels tubs de calefacció, els quals es subjectaran al aïllament si aquest té uns elements sortints o s'hauran de fixar manualment a una reixa d'acer que es col·locarà entre aquest punt i l'anterior.
Els tubs es col·loquen a més de 50 mm de distancia amb les estructures verticals i a uns 200 mm de distancia de conductes de fum o xemeneies.
Quan el tub passa per una junta de dilatació aquest s'haurà de protegir amb un tub corrugat per impedir malmetre'l.
8. En cas que sigui necessària una junta de dilatació, sempre hi quan l'estança superi els 40 m², es formarà la junta a les portes o segons les instal·lacions del fabricant del morter autoanivellant.

9. Un cop empalmats tots els conductes s'omple la instal·lació d'aigua i es comprova que no existeixen problemes d'estanqueïtat o fuga, aquest procediment és altament imprescindible ja que si aparegués una fuga de l'aigua de la instal·lació quan el sistema està cobert per el morter i per el posterior acabat, s'hauria de repicar el morter i trobar la fuga. Cosa que espatlla tot el sistema.
10. Abocament del morter. Aquest morter ha de ser un material que tingui una fluïdesa elevada i la propietat d'autoanivellar-se, ja que al haver els tubs de calefacció a la capa de sota impedeixen que es pugui vibrar el ciment per què podria provocar danys als tubs del sistema.
11. Col·locació de la capa d'acabat del paviment. Aquesta capa s'haurà de realitzar passat 28 dies des de l'abocament del morter perquè aquest estigui totalment curat.

4.3.4 AVANTATGES DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓ DE TERRA RADIANT

- Una absència de moviment d'aire produeix menor moviment de pols i un entorn més higiènic i saludable, fent del terra radiant un sistema de calefacció molt aconsellable per a persones al·lèrgiques o amb problemes respiratoris.
- Ja que al estar amb contacte directe amb les persones es necessita una menor temperatura al sistema, fa que es produeixi un factor d'estalvi energètic que aconsegueix una disminució de pèrdues de calor en tot el sistema, des de la sala de calderes i les conduccions fins als col·lectors. Això és degut al fet que aquest sistema és el que té una temperatura de treball més baixa i, com més petita és la diferència de temperatures entre les diferents parts, menys calor es transmet.
- Cada grau de diferència a la temperatura de la casa significa un estalvi del 6 al 8 % en despesa de calefacció.
- Aporta calor uniforme a tot l'habitatge, transmeten més confort humà ja que la diferència de temperatura del punt més calent al més fred de la casa no és superior a 5 °C.

- La calor que es desprèn surt de terra i arriba a fins als 3 metres d'altura per el que no és necessària la instal·lació d'altres sistemes ja que ens dona un confort a 18 °C, temperatura ambient, idèntic a 20 °C amb sistema convencional.
- La instal·lació aporta un aïllament addicional a l'edifici que millora notablement els paràmetres d'aïllament tèrmic i acústic del mateix. Això contribueix a aconseguir major confort i economia reduint costos de manteniment.
- El tub de polietilè reticulat és pràcticament indestructible, per a instal·lacions encastades al morter i tampoc és atacat per la corrosió. La dilatació tèrmica del tub no perjudica al paviment.
- Té un preu molt competitiu davant dels altres sistemes, considerant la seguretat, la durada, l'estalvi energètic, el confort, l'aïllament i el manteniment.
- Tots els circuits comencen i acaben a captadors col·locats per sobre del terra. No hi ha entroncaments i l'alta qualitat del tub de polietilè reticulat assegura la total absència d'avaries. Ja que en els sistemes convencionals amb de radiadors existeix un elevat nombre d'entroncaments i alhora el material del tub, metàl·lic, fan que la calefacció convencional sigui molt més propensa a avaries.
- La mateixa instal·lació pot utilitzar-se per a refrigerar a l'estiu. Per a això podem usar una bomba de calor, ja que aquestes poden generar calor a l'hivern i fred a l'estiu, i/o una màquina d'absorció.

4.3.5 INCONVENIENTS DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓ DE TERRA RADIANT

- La instal·lació del terra radiant és llarga ja que es necessita un curat del formigó a 28 dies abans de col·locar l'acabat final del paviment.
- Els captadors tèrmics no poden generar aigua calenta tots els dies ja que estan subjectes a les incidències climàtiques, així que el sistema haurà de basar-se en una caldera d'alt rendiment o una bomba de calor que aporti la calor requerida per a tota la instal·lació. Els

captadors funcionaran de forma complementària, proporcionant un gran estalvi en el consum de combustible o elèctric.

- L'acció de refrigerar les zones humides resulta poc efectiu si no es realitza un suport amb fan-coils que "eixuguin l'aire" ja que les nostres instal·lacions estan previstes de sistemes de control que impedeixen que arribi a produir-se rosada a la superfície del terra, evitant generar massa fred.
- És útil només per obra nova o rehabilitació total, ja que la instal·lació de terra radiant compensa econòmicament si l'obra és nova o farem una reforma total ja que en cas contrari aixecar el terra de la casa és molt costós si només volem instal·lar la calefacció.
- No és compatible amb tots els tipus de sòl com la moqueta o el parquet ja que funcionen com aïllants de la calefacció radiant, per el que no són compatibles.

4.4 MORTER AUTOANIVELLANT

Aquest material és imprescindible per el desenvolupament de l'estudi per el que, en aquest apartat s'exposarà de manera explícita les propietats d'aquest material i el seu funcionament dins el sistema de calefacció radiant.

La definició de morter autoanivellant és que és un morter amb la capacitat de fluir i recobrir qualsevol part o racó de la superfície a anivellar únicament per l'acció del seu pes sense que s'hagi de realitzar un vibrat posterior o anivellament manual.

Els materials que el formen són:

- Aigua.
- Ciment amb propietats anivellant.
- Additius específics com els fluidificant entre altres que millorin les seves propietats.
- Sorra o àrid amb una mida màxim de 4 mm.

La seva aplicació en el terra radiant s'efectua amb una bomba i de manera circular, és a dir, des de el centre del sòl a cobrir, on es va expandint per si sol, fins a tots els límits de l'estança.

Alguns dels seus avantatges és que té un rendiment elevat per la seva aplicació, fins a 400 m² i alhora que només és necessari 48 hores per a que es pugui trepitjar sense problemes. Però alguns dels seus inconvenients és que no es pot cobrir ràpidament amb l'acabat del paviment ja que és necessari el curat total del morter als 28 dies i alhora s'han de realitzar juntes de dilatació cada 40 m².

El gruix del morter que s'utilitza normalment per el recobriment dels conductes de calefacció sol variar entre 10 i 12 cm. Cosa que es veu molt disminuït en el cas de la utilització de morter autoanivellant amb l'addició d'anhidrita que s'exposarà a l'apartat de continuació.

4.4.1 MORTER AUTOANIVELLANT AMB ANHIDRITA

Actualment el morter autoanivellant amb addició d'anhidrita s'utilitza per la formació del paviment radiant, ja que millora alguns aspectes del paviment però alhora té alguns efectes negatius.

L'anhidrita és un mineral compost amb sulfat de calci anhidrid (CaSO_4), la seva aparició natural normalment és dins dels dipòsits de sal ja que cal destacar que el seu origen és sedimentari evaporític, encara que és molt complicat trobar-la en forma de cristalls. Per aquest motiu podem obtenir aquest mineral de manera artificial formant-la a partir del guix, provocant una pèrdua d'aigua d'aquest amb processos químics.

Els avantatges que suposa l'addició d'anhidrita al morter autoanivellant són:

- La millora, en gran mesura, de la seva conductivitat tèrmica (superant els $2 \text{ W}/(\text{mK})$) per el que és molt recomanable per el sistema de calefacció radiant.
- Disminuir la capa de guix fins a un mínim de 3 cm per sobre el tub, per el que tindrà un guix total de 5 o 6 cm.
- Disminuir les juntes de dilatació per les propietats que aporta el mineral, creant una millora al rendiment energètic, amb juntes a 300 m² o a 25 m lineals, donada la seva baixa retracció.
- Paviment transitable entre les 24 i les 48 hores posteriors a l'aplicació del morter.

Tot i que el principal inconvenient d'aquest material és el seu elevat cost respecte al morter autoanivellant sense addicions minerals.

Per el que buscarà en aquest estudi si es poden obtenir resultats similars amb l'addició de la fibra de paper de diari resultant alhora un material més sostenible.

4.5 MATERIALS UTILITZATS A L'ESTUDI

Els materials utilitzats per la realització de les diferents proves van ser variats depenen dels resultats que s'anaven obtenint.

Primerament es va optar, tal com s'havia observat a diferents treballs previs i a les consultes amb els docents de l'escola, per la realització de provetes de ciment i aigua amb l'addició pertinent de les fibres vegetals triturades.

Com a segon pas es va optar per la realització de les mateixes provetes amb morter autoanivellant, ja que és el material que s'utilitzarà per la fabricació del terra radiant, i amb el qual s'obtenen resultats més realistes a l'aplicació posterior de les fibres que es pretén donar.

4.5.1 CIMENT

Per la realització de provetes de ciment es va utilitzar un ciment del tipus 1, és a dir, ciment pòrtland, amb una classe resistent de 52,5 i una resistència inicial elevada (CEM I 52,5 R). La marca comercial d'aquest ciment és Ciments Catalunya que tenen la seva seu a Riudellots de la Selva.

La idea de només utilitzar el ciment com a material base va ser a partir de l'observació de que molts estudis realitzats a l'escola o a altres entitats, on es comprova que es realitzen només amb ciment. I a partir de la consulta als diferents docents de l'escola es va procedir a la realització de les provetes de ciment.



Imatge 10. Ciment Pòrtland CEM I 52,5 R de la casa comercial Ciments Catalunya.
Font: Pròpia

4.5.2 AIGUA

L'aigua és un element imprescindible i totalment necessari per la realització de qualsevol tipus de prova amb ciment.

S'ha de tenir sempre en compte la relació d'aigua-ciment que s'està treballant i mantenir-la constant, ja que en cas de tenir una variància de la relació d'aigua estipulada al inici de les proves pot esdevenir un problema amb la resistència del material que es vol estudiar.

4.5.3 MORTER AUTOANIVELLANT

Ja que els resultats obtinguts amb el ciment no han resultat positius. Per que s'ha observat un excés de cuqueres a les provetes amb el resultat d'un ciment totalment disgregat. S'ha decidit comprovar quina quantitat de fibra màxima es necessita per aconseguir una textura similar al morter autoanivellant sense que aquest perdés la seva qualitat de fluïdesa i autoanivellació imprescindible per la realització del terra radiant.

El morter autoanivellant que s'utilitza en aquest cas ha estat el morter anomenat MASTERFLOW 952 de la casa comercial BASF, és una marca reconeguda arreu del món que consta de diferents seus comercials a molts països, entre els quals es troba Espanya.



Imatge 11. Morter autoanivellant MasterFlow 952 de la casa comercial Basf.
Font: Pròpia

4.5.4 FIBRES DE PAPER DE DIARI

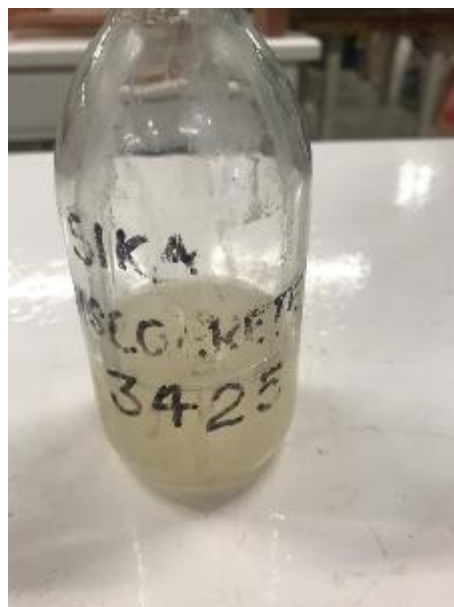
Les fibres de paper utilitzades per la realització de les provetes amb morter autoanivellant i amb les provetes de ciment són les fibres que s'han obtingut després de la trituració en moll, assecatge i trituració en sec fins al tamís de 2,5 mm de longitud. Exposades a l'apartat 4.2¹.

És imprescindible conèixer el tant per cent d'humitat que tenen aquestes fibres abans de la realització de les provetes ja que podrien alterar la relació d'aigua-ciment que es necessita.

4.5.5 FLUÏDIFICANT

Es va decidir utilitzar un fluïdificant després de comprovar que l'addició de les fibres de paper creaven una massa compacte al ciment i no deixava que s'autoanivellés per si sol, amb la qual cosa impedia l'aplicació d'aquest tipus de morter a qualsevol terra radiant que es volgués construir, ja que era necessària la vibració posterior del morter.

A l'hora de conèixer la viscositat del morter es va decidir utilitzar un fluïdificant de la casa comercial Sika. Aquest fluïdificant s'anomena SikaViscoCrete 3425, el qual és un superplastificant d'alt rendiment molt utilitzat per els formigons o morters aportant una reducció de l'aigua a l'hora d'aconseguir la fluïdesa necessària.



Imatge 12. Fluidificant Sika ViscoCrete 3425 de la casa comercial Sika.
Font: Pròpia

La quantitat de fluïdificant que es pot afegir depèn del tipus de fluïdificant que és o la seva casa comercial, està especificat a la fitxa tècnica del material que es troba a l'apartat 10.1.4 d'annexes² i s'observa que ha de ser una dosificació màxima del 1,7% sobre el pes del ciment.

¹ Apartat 4.2 Metodologia per l'obtenció de les fibres de paper per l'estudi.

² Apartat 10.1.4 d'annexes. Sika viscocrete 3425. casa comercial sika.

4.6 EQUIPS

Per aquesta part del treball no es necessita una gran quantitat de instruments ja que el més necessari és conèixer el tant per cent d'aigua que té la fibra i poder realitzar una massa amb l'amassadora.

Cal destacar que s'han utilitzat altres instruments com són la pipeta, la bascula, els motllos o els diferents recipients que no s'explicaran a continuació ja que són instruments molt comuns i coneguts per els estudis d'experimentals.

4.6.1 MÀQUINA PER CALCULAR LA SEQUEDAT

Com s'ha comentat amb anterioritat és molt necessari conèixer el tant per cent d'humitat que té la fibra i la sequedat d'aquesta. Aquest valor ens el proporciona la màquina que s'observa a la imatge 13.

Aquesta màquina té un funcionament senzill. S'introdueix com a màxim dos grams de la fibra que es vol estudiar a trossets petits. Aquesta fibra actualment té un tant per cent d'humitat desconegut així que per conèixer aquesta dada la màquina escalfa la fibra fins a arribar el seu punt màxim de sequedat, calculant quin tant per cent de sequedat tenia respecte aquest punt.



Imatge 13. Màquina per calcular la sequedat.

Font: Pròpia

Fent una senzilla operació inversa trobem el tant per cent d'humitat de la fibra que posteriorment es podrà introduir a la taula de dosificacions que s'exposarà en l'apartat 5.7.1³ per obtenir la dosificació necessària de fibra, aigua i ciment per realitzar les provetes.

³ 5.7.1 Dosificació

En el cas que no es tingués coneixement del tant per cent d'humitat que té la fibra es podrien veure alterats els resultats ja que estariem aportant més aigua a la massa del que realment necessita i amb la conseqüència de no mantenir la relació d'aigua-ciment.

4.6.2 AMASSADORA

L'amassadora és la maquinària més necessària per realitzar les mescles de ciment, formigó o qualsevol material que necessiti obtenir una massa homogènia.

El seu funcionament es basa en que per mitjà d'unes pales dona voltes sobre un eix i va barrejant tota la massa que s'ha introduït al cubell. Amb una quantitat màxima 2 kg.

Aquesta màquina també s'ha utilitzat per triturar la fibra a unes dimensions més petites, ja que inicialment s'usava amb 2 o 3 cm i provocava porositat a la massa de ciment un cop està totalment assecada i per tant ens produeix aïllament a l'element a estudiar.



Imatge 14. Amassadora
Font: Pròpia

4.6.3 CAMBRA HUMIDA

Un cop estan desemmotllades les peces formades amb ciment i fibra, es col·loquen a una cambra a una temperatura de 20 °C. Ja que tal com marca la normativa, les mostres de ciment s'han de mantenir a una temperatura ambient constant per obtenir el curat total de la peça.

En aquest apartat de l'estudi no s'ha hagut de estudiar la resistència mecànica de la peça i per tant només ha estat necessari col·locar la peça a l'interior de la cambra humida durant 7 dies per arribar a curar el ciment.

En cas que s'estudiés la resistència mecànica de cada mostra s'hauria de deixar les provetes a l'interior de la cambra durant 28 dies i procedir al trencament.

4.6.4 ESTUFA

L'estufa és molt necessària per les provetes que es volen assajar a la caixa tèrmica ja que per poder assajar-les s'ha hagut d'eliminar per complet la humitat que porten.

L'estufa oscil·la en una temperatura entre 50 °C a 200 °C, però per tal que la fibra de paper no perdi les seves propietats, aquesta fibra i les provetes no es poden escalfar a una temperatura superior a 210 °C.

Per tal de saber si s'ha eliminat per complet la humitat de les provetes i de la fibra es pesa cada una de les provetes abans de col·locar-les a l'estufa i passades unes hores es tornen a pesar. Es repeteix aquest procés tantes vegades com sigui necessari fins a arribar a tenir el mateix pes de la proveta abans de col·locar-la per últim cop a l'estufa.



Imatge 15. Estufa de 50 a 200 °C.

Font: pròpia

4.7 METODOLOGIA I ANALISIS DELS RESULTATS

Per estudiar si el morter autoanivellant amb fibres vegetals és un material sistema compatible amb el sistema de calefacció del terra radiant hem seguit una sèrie de passos que han anat variant segons els resultats que s'anaven obtenint.

L'objectiu principal ha estat buscar quina dosificació màxima de fibres de paper pot admetre el ciment i posteriorment el morter autoanivellant per crear una massa capaç de aplicar-se al sistema de calefacció del terra radiant.

El que primer es va estudiar va ser quina dosificació necessitava el morter per realitzar la massa. Un cop ens vam fer la idea quina dosificació acceptava el ciment i el morter es va decidir estudiar els efectes tèrmics que ens produeix i posteriorment mesurar com disminueix la viscositat del material.

Cal destacar que per la primera part d'aquest estudi la fibra que es va utilitzar no estava totalment triturada amb una mida de 2,5 mm, ja que primerament no es va considerar que fos estrictament necessari, ja que suposàvem que amb l'addició de l'aigua i el ciment la fibra es diluiria per si sola. Cosa que va resultar tenir efectes perjudicials ja que el paper no es diluïa per si sol i posteriorment per la segona part del treball es va optar triturar el paper amb el molí triturador tal com s'exposa a l'apartat 4.7.4⁴ i impedir que els problemes sorgits amb la fibra de paper i la formació de la massa seguissin sent constants i així buscar una millor aplicació.

En aquest apartat es procedeix a analitzar tots els resultats obtinguts a partir de l'assaig tèrmic i a partir d'aquí calcular la transmitància tèrmica del material, el flux de calor i la conductivitat.

També es procedeix a analitzar els resultats obtinguts en la recerca d'una dosificació concreta per a que es pugui dur a terme l'aplicació del morter autoanivellant amb fibres per el terra radiant.

⁴ 4.2.4 Trituració amb molí triturador

4.7.1 DOSIFICACIÓ

Les primeres proves que es van realitzar va ser amb el ciment com a base d'estudi, ja que al llarg de molts treballs s'ha estudiat aquest material, amb la qual cosa obtindríem resultats més similars i fàcils de comparar.

Tal com s'observa al llarg de totes les dosificacions la fibra no està completament seca per el que és necessari primer calcular la sequedat que té aquesta fibra ja que aquesta fibra absorbeix una quantitat d'aigua que es necessita per la massa.

No només es decideix reduir o augmentar el tant per cent de fibra respecte el pes del ciment que s'afegeix, si no també, es procedeix a buscar quina relació d'aigua-ciment és la més convenient per formar la massa idònia per l'aplicació al sistema de calefacció que es vol estudiar.

S'ha realitzat una taula amb la qual depenen de la quantitat de formigó que es necessita, el tant per cent de sequedat que té la fibra i la relació d'aigua ciment; calcula quina quantitat d'aigua, ciment i fibra són necessàries per realitzar la massa.

Per a que siguin més comparatives aquestes taules s'ha fixat el volum de la proveta com a 100 i el tant per cent de sequedat de la fibra a 92 %, tot i que a l'hora de realitzar les provetes aquets valors es van veure modificats ja que variaven depenen de la temperatura ambient en que es trobava la fibra o la quantitat de provetes que necessitàvem per realitzar l'estudi.

4.7.1.1 40% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.

La primera quantitat de fibra que es va decidir afegir va ser el 40% de fibres de paper sobre el pes del ciment i una relació d'aigua ciment de 1/3.

Tal com s'observa a la taula, la quantitat de fibra i la quantitat de ciment que s'ha d'afegir a la massa és gairebé la mateixa. En canvi, la quantitat d'aigua a afegir és pràcticament la meitat que les altres dues proporcions.

Es pesen tots els materials i es realitza la mescla, amb el que

s'observa que al tirar l'aigua a la fibra aquesta ha absorbit tota l'aigua que s'ha aportat, tot i així la fibra no ha quedat impregnada per l'aigua, impeding que es pugui formar cap massa amb el ciment ja que no queda aigua per realitzar la mescla i la fibra encara es troba seca.

A les imatges que es mostren a continuació s'observa el pes de la fibra que es va utilitzar per realitzar les provetes amb el tant per cent de sequetat que tenia en aquell moment i l'aigua que va necessitar.

Es pot apreciar que en termes de volum la fibra que s'introdueix al morter és molt elevada respecte els altres materials.

% Fibra sobre el pes del ciment	40	
	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3
Volum proveta (cm ³)	100,00	
Densitat ciment (g/cm ³)	1,40	
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50	
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00	
Densitat del sòlid (g/cm ³)	1,44	
Densitat resultant (g/cm ³)	1,33	
Sequetat fibra (%)	92,00	

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	133,00
Massa sòlid (g)	99,75
Massa ciment (g)	59,85
Massa fibra seca (g)	39,90
Massa fibra humida (g)	43,37
Aigua total (g)	33,25
Aigua a afegir (g)	29,78

Taula 2. Dosificació de les proves de ciment amb un 40% de fibra sobre el pes ciment amb una relació

AC de 1/3.

Font: Pròpia



Imatge 16. Quantitat de fibra necessària per les provetes del 40% amb una relació 1/3.

Font: pròpia



Imatge 167. Quantitat d'aigua necessària per les provetes del 40% amb una relació 1/3.

Font: pròpia

Un cop s'ha afegit l'aigua sobre la fibra dins l'amassadora s'observa que la fibra ha absorbit tota l'aigua a l'instant i que a més a més no ha quedat completament molla com per formar una massa, tal com s'observa a la imatge 19. Per el que es decideix reduir el tant per cent de fibra al 10%.



Imatge 17. Fibra dins l'amassadora que ha absorbit la totalitat d'aigua

Font: pròpia



Imatge 18. Fibra que ha absorbit la totalitat d'aigua

Font: pròpia

4.7.1.2 10% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.

Al observar que amb un 40% de fibra sobre el pes de ciment obteníem una quantitat molt igualada de fibra i de ciment, provocant que no es formés cap massa, es va procedir a abaixar en gran mesura el tant per cent de fibra de paper fins a un 10.

Tal com s'aprecia a la taula, la quantitat de fibra de paper suposa gairebé un 12% del total de ciment a afegir. I la quantitat de d'aigua a afegir és superior a la fibra, per el que com es veurà posteriorment es pot crear una massa i formar les convenients provetes per la realització dels assajos tèrmics.

A la imatge 20 s'observa que s'ha aconseguit formar una massa, tot i observar que és una massa disgregada es procedeix a realitzar les provetes de ciment i comprovar quins son els afectes que produeix amb els assajos tèrmics, per conèixer si la fibra actua com aïllant o com a transmissora de calor.

% Fibra sobre el pes del ciment	10
---------------------------------	----

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	1,40
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	1,41
Densitat resultant (g/cm ³)	1,31

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	130,75
Massa sòlid (g)	98,06
Massa ciment (g)	88,26
Massa fibra seca (g)	9,81
Massa fibra humida (g)	10,66
Aigua total (g)	32,69
Aigua a afegir (g)	31,83

Taula 3. Dosificació de les proves de ciment amb un 10% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/3.

Font: Pròpia



Imatge 19. Massa de ciment amb una relació AC de 1/3 i un 10% de fibra.

Font: pròpia

4.7.1.3 0% DE FIBRA SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.

Per els assajos tèrmics és necessari formar unes provetes amb un 0% de fibra ja que són molt necessàries per la comparació dels resultats amb les provetes que contenen fibres i observar si hi ha una transmitància o aïllament a la peça.

La dosificació d'aquestes provetes s'observa a la taula 4.

% Fibra sobre el pes del ciment	0
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	1,40
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	1,40
Densitat resultant (g/cm ³)	1,30

Sequetat fibra (%)	0,00
--------------------	------

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	130,00
Massa sòlid (g)	97,50
Massa ciment (g)	97,50
Massa fibra seca (g)	0,00
Massa fibra humida (g)	0,00
Aigua total (g)	32,50
Aigua a afegir (g)	32,50

Taula 4. Dosificació de les proves de ciment amb un 0% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/3.

Font: Pròpia

4.7.2 REALITZACIÓ DE PROVETES TÈRMiques

Ja que s'ha aconseguit formar una massa més o menys homogènia amb el 10% de fibra de paper el següent procediment ha estat formar les provetes que posteriorment s'assajaran de manera tèrmica. Per obtenir els valors de transmitància, conductivitat i flux de calor que experimenta la proveta amb fibra i sense fibra i realitzar una comparació per conèixer si actua com a transmissor de calor o si per contra aïlla.

Aquesta massa de ciment i fibra es col·locarà en uns motlles de una dimensió de 7 x 15 x 6 cm obtenint un volum per proveta del 630 cm³.

Es realitzarà un total de 2 provetes de ciment amb una relació Aigua - Ciment (AC) de 1/3 i un 0% de fibra, les quals anomenem provetes blanques i són molt necessàries per la comparació amb les provetes amb fibra. Així que alhora, es faran un total de 3 provetes de ciment amb una relació AC de 1/3 i un 10% de fibra de paper.

Per la formació de la massa de ciment amb un 10% de fibra, primerament es va plantejar seguint aquest procediment:

- Afegir la totalitat de la fibra.
- Afegir la totalitat de l'aigua al dipòsit mentre es donaven voltes i es triturava la fibra a dimensions més petites, ja que en aquest pas encara no s'havia procedit a triturar-la amb el molí i la mida de la fibra era de 2-3 cm.

Aquesta idea no va resultar efectiva ja que la fibra de paper absorbia la totalitat de l'aigua i no deixava formar cap massa quan s'afegia el posterior ciment, tal com passava quan afegíem un 40% de fibra de paper.

Així que es va procedir a canviar el sistema de formació de la massa seguint els següents passos:

- Afegir tota la fibra al dipòsit de l'amasadora mentre aquesta està en funcionament.
- Afegir una quarta part de l'aigua total al dipòsit per a que aquesta pugui ajudar a la trituració de la fibra de paper amb un 92 % de sequedat.
- Afegir la meitat de la massa de ciment total per començar a formar la massa.
- Un cop s'observa que la fibra de paper està quedant coberta per el ciment, formant boles, s'afegeix l'aigua pràcticament la meitat de l'aigua que quedava.
- S'acaba d'afegir tot el ciment i posteriorment l'aigua que faltava. Aquesta aigua ajudarà a formar una massa ja que la fibra es troba totalment saturada i per tant no l'absorbeix impedit que es formi una massa.
- Es deixa donar voltes a l'amasadora durant 1 minut aproximadament i s'extreu del dipòsit.

Un cop s'ha format la massa, aquesta s'introdueix als motlles per tongades tal com marca la normativa de formació de les provetes de ciment, i posteriorment es deixen a temperatura ambient durant 24 hores.

Passades aquestes 24 hores ja es poden desemmotllar i col·locar a una cambra humida per a que el ciment obtingui una resistència del 75 per cent i el seu curat a 7 dies.

Posteriorment es col·loquen a una estufa a 50°C durant 24 hores per eliminar tota la humitat que tenien les mostres. Per comprovar que aquestes mostres estiguin totalment seques i hagin perdut la totalitat de l'aigua que portaven a dins s'han de pesar de manera periòdica fins a comprovar que amb una diferència horària de 4 hores dins l'estufa tenen el mateix pes.

Quan tenim totes les mostres totalment assecades es procedeix a la realització de l'assaig tèrmic.

Cal destacar que el resultat de les mostres amb fibra del 10% no es l'adiant per el tipus de material que volem obtenir, ja que s'observa una proveta molt disgregada, que com a conseqüència té molts buits. Aquest fet es deu a l'excés de fibra en respecte a l'aigua, encara tot i així es decideix seguir amb la realització de l'assaig tèrmic per poder comprovar si la fibra actua com aïllant o com a transmissora de la calor dins el ciment.

A continuació s'exposen de manera cronològica tots els procediments que es van dur a terme per la realització de les provetes amb un 0% de fibra i amb un 10 % de fibra.

4.7.2.1 FABRICACIÓ CRONOLÒGICA DE LES MOSTRES DE CIMENT AMB UN 0% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3

Material necessari:



Imatge 21. Ciment necessari per les provetes amb un 0% de fibra i una relació AC 1/3.
Font: pròpia



Imatge 20. Aigua necessària per les provetes amb un 0% de fibra i una relació AC 1/3.
Font: pròpia

Massa resultant:



Imatge 22. Massa de ciment amb un 0% de fibra i una relació AC 1/3.
Font: pròpia

Formació de les provetes i curació durant 24 hores:



Imatge 24. Formació de les provetes de ciment dins el motlle.
Font per posterior col·locació a la cambra humida i finalment a l'estufa i aconseguir un total assecatge:: pròpia



Imatge 23. Ciment totalment assecat 24 hores.
Font: pròpia

Desemmotllat de les provetes per posterior col·locació a la cambra humida i finalment a l'estufa i aconseguir un total assecatge:



Imatge 25. Provetes de ciment sense fibra desemmotllades.
Font: pròpia

4.7.2.2 FABRICACIÓ CRONOLÒGICA DE LES MOSTRES DE CIMENT AMB UN 10% DE FIBRA I UNA RELACIÓ AC 1/3

Material necessari:



Imatge 27. 10% de fibra per provetes de ciment amb 10% de fibra.

Font: pròpia



Imatge 26. Aigua necessària per provetes de ciment amb 10% de fibra.

Font: pròpia



Imatge 28. Ciment necessari per provetes de ciment amb 10% de fibra.

Font: pròpia.

Massa resultant:



Imatge 29. Massa de ciment amb un 10% de fibra i una relació AC de 1/3.
Font: pròpia

Formació de les provetes:



Imatge 30. Formació de la proveta de ciment amb fibra per tongades.
Font: pròpia



Imatge 32. Provetes de ciment i fibres preparades per curar.
S'observa falta d'aigua.
Font: pròpia

A la imatge 30 s'observa que la massa té poca aigua però tot i així es procedeix a dur a terme l'assaig tèrmic i comprovar quin efecte ens produeix la fibra amb el ciment.

Desemmotllat de les provetes de ciment amb un 10% de fibra per posterior col·locació a la cambra humida i finalment a l'estufa i aconseguir un total assecatge:



Imatge 31. Desemmotllat de les provetes de ciment amb un 10% de fibra.
Font: pròpia

4.7.3 ASSAIG I RESULTATS DE LES PROVETES PER OBTENIR VALORS TÈRMICS

Per estudiar la transmitància tèrmica que aconseguim les provetes de ciment amb un 10% de fibra respecte les provetes de ciment amb un 0% de fibra s'estudien amb l'assaig de la caixa tèrmica tal com s'exposa a la normativa UNE-EN ISO 8990:1997.

Aquesta normativa ens exposa la manera d'aconseguir obtenir el coeficient de conductivitat tèrmica, λ (W/mK o W/m°C), és el paràmetre que expressa la propietat fisicoquímica de tota substància, definida com: la quantitat de calor que passa en la unitat de temps a través de la unitat d'àrea d'una mostra d'extensió infinita i cares planes paral·leles i gruix unitari, quan estableix una diferència de temperatura entre les seves cares d'un grau.

Un cop conegut aquest coeficient i el gruix de l'element, entre les dues cares planes-paral·leles i perpendiculars o semi-perpendiculars (angle d'incisió $> 60^\circ$) al flux de calor, és on podem determinar la seva capacitat aïllant o transmissora.

Cal recordar, que la normativa vigent en matèria de construcció a Espanya, reglada en el CTE, i concretament en matèria d'estalvi energètic, en el DB HE, determina unes exigències mínimes als materials i elements constructius de les seves característiques físiques i entre elles les de transmissió de calor.

Per realitzar la determinació del coeficient de conductivitat tèrmica de cada una de les mostres que hem realitzat i finalment poder realitzar una comparativa, es realitzarà un anàlisi de la transmissió de calor en règim estacionari. Aquest assaig es dur a terme amb el que s'anomena caixa tèrmica.

La caixa tèrmica és un aparell que està format per dos caixes anomenades cambra calenta i cambra freda. Al mig de les dues caixes es col·loca la mostra a analitzar dins un motlle prèviament construït amb les dimensions exactes de les provetes.

La cambra calenta es troba normalment a 60° C de temperatura constant i és l'encarregada d'aportar tota la temperatura que passarà a través de la proveta fins arribar a la cambra freda. Per aconseguir la temperatura la cambra calenta té instal·lada una resistència tèrmica controlada que arriba a un màxim de 60 °C.

El material necessari per dur a terme l'assaig és:

- Caixa tèrmica.
- Motllo de fusta reomplert amb poliuretà on es col·locarà la proveta.
- Datalink connectat als termopads per obtenir les dades tèrmiques.
- Ordinador amb el programa Fourier Systems LTD adequat per l'obtenció de les dades.
- Termopads encarregats de mesurar la temperatura. Amb un total de 4.
- Cinta adhesiva aïllant que subjecta els termopads.
- Llana de roca que es col·locarà a la cara calenta de la proveta per protegir el termopad.

S'analitzarà un total de 5 provetes de ciment, dues de les quals tenen un 0% de fibra i 3 un 5% de la fibra. S'anomenaran així:

- Proveta 1 → Proveta de ciment amb un 0% de fibra.
- Proveta 2 → Proveta de ciment amb un 0% de fibra.
- Proveta 3 → Proveta de ciment amb un 10% de fibra.
- Proveta 4 → Proveta de ciment amb un 10% de fibra.
- Proveta 5 → Proveta de ciment amb un 10% de fibra.

S'exposarà com exemple el procediment que s'ha utilitzat amb la proveta numero 3 la qual té un 10% de fibra sobre el pes del ciment.

- Primerament es col·loca a l'interior del motlle de fusta reomplent amb poliuretà la proveta a analitzar.
- A aquesta proveta es connecta amb l'ajuda una cinta adhesiva aïllant a cada una de les cares que es volen estudiar el termopad adient, cal tenir en compte que el termopad de la cara calenta ha d'estar protegit amb l'aïllament de la llana de roca ja que si no es podria cremar per l'alta temperatura que ha de suportar.

A l'interior de cada cambra també hi ha col·locats uns termopads que ens aporten la informació de la temperatura a la qual es troba al llarg de tot l'estudi.

- Un cop connectats tots els termopads a les cares d'estudi es procedeix a tancar la caixa tèrmica i deixar que s'obtinguin els resultats necessaris que es pretenen a analitzar.

4.7.3.1 MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG TÈRMIC



Imatge 32. Provena de ciment introduïda dins el motlo de fusta reomplent de poliuretà.
Font: pròpia



Imatge 33. Motlo de fusta on es troba la proveta.
Font: pròpia



Imatge 35 Interior de cambra freda on s'observa el termopad.
Font: pròpia



Imatge 34. Interior de cambra calenta on s'observa la resistència i el termopad.
Font: pròpia



Imatge 40. Cinta aïllant per subjectar el termopad.
Font: pròpia



Imatge 39. Cinta aïllant amb llana de roca.
Font: pròpia



Imatge 36 Termopad connectat a una de les cares de la proveta.
Font: pròpia



Imatge 37. Caixa calenta preparada per l'obtenció de resultats.
Font: pròpia

4.7.3.2 ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 3

S'exposarà com exemple el procediment que s'ha utilitzat amb la proveta numero 3 la qual té un 10% de fibra sobre el pes del ciment.

Es parteix des de el moment en que s'ha col·locat la proveta a l'interior de la caixa i ja s'han obtingut els resultats. Cal destacar que a l'hora de realitzar l'estudi s'ha observat que un dels termopads no funcionava correctament, per el que s'ha anul·lat la dada de la cambra calenta ja que és una dada que es manté constant a 60° i així es podia avançar l'estudi.

Així doncs els resultats obtinguts són:

RESULTAT PROVETA 3 AMB UN 10% DE FIBRA I RELACIÓ AC 1/3				
Data	Temps	CAMBRA FREDA	CARA CALENTA	CARA FREDA
17/01/2018	3:59:17 PM	22,83	38,51	25,18
17/01/2018	4:04:17 PM	22,86	38,88	25,54
17/01/2018	4:09:17 PM	22,88	39,21	25,88
17/01/2018	4:14:17 PM	22,88	39,52	26,22
17/01/2018	4:19:17 PM	22,91	39,83	26,52
17/01/2018	4:24:17 PM	22,94	40,22	26,8
17/01/2018	4:29:17 PM	22,94	40,48	27,08
17/01/2018	4:34:17 PM	22,97	40,73	27,34
17/01/2018	4:39:17 PM	22,97	40,95	27,59
17/01/2018	4:44:17 PM	23	41,18	27,81
17/01/2018	4:49:17 PM	23	41,4	28,04
17/01/2018	4:54:17 PM	23,02	41,6	28,23
17/01/2018	4:59:17 PM	23,05	41,76	28,43
17/01/2018	5:04:17 PM	23,05	41,96	28,62
17/01/2018	5:09:17 PM	23,08	42,1	28,79
17/01/2018	5:14:17 PM	23,11	42,27	28,96
17/01/2018	5:19:17 PM	23,11	42,41	29,1
17/01/2018	5:24:17 PM	23,11	42,55	29,24
17/01/2018	5:29:17 PM	23,11	42,63	29,35
17/01/2018	5:34:17 PM	23,11	42,74	29,46
17/01/2018	5:39:17 PM	23,11	42,86	29,58
17/01/2018	5:44:17 PM	23,14	43	29,72
17/01/2018	5:49:17 PM	23,14	43,08	30,03
17/01/2018	5:54:17 PM	23,16	43,19	30,14
17/01/2018	5:59:17 PM	23,16	43,3	30,25

17/01/2018	6:04:17 PM	23,19	43,42	30,36
17/01/2018	6:09:17 PM	23,22	43,53	30,48
17/01/2018	6:14:17 PM	23,25	43,61	30,56
17/01/2018	6:19:17 PM	23,25	43,7	30,64
17/01/2018	6:24:17 PM	23,25	43,75	30,7
17/01/2018	6:29:17 PM	23,28	43,84	30,78
17/01/2018	6:34:17 PM	23,28	43,86	30,84
17/01/2018	6:39:17 PM	23,25	43,92	30,9
17/01/2018	6:44:17 PM	23,25	43,95	30,92
17/01/2018	6:49:17 PM	23,25	44	30,98
17/01/2018	6:54:17 PM	23,25	44,06	31,01
17/01/2018	6:59:17 PM	23,25	44,12	31,09
17/01/2018	7:04:17 PM	23,28	44,17	31,12
17/01/2018	7:09:17 PM	23,28	44,2	31,18
17/01/2018	7:14:17 PM	23,28	44,26	31,2
17/01/2018	7:19:17 PM	23,3	44,31	31,26
17/01/2018	7:24:17 PM	23,3	44,34	31,32
17/01/2018	7:29:17 PM	23,33	44,4	31,37
17/01/2018	7:34:17 PM	23,36	44,45	31,43
17/01/2018	7:39:17 PM	23,33	44,45	31,43
17/01/2018	7:44:17 PM	23,33	44,51	31,48
17/01/2018	7:49:17 PM	23,36	44,54	31,51
17/01/2018	7:54:17 PM	23,39	44,59	31,57
17/01/2018	7:59:17 PM	23,39	44,62	31,6
17/01/2018	8:04:17 PM	23,39	44,65	31,62
17/01/2018	8:09:17 PM	23,39	44,68	31,65
17/01/2018	8:14:17 PM	23,39	44,68	31,65
17/01/2018	8:19:17 PM	23,39	44,7	31,71
17/01/2018	8:24:17 PM	23,42	44,73	31,74
17/01/2018	8:29:17 PM	23,42	44,76	31,76
17/01/2018	8:34:17 PM	23,42	44,79	31,76
17/01/2018	8:39:17 PM	23,42	44,79	31,79
17/01/2018	8:44:17 PM	23,42	44,82	31,79
17/01/2018	8:49:17 PM	23,39	44,82	31,82
17/01/2018	8:54:17 PM	23,42	44,84	31,85
17/01/2018	8:59:17 PM	23,44	44,9	31,9
17/01/2018	9:04:17 PM	23,44	44,93	31,9
17/01/2018	9:09:17 PM	23,44	44,96	31,93
17/01/2018	9:14:17 PM	23,47	45,01	31,99
17/01/2018	9:19:17 PM	23,5	45,07	32,02
17/01/2018	9:24:17 PM	23,53	45,1	32,07
17/01/2018	9:29:17 PM	23,58	45,15	32,13
17/01/2018	9:34:17 PM	23,61	45,21	32,16
17/01/2018	9:39:17 PM	23,58	45,21	32,16

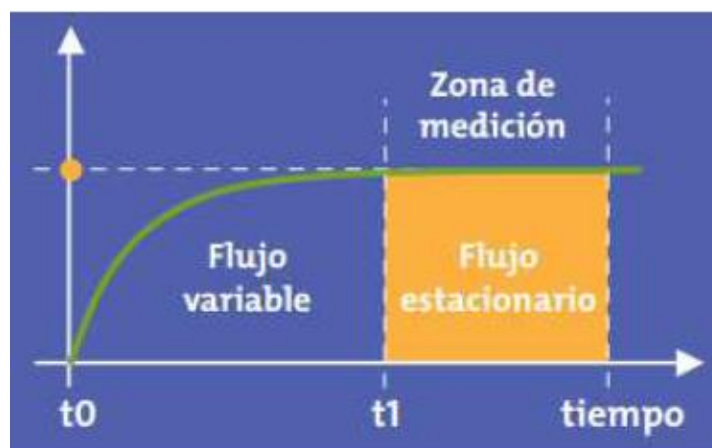
17/01/2018	9:44:17 PM	23,61	45,24	32,21
17/01/2018	9:49:17 PM	23,61	45,26	32,24
17/01/2018	9:54:17 PM	23,64	45,32	32,27
17/01/2018	9:59:17 PM	23,64	45,35	32,3
17/01/2018	10:04:17 PM	23,67	45,38	32,32
17/01/2018	10:09:17 PM	23,67	45,38	32,32
17/01/2018	10:14:17 PM	23,67	45,4	32,35
17/01/2018	10:19:17 PM	23,7	45,43	32,38
17/01/2018	10:24:17 PM	23,7	45,46	32,38
17/01/2018	10:29:17 PM	23,7	45,46	32,38
17/01/2018	10:34:17 PM	23,67	45,46	32,41
17/01/2018	10:39:17 PM	23,67	45,46	32,41
17/01/2018	10:44:17 PM	23,67	45,46	32,41
17/01/2018	10:49:17 PM	23,67	45,49	32,41
17/01/2018	10:54:17 PM	23,67	45,49	32,44
17/01/2018	10:59:17 PM	23,67	45,49	32,44
17/01/2018	11:04:17 PM	23,67	45,49	32,44
17/01/2018	11:09:17 PM	23,67	45,52	32,46
17/01/2018	11:14:17 PM	23,7	45,54	32,49
17/01/2018	11:19:17 PM	23,7	45,57	32,52
17/01/2018	11:24:17 PM	23,7	45,6	32,52
17/01/2018	11:29:17 PM	23,72	45,6	32,55
17/01/2018	11:34:17 PM	23,72	45,63	32,58
17/01/2018	11:39:17 PM	23,72	45,63	32,58
17/01/2018	11:44:17 PM	23,72	45,66	32,6
17/01/2018	11:49:17 PM	23,75	45,68	32,6
17/01/2018	11:54:17 PM	23,72	45,66	32,6
17/01/2018	11:59:17 PM	23,75	45,68	32,63
18/01/2018	12:04:17 AM	23,75	45,71	32,63
18/01/2018	12:09:17 AM	23,75	45,71	32,66
18/01/2018	12:14:17 AM	23,78	45,74	32,66
18/01/2018	12:19:17 AM	23,78	45,74	32,69
18/01/2018	12:24:17 AM	23,81	45,77	32,72
18/01/2018	12:29:17 AM	23,81	45,8	32,72
18/01/2018	12:34:17 AM	23,78	45,77	32,72
18/01/2018	12:39:17 AM	23,78	45,8	32,72
18/01/2018	12:44:17 AM	23,81	45,8	32,74
18/01/2018	12:49:17 AM	23,81	45,82	32,74
18/01/2018	12:54:17 AM	23,81	45,82	32,74
18/01/2018	12:59:17 AM	23,81	45,85	32,77
18/01/2018	1:04:17 AM	23,78	45,82	32,74
18/01/2018	1:09:17 AM	23,81	45,85	32,77
18/01/2018	1:14:17 AM	23,81	45,85	32,8
18/01/2018	1:19:17 AM	23,81	45,88	32,8

18/01/2018	1:24:17 AM	23,81	45,85	32,8
18/01/2018	1:29:17 AM	23,81	45,85	32,8
18/01/2018	1:34:17 AM	23,81	45,88	32,8
18/01/2018	1:39:17 AM	23,81	45,88	32,8
18/01/2018	1:44:17 AM	23,81	45,88	32,8
18/01/2018	1:49:17 AM	23,81	45,88	32,8
18/01/2018	1:54:17 AM	23,81	45,91	32,83
18/01/2018	1:59:17 AM	23,81	45,91	32,83
18/01/2018	2:04:17 AM	23,81	45,91	32,83
18/01/2018	2:09:17 AM	23,81	45,94	32,86
18/01/2018	2:14:17 AM	23,84	45,96	32,86
18/01/2018	2:19:17 AM	23,84	45,99	32,88
18/01/2018	2:24:17 AM	23,86	45,99	32,88
18/01/2018	2:29:17 AM	23,86	46,02	32,91
18/01/2018	2:34:17 AM	23,86	46,05	32,94
18/01/2018	2:39:17 AM	23,89	46,05	32,94
18/01/2018	2:44:17 AM	23,89	46,08	32,97
18/01/2018	2:49:17 AM	23,89	46,05	32,97
18/01/2018	2:54:17 AM	23,89	46,08	32,97
18/01/2018	2:59:17 AM	23,89	46,08	32,97
18/01/2018	3:04:17 AM	23,89	46,08	32,97
18/01/2018	3:09:17 AM	23,89	46,05	32,97
18/01/2018	3:14:17 AM	23,86	46,05	32,94
18/01/2018	3:19:17 AM	23,86	46,08	32,97
18/01/2018	3:24:17 AM	23,86	46,08	32,97

Taula 5. Taula de les dades registrades per el Datalink de la proveta 3 amb un 10% de fibra sobre el pes del ciment i una relació d'aigua ciment de 1/3.

Font: propia.

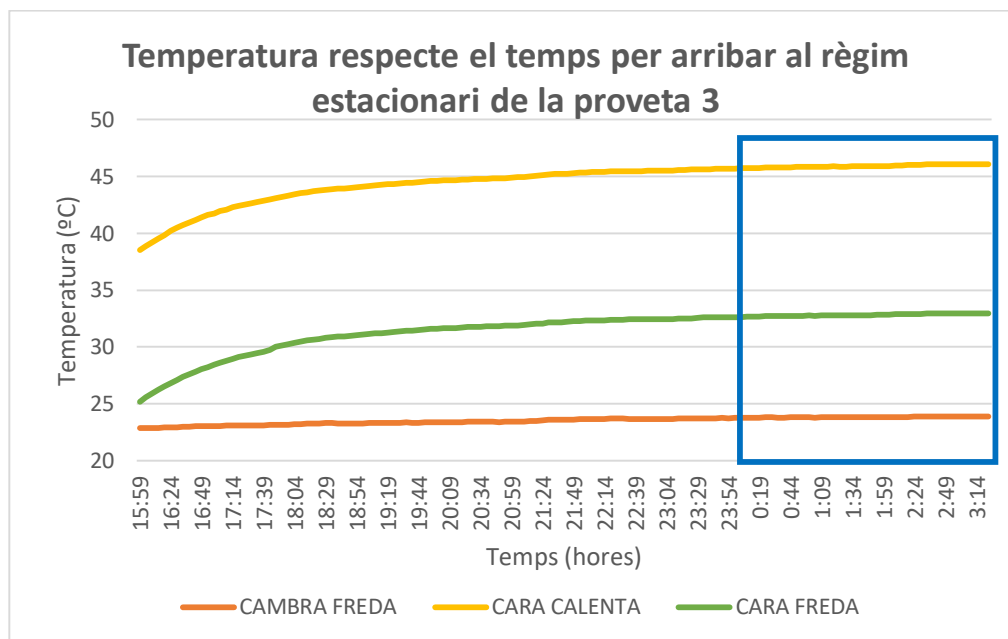
Els resultats més rellevants que s'obtenen de la taula 17 és que la proveta ha aconseguit establitzar-se passades 10 hores des de que es va col·locar a l'interior de la màquina, llavors tal com marca la normativa s'ha d'esperar 3 hores més i observar que tampoc ha tingut un increment de temperatura notable.



Gràfic 1. Anàlisi del flux que adquireix una mostra en el moment d'assaig.

Font: propia

S'entén el fet d'estabilitzar-se quan passades com a mínim 2 hores la cambra freda no ha variat més de un grau de temperatura, considerant que es troba per complet en el règim estacionari. És la zona en que la temperatura flueix de manera continuada igual en un mateix període de temps.

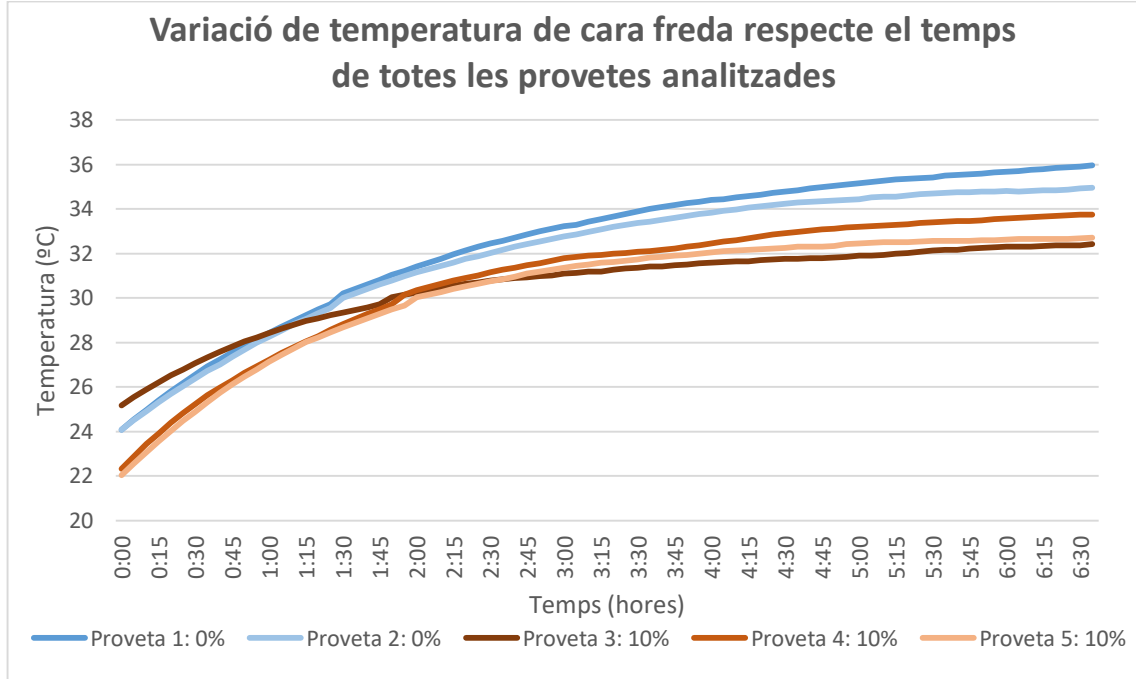


Gràfic 2. Anàlisi de les temperatures respecte el temps per arribar al règim estacionari de la proveta 3.

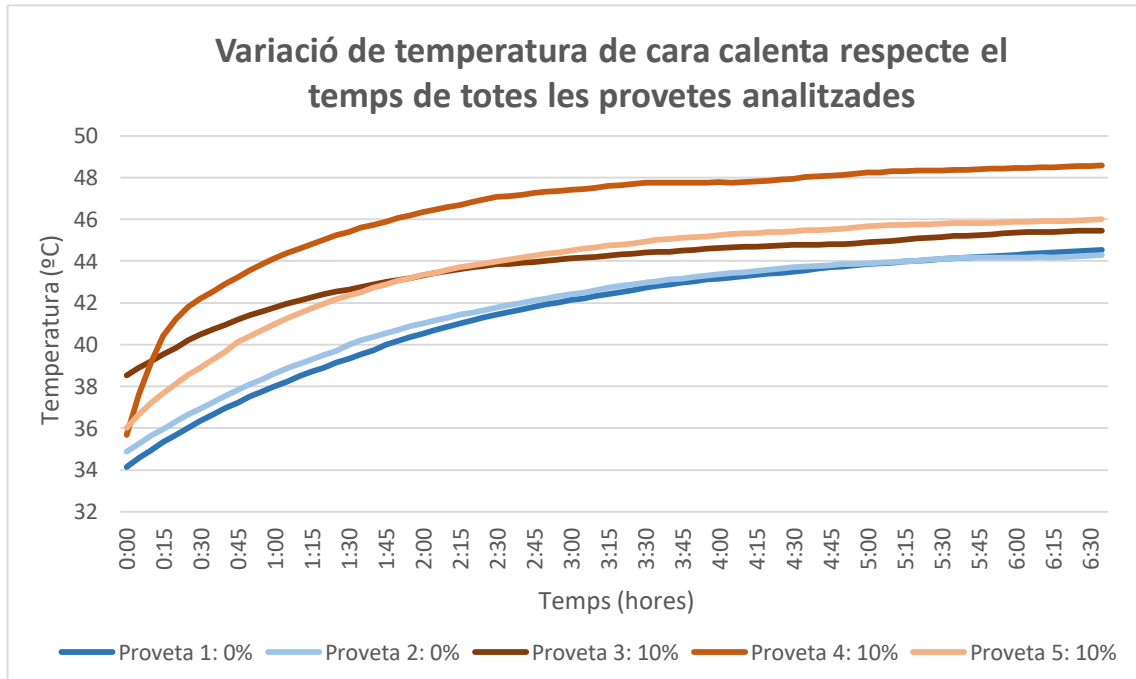
S'observa els següents resultats per la variació de temperatura de la proveta 3 amb fibra:

- Diferència entre Cambra Freda inici i final: 1,03 °C.
- Diferència entre Cara Calenta inici i final: 24,34 °C.
- Diferència entre Cara Freda inici i final: 13,93 °C.

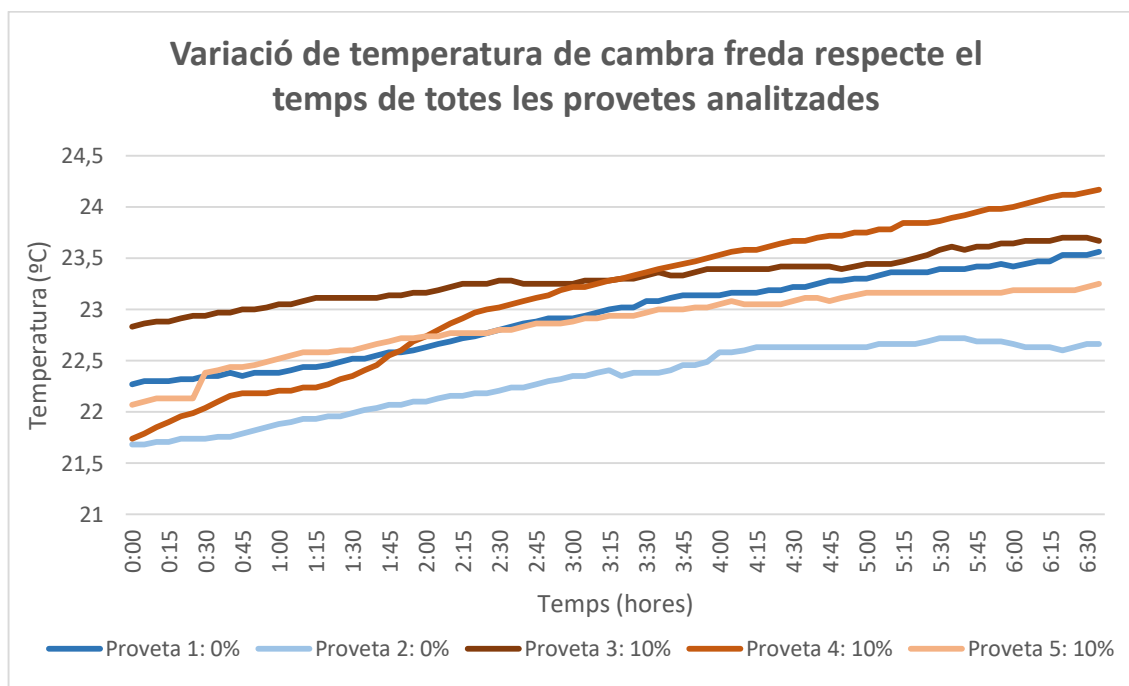
4.7.3.3 ANÀLISI I COMPARACIÓ DE LES TEMPERATURES DE TOTES LES MOSTRES DE CIMENT A L'ASSAIG TÈRMIC



Gràfic 3. Anàlisi de la variació de temperatura de cara calenta respecte el temps mesurat sobre totes les mostres analitzades.



Gràfic 4. Anàlisi de la variació de temperatura de cara freda respecte el temps mesurat sobre totes les mostres analitzades.



Gràfic 5 Anàlisi de la variació de temperatura de cara calenta respecte el temps mesurat sobre totes les mostres analitzades

En les gràfiques 3, 4 i 5 s'analitza la variació de temperatura al llarg del temps que pateixen les 3 zones analitzades depenen de la mostra que s'ha col·locat a l'interior de la caixa tèrmica.

Gràfica 3 – Anàlisi de la variació de temperatura respecte el temps a cara freda.

S'estudia la gràfica 3, la qual esta analitzant la cara freda de la peça. És a dir la cara que rep l'escalfor que s'ha transmès per conducció a través de la mostra.

En aquest cas, contràriament que a la gràfica 4, s'observa que si la mostra a analitzar està formada amb un percentatge del 10% de fibra, de primeres aquesta cara adquireix menys calor que no si la mostra a analitzar té un 0% de fibra.

Encara que a mesura que transcorre el temps les temperatures es van igualant a un mateix grau fins arribar al règim estacionari de la mostra, on s'observa que les diferents temperatures comencen a diferir de manera més significativa.

S'agafa com exemple la mateixa hora per així poder analitzar més acuradament els resultats. I s'analitzen les temperatures en que es troben les peces al règim estacionari.

NOM	1	2	3	4	5
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	10%	10%	10%
HORA					
5:30	35,43	34,7	32,13	33,39	32,58

Taula 68. Comparació de temperatures a cara freda en una hora determinada

La diferencia de temperatures entre les dues mostres varia depenen del tipus de proveta analitzades així que per realitzar una comparació correcte, s'agafa la temperatura mitjana de les mostres amb fibra i les mostres sense fibra.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 35,065 °C.
- Provetes amb un 10% de fibra: temperatura mitjana 32,7 °C.
- Diferencia entre les dues temperatures mitjanes: 2,37 °C.

S'observa que la diferencia de temperatures entre les provetes amb fibra i les provetes sense fibra és de 2,37 °C. Dada molt semblant al resultat obtingut en la cara calenta, tot i que en aquest cas si la massa té fibra adquireix menys temperatura que per contra si la massa no té fibra.

Gràfica 4 – Anàlisi de la variació de temperatura respecte el temps a cara calenta.

En el cas de la gràfica 4, la qual esta analitzant la cara calenta de la peça, és a dir la cara que rep l'escalfor directe de la resistència. S'observa que si la mostra a analitzar esta formada amb un percentatge del 10% de fibra, aquesta cara adquireix més calor que no si la mostra a analitzar té un 0% de fibra.

Tot i que s'observa que a mesura que passa el temps i apareix el regim estacionari a les peces, les temperatures es comencen a igualar amb una diferencia mitjana de 2,5°C.

S'agafa com exemple les 5:30 per analitzar els resultats quan la peça es troba en règim estacionari:

NOM	1	2	3	4	5
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	10%	10%	10%
HORA					
5:30	44,09	44,09	45,15	48,34	45,8

Taula 79. Comparació de temperatures a cara calenta en una hora determinada.

Tal com s'observa a la taula 19 la temperatura de les dues peces que no tenen fibra és igual.

En canvi a les que peces que tenen fibra existeix una variació significativa amb els resultats de la temperatura de la peça numero 4, la qual és capaç d'absorbir més temperatura.

Així que per realitzar la comparació s'agafa la temperatura mitjana de les dues provetes.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 44,09 °C.
- Provetes amb un 10% de fibra: temperatura mitjana 46,43 °C.
- Diferència entre les dues temperatures mitjanes: 2,34 °C.

Així doncs s'arriba a la conclusió que si la proveta té una addició de fibra la temperatura serà uns 2,5 °C més elevada per si en contra la mostra no portes cap percentatge de fibra.

Gràfica 5 – Anàlisi de la variació de temperatura respecte el temps a cambra freda.

Finalment s'estudia la gràfica 5, la qual esta analitzant la cambra freda de la peça. És a dir l'escalfor que rep la cambra un cop s'ha transmès per conducció a través de la mostra.

Aquestes dades no són tant imprescindibles com les anteriors ja que els resultats es poden veure afectats depenen de la temperatura inicial que té la cambra en el moment d'efectuar l'assaig.

Tot i així al igual que els altres dos gràfics, es procedeix a realitzar la comparació dels dos materials i observar la diferència de temperatura en una hora determinada quan es considera que la peça està en règim estacionari.

NOM	1	2	3	4	5
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	10%	10%	10%
HORA					
5:30	23,39	22,72	23,58	23,86	23,16

Taula 8. Comparació de temperatures a cara freda en una hora determinada

En aquest cas la diferència de temperatura entre una proveta que porta fibra amb una proveta que no porta fibra és molt baixa. És una dada important ja que en termes d'aplicació amb aquestes dades s'observa si un cop format el paviment es notarà un augment o descens de la temperatura si la mostra porta fibra o no.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 23,06 °C.
- Provetes amb un 10% de fibra: temperatura mitjana 23,53 °C.
- Diferència entre les dues temperatures mitjanes: 0,47 °C.

Així doncs un cop analitzats els resultats podem observar que la temperatura de la cambra freda serà més elevada si la mostra porta fibra.

4.7.3.4 CÀLCUL DE LA TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT i FLUX DE CALOR

L'assaig de la caixa tèrmica s'utilitza sobretot per mesurar la conductivitat, la transmitància i el flux de calor.

S'exposarà com exemple de càlcul la mateixa mostra número 3 la qual porta fibra un 10 % de fibra.

Per començar s'analitzen totes les dades que s'han obtingut fent l'assaig tèrmic per poder obtenir la mitjana de cada valor. Ja que no hem pogut mesurar la cambra calenta ja que un dels termopads no funcionava correctament, s'ha fixat com a valor de cambra calenta 50 °C.

MITJANA DE TEMPERATURES	CAMBRA CALENTA (Tc) (°C)	CARA CALENTA (Tsc) (°C)	CARA FREDA (Tsf) (°C)	CAMBRA FREDA (Tf) (°C)
	60,00	44,56	31,46	23,50

Taula 9. Temperatures mitjanes de la proveta 3 de ciment amb un 10 % de fibra

Posteriorment es busca l'increment de temperatura que s'obté a les dues cares o a les cambres.

INCREMENT TEMPERATURA (°C)	
Tc - Tf	36,50
Tsc - Tsf	13,10

Taula 10. Increment de temperatura proveta 3

Seguidament es determina les dimensions de la proveta a analitzar ja que és un factor que serà determinant per les formules que es realitzaran a continuació.

	BASE (m)	ALTURA (m)	SUPERFÍCIE (m ²)
DIMENSÍO DE LA PROVETA	0,06	0,07	0,0042

Taula 11. Dimensió proveta 3

ESPESSOR e (m)	0,15
----------------	------

Taula 12. Espessor proveta 3

Un altre factor imprescindible és conèixer la resistència superficial. Aquest concepte es defineix com l'oposició al pas d'un flux de calor depenen de l'ús que se li vol donar.

Aquest valor depèn del gruix de la superfície i el coeficient de conductivitat tèrmica.

$$R = e / \lambda$$

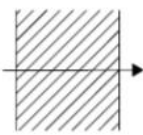
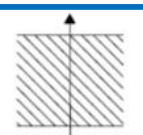
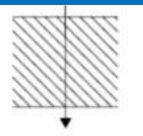
R és la resistència tèrmica en m² °C/W.

e és el gruix de la superfície en m.

λ és el coeficient de conductivitat tèrmica en W/m °C.

En el cas d'aquest estudi no es coneix quin és el valor del coeficient de conductivitat tèrmica per tant es procedeix a utilitzar el valor que s'exposa a la taula 6 Resistències tèrmiques superficials de particions interiors de la normativa DA DB-HE/1. Càlcul de paràmetres característics de l'evolvent:

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m²K/W

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
<i>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal</i>		0,13	0,13
<i>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)</i>		0,10	0,10
<i>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</i>		0,17	0,17

Taula 13. Taula de resistències tèrmiques superficials de particions interiors.

Font: DA DB-HE/1 Taula 6

Tot i que s'està parlant d'un paviment, en el cas del terra radiant, el sentit del flux de calor serà contrari al que ens indica la normativa, per tant s'agafa com a dada de la Resistència superficial les particions interiors horitzontals amb flux ascendent, normalment utilitzades per sostres.

Tal que, les dades a utilitzar seran:

RESISTÈNCIA SUPERFICIAL (m ² °C/W)	
R _{sc} (interna)	0,1
R _{sf} (externa)	0,1
(R _{sc} + R _{sf}) = R _s (total)	0,2

Taula 14. Resistència superficial a partir de taula 25

Així doncs, un cop exposades totes les dades necessàries es pot iniciar el càlcul de la transmitància (U), seguidament la conductivitat (λ) i finalment el flux de calor (Q).

Transmitància ($W/m^2\text{°C}$)

És la inversa de la resistència tèrmica total. Expressa el flux de calor per unitat de superfície, de temps i per grau de diferència de temperatura entre els dos ambients que separa el tancament.

Per dur a terme el càlcul de la transmitància es farà amb una fórmula que s'ha obtingut a partir d'altres conceptes:

- Flux de calor: $Q = \frac{S \cdot \lambda \cdot (T_{sc} - T_{sf})}{e}$
- Quantitat de calor: $Q = S \cdot U \cdot (T_c - T_f)$
- Temperatura de la superfície interior d'un tancament: $T_{sc} = T_c - \frac{(T_c - T_f) \cdot U}{h_i}$

h_i és el coeficient superficial de transmissió interior ($\frac{1}{h_i} = R_{si}$)

Ja que ens trobem en la situació que tenim tres incògnites: Q, λ i la U. S'haurà de transformar la tercera fórmula per poder calcular la transmitància. Tal que quedarà d'aquesta forma:

$$U = \frac{(T_c - T_{sc})}{(T_c - T_f) * R_{si}}$$

Així doncs es substituiran els valors i el resultat serà:

$$U = \frac{(50 - 44,56)}{(50 - 23,50) * 0,1} = 4,232 \frac{W}{m^2 \text{°C}}$$

Conductivitat (W/m °C)

Per trobar la fórmula de la conductivitat s'ha hagut de utilitzar el mètode de igualació de dues primeres fórmules per obtenir un resultat.

$$\frac{\lambda \cdot (T_{sc} - T_{sf})}{e} = U \cdot (T_c - T_f)$$

On s'aïlla el coeficient de conductivitat tèrmica (λ) i s'obté la següent fórmula:

$$\lambda = \frac{e \cdot U \cdot (T_c - T_f)}{(T_{sc} - T_{sf})}$$

Així doncs es substituiran els valors i el resultat serà:

$$\lambda = \frac{0,15 \cdot 2,054 \cdot (50 - 23,5)}{(44,56 - 31,46)} = 1,769 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

Flux de calor (W)

Finalment l'últim paràmetre que falta per resoldre és el flux de calor, que s'aconseguirà a partir d'aquesta fórmula:

$$Q = \frac{S \cdot \lambda \cdot (T_{sc} - T_{sf})}{e}$$

Així doncs es substituiran els valors i el resultat serà:

$$Q = \frac{0,0042 \cdot 0,623 \cdot (44,56 - 31,46)}{0,15} = 0,649 \text{ W}$$

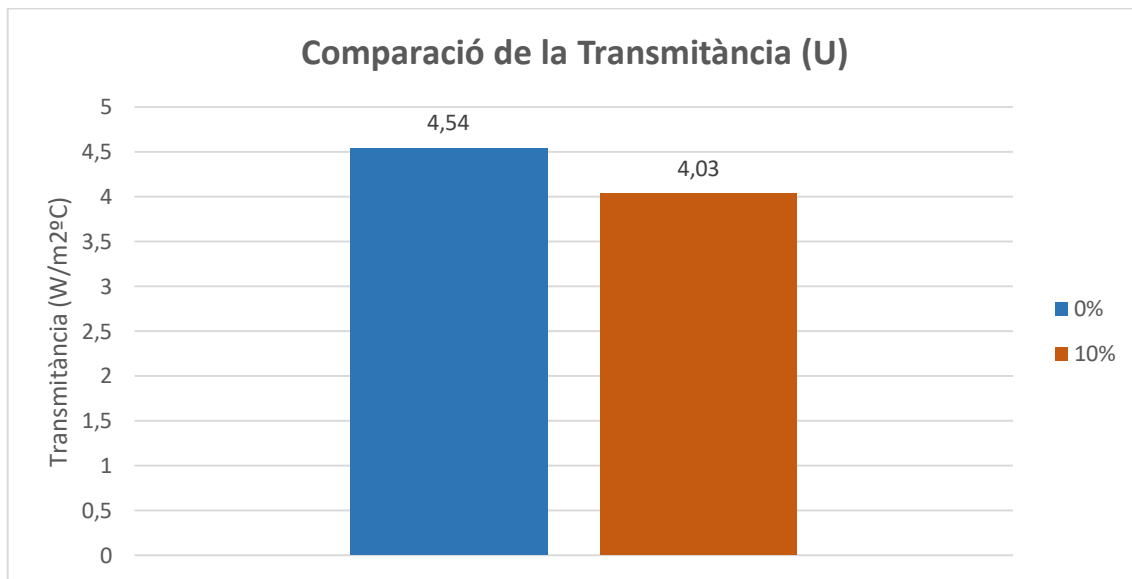
Un cop exposats tots els valors s'adjuntarà en una taula tots els resultats obtinguts de les 5 mostres diferents per poder fer una comparativa.

Nº Probeta	% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
1	0	4,567	2,867	0,702
2	0	4,513	2,651	0,709
3	10	4,232	1,768	0,649
4	10	3,472	1,242	0,53
5	10	4,386	1,823	0,684

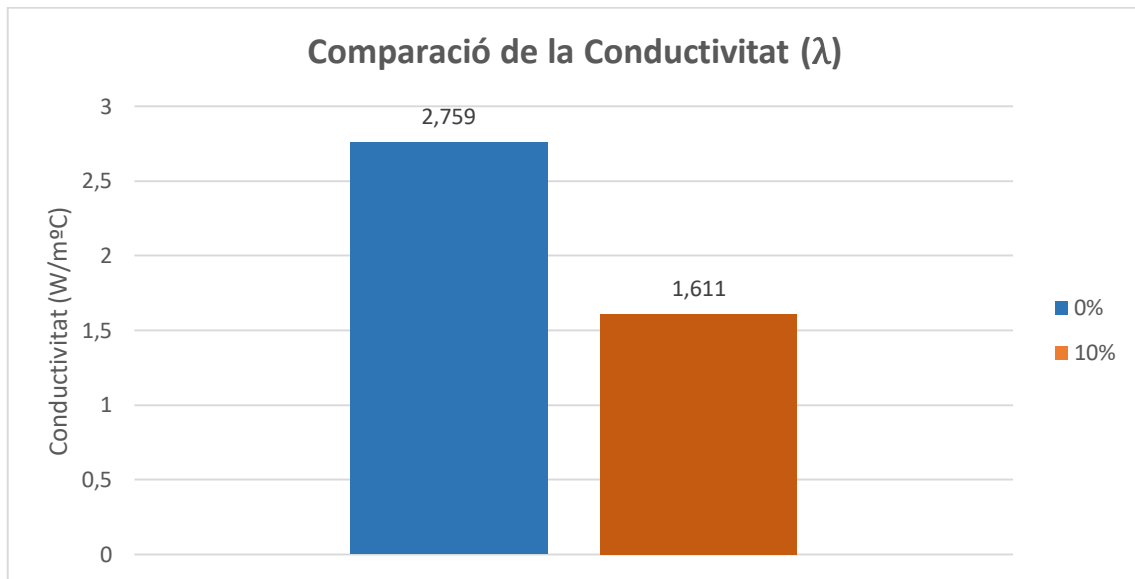
Taula 15. Conjunt de valors de transmitància, conductivitat i flux de calor totes les mostres

Valors mitjos			
% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
0	4,54	2,759	0,7055
10	4,03	1,611	0,621

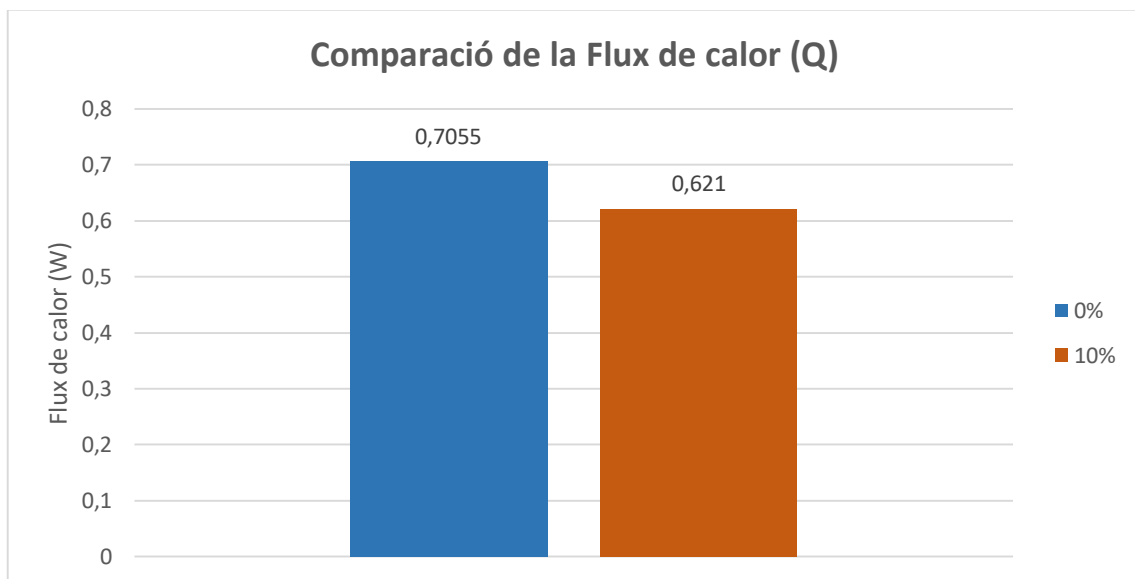
Taula 16. Mitjana dels valors de la taula 27 segons el tant per cent de fibra



Gràfic 6. Comparació de la transmitància per les provetes de ciment



Gràfic 7. Comparació de la conductivitat per les provetes de ciment



Gràfic 8. Comparació del Flux de calor de les provetes de ciment

Un cop analitzades totes les dades s'observa que si el material format porta una adició de fibra incorporada, tant la transmitància, la conductivitat i el flux de calor dona un resultat més baix que si per contra la mostra és de ciment sense fibra.

4.7.4 PROVES PER MESURAR LA VISCOSITAT

La propietat que destaca al morter autoanivellant que s'aplica al terra radiant és la fluidesa, i al observar que la fibra de paper de diari ens provoca un ciment molt disgregat es va optar per canviar els materials utilitzats i buscar el tant per cent màxim de fibra que podem afegir a la massa.

Per realitzar aquestes proves es va canviar el material base, és a dir, el ciment per morter autoanivellant Masterflow 952 de la casa Basf. Ja que es va pensar que amb aquest morter no necessitaríem tanta aigua per formar una massa més fluida.

El procediment va ser: crear una massa de morter i afegir la fibra, variant el tant per cent d'aquesta i alhora la relació d'aigua ciment ja que l'aigua juga un paper molt important per la viscositat.

Al observar els resultats i veure que la massa de morter demanava més fluidesa per autoanivellar-se es va afegir un fluidificant de la casa comercial Sika, el qual amb una quantitat màxima tal com marca la normativa de la fitxa tècnica que es troba a l'apartat 10.1.4⁵ ens proporcionava més resistència a la massa que buscàvem.

Per realitzar una comparació al igual que amb els assajos tèrmics es van realitzar unes mostres sense fibra i així comparar els resultats que s'anaven obtenint.

Al igual que passava amb les provetes de morter es va haver de canviar la metodologia per la fabricació de la massa, ja que si no, la fibra absorbia tota l'aigua i impedia formar una massa més o menys homogènia.

El procediment que es va seguir per formar les provetes de morter amb fibres va ser:

- Abocar totes les fibres de paper al dipòsit de l'amassadora mentre aquesta ja estava en funcionament.

⁵ 10.1.4 Sika Viscocrete 3425. Casa comercial Sika

- Afegir una tercera part del morter autoanivellant, el qual està format amb sorra. Aquesta sorra al donar voltes amb la fibra provoca que aquesta es trituri a una velocitat més elevada.
- Afegir un terç de la quantitat d'aigua total per impedir crear pols amb el morter en moviment i alhora ajudar a la trituració de la fibra.
- Repetir l'ordre fins acabar la totalitat del morter i fibra.
- Abans d'afegir l'última part d'aigua, si s'escau, barrejar el fluïdificant amb aquesta i afegir-la a la massa. El fluïdificant és un material que necessita l'aigua per actuar amb total eficàcia.

Al igual que amb les dosificacions de ciment per tal que les taules siguin més comparatives, s'ha fixat el volum de la massa a obtenir i el tant per cent de sequedat de la fibra per igual en totes les dosificacions. Tal que es pugui observar la variància amb facilitat. Tot i que a l'hora de la practica es van utilitzar pesos diferents que variaven segons el volum de massa que volíem aconseguir i el % de sequedat que existia sobre la fibra.

4.7.4.1 0% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.

És imprescindible formar una massa de ciment amb un 0% d'addició de fibra i la mateixa relació d'aigua ciment que les que es faran posteriorment ja que així es pot comparar amb els resultats que es van obtenir.

Per formar aquesta massa amb un 0% de fibra i una relació AC 1/3, es va seguir la dosificació de la taula 5.

% Fibra sobre el pes del ciment	0
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,30
Densitat resultant (g/cm ³)	1,98

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	-
--------------------	---

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	197,50
Massa sòlid (g)	148,13
Massa ciment (g)	148,13
Massa fibra seca (g)	0,00
Massa fibra humida (g)	0,00
Aigua total (g)	49,38
Aigua a afegir (g)	49,38

Taula 17. Dosificació de les proves de morter amb un 0% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/3.

Font: Pròpia

Els resultats del mostreig que es van aconseguir van ser els que es mostren a la imatge 42.

Com s'observa, s'ha format una massa amb un material molt viscos que actua cobrint per si sol tota la superfície de contacte.

Aquest és l'aspecte ideal per el morter autoanivellant i el que s'ha d'aconseguir amb l'adició de les fibres.



Imatge 38. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/3 i un 0% de fibra.

Font: pròpia

4.7.4.2 0% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3 AMB FLUIDIFICANT

Per tal d'estudiar quina és l'eficàcia del fluidificant es va afegir la quantitat màxima que marca la fitxa tècnica del producte SikaViscoCrete 3425.

Aquesta quantitat màxima és un 1,5 % sobre el pes del ciment, per tant es busquen les dosificacions necessàries de cada material amb la següent taula:



Imatge 39. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/3 i un 0% de fibra i fluidificant.

Font: pròpia

% Fibra sobre el pes del ciment	0
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,30
Densitat resultant (g/cm ³)	1,98

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	0,00
--------------------	------

MATERIAL NECESSARI		FLUIDIFIC.
Massa total (g)	197,50	1,5% s/cim
Massa sòlid (g)	148,13	2,221875
Massa ciment (g)	148,13	
Massa fibra seca (g)	0,00	
Massa fibra humida (g)	0,00	
Aigua total (g)	49,38	
Aigua a afegir (g)	49,38	

Taula 18. Dosificació de les proves de morter amb un 0% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/3 i fluidificant.
Font: Pròpia .

S'observa que la quantitat de fluidificant és molt mínima respecte els altres valors, ja que és una proporció molt petita, en el cas que fos augmentada en excés provocaria pèrdua de la resistència del material.

Finalment es fa la mescla de tots els materials i s'observa que el morter amb l'ajuda del fluidificant pateix un augment de la velocitat de la fluïdesa i s'anivella de manera molt més ràpida.

Tot i així no s'aprecia molta diferència òptica quan el material està quiet ja que el morter autoanivellant per si sol ja té les propietats per fluir molt accentuades. Per el que s'arriba a la conclusió que sense l'addició de fibres afegir fluidificant al morter autoanivellant no és necessari.

4.7.4.3 10% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.

Ja que les provetes de ciment que s'han utilitzat per els assajos tèrmics duen un 10% de fibra sobre el pes del ciment, s'ha optat que la primera dosificació amb el morter autoanivellant seguint el mateix tant per cent de fibra sobre el ciment i la mateixa relació Aigua - Ciment a 1/3 i així poder estudiar si amb el morter assolim una massa més fluïda que amb el ciment sol.

% Fibra sobre el pes del ciment	10
---------------------------------	----

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,22
Densitat resultant (g/cm ³)	1,92

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

Per realitzar la massa es segueixen les dosificacions que s'observen a la taula 7.

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	191,50
Massa sòlid (g)	143,63
Massa ciment (g)	129,26
Massa fibra seca (g)	14,36
Massa fibra humida (g)	15,61
Aigua total (g)	47,88
Aigua a afegir (g)	46,63

Taula 19. Dosificació de les proves de morter amb un 10% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/3.

Font: Pròpia

Al fer la barreja de tots els materials acabem obtenint una massa totalment disgregada, on s'observa a la imatge 44 que el morter autoanivellant no ha aconseguit aportar més fluïdesa que el ciment. Ja que tal com passava amb aquest, la fibra ha absorbit la totalitat de l'aigua i al absorbir-la no es pot aconseguir formar una massa.

Com a conseqüència d'aquesta disgregació es decideix canviar la relació d'aigua ciment a 1/2 ja que el que més necessita la massa és augmentar la quantitat d'aigua respecte el ciment.



Imatge 40. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/3 i un 10% de fibra.

Font: pròpia

4.7.4.4 10% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.

Abans de decidir baixar el tant per cent de fibra sobre el pes de ciment es va decidir baixar la relació d'aigua ciment a 1/2, ja que com s'observa el que necessita la massa és augmentar l'aigua per arribar al punt màxim de saturació de la fibra.

Tot i així aconseguir que hi hagi més aigua per formar una massa viscosa per l'aplicació al terra radiant.

Tal com s'observa a la taula 8 de dosificació, al canviar la relació d'aigua ciment, la quantitat d'aigua puja un 27,36% respecte a la dosificació anterior on utilitzàvem una relació d'aigua ciment 1/3, en canvi tant la fibra com el ciment abaixen el seu pes un 15,82% respecte la mateixa dosificació anterior.

% Fibra sobre el pes del ciment	10
---------------------------------	----

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	2

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,22
Densitat resultant (g/cm ³)	1,81

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	181,33
Massa sòlid (g)	120,89
Massa ciment (g)	108,80
Massa fibra seca (g)	12,09
Massa fibra humida (g)	13,14
Aigua total (g)	60,44
Aigua a afegir (g)	59,39

Taula 20. Dosificació de les proves de morter amb un 10% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/2.
Font: Pròpia

Un cop barrejat tots els materials tal com s'aprecia a la imatge 45 s'ha aconseguit una massa on els materials no estan disgregats i s'han pogut unir, però no ens aporta fluïdesa ja que és una massa bastant compacte la qual no es pot fer servir per l'aplicació que estem buscant.

A partir d'aquest moment es decideix abaixar el tant per cent de fibra de paper de diari a la meitat.



Imatge 41. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/2 i un 10% de fibra.
Font: pròpia

4.7.4.5 5% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/3.

Al obtenir resultats negatius amb el 10% de fibra s'ha procedit a abaixar la quantitat de fibra a la meitat.

Primerament es realitza la dosificació amb una relació d'aigua ciment de 1/3 ja que és la relació idònia per formar el morter autoanivellant tal com marca la fitxa tècnica i si es pot aconseguir la massa amb aquesta relació s'intentarà conservar.

% Fibra sobre el pes del ciment	5
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	3

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,26
Densitat resultant (g/cm ³)	1,95

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	194,50
Massa sòlid (g)	145,88
Massa ciment (g)	138,58
Massa fibra seca (g)	7,29
Massa fibra humida (g)	7,93
Aigua total (g)	48,63
Aigua a afegir (g)	47,99

Taula 21. Dosificació de les proves de morter amb un 5% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/3.
Font: Pròpia

Es realitza la taula de les dosificacions 9 i s'observa que en comparativa amb la taula 8 que té un 10 % de fibra i una relació d'aigua ciment de 1/3, aquesta dosificació només s'abaixa al 50% la fibra.

Finalment la massa que s'obté és molt similar a la aconseguida amb un 10% i una relació d'aigua ciment de 1/2, inclús presenta una forma de boles que impedeix formar una massa compacte i homogènia.



Imatge 42. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/3 i un 5% de fibra.
Font: pròpia

4.7.4.6 5% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.

Al observar que amb una relació d'aigua ciment 1/3 no es pot aconseguir formar una massa es va decidir descartar aquesta relació i optar per treballar amb la relació 1/2.

Tal com es veu reflectit a la taula 10, el rebaix del tant per cent de la fibra i la variació de la relació d'aigua ciment fa que s'aconsegueixi un pes de fibra i de ciment més baix, i en canvi, una quantitat bastant més elevada d'aigua.

A la imatge 47, s'observa que s'ha aconseguit crear una massa de morter homogènia. Tot i així no s'aconsegueix obtenir la fluïdesa que es desitja per l'aplicació al terra radiant. Com s'observa a la dreta d'aquesta mateixa imatge, la massa de morter amb la fibra no s'autoanivella ja que es manté quieta sense fluir.



Imatge 43. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC de 1/2 i amb un 5% de fibra.

% Fibra sobre el pes del ciment	5
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	2

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,26
Densitat resultant (g/cm ³)	1,84

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	184,00
Massa sòlid (g)	122,67
Massa ciment (g)	116,53
Massa fibra seca (g)	6,13
Massa fibra humida (g)	6,67
Aigua total (g)	61,33
Aigua a afegir (g)	60,80

Taula 22. Dosificació de les proves de morter amb un 5% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/2.

Font: Pròpia

4.7.4.7 5% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2 AMB FLUIDIFICANT.

Ja que amb una quantitat del 5% de fibra sobre el pes del ciment i una relació d'aigua ciment de 1/2 s'ha aconseguit formar una massa homogènia, aquesta massa es considera suficient bona sempre hi quan no fos com aplicació del terra radiant, s'ha decidit afegir fluidificant per intentar aconseguir la fluïdesa necessària per aconseguir utilitzar aquesta dosificació per el sistema de calefacció seleccionat.

A la taula 11 que s'adjunta a continuació, s'observa que el fluidificant representa un 1,5% sobre el pes de ciment. Aquesta quantitat és la màxima permesa segons la fitxa tècnica del propi material ja que un excés d'aquest producte podria suposar una pèrdua de la resistència del material.



Imatge 44. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/2 i un 5% de fibra i fluidificant.
Font: pròpia

% Fibra sobre el pes del ciment	5
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	2

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,26
Densitat resultant (g/cm ³)	1,84

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

MATERIAL NECESSARI		FLUIDIFIC.
Massa total (g)	184,00	1,5% s/cim
Massa sòlid (g)	122,67	1,748
Massa ciment (g)	116,53	
Massa fibra seca (g)	6,13	
Massa fibra humida (g)	6,67	
Aigua total (g)	61,33	
Aigua a afegir (g)	60,80	

Taula 23. Dosificació de les proves de morter amb un 5% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/2 i fluidificant.
Font: Pròpia

Finalment un cop realitzada la barreja s'ha comprovat que el fluïdificant no té el l'efecte esperat sobre la mostra, ja que en comptes d'aportar fluïdesa a la massa, aporta plasticitat convertint-la amb una massa semblant a la plastilina i fàcil de modelar tal com s'observa a la imatge 48.

4.7.4.8 4% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.

Com que els resultats obtinguts fins ara no han estat positius, es continua abaixant el tant per cent de fibra de manera molt suau, ja que la massa obtinguda amb un 5% de fibra s'aproxima al resultat final que es vol obtenir.

Així doncs es decideix abaixar tant sols un 1% de la fibra i mantenir la mateixa relació d'aigua ciment a 1/2 que aparenta ser correcte.

% Fibra sobre el pes del ciment	4
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	2

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,27
Densitat resultant (g/cm ³)	1,85

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	184,53
Massa sòlid (g)	123,02
Massa ciment (g)	118,10
Massa fibra seca (g)	4,92
Massa fibra humida (g)	5,35
Aigua total (g)	61,51
Aigua a afegir (g)	61,08

Taula 24. Dosificació de les proves de morter amb un 4% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/2.

Font: Pròpia

La diferencia de quantitats respecte a un 5% de la fibra és mínima. Tal i com s'observa a la imatge 49, s'obté una massa molt similar a l'anterior la qual tampoc és suficientment fluida per utilitzar-la com a morter autoanivellant.



Imatge 45. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/2 i un 4% de fibra.
Font: pròpia

4.7.4.9 3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2.

La següent mostra que es pretén estudiar és utilitzar un 3% de fibra sobre el pes del ciment.

Tal com s'observa a la taula 13 a la dosificació s'utilitza molt poca fibra respecte a la quantitat de ciment o aigua.

Així doncs els resultats obtinguts al fer la barreja són bastant positius, ja que és una massa amb una aparença fluïda però tal i com s'aprecia a la imatge 50 és incapaç d'anivellar-se per si sola. Només s'aconsegueix l'anivellament quan es colpeja. Per el que es descarta que sigui la dosificació adient.



Imatge 46. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/2 i un 3% de fibra.
Font: pròpia

% Fibra sobre el pes del ciment	3
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	2

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,28
Densitat resultant (g/cm ³)	1,85

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	185,07
Massa sòlid (g)	123,38
Massa ciment (g)	119,68
Massa fibra seca (g)	3,70
Massa fibra humida (g)	4,02
Aigua total (g)	61,69
Aigua a afegir (g)	61,37

Taula 25. Dosificació de les proves de morter amb un 3% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/2.

Font: Pròpia

4.7.4.10 3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/2 AMB FLUIDIFICANT.

Al observar que amb un 3% de fibra i una relació d'aigua ciment de 1/2 s'aconsegueix una massa suficientment fluida, es decideix afegir el màxim de fluidificant permès per aconseguir viscositat necessària.

Tal com s'observa a la dosificació de la taula 14, s'afegeix aproximadament la mateixa quantitat de fluidificant que amb un 5% de fibra que s'ha realitzat amb anterioritat, però al tenir menys quantitat de fibra s'espera aconseguir una massa molt fluida capaç d'autoanivellar-se.



Imatge 47. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/2 i un 3% de fibra amb fluidificant.

Font: pròpia

% Fibra sobre el pes del ciment	3	
Relació A:S	Aigua	Sòlid
	1	2
Volum proveta (cm ³)	100,00	
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30	
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50	
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00	
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,28	
Densitat resultant (g/cm ³)	1,85	
Sequetat fibra (%)	92,00	

MATERIAL NECESSARI		FLUIDIFIC.
Massa total (g)	185,07	1,5% s/cim
Massa sòlid (g)	123,38	1,7951467
Massa ciment (g)	119,68	
Massa fibra seca (g)	3,70	
Massa fibra humida (g)	4,02	
Aigua total (g)	61,69	
Aigua a afegir (g)	61,37	

LLEGENDA	
A afegir dins la proveta	
Dades a introduir	
Valors fixes	

Taula 26. Dosificació de les proves de morter amb un 3% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/2 i fluidificant.
Font: Pròpia

Al afegir el fluidificant s'observa que l'efecte que produeix aquest és aigualir la mostra però no ajudar que el ciment flueixi de manera conjunta. Crea una disgregació de la massa separant el ciment i la fibra amb l'aigua, per el que s'entén que no s'aconsegueix obtenir el resultat esperat.

4.7.4.11 3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/1

Al observar que amb un 3% de fibra i una relació d'aigua ciment de 1/2 no s'aconsegueix obtenir el resultat esperat s'arriba a la conclusió que la fibra impedeix aconseguir la fluïdesa necessària per l'aplicació del morter autoanivellant al terra radiant.

Tot i així s'intenta experimentar amb una relació 1/1, encara que la normativa del morter autoanivellant no ens la permet, ja que no es podria aconseguir les propietats físico-mecàniques necessàries, es vol estudiar si es podria obtenir la massa fluïda que es necessària per l'aplicació que volem dur a terme. Al igual que les altres dosificacions es realitza la taula 15 on ens aporta les quantitats necessàries de cada material.

% Fibra sobre el pes del ciment	3
---------------------------------	---

	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	1

Volum proveta (cm ³)	100,00
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,28
Densitat resultant (g/cm ³)	1,64

LLEGENDA
A afegir dins la proveta
Dades a introduir
Valors fixes

Sequetat fibra (%)	92,00
--------------------	-------

MATERIAL NECESSARI	
Massa total (g)	163,80
Massa sòlid (g)	81,90
Massa ciment (g)	79,44
Massa fibra seca (g)	2,46
Massa fibra humida (g)	2,67
Aigua total (g)	81,90
Aigua a afegir (g)	81,69

Taula 27. Dosificació de les proves de morter amb un 3% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/1.
Font: Pròpia

Un cop s'ha realitzat la barreja dels diferents materials, tal i com s'observa a la imatge 52 i 53. Obtenim un material amb excés d'aigua el qual impedeix veure si el morter flueix per si sol com s'aprecia a la imatge 52.

Així doncs es procedeix a abocar una part d'aquesta aigua i s'obté el resultat que s'aprecia a la imatge 53. Aquesta imatge ens aporta la informació que el morter no s'ha anivellat per si sol ja que encara manté certa solidesa.



Imatge 49. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/1 i un 3% de fibra.
Font: pròpia



Imatge 48. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/1 i un 3% de fibra. Sense molta aigua.
Font: pròpia

4.7.4.12 3% SOBRE EL PES DEL CIMENT AMB UNA RELACIÓ D'AIGUA CIMENT DE 1/1 AMB FLUIDIFICANT.

Ja que al observar que tot i abaixar la relació aigua ciment al mínim no s'aconsegueix obtenir un resultat positiu es procedeix a afegir el fluidificant màxim permès a la mostra anterior segons la taula 16.

S'observa que igual que passava amb els resultats obtinguts amb anterioritat quan s'afegia fluidificant, el fluidificant no afecta a la massa de ciment amb fibra i només afecta a l'aigua, cosa que fa que es separin i per tant disgreuin el material, impedit formant una massa homogènia.



Imatge 50. Mostra del morter autoanivellant amb una relació AC 1/1 i un 3% de fibra amb fluidificant.
Font: pròpia

% Fibra sobre el pes del ciment	3	
	Aigua	Sòlid
Relació A:S	1	1
Volum proveta (cm ³)	100,00	
Densitat ciment (g/cm ³)	2,30	
Densitat fibra (g/cm ³)	1,50	
Densitat aigua (g/cm ³)	1,00	
Densitat del sòlid (g/cm ³)	2,28	
Densitat resultant (g/cm ³)	1,64	
Sequetat fibra (%)	92,00	

LLEGENDA	
A afegir dins la proveta	
Dades a introduir	
Valors fixes	

MATERIAL NECESSARI	FLUIDIFIC.	
Massa total (g)	163,80	1,5% s/cim
Massa sòlid (g)	81,90	1,191645
Massa ciment (g)	79,44	
Massa fibra seca (g)	2,46	
Massa fibra humida (g)	2,67	
Aigua total (g)	81,90	
Aigua a afegir (g)	81,69	

Taula 28. Dosificació de les proves de morter amb un 3% de fibra sobre el pes ciment amb una relació AC de 1/1.
Font: Pròpia

4.7.5 RESULTATS DE LES PROVES PER MESURAR LA VISCOSITAT

Després d'analitzar diferents mostres de morter autoanivellant amb fibra de paper per aconseguir obtenir una massa amb la suficient fluïdesa com per autoanivellar-se, s'arriba a la conclusió que la fibra de paper i una relació d'aigua ciment a 1/3 no és viable, ja que la fibra absorbeix molta quantitat d'aigua i no deixa realitzar la funció que s'està buscant, alhora tampoc crea una massa suficientment homogènia per considerar-se massa útil.

Al veure aquets resultats es procedeix a abaixar la relació d'aigua ciment a 1/2 i al fer-ho el problema de aconseguir una massa homogènia queda resolt, però aquesta massa és incapaç de anivellar-se per si sola.

Així que es procedeix a utilitzar el fluïdificant per poder reduir la quantitat d'aigua que exigeix el material. S'observa que aquest additiu actua de manera diferent depenen de la quantitat de fibra de paper que porta la massa.

Tal que amb un 5% de fibra l'addició del fluïdificant genera una massa plàstica, i amb un 3% de fibra genera un augment de l'aigua de la mostra fent que es separin els components de la massa i provocant una disgregació del material.

S'arriba a la conclusió que el fluidificant amb la fibra de paper no aporta millores al material, si no just el contrari, plasticitat i excés d'aigua.

Finalment s'acaba realitzant una mostra amb i sense fluïdificant on la relació d'aigua ciment és 1/1 s'observa que la massa tampoc aconsegueix fluïdesa ja que té un excés d'aigua i no s'aconsegueix obtenir una massa homogènia.

4.8 CONCLUSIÓ DELS EFECTES DE LA FIBRA DE PAPER DE DIARI AL MORTER AUTOANIVELLANT

Després de realitzar l'assaig tèrmic, observant a variació de temperatures, el flux de calor, la conductivitat i la transmitància, s'arriba a la conclusió a diferents conclusions:

- Si la mostra porta fibra:
 - o La cara de la proveta que es troba en contacte directe amb la cambra calenta, és a dir la cara que rep la calor, es manté dos graus i mig a més temperatura que si en cas contrari la mostra no té fibra.

No és una dada molt important, ja que aquesta cara en termes d'aplicació es trobarà sota del paviment i no ens aportarà temperatura.

- o La cara de proveta que s'anomena cara freda, és a dir la cara la qual rep la temperatura a través de la conducció que ha patit la peça, i per tant una dada molt significativa. Es manté dos graus i mig per sota de la temperatura que s'obté en el cas que la mostra no porti fibra.

És la dada més important en cas de l'anàlisi de les temperatures, ja que és la temperatura que notarà la persona que estigui en contacte amb el paviment.

- o La cambra freda, és a dir la cambra que ha rebut la temperatura que ha deixat passar la peça a assajar, es troba mig grau més calenta que en cas que la proveta no portes fibra.

Aquesta dada no és molt rellevant ja que tal i com s'ha comentat anteriorment, es pot veure afectada per la temperatura en que es trobava l'aparell al iniciar l'assaig i alhora la diferència entre les dues mostres és mínima.

- o El flux de calor, la transmitància i la conductivitat es veuen més disminuïdes que amb les mostres sense fibra.

Així doncs s'observa que si el material té una adició del 10% de fibra actuarà com aïllant de la superfície del paviment que estaria en contacte amb la persona, per el que ens està produint un efecte contrari al esperat.

Al observar que els resultats tèrmics són negatius, es procedeix a realitzar l'anàlisi dels resultats obtinguts amb les proves de viscositat i s'observa que no hi ha cap dosificació amb fibra que s'assembli a les propietats que ens aporta el morter autoanivellant sense fibra i les quals són necessàries per formar el paviment autoanivellant per el terra radiant.

Finalment i veient que tots els resultats obtinguts són negatius respecte els esperats, es decideix que es buscarà una aplicació del paper de diari en un altre material que necessiti aïllament i no sigui imprescindible la seva fluïdesa, ja que com s'ha observat la fibra absorbeix gran quantitat d'aigua i no permet la viscositat del material.

5. SEGONA PART. EFECTES DE LES FIBRES DE PAPER EN EL FORMIGÓ PREFABRICAT

5.1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

Ja que els resultats obtinguts amb l'addició de la fibra de paper de diari al morter autoanivellant han resultat negatius als esperats es decideix canviar l'aplicació de la fibra de paper.

Es busca una aplicació on no sigui necessària la fluïdesa del material i que alhora necessiti abaixar la conductivitat i la transmitància de la calor del material, és a dir que actuï com aïllant.

Així doncs després d'analitzar detingudament diverses opcions on es complissin aquestes condicions es decideix aplicar la fibra de paper de diari als panells formigó prefabricat.

És un element que no necessita estrictament una fluïdesa del formigó i alhora porta molts additius que ajuden a obtenir-la, si és necessària, i més a més és interessant conèixer si la fibra de paper actuarà com aïllant amb el formigó prefabricat, al igual que passava amb el morter autoanivellant. Ja que ajudaria a disminuir les pèrdues d'energia durant la construcció de naus industrials o habitatges disminuint a la vegada el cost de la cara calenta de l'envolupant de l'immoble.

Per aquest apartat es busquen 3 dosificacions de fibra que es barrejaran amb el formigó prefabricat. Les dosificacions escollides són 0 %, 3 % i 6 %, s'han escollit aquestes ja que després d'analitzar els resultats obtinguts i els problemes que ens aportava la fibra amb el morter i el ciment es decideix que no es pot tenir un tant per cent de fibra més elevat del 10 % i per tant es marquen aquets paràmetres per tenir una dosificació lineal i així comprovar si els resultats finals també són lineals i poder arribar a conèixer, com a futura línia de recerca, la dosificació màxima de fibra dins el formigó prefabricat.

Molts problemes que s'han tingut fins aquest moment eren perquè la fibra no es trobava en unes dimensions molt petites i per tant creava grumolls que impedièen formar una massa més fluida, per el que a partir d'aquest moment es decideix triturar la fibra de paper anteriorment assecada a l'estufa a través d'un molí triturador com s'ha comentat a l'apartat 4.2.4 d'aquest mateix estudi.

A partir d'aquest moment la barreja amb la fibra ha resultat més eficaç, ja que tot i que es formaven una grumolls tipus boletes, s'aconseguien diluir de manera més ràpida que quan s'utilitzava la fibra sense haver fet prèviament la trituració amb el molí.

Així doncs per aquest apartat s'ha decidit estudiar els efectes tèrmics que produeix el formigó amb la fibra, de igual manera que s'ha estudiat a la primera part d'aquest treball, amb l'assaig tèrmic de la caixa tèrmica.

Alhora s'analitzaran com afecta la fibra de paper de diari a les propietats fisico-mecàniques dels panells de formigó, per tal de conèixer aquets resultats es realitzarà l'assaig de compressió, el de tracció indirecte i el de flexió i es farà una comparació amb provetes les quals portaran un 0 % de fibra.

La realització d'aquestes provetes s'ha efectuat a les instal·lacions de l'empresa de Prefabricats Planas S.L amb seu a Santa Coloma de Farners, aquesta empresa està especialitzada en la construcció de l'estructura i l'envolupant de naus prefabricades. Ha estat de gran ajuda ja que s'ha pogut utilitzar els materials i maquinària que es necessiten per la fabricació de panells i alhora tenir l'ajuda dels tècnics especialistes de l'empresa.

5.2 NORMATIVA

La normativa que s'ha seguit per la realització de tot l'estudi dels panells prefabricats amb una adició de fibres ha estat la normativa aplicable per panells de formigó armat sense addicions, ja que actualment no s'ha treballat ni estudiat aquest sistema constructiu per a panells de façana prefabricats amb fibra de paper.

Així que la normativa general que afecta aquest apartat del treball és:

- El codi tècnic i de l'edificació (CTE) és el marc normatiu amb el que es regulen les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis per satisfer els requisits bàsics de seguretat, habitabilitat. És d'obligat compliment en obres d'edificació de nova construcció i en les obres d'ampliació, reforma i rehabilitació d'edificis existents. El codi tècnic és un document que no parla de manera general de materials si no que parla i exposa les idees necessàries per fer els sistemes o solucions constructives.

Els documents bàsics que afecten directament als panells prefabricats per a façanes són:

- Seguridad estructural (SE):
 - DB-SE-AE Accions a l'edificació.
 - DB-SE-C Fonaments.
 - DB-SE-F Fàbrica.
- Seguretat en cas d'incendi (SI):
 - SI 1: Propagació interior.
 - SI 2: Propagació exterior.
 - SI 6: Resistència estructural a l'incendi.
- Seguretat d'utilització (SU):
 - SU 1: Seguretat enfront el risc de caigudes.
 - SU 8: Seguretat enfront el risc causat per l'acció d'un llamp.
- Salubritat (HS):
 - HS 1: Protecció enfront la humitat.
 - HS 5: Evacuació d'aigües.

- Protecció enfront el soroll (HR).
- Estalvi d'energia (HE):
 - Limitació de la demanda energètica.

Tot i que en el nostre cas hi ha algun DB que no ens afecta, es fonamental el coneixement del CTE en aquells aspectes en els que està involucrat d'alguna manera els prefabricats de formigó.

Pel fet que el CTE és un document extens i difícil de manejar, és necessari comptar amb un extracte del mateix en el qual només es contemplen els requeriments que afecten de forma més directe als elements prefabricats. Aquest és el principal motiu per el que el Departament Tècnic de ANDECE ha creat aquest document : “ Código Técnico de la Edificación : Exigencias relativas a los prefabricados de hormigón “. Amb la finalitat de facilitar el compliment de les exigències bàsiques del CTE, s'estableixen els denominats Documents Reconeguts del CTE, definits com a documents sense caràcter reglamentari que compten amb el reconeixement del Ministeri de Foment.

La finalitat és servir d'instrument d'ajuda a tècnics i prescriptors per el compliment de les exigències generals de disseny dels requisits d'Habitabilitat (Salubritat, Protecció enfront el Soroll i Estalvi d'Energia) que s'estableix en el CTE.

A Espanya, la transposició de la DPC a través del Real Decret 1630/1992, i la seva posterior modificació R.D. 1328/95, obliga a disposar del Marcatge CE a tots aquells productes amb Norma harmonitzada. I així es disposa en el Reglament europeu de Productes de la Construcció, UE 305/2011.

En els últims anys s'ha establert l'obligació del Marcatge CE als elements prefabricats de formigó, englobant pràcticament i a qualsevol de les múltiples solucions que s'ofereixen en el mercat.

En el nostre cas, per a elements de formigó prefabricats no estructurals, disposem de la següent informació:

NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	SISTEMA
UNE EN 490:2012	Tejas y piezas de hormigón para tejados y revestimiento de muros. Especificaciones de producto	3/4
UNE EN 771-3:2011 (UNE 127771-3:2006)	Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 3: Bloques de hormigón (áridos densos y ligeros)	2+/4
UNE EN 771-4:2011	Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 4: Bloques de hormigón celular curado en autoclave	2+/4
UNE EN 845-2:2014	Especificaciones de componentes auxiliares para fábricas de albañilería. Parte 2: Dinteles	3
UNE EN 1338:2004/AC:2006 (UNE 127338:2007)	Adoquines de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo (Propiedades y condiciones de suministro y recepción de los adoquines de hormigón)	4
UNE EN 1339:2004/AC:2006 (UNE 127339:2012)	Baldosas de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo (Propiedades y condiciones de suministro y recepción de las baldosas de hormigón)	4
UNE EN 1340:2004 (UNE 127340:2005)	Bordillos prefabricados de hormigón. Especificaciones y métodos de ensayo	4
UNE EN 1520:2011	Componentes prefabricados de hormigón armado de áridos ligeros con estructura abierta con armadura estructural y no estructural	2+/4
UNE EN 1916:2008 (UNE 127916:2014)	Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero	4
UNE EN 1917:2008 (UNE 127917:2015)	Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero	4
UNE EN 12602:2011+A1:2014	Elementos prefabricados de hormigón celular armado curado en autoclave	2+/4
UNE EN 12737:2006+A1:2008	Rejillas de suelo para ganado	2+
UNE EN 12839:2012	Elementos para vallas	4
UNE EN 13746-1:2005 (UNE 127746-1:2012)	Baldosas de terrazo. Parte 1: Baldosas de terrazo para uso interior	4
UNE EN 13746-2:2005 (UNE 127746-2:2012)	Baldosas de terrazo. Parte 2: Baldosas de terrazo para uso exterior	4
UNE EN 15285:2009	Piedra aglomerada. Baldosas modulares para suelo (uso interno y externo)	1/3/4
UNE EN 15286:2013	Piedra aglomerada. Losas y baldosas para acabados de pared (interiores y exteriores).	1/3/4
UNE EN 15435:2009	Productos prefabricados de hormigón. Bloques de encofrado de hormigón de áridos densos y ligeros. Propiedades del producto y prestaciones	4
UNE EN 15498:2009	Productos prefabricados de hormigón. Bloques de encofrado de hormigón con virutas de madera. Propiedades del producto y prestaciones	4

Taula 29. Relació de normativa UNE segons els elements.

Font: normativa UNE

El fet de veure que en aquestes Normatives UNE-EN no es tracta sobre els elements prefabricats exclusivament per a tancaments, ens haurem de regir en les UNE-EN que fan referència a elements estructurals, es sobreentén que si compleix els requisits estructurals, evidentment complirà com a no estructural. Tals com:

NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO	SISTEMA
UNE EN 1168:2006+A3:2012	Placas alveolares (para forjados y cubiertas)	2+
UNE EN 1317-5:2008+A2:2012	Sistemas de contención para carreteras (barreras y pretilos prefabricados)	1
UNE EN 12794:2006+A1:2008/AC:2009	Pilotes de cimentación	2+
UNE EN 12843:2005	Mástiles y Postes	2+
UNE EN 13224:2012	Elementos para forjados nervados (tipo Π)	2+
UNE EN 13225:2013	Elementos lineales estructurales	2+
UNE EN 13693:2005+A1:2010	Elementos especiales para cubiertas	2+
UNE EN 13747:2006+A2:2011	Prelosas para forjados	2+
UNE EN 13978-1:2006	Garajes prefabricados de hormigón	2+
UNE EN 14843:2008	Escaleras	2+
UNE EN 14844:2007+A2:2012	Marcos	2+/4
UNE EN 14991:2008	Elementos de cimentación	2+
UNE EN 14992:2008+A1:2012	Elementos de muros	2+/4
UNE EN 15037-1:2010	Viguetas (sistemas de forjado vigueta y bovedilla)	2+
UNE EN 15037-2:2009+A1:2011	Bovedillas de hormigón (sistemas de forjado vigueta y bovedilla)	2+
UNE EN 15050:2008+A1:2012	Elementos para puentes	2+
UNE EN 15258:2009	Elementos para muros de contención	2+

Taula 30. Relació de normativa UNE segons els elements.

Font: Normativa UNE

La Instrucció de Formigó Estructural, EHE-08, vigent des de desembre de 2008, és el marc reglamentari espanyol en el que s'estableixen les exigències que ha de complir les estructures de formigó per a satisfer els requisits de seguretat estructural i seguretat en cas d'incendi, a més de la protecció del medi ambient, proporcionant procediments que permeten demostrar el seu compliment amb les suficients garanties tècniques.

Les exigències s'han de complir en el projecte i la construcció de les estructures de formigó, així com en el seu manteniment.

Una de les principals novetats que es van presentar amb l'aprovació de la Instrucció del Formigó Estructural EHE-08, era que es definia per primera vegada un tractament específic i detallat per a les estructures realitzades amb elements prefabricats de formigó, definint requisits específics per aquests productes en les etapes de càlcul, control i execució.

A continuació es mostren els articles on queda manifestat:

- Capítol XII. Elements Estructurals:
 - Art. 59. Estructures construïdes amb elements prefabricats.

- Capítol XIII. Execució:
 - Art. 76. Elements prefabricats.

- Capítol XVI. Control en la Conformitat del producte:
 - Art. 85. Criteris per la comprovació dels materials components del formigó.
 - Art. 86.9. Control del formigó per a elements prefabricats.
 - Art. 91. Control dels elements prefabricats.

- Capítol XVII. Control de l'execució:
 - Art. 99. Control del muntatge i unions d'elements prefabricats.

- Capítol VI. Materials:
 - Art. 26. Cement.
 - Art. 27. Aigua.
 - Art. 28. Àrids.
 - Art. 29. Additius.
 - Art. 30. Addicions.
 - Art. 31. Formigons.

- Capítol VII. Durabilitat.

Pel que fa els Eurocodes, com que són un conjunt de normes europees de caràcter voluntari que recullen mètodes comuns en tots els Estats Membres de la UE per el càlcul i dimensionat d'estructures, i en el nostre cas no té funció estructural, no les tindrem en compte.

Finalment, després d'analitzar tota la normativa i parlar amb gent experta en el sector, amb membres de ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón), de ITEC, experts en GRC, etcètera, podem treure la conclusió que, no hi ha res de Normativa a nivell europeu respecte els prefabricats de formigó amb fibres naturals. Per tant, per poder realitzar el

treball de manera que pugui tenir una possible aplicació en el sector de la construcció, ho farem usant tres Normatives de referència: les normes UNE, tenint molt present la UNE-EN 14992:2008+A1:2012 (es tracta d'una normativa harmonitzada que està afectada del Marcatge CE), l'EHE-08, concretament l'Annex 14 de la EHE-08 -"Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras "- i el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) bàsicament en quan a propietats tèrmiques i acústiques. (DB-HR i DB-HE).

5.3 PANELLS PREFABRICATS

El formigó prefabricat s'utilitza per a la construcció d'elements, ja siguin en forma d'elements estructurals (com els pilars i les bigues) o en forma de panell: aquests poden ser resistents o portants (aguanten i transmeten les càrregues) o no portants (fan la funció únicament de tancament). Són els encarregats de tancar l'edifici, i a la vegada són els que formen l'aspecte exterior de la façana.

5.3.1 HISTÒRIA

Tot i l'antiguitat del formigó armat, l'ús dels panells prefabricats es situa a partir dels anys cinquanta, provinent del moviment Modernista, amb l'arquitecte Le Corbusier per excel·lència, on els va utilitzar per a les façanes d'un edifici d'habitatges residencial a Marsella.

La seva evolució després de més de cinquanta anys, ha sigut la utilització de formigons lleugers utilitzant l'arilita com a àrid natural per a reduir el pes, la introducció de fibres per augmentar les dimensions i reduint el gruix i finalment la incorporació d'aïllament tèrmic. A Espanya, la construcció amb panells prefabricats no ha sigut gaire considerable.

Els panells són fabricats en funció del projecte, amb motlles de mida estandarditzada o bé fets a mida els quals ja surten de fàbrica amb les obertures, pas d'instal·lacions i l'acabat de façana. Un cop a l'obra es fixen a l'estructura; els verticals solen anar de forjat a forjat mentre que els horitzontals de pilar a pilar, mitjançant fixació mecànica, i entre ells amb junta i segellat de silicona especial.

5.3.2 TIPUS DE PANELLS QUE ES TROBEN AL MERCAT

Existeixen diferents tipus de panells que actualment es troben al mercat, aquets panells són:

- Els panells de formigó prefabricat massissos:
Es tracta de panells de formigó armat de 6 a 14,4 metres d'amplada i de 2,4 a 3 metres d'alçada, amb gruixos que es troben entre els 10 i els 24 cm.

- Els panells de formigó prefabricat de doble paret (Double Wall):
El sistema consisteix en dues plaques unides de formigó armat, de 8 a 14 metres d'amplada, 3 metres d'alçada i 6 cm cadascuna amb gruixos totals dels mínim 20 cm als màxim 50 cm , unides per gelosies metàl·liques.
- Panell de formigó sandvitx:
Es tracta d'un sol panell que duu incorporat una capa intermitja d'aïllament tèrmic, generalment poliestirè expandit. Si les plaques de formigó són independents i lliurament dilatables, no hi ha existència de ponts tèrmics. Els gruixos totals van dels 16 als 24 cm, amb amplades de 8,8 a 13,2 metres i alçades de com a màxim 3 metres. Els gruixos de construcció van dels 20 als 28 cm.

Un dels tipus de panells de formigó que s'està utilitzant molt actualment són els anomenats "GRC" (Glassfibre Reinforced Cement). Poden ser massissos, dobles o sandvitx. Estan formats per morter de ciment armat amb fibra de vidres resistents. El morter pot ser gris o blanc, i amb sorra de silici amb contingut de Quars superior al 96% del pes de la sorra, i granulometria de màxim 1,6 mm. Se li poden afegir additius com plastificants, superplastificants, fluïdificants, impermeabilitzants o hidròfugs. Les fibres de vidre, tenen forma de filaments, i són els encarregats d'aportar la resistència.

5.3.3 PROPIETATS DELS PANELLS PREFABRICATS

Algunes de les propietats més destacades que comparteixen tots els diferents tipus de panells prefabricats són:

- Aïllament acústic: És una propietat que li dóna avantatge, per la transmissió acústica respecte els sorolls d'impacte.
- Aïllament tèrmic: De la mateixa manera que aïlla acústicament per la seva espessor i massa, els panells prefabricats (els que porten aïllament incorporat) tenen molt bones prestacions d'aïllament tèrmic, arribant a valors de transmissió de 0,70 W/m²K.
- Durabilitat: Com s'ha comentat en el cas del formigó armat in situ, la dosificació i compactació del formigó són la clau per a la seva llarga vida útil.

- Impermeabilitat: El formigó no es considera 100% impermeable, però sí que oposa molt bona resistència al pas de l'aigua.
- Resistència al foc: Els panells de formigó no es cremen quan hi ha un foc, ofereix estabilitat i no requereix de tractaments de protecció específics addicionals com l'acer.
- Resistència estructural: El formigó armat de per sí ofereix una bona resistència a compressió, i els panells prefabricats són capaços d'arribar a valors d'entre 60-100 N/mm².

5.3.4 PROPIETATS DELS PANELLS PREFABRICATS

Com a avantatges principals destaquen:

- S'adapten amb diverses formes, textures, colors i acabats.
- Al ser prefabricat, estalvia tots els problemes derivats de la posta en obra del formigó armat.
- Es poden resoldre estructures de grans llums amb menys cantell.
- Facilitat i rapidesa de muntatge, amb un rendiment de 500 m² /dia.
- Manteniment molt baix, i fàcil de netejar.

Com a inconvenients presenta:

- Les dimensions dels panells es poden veure limitades en funció del transport.
- Cal segellar molt bé les juntes per evitar la filtració d'aigua.

5.4 MATERIALS UTILITZATS

Els materials que s'han utilitzat per realitzar les masses de formigó que s'utilitza com aplicació de la formació de panells prefabricats per façanes, són els que ena ha proporcionat l'empresa on s'ha realitzat l'estudi, Prefabricats Planas.

L'equip tècnic també ens ha donat la relació de materials que eren necessaris per la formació de les masses de formigó i les quantitats de cada materials que s'ha d'utilitzar en cada cas, és a dir la dosificació de cada un d'ells.

Per temes de confidencialitat de l'empresa s'anomenaran la relació dels materials utilitzats però no s'exposaran les diferents quantitats de cada un d'ells per tal de formar una massa final.

5.4.1 CIMENT

El ciment és un conglomerat hidràulic artificial de naturalesa inorgànica el qual és un element imprescindible per la fabricació de panells prefabricats de formigó.

Per la realització de les diferents provetes s'ha utilitzat el ciment CEM 42,5 R de la casa CEMEX ja que és el que utilitzen a l'empresa de prefabricats per la realització dels panells prefabricats de façana.

Tot i realitzar la dosificació de les provetes amb la proporció de ciment idònia és altament imprescindible que, tal i com s'observarà a la metodologia, quan la massa ens exigeix afegir més aigua ja que la fibra n'ha absorbit grans quantitats, s'ha d'afegir alhora la mateixa proporció de ciment per mantenir la relació d'aigua ciment que s'ha plantejat inicialment.

En cas de no mantenir la relació d'aigua ciment les provetes el material es veu perjudicat i no obté els requisits mínims de resistència físico-mecànica.



Imatge 51. Cemex 42,5 R.
Font: Fitxa tècnica CEMEX

5.4.2 ÀRID

L'àrid que s'utilitza per la fabricació del formigó per els panells prefabricats de façana té un tamís general de 1,2 mm. S'anomena àrid granític de riu triturat i ens aporta més consistència a la massa i resistència al material.

5.4.3 SORRA

Per la formació del formigó és necessari utilitzar sorra a part de l'àrid, aquesta sorra és sorra de riu rentada la qual té un mida màxim de 8 mm.

5.4.4 AIGUA

L'aigua és un element molt important a l'hora de realitzar les dosificacions i les masses. És imprescindible per formar la massa ja que quan actua amb els altres materials ajuda a formar una massa homogènia. L'aigua ha de seguir una Normativa de qualitat, pel que fa els minerals que porta, intentant que estigui el màxim de neta i fresca i no pot contenir cap mena de residus d'oli, àcids, sulfats de magnesi, etcètera.

Tal com s'ha comentat contínuament al llarg d'aquest projecte és molt important mantenir la relació d'aigua-ciment constant tot i l'addició d'altres materials.

Es a dir, sempre i quan s'afegeixi més aigua a la massa, ja que per si sol ens ho exigeix, s'haurà d'afegir la proporció de ciment que pertoca.

La relació d'aigua ciment a la qual es treballa és de 1/3, ja que amb els additius que porta la massa de formigó no és necessària abaixar-la a 1/2 com passava a la primera part de l'estudi amb el morter.

5.4.5 ADDITIUS

L'additiu que s'utilitza per la formació de panells prefabricats és un fluïdificant de la casa comercial SIKA, concretament és el SIKA VISCOCRETE 20 HE que s'afegeix a l'hora de realitzar el formigó.

És important que quan es s'afegeix el fluïdificant indicat es barregi amb un mínim d'aigua ja que comença a actuar quan es troba a l'interior de l'aigua.



Imatge 52. Sika Viscocrete 20 HE.
Font: Web Sika

5.4.6 ACCELERANT

L'accelerant és un element necessari per la curació dels panells prefabricats i el que s'utilitza a l'empresa de Prefabricats Planas per els panells de formigó és el Chrysoxel 390.

5.4.7 DESENCOFRANT

El desencofrant és un líquid que s'aplica als motlles de les diferents provetes a assajar per tal de poder facilitar l'extracció de la peça 24 hores després de la seva formació sense provocar que es produeixin trencaments d'aquestes.

En aquest estudi s'ha utilitzat el mateix desencofrant que utilitzen en els motlles dels panells reals que es fabriquen actualment sense fibra.

En el cas dels motlles de metàl·lics és altament imprescindible la seva aplicació ja que amb el curat del ciment podria passar que el metall s'hagés endurit impedit obrir el motlle per extreure la proveta.

5.5 EQUIPS

Per la realització de les diferents provetes de formigó que es pretenen assajar és necessari tenir una sèrie d'instruments que ajudaran a la formació d'aquestes. Gairebé tots els instruments necessaris s'han extret dels laboratoris de fabricació de panells i control de qualitat de peces prefabricades de l'empresa de Prefabricats Planas. Tot i que la majoria d'assajos s'han realitzat als laboratoris de l'Escola Politècnica de la Universitat de Girona.

5.5.1 FORMIGONERA

Per tal de formar la massa del formigó de manera homogènia s'ha d'abocar tots els materials a l'interior d'una formigonera per a formar la massa.

Ja que s'han format diferents masses on cada una d'elles porta una dosificació dels materials diferents i sobretot la fibra, cada vegada que es vol formar una tongada de formigó amb diferents percentatges s'ha de netejar per complet la formigonera per tal de no obtenir resultats erronis.



Imatge 53. Formigonera.
Font: pròpia

5.5.2 MOTLLES

Per la realització de les provetes s'ha necessitat una gran varietat de motlles, ja que cada un dels assajos es necessitava tenir una forma de proveta en concret.

En general les classes de motlles que hem utilitzen són:

- Motlles de fusta fabricats in situ prèviament al formigonat de cada una de les provetes. Aquets motlles que es van realitzar a la fabrica de Prefabricats Planas són de fusta aglomerada amb un acabat de melamina el qual facilita l'extracció de les provetes.

Aquestes motlles eren molt útils quan necessitàvem una gran varietat de dimensions de provetes no estandarditzades.

L'extracció de la proveta és senzilla ja que quan es volia extreure es descargolaven els cargols que ajuntaven les fustes i s'extreuen cada una d'elles.



Imatge 54. Motlles de fusta.
Font: Pròpia

- Motlles prefabricats de plàstic per les provetes que s'utilitzen per l'assaig de resistència a compressió les quals tenen una dimensió cúbica de 10 x 10 cm tal com marca la normativa d'assajos a compressió.

L'extracció de la proveta es realitza per mitja d'introduir aire a pressió a un forat que es troba a la base del motllo amb el qual la proveta surt.

Aquestes provetes s'extreuen de la fabrica de prefabricat ja que en tenen en gran quantitats per quan es realitzen els periòdics controls de qualitat.



Imatge 55. Motlles de plàstic per provetes cubiques.
Font: pròpia

- Motlles metàl·lics cilíndrics. Les provetes que es realitzen a l'assaig de tracció indirecte tal com marca la normativa de tracció, és necessari que siguin cilíndriques amb una dimensió de 15 cm de diàmetre i 30 cm d'altura.

La universitat disposa d'aquets motlles per realitzar els assajos de tracció i són portats a la fabrica de prefabricat per formigonar-los.

És extremadament necessari aplicar-li desencofrant al llarg de tot el motlle i al tancament d'aquests, ja que amb l'efecte de l'enduriment del formigó i les diferències de temperatura del metall podria causar que no es pogués obrir per extreure la proveta.



Imatge 56. Motlles cilíndrics.
Font: pròpia.

5.5.3 PETIT MATERIAL (EINES MANUALS, MARTELL, PALETES)

És important conèixer que per la formació del formigonat de provetes s'utilitza petit material per facilitar l'aplicació del formigó dins el motlle correctament. Un recull del petit material que s'utilitza és el següent:

- Martell
- Paleta
- Bascula
- Cuba on colar la massa del morter
- Cubells per el ciment i l'aigua
- Barra corrugada per compactar el material que s'aboca per tongades a les provetes tal com marca la normativa.

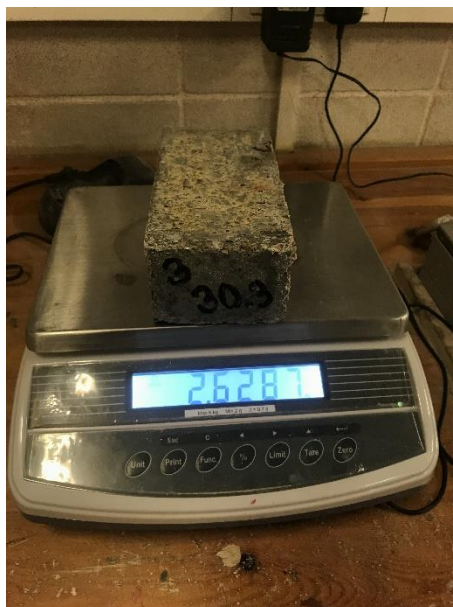
S'adjunta un recopilatori d'algun objecte del petit del material esmentat anteriorment:



Imatge 58. Cubeta on col·locar les masses de formigó.
Font: pròpia



Imatge 57. Cubells per el ciment i l'aigua per mantenir la relació aigua ciment constant.
Font: pròpia



Imatge 59. Bàscula.
Font: pròpia

5.5.4 BANYERA

Tal com marca la normativa del curat de les provetes de formigó un cop han estat desencofrades 24 hores després de la seva formació, s'han de col·locar en una cambra humida com s'ha fet a la primera part d'aquest treball o col·locar-les a un dipòsit el qual s'anomena banyera on s'hi troba aigua amb un ph 0 i per tant un alt grau d'acidesa de l'aigua que permet que les provetes de ciment es curin al complet. En el cas de les provetes de formigó s'han col·locat a l'interior de la banyera ja que a l'empresa de Prefabricats Planas realitzen el curat d'aquesta manera.

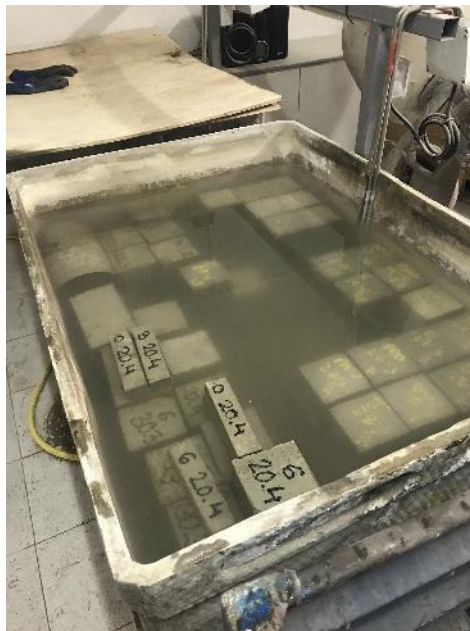
Depenen del dia en que es vol realitzar l'assaig s'hauran de deixar més o menys dies. Com per exemple:

- Assajos a compressió:
 - 7 dies a dins la banyera.
 - 28 dies dins la banyera que és quan ha adquirit la duresa màxima.

- Assajos a tracció indirecte i flexió:
 - o 28 dies dins la banyera que és quan ha adquirit la duresa màxima.

- Assajos tèrmics:
 - o 7 dies dins la banyera per obtenir el curat del formigó, no és necessari adquirir la duresa màxima ja que l'assaig tèrmic no és destructiu i amb el curat de 7 dies és suficient tal com marca la normativa d'assajos tèrmics.
Posteriorment igual que les provetes de ciment que s'han assajat en la primera part d'aquest estudi s'hauran de col·locar a una estufa i amb el control del pes obtenir un assecatge total de la proveta. L'estufa que s'utilitza per l'assecatge total de les provetes per l'assaig tèrmic és la que està explicada a l'apartat 5.6.4 d'aquest mateix estudi.

És molt important saber que si es vol assajar les provetes que porten fibra s'hauran de treure entre 24 i 48 hores posteriors al trencament ja que si no la fibra de paper es troba encara humida i els resultats que s'obté no són els correctes.



Imatge 60. Banyera amb les provetes a l'interior.

Font: pròpia

5.6 METODOLOGIA I ANALISIS DE RESULTATS

La metodologia d'aquest segon apartat de l'estudi ens aporta tota la informació necessària per escollir si la fibra de paper de diari actua bé amb el formigó dels panells prefabricats de façanes i alhora, en el cas que s'obtinguin resultats positius, conèixer el tant per cent de fibra que és més adient per l'aplicació.

La fabricació de les provetes de formigó consistirà en:

- Realitzar la dosificació correcte per les tres masses diferents que es volen obtenir (0%, 3% i 6%).
- Adquirir i pesar tots els materials necessaris per formar les provetes.
- Formar les 3 masses que es volen estudiar.
- Col·locar les masses dins els motlles adients depenen de l'assaig que es vol estudiar.
- Deixar passar 24 hores per obtenir el curat de la peça i procedir al desemmotllament de totes les peces.
- Col·locar-les a l'interior de la banyera durant 7 o 28 dies depenen de l'assaig que es vol estudiar.
- Extreure les provetes que tenen un 3 o 6 per cent de fibra com a mínim 24 hores per assegurar que la fibra estigui totalment assecada i no interfereixi amb els resultats de resistència físico-mecànica.

Finalment en aquest apartat es procedeix a analitzar tots els resultats obtinguts a partir dels diferents assajos que s'han realitzat a les provetes fabricades les quals tenen un 0%, un 3% i un 6% d'addició de fibra i finalment determinar quin tant per cent millora més propietats per l'aplicació plantejada inicialment per panells prefabricats de façanes.

Primerament en cada apartat s'explica quin és el procediment per realitzar els assajos corresponents.

5.6.1 DOSIFICACIÓ

Tal com s'ha comentat anteriorment a l'apartat 6.4 Materials utilitzats no es podrà aportar la formula que s'utilitza per la fabricació de les provetes de ciment, ja que es la formula que s'utilitza habitualment a l'empresa de Prefabricats Planas i per temes de confidencialitat no està permesa la seva difusió.

L'addició de la fibra sempre serà depenen del pes del ciment que incorpori la massa. Una observació que destaca després de la realització de les diferents provetes de ciment amb la incorporació de fibra de paper de diari és que la fibra aporta un augment de volum considerable i per tant per obtenir la massa necessària la quantitat de formigó a afegir es veu altament reduït, tal que:

- Amb l'addició d'un 3% de fibra sobre el pes total del ciment, s'obté el mateix volum que es vol aconseguir però amb un 38% menys de formigó.
- Amb l'addició d'un 6% de fibra sobre el pes total del ciment, s' obté el mateix volum que es vol aconseguir però amb un 43,42% menys de formigó.

Aquestes dades s'han extret després de formar les provetes i observar que el volum del formigó que s'havia pensat obtenir inicialment per formigonar les provetes necessàries, ha augmentat considerablement i s'han pogut formigonar moltes més provetes de les pensades inicialment.

% DE FIBRA	MATERIALS	IDEA INICIAL	TOTAL	REALITAT	TOTAL	% MENYS DE MASSA
3%	Kg de Fibra	1,13	38,83 kg	0,7	23,7kg	-39%
	Kg de Formigó	37,7		23		
6%	Kg de Fibra	1,8	31,8 kg	1	17,1 kg	-43%
	Kg de Formigó	30		17		

Taula 31. Reducció de la massa amb l'addició de fibres

S'havia calculat que per formigonar un numero determinat de provetes necessitàvem amb un 3% de fibra un total de 38,83 kg de massa total però a l'hora d'abocar el formigonat a l'interior dels motllos que s'havien plantejat s'observa que amb tant sols 23,7 kg s'ha aconseguit emplenar tot el volum de provetes que es necessitaven.

Per tant s'arriba a la conclusió que la fibra va augmentar considerablement el volum de la massa i amb menys quantitat en pes es pot omplir el mateix volum de provetes.

Aquesta informació és positiva ja que suposa una reducció del cost de formigó que resulta més elevat que el cost del paper de diari.

5.6.2 FABRICACIÓ DE LES TRES MASSES DE FORMIGÓ

La fabricació de les masses de formigó amb fibres s'explicarà a partir de que s'ha format la massa de formigó i es procedeix a la incorporació de la fibra de paper de diari, ja que com s'ha comentat per temes de confidencialitat amb l'empresa es demana no exposar la formulació ni la producció del formigó dels panells al present estudi.

S'exposarà el procés de fabricació del formigó amb fibres, tal que consisteix en:

- Evocar el formigó resultant sense fibra dins la formigonera i posteriorment posar-la en funcionament. Aquest procés serveix per impedir ràpidament l'enduriment del formigó.
- Racionar la fibra de paper en 3 vegades ja que si s'evoca tota la quantitat de fibra, aquesta actua absorbint la totalitat de l'aigua de la massa de formigó formant boles de formigó i fibra que no creant una massa homogènia i fluida.
- Evocar una part de la fibra de paper prèviament racionada.
- Afegir aigua, en cas que la massa ho necessiti, s'ha de recordar que sempre hi quan s'avoqui aigua perquè la massa es comença a disgregar, s'haurà d'aportar a la mescla la proporció de ciment que li pertoca per tal de no alterar la relació d'aigua ciment final. Quan s'afegeix l'aigua també s'ha d'incrementar el tant per cent de fluïdificant, ja que al igual que el ciment també està inclòs a la relació d'aigua ciment i perjudicaria els seus efectes si s'omet aquest apartat. L'addició del fluïdificant es farà barrejat amb l'aigua.
- Repetir el procés fins a tenir tots els materials prèviament dosificats a dins la formigonera i observar que la massa té un aspecte similar al del formigó sense fibra, per tal que es pugui col·locar als motlles.

5.6.2.1 PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DEL FORMIGÓ AMB FIBRES



Imatge 61. Massa de formigó sense addició de fibra.
Font: pròpia



Imatge 62. Fibra de paper necessària.
Font: pròpia



Imatge 64. Addició de la fibra de paper de diari al formigó.
Font: pròpia



Imatge 63. Resultat de la massa amb fibra que necessita més aigua ja que forma boles.
Font: pròpia



Imatge 65. Quantitat d'aigua i ciment que s'ha d'afegir a la massa per tal que no estigui disgregada.

Font: pròpia



Imatge 70. Massa resultant després de l'addició de la fibra total, el ciment i l'aigua per no perdre la relació d'aigua-ciment.

Font: pròpia



Imatge 66. Massa de formigó amb fibres on s'observa una bona consistència tal com marca la normativa.

Font: pròpia

Tal com s'observa a les fotografies adjuntes en aquest apartat, al inici de la formació del formigó amb les fibres s'aprecia una disgregació elevada de la massa amb la formació de les esmentades boletes de fibra de paper i formigó.

Així doncs es procedeix a evocar el ciment, l'aigua i el fluïdificant corresponent per a fi d'aconseguir una massa homogènia i no disgregada tal com s'observa a la imatge 71.

Un cop s'obté la massa ja es pot introduir el formigó a l'interior dels motlles, aquest procediment serà el mateix amb totes les provetes ja que no influeix aquest pas el tipus d'assaig que es pretén estudiar. Així que els passos següents seran:

- Aplicar desencofrant a tots els motlles que es volen emplenar de formigó.
- Abocar la massa de formigó prèviament formada.
- Deixar reposar el formigó durant 24 hores.
- Passades 24 hores, desemmotllar les provetes.
- Introduir les provetes a la banyera fins passat 7 dies o 28 depenen de l'assaig que es vol estudiar.

5.6.3 REALITZACIÓ DE PROVETES A COMPRESSIÓ

Per dur a terme els assajos de compressió s'ha format una sèrie de provetes de formigó per aquest assaig, tal com marca la normativa de compressió aquestes provetes han de ser de dimensió cubica amb una longitud de 10 cm per costat.

Per tal de comprovar si millora o empitjora la resistència a compressió amb l'addició de fibres i, en aquest cas, conèixer el tant per cent ideal, s'ha format la següent relació de provetes:

- 11 provetes amb un 0% de fibra. De les quals:
 - o 6 es trenquen a 7 dies.
 - o 5 es trenquen a 28 dies.

- 6 provetes amb un 3% de fibra. De les quals:
 - o 3 es trenquen a 7 dies.
 - o 3 es trenquen a 28 dies.

- 6 provetes amb un 6% de fibra. De les quals:
 - o 3 es trenquen a 7 dies.
 - o 3 es trenquen a 28 dies.

Tal com s'ha comentat amb anterioritat es important extreure les provetes que incorporen un tant per cent de fibra com a mínim 24 hores abans de realitzar l'assaig ja que si no s'observa que els resultats que s'obtenen de compressió es veuen afectats.

En canvi en les provetes que no tenen fibra es pot procedir a realitzar l'assaig 5 minuts posteriors a l'extracció de les provetes de la banyera.

5.6.3.1 CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ

Tot i com s'ha vist a l'apartat 6.6.1 Dossificació, d'aquest estudi el volum de formigó que es veu alterat per l'augment de volum final que provoca la fibra, però es considera imprescindible que abans de realitzar el formigonat de les diferents masses es coneix quin volum teòric es necessita encara que a l'hora de dur a terme l'emplenat de les provetes aquest sigui superior al necessari.

Per tant, prèviament a l'abocament del formigó als corresponents motlles s'ha dut a terme el càlcul de la quantitat de formigó i fibra que es necessitava:

$$\text{Volum per proveta} = b \times \text{altura} \times \text{profunditat} = 0,10 \times 0,10 \times 0,10 = 0,001 \text{ m}^3$$

Un cop s'ha obtingut el volum d'una proveta es pot obtenir el volum total per cada una de les dosificacions, es fa de manera separada ja que resulta més entenedor alhora de realitzar les dosificacions adjacents per que es realitzen una quantitat de provetes diferents depenen del tant per cent de fibra que porten:

$$\text{Volum total 0\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 11 \times 0,001 = 0,011 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 3\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 6 \times 0,001 = 0,006 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 6\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 6 \times 0,001 = 0,006 \text{ m}^3$$

Per saber els kg de formigó que es necessita per cada proveta s'ha de fer:

$$\text{Quantitat de formigó 0\%} = \text{volum total 0\%} \times \text{densitat} = 0,011 \times 2500 = 27,5 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 3\%} = \text{volum total 3\%} \times \text{densitat} = 0,006 \times 2500 = 15 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 6\%} = \text{volum total 6\%} \times \text{densitat} = 0,006 \times 2500 = 15 \text{ kg}$$

Ja que la fibra es calcula segons el volum de formigó es farà:

$$\text{Quantitat de fibra per 3\%} = \text{kg de formigó} \times 3\% = 15 \times 0,03 = 0,45 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de fibra per 6\%} = \text{kg de formigó} \times 6\% = 15 \times 0,06 = 0,90 \text{ kg}$$

Així doncs s'entén que per la formació de les provetes de l'assaig a compressió es necessitarà un total de:

- 57,5 kg de formigó.
- 1,35 kg de fibra de paper.

5.6.3.2 PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ



Imatge 68. Provetes de l'assaig de compressió amb el formigó fresc.

Font: pròpia



Imatge 67. 24 hores després del formigonat de les provetes de compressió.

Font: pròpia



Imatge 70. Provetes per compressió desenmotllades.

Font: pròpia



Imatge 69. Provetes just extretes de la banyera s'observa que encara estan humides.

Font: pròpia



Imatge 71. Provetes de fibra deixades assecar 24 hores després de treure-les de la banyera.

Font: pròpia

5.6.4 ASSAIG I RESULTATS A COMPRESSIÓ

La normativa de l'assaig de compressió és molt extensa ja que en tracta a tots aquets documents: UNE-EN 772, UNE-EN 12390-1, UNE-EN 12390-2, el Codi Tècnic i en concret la UNE-EN 771-3, la 14992:2008 i l'EHE-08. Després de llegir-la detingudament es procedeix a realitzar l'assaig de compressió.

Tot i així es comprova que la normativa de panells de formigó no requereix una exigència de la resistència a compressió, però és una dada important alhora de conèixer les propietats del material a estudiar.

Aquest assaig consisteix en primerament en analitzar el trencament que pateixen les 12 provetes amb diferents dosificacions de fibra que s'han fabricat per estudiar el trencament a 7 dies i així per obtenir la resistència orientativa a compressió d'un 75 % sobre la resistència a compressió final.

Posteriorment es realitza el trencament de les 11 provetes amb diferents dosificacions de fibra que s'han fabricat per estudiar el trencament a 28 dies, que és quan s'adquireix la resistència final a compressió.

Com s'ha comentat en diferents apartats al llarg d'aquest estudi abans de realitzar el trencament de les provetes de formigó amb addició de fibra s'han d'haver deixat assecat a temperatura ambient durant com a mínim 24 hores per tal que la fibra humida de la peça estigui totalment seca i no influeixi en els resultats que s'obtenen.

El material necessari per dur a terme l'assaig a compressió és:

- Premsa hidràulica amb sensors i mesuradors de la força.
- Provetes a analitzar de dimensions cubiques.

S'analitzarà un total de 23 provetes de formigó de les quals 11 tenen un 0% de fibra i 6 un 3% de la fibra i 6 un 6%. Per tal de tenir els resultats de manera ordenada les diferents provetes s'han anomenat així:

- Proveta 1C_0%_7 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 2C_0%_7 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 3C_0%_7 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 4C_0%_7 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 5C_0%_7 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 6C_0%_7 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 1C_3%_7 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.

- Proveta 2C_3%_7 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 3C_3%_7 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 1C_6%_7 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 2C_6%_7 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 3C_6%_7 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra la qual es realitza el trencament a 7 dies.
- Proveta 1C_0%_28 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 2C_0%_28 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 3C_0%_28 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 4C_0%_28 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 5C_0%_28 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 1C_3%_28 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 2C_3%_28 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.

- Proveta 3C_3%_28 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 1C_6%_28 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 2C_6%_28 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.
- Proveta 3C_6%_28 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra la qual es realitza el trencament a 28 dies.

S'exposarà com exemple el procediment que s'ha utilitzat amb la proveta 2C_3%_28 la qual té un 3% de fibra sobre el pes del ciment i el seu trencament es realitza a 28 dies quan s'adquireix la resistència total a compressió. El procediment de l'assaig és el següent:

- Preparació de la premsa hidràulica on es col·locarà la proveta.
 - Neteja de la superfície.
 - Centrat de la proveta.
- Iniciar la baixada de la premsa fins arribar al trencament de la proveta esperat.

5.6.4.1 MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG DE COMPRESSIÓ

Material necessari:



Imatge 73. Provetes per assaig de compressió sense fibres.
Font: pròpia



Imatge 72. Premsa hidràulica de Prefabricats Planas.
Font: pròpia



Imatge 74. Provetes per assaig de compressió amb fibra.
Font: pròpia



Imatge 75. Premsa hidràulica de la Universitat de Girona.
Font: pròpia

Resultats de l'assaig:



Imatge 76. Proveta col·locada per el trencament.
Font: pròpia



Imatge 77. Trencament de proveta sense fibra a compressió.
Font: pròpia



Imatge 78. Trencament de proveta amb fibra a compressió.
Font: pròpia

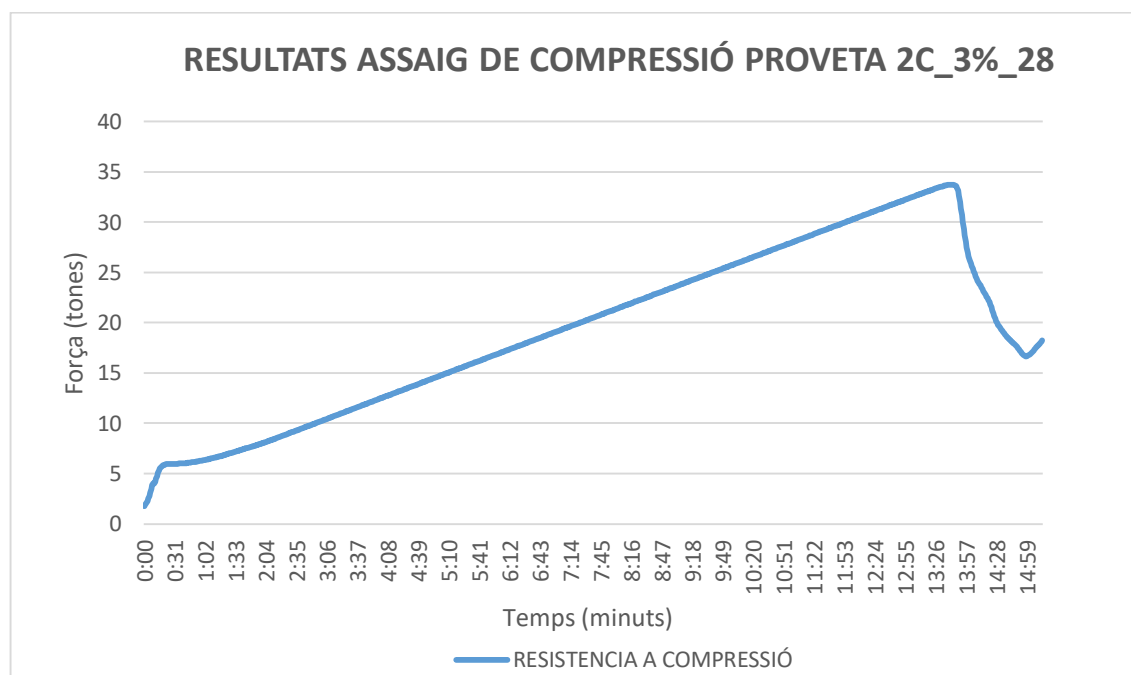


Imatge 79 Trencament correcte per l'assaig de compressió de les provetes a analitzar. D'esquerra a dreta 0 – 3 – 6 successivament.
Font: pròpia

Tal com s'observa a les imatges el trencament d'una proveta amb un 0% de fibra és diferent a les provetes amb fibra:

- Les provetes que porten un 3 i un 6 per cent de fibra sobre el pes del ciment a l'hora de realitzar el trencament s'aixafen tot i que tal i com s'observa a la imatge 84 el seu trencament és el correcte tal com diu la normativa de l'assaig a compressió.
- Les provetes amb un 0 per cent de fibra s'escarden fins arribar a formar el doble con per si soles, sense patir aixafament de la peça.

5.6.4.2 ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 2C_3%_28



Gràfic 9. Resultats assaig a compressió proveta 2C_3%_28

Tal com s'observa al gràfic la proveta assajada a compressió amb un 3% de fibra la qual s'ha deixat 27 dies a l'interior de la banyera i 1 dia a l'exterior per tenir la fibra totalment humida, ha arribat al seu trencament a compressió passat 13 minuts de l'assaig amb un resultat de 33 tones aguantades sobre la superfície.

Per tal de calcular la resistència mitjana en newtons s'ha de realitzar la següent formula:

$$\text{Superfície de la peça} = 10 \times 10 = 100 \text{ cm}^2$$

$$\text{Superfície de la peça} = 0,1 \times 0,1 = 0,01 \text{ mm}^2$$

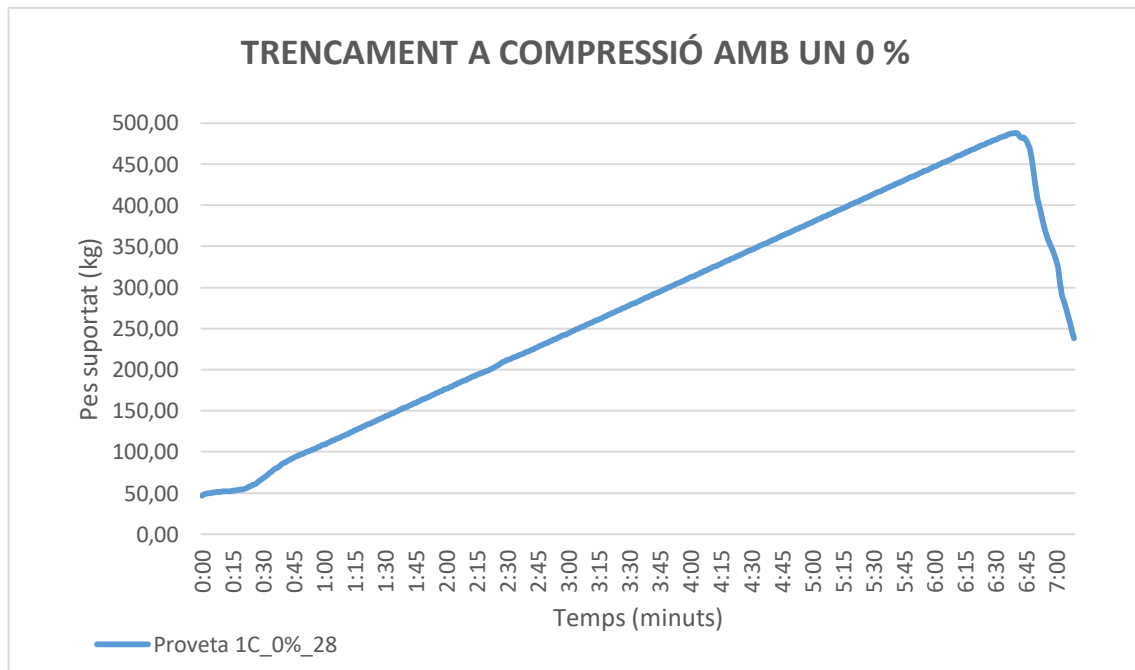
$$\text{Restitència} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Tones} \times 1000}{\text{superfície peça en cm}^2} = \frac{33 \times 1000}{100} = 330 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Resistència} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) = 330 \times 0,098 = 32,34 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

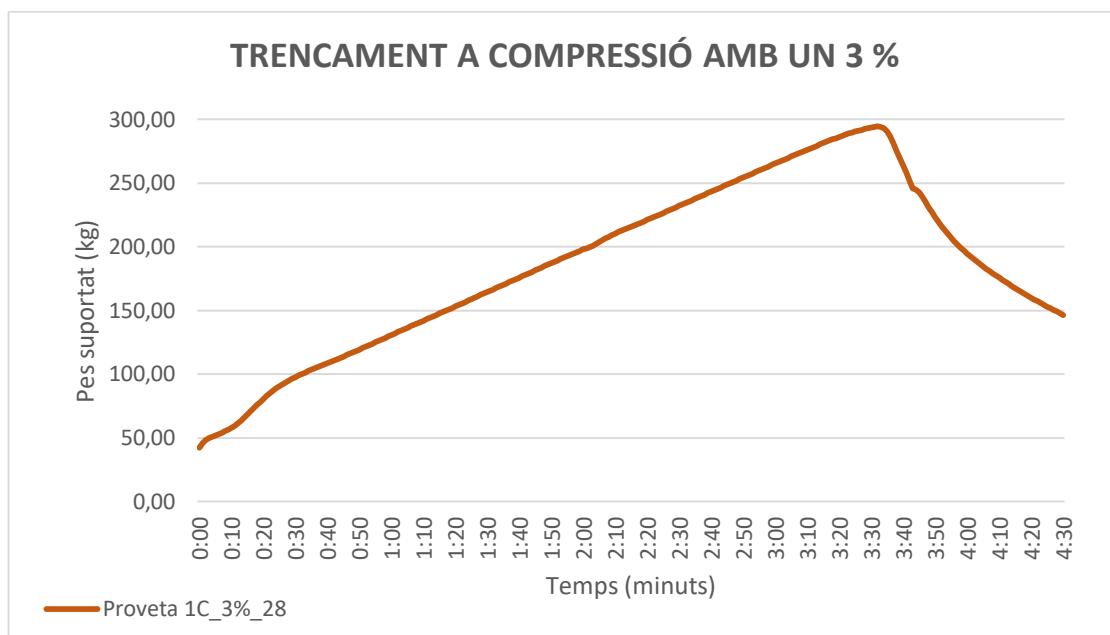
5.6.4.3 COMPARACIÓ DE TOTS ELS RESULTATS DE L'ASSAIG A COMPRESSIÓ

En aquest apartat es realitza una comparació de tots els resultats obtinguts amb les provetes cubiques assajades.

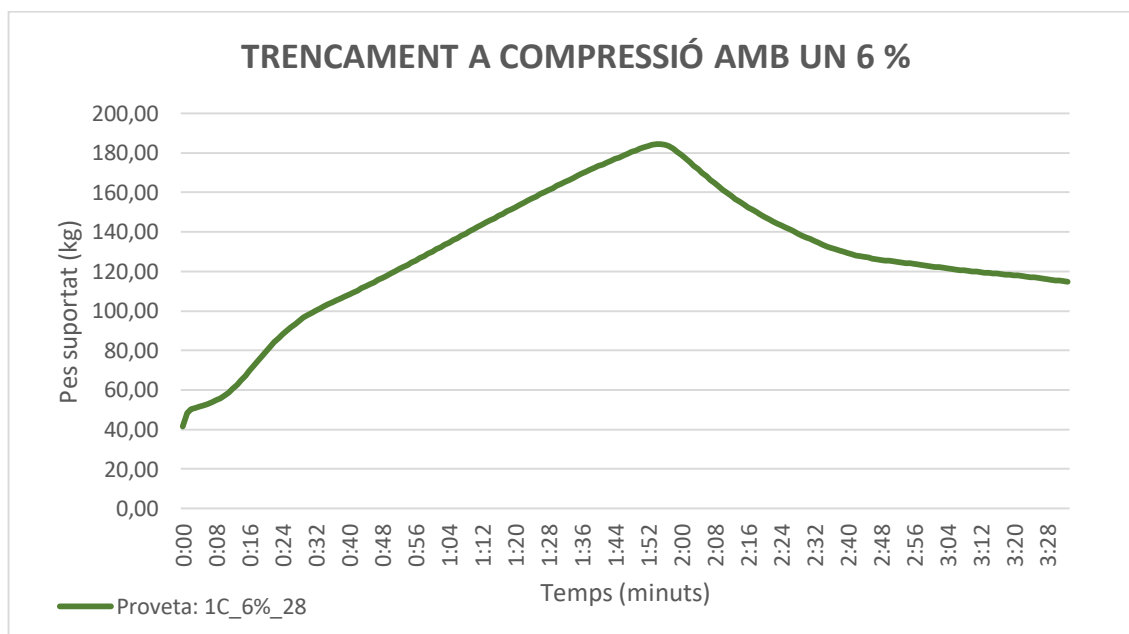
Primerament s'adjuntaran uns gràfics de trencament de una de les provetes amb diferent dosificació per tal d'observar el diferent comportament que pateix la peça al trencament si aquesta té una addició de fibra o no.



Gràfic 10. Trencament a compressió de la proveta 1C_0%_28



Gràfic 11. Trencament a compressió de la proveta 1C_3%_28

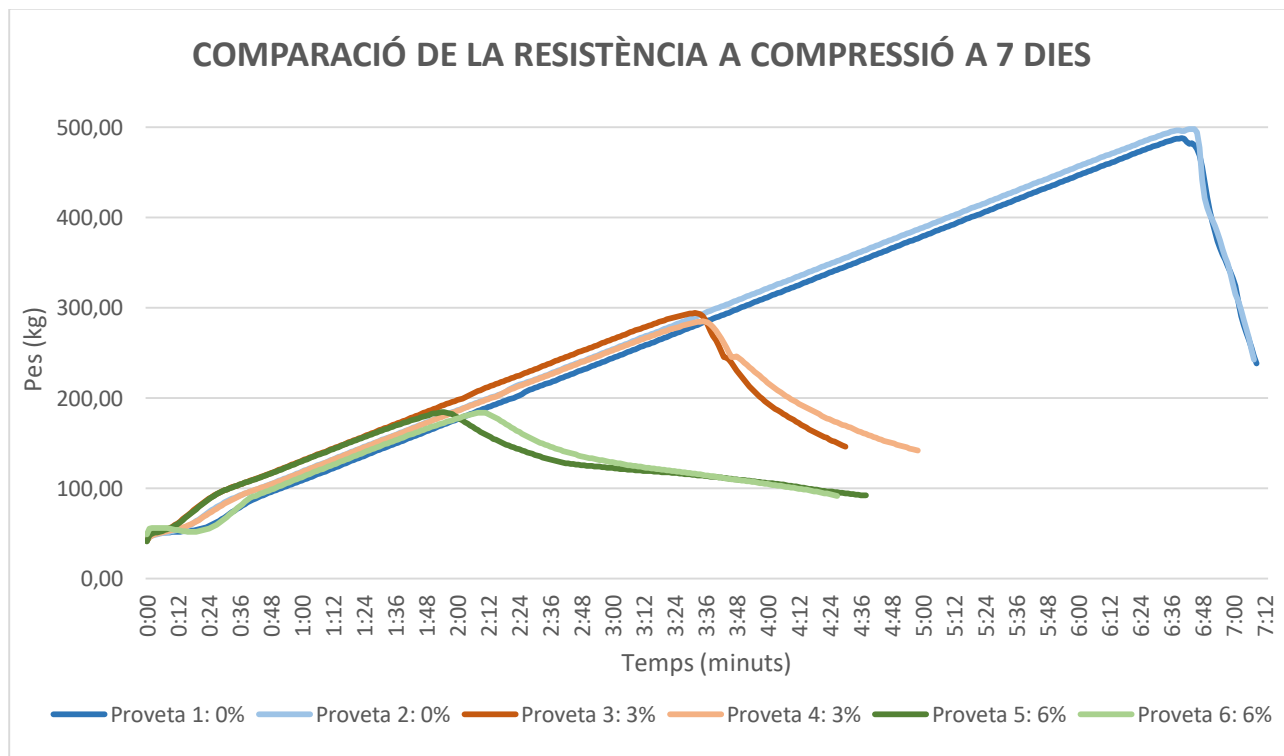


Gràfic 12 Trencament a compressió de la proveta 1C_6%_28

Als gràfics s'observa que quan una proveta té una aportació de fibra el seu comportament a compressió és diferent ja que la peça pateix un aixafament. Això també es pot observar a les imatges 82 i 83 de l'apartat 6.6.4.1 Material i procediment gràfic utilitzat per l'assaig de compressió.

Per comprovar que el trencament sigui el correcte s'ha de veure que tot i que hagi patit un aixafament la figura resultant és la mateixa en les 3 dosificacions estudiades com s'observa a la imatge 84 de l'apartat prèviament esmenat.

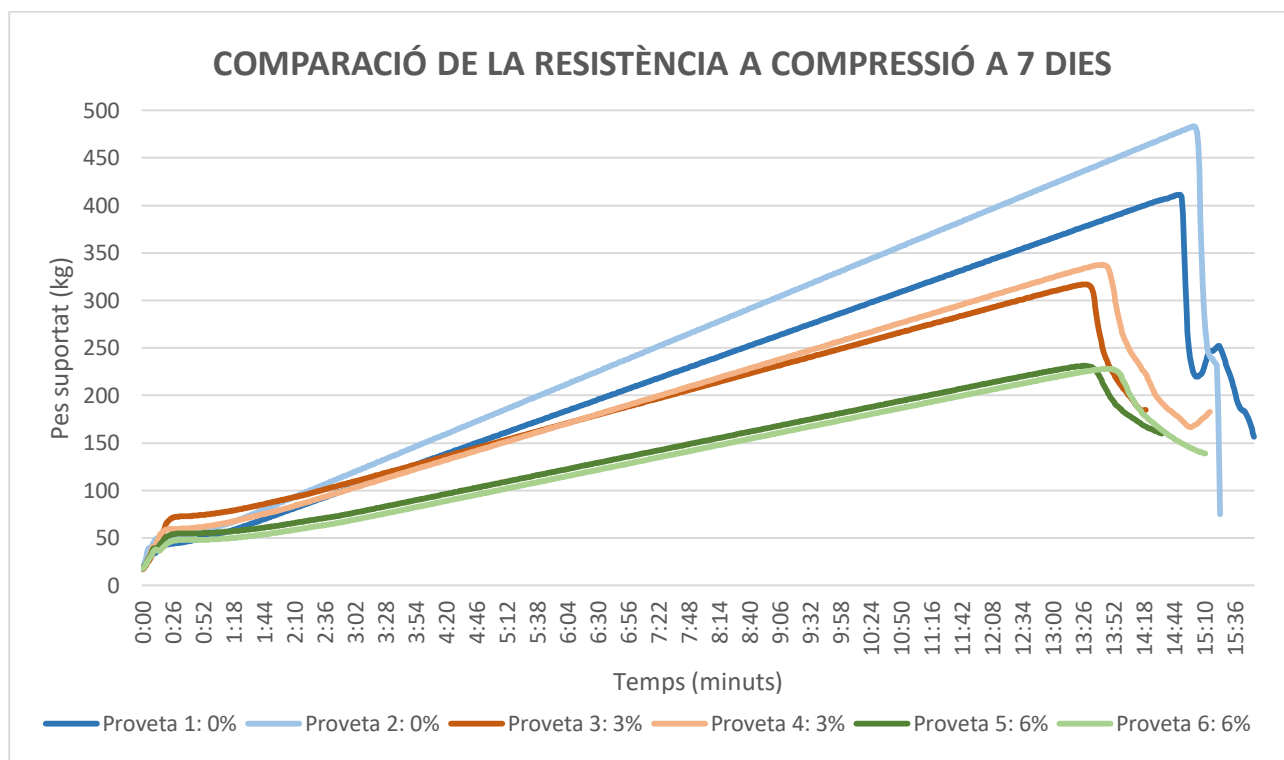
A continuació s'exposen dos gràfics on s'observa la comparació de les 3 dosificacions a 7 i 28 dies:



Gràfic 13. Comparació de la resistència a compressió de les diferents dosificacions a un trencament de 7 dies.

Tal com s'observa al gràfic 13 a mesura que s'augmenta el tant per cent de fibra al formigó el pes que suporta la peça a compressió es veu reduït pràcticament el 50 % que la dosificació anterior, marcant una digressió lineal.

Es comprova que el temps de trencament de les provetes també es veu molt disminuït a l'hora de afegir la fibra, ja que com més fibra porta la fibra menys temps és capaç la peça de resistir al trencament a compressió.



Gràfic 14. Comparació de la resistència a compressió de les diferents dosificacions a un trencament de 28 dies

Al analitzar el gràfic 14 on s'observa que al igual que passava amb el trencament a 7 dies el pes que suporten la peça a compressió es veu reduïda al gairebé el 50% per cada addició de fibra del 3%.

Encara que s'observa que passat els 28 dies les provetes amb fibra arriben al trencament pràcticament al mateix temps que les provetes amb un 0% de fibra. Això ens indica que les provetes que porten fibra necessiten arribar a 28 dies de curació per tal de resistir més temps al trencament a compressió, cosa que pot suportar un desavantatge depenen de quina aplicació es volgués donar al formigó amb fibres.

En el cas d'aquest estudi no suposa tant desavantatge ja que el panell prefabricat no està exposat a compressió com podria ser un paviment.

En termes de temps, es comprova a que la proveta amb un 0% de fibra quan es produeix el trencament a 7 dies és capaç d'aguantar gairebé 7 minuts fins arribar al trencament, la proveta amb un 3% es trenca a aproximadament 3 minuts i mig i finalment la proveta amb un 6% aconsegueix aguantar no més de 2 minuts.

Aquest concepte de temps es veu molt augmentat amb el pas dels dies de curació ja que amb les 3 mostres s'observa que el trencament es produeix entre els 13,5 i els 15 minuts; dada molt augmentada en el cas del 6% de fibra.

Per el que s'arriba a la conclusió que com més fibra porti una mostra més necessari serà adquirir el curat total de la peça ja que les dades obtingudes a l'estudi són molt més positives amb el trencament produït a 28 dies.

Finalment s'analitzen tots els resultats a compressió tant a 7 com a 28 i es busca la resistència mitjana a compressió en N/mm², per tal de extreure les conclusions.

Resultats de la resistència al trencament a 7 dies								
Nom proveta	Dosificació	Superfície de la peça (cm2)	Pes suportat (Tones)	Resistència en (kg/cm2)	Resistència mitjana (kg/cm2)	Superfície de la peça (mm2)	Resistència (N/mm2)	Resistència mitjana (N/mm2)
1C_0%_7	0%	100	47,46	474,6	509,07	0,01	46,51	49,89
2C_0%_7			48,8	488			47,82	
3C_0%_7			50,21	502,1			49,21	
4C_0%_7			49,52	495,2			48,53	
5C_0%_7			49,84	498,4			48,84	
6C_0%_7			59,61	596,1			58,42	
1C_3%_7	3%	100	30,45	304,5	294,67	0,01	29,84	28,88
2C_3%_7			29,44	294,4			28,85	
3C_3%_7			28,51	285,1			27,94	
1C_6%_7	6%	100	18,44	184,4	171,97	0,01	18,07	16,85
2C_6%_7			18,4	184			18,03	
3C_6%_7			14,75	147,5			14,46	

Taula 32. Comparació de resultats obtinguts a l'assaig de resistència a compressió als 7 dies.

Font: pròpia

A la taula 32 s'ha realitzat una comparació de tots els resultats obtinguts a amb l'assaig a compressió. La unitat de mesura que et dona la premsa hidràulica és amb tones i per tant per acabar obtenint els resultats en N/mm² s'ha d'utilitzar la formula exposada a l'apartat 6.6.4.2 Anàlisi dels resultats de la proveta 2C_3%_28.

Un cop s'han obtingut tots els resultats es realitza la mitjana de les diferents resistències i s'observa el següent:

- Amb l'addició d'un 3 % de fibra respecte el pes del formigó s'observa que la mostra pateix una pèrdua de resistència mitjana a compressió d'un 42,11 %.

- Al igual passa quan s'afegeix un 6% de fibra, ja que també s'obté una disminució de la resistència mitjana del 41,65% respecte a les mostres analitzades anteriorment amb un 3 % de fibra de paper.

Resultats de la resistència al trencament a 28 dies								
Nom proveta	Dosificació	Superfície de la peça (cm ²)	Pes suportat (Tones)	Resistència en (kg/cm ²)	Resistència mitjana (kg/cm ²)	Superfície de la peça (mm ²)	Resistència (N/mm ²)	Resistència mitjana (N/mm ²)
1C_0%_28	0%	100	50	500	510,00	0,01	49	49,98
2C_0%_28			49,5	495			48,51	
3C_0%_28			50,3	503			49,294	
4C_0%_28			50,2	502			49,196	
5C_0%_28			55	550			53,9	
1C_3%_28	3%	100	31,7	317	318,53	0,01	31,066	31,22
2C_3%_28			33	330			32,34	
3C_3%_28			30,86	308,6			30,2428	
1C_6%_28	6%	100	23,1	231	229,33	0,01	22,638	22,47
2C_6%_28			22,9	229			22,442	
3C_6%_28			22,8	228			22,344	

Taula 33. Comparació de resultats obtinguts a l'assaig de resistència a compressió als 28 dies.

Font: pròpia

Per tal de comprovar que els resultats a 28 dies siguin els correctes es comprova que la resistència mitjana hagi augmentat, ja que com marca la normativa a compressió, la resistència obtinguda a l'assaig de compressió a 7 dies serà el 75 % de la resistència que s'obté amb les provetes a 28 dies, tal com s'observa a la taula en les 3 dosificacions les diferents resistències han augmentat.

També s'observa que al igual que passava amb la taula 32 a mesura que s'afegeix un 3% de fibra la resistència mitjana a compressió es veu reduïda un 40 % respecte a la dosificació anterior.

La normativa marca que la resistència a compressió per els materials de panells no pot ser inferior a 10 N/mm². Per tant s'arriba a la conclusió que si el formigó té una addició de més del 8% de fibra la resistència a compressió es veuria molt reduïda i per el que es descarta treballar amb una addició superior.

5.6.4.4 CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A COMPRESSIÓ

La conclusions finals més rellevants d'aquest assaig són:

- A mesura que s'afegeix un 3 % de fibra a la massa de formigó es produeix una disminució de com a mínim el 40 % de la fibra de paper successivament, per el que s'entén que no es pot afegir més d'un 8% de fibra a la massa de formigó ja que no arribaria a complir el mínim establert per la normativa de compressió.
- Les provetes amb fibra necessiten haver superat els 28 dies de curació per tal que el trencament es produeixi al mateix temps que una proveta que no porti fibra.
- Com més fibra porta una proveta, més temps de curació necessita ja que com s'observa com més temps passa, la proveta és capaç d'aguantar el pes a compressió durant més temps.
- Les provetes que no porten fibra pateixen un trencament fràgil, és a dir, les partícules de formigó es separen i queden esmicolades. En canvi les mostres que porten fibra de paper tenen un trencament dúctil, és a dir, que s'esquerden, s'aixafen i finalment es separen les partícules, però manté el conjunt unit.

Arribats a aquest punt es pot concloure que l'addició de fibra no resulta beneficiosa per la resistència a compressió del formigó, però ja que per l'aplicació que s'està estudiant no requereix una resistència a compressió elevada, aquest resultat negatiu envers l'addició de fibra no representa un resultat que aturi l'estudi.

5.6.5 REALITZACIÓ DE PROVETES A TRACCIÓ

Per realitzar els assajos de tracció indirecte brasiler és necessari tenir provetes de dimensió cilíndrica, tal com marca la normativa de tracció aquestes provetes tenen una dimensió de 15 x 30 cm. Tal com s'indica a la normativa esmentada el trencament d'aquestes provetes es realitzarà passat 28 dies des de la seva formació, per tant es deixaran dins la banyera fins arribada la data.

Tenint en compte al igual que les provetes realitzades per l'assaig de compressió que les mostres que porten fibra s'han de deixar reposar com a mínim 48 hores ja que tenen molt més volum de formigó que les cubiques.

Per tal de comprovar si millora o empitjora la resistència a tracció indirecte amb l'addició de fibres i, en aquest cas, conèixer el tant per cent ideal, s'ha format la següent relació de provetes:

- 3 provetes amb un 0% de fibra.
- 3 provetes amb un 3% de fibra.
- 3 provetes amb un 6% de fibra.

5.6.5.1 CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG A TRACCIÓ

Per tant, prèviament a l'abocament del formigó als corresponents motlles s'ha dut a terme el càlcul de la quantitat de formigó i fibra que es necessitava:

$$Volum \text{ per proveta} = \pi \times radi^2 \times altura = \pi \times 0,075 \times 0,30 = 0,0053 \text{ m}^3$$

El següent pas és calcular el volum total per cada tant per cent de proveta:

$$\text{Volum total 0\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 3 \times 0,0053 = 0,016 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 3\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 3 \times 0,0053 = 0,016 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 6\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 3 \times 0,0053 = 0,016 \text{ m}^3$$

Per saber els kg de formigó que es necessita per cada proveta s'ha de fer:

$$\text{Quantitat de formigó 0\%} = \text{volum total 0\%} \times \text{densitat} = 0,016 \times 2500 = 40 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 3\%} = \text{volum total 3\%} \times \text{densitat} = 0,016 \times 2500 = 40 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 6\%} = \text{volum total 6\%} \times \text{densitat} = 0,016 \times 2500 = 40 \text{ kg}$$

La fibra es calcula segons el volum de formigó es farà:

$$\text{Quantitat de fibra per 3\%} = \text{kg de formigó} \times 3\% = 40 \times 0,03 = 1,2 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de fibra per 6\%} = \text{kg de formigó} \times 6\% = 40 \times 0,06 = 2,4 \text{ kg}$$

Així doncs s'entén que per la formació de les provetes de l'assaig a tracció es necessitarà un total de:

- 120 kg de formigó.
- 3,6 kg de fibra de paper.

5.6.5.2 PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE TRACCIÓ INDIRECTE



Imatge 81. Formigonat de les provetes de l'assaig de tracció.
Font: pròpia



Imatge 80. Desenmollat de les provetes de l'assaig a tracció.
Font: pròpia



Imatge 83. Provetes de tracció preparades per la col·locació a la banyera.
Font: pròpia



Imatge 82. Provetes de tracció amb fibra 48 hores posteriors a l'extracció de la banyera.
Font: pròpia

5.6.6 ASSAIG I RESULTATS A TRACCIÓ INDIRECTE

El següent assaig que s'estudia és l'assaig brasiler que s'utilitza per trobar el valor de la resistència indirecte a tracció per mitja de provetes cilíndriques de formigó.

La normativa de l'assaig de tracció es recopila entre les següents normatives: UNE-EN 83-306-85, UNE-EN 12390-6:2000, ISO 4108 i per la ASTM C-496.

Aquest assaig consisteix en sotmetre les provetes cilíndriques de diàmetre 15 i 30 cm d'altura sota una força de compressió aplicada a longitudinal de la peça, és a dir, la més estreta i com a conseqüència ens aporta el resultat de la força a tracció ortogonal que origina que la proveta es trenqui a tracció.

Per fer una comparació de com afecta el trencament a tracció amb diferents dosificacions es trencaran al cap de 28 dies 2 provetes de cada una de las dosificacions, amb un total de 6 mostres cilíndriques.

Com s'ha comentat en diferents apartats al llarg d'aquest estudi abans de realitzar el trencament de les provetes de formigó amb addició de fibra s'han d'haver deixat assecar a temperatura ambient durant com a mínim 48 hores (ja que el volum de la proveta és molt elevat) per tal que la fibra humida de la peça estigui totalment seca i no influeixi en els resultats que s'obtenen.

El material necessari per dur a terme l'assaig a compressió és:

- Premsa hidràulica amb sensors i mesuradors de la força.
- Aparell d'adaptació per suportar les provetes cilíndriques a la premsa hidràulica.
- Provetes a analitzar de dimensions cilíndriques

S'analitzarà un total de 6 provetes de formigó de les quals 2 tenen un 0% de fibra, 2 un 3% de la fibra i 2 un 6%. Per tal de tenir els resultats de manera ordenada les diferents provetes s'han anomenat així:

- Proveta 1T_0% → Proveta de formigó amb un 0% de fibra.
- Proveta 2T_0% → Proveta de formigó amb un 0% de fibra.
- Proveta 1T_3% → Proveta de formigó amb un 3% de fibra.
- Proveta 2T_3% → Proveta de formigó amb un 3% de fibra.
- Proveta 1T_6% → Proveta de formigó amb un 6% de fibra.
- Proveta 2T_6% → Proveta de formigó amb un 6% de fibra.

S'exposarà com exemple el procediment que s'ha utilitzat amb la proveta 2T_3% la qual té un 3% de fibra sobre el pes del ciment i el seu trencament es realitza a 28 dies quan s'adquireix la resistència total a tracció. El procediment de l'assaig és el següent:

- Preparació de la premsa hidràulica on es col·locarà la proveta.
 - Neteja de la superfície.
- Col·locació dels elements de suport de les provetes cilíndriques.
- Centrat de la peça.
- Iniciar la baixada de la premsa fins arribar al trencament de la proveta esperat.

5.6.6.1 MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG DE TRACCIÓ

Material necessari:



Imatge 85. Provetes cilíndriques per l'assaig brasiler de tracció indirecte.
Font: pròpia



Imatge 84. Premsa hidràulica i adaptadors per suportar la peça cilíndrica.
Font: pròpia

Resultats obtinguts:



Imatge 86. Trencament a tracció produït a la proveta amb un 0% de fibra.
Font: pròpia



Imatge 87. Trencament a tracció produït a la proveta amb un 3 % de fibra.
Font: pròpia



Imatge 89. Trencament a tracció produït a la proveta amb un 6% de fibra.
Font: pròpia



Imatge 88. Aixefament produït a la proveta amb una addició de fibra del 3%.
Font: pròpia

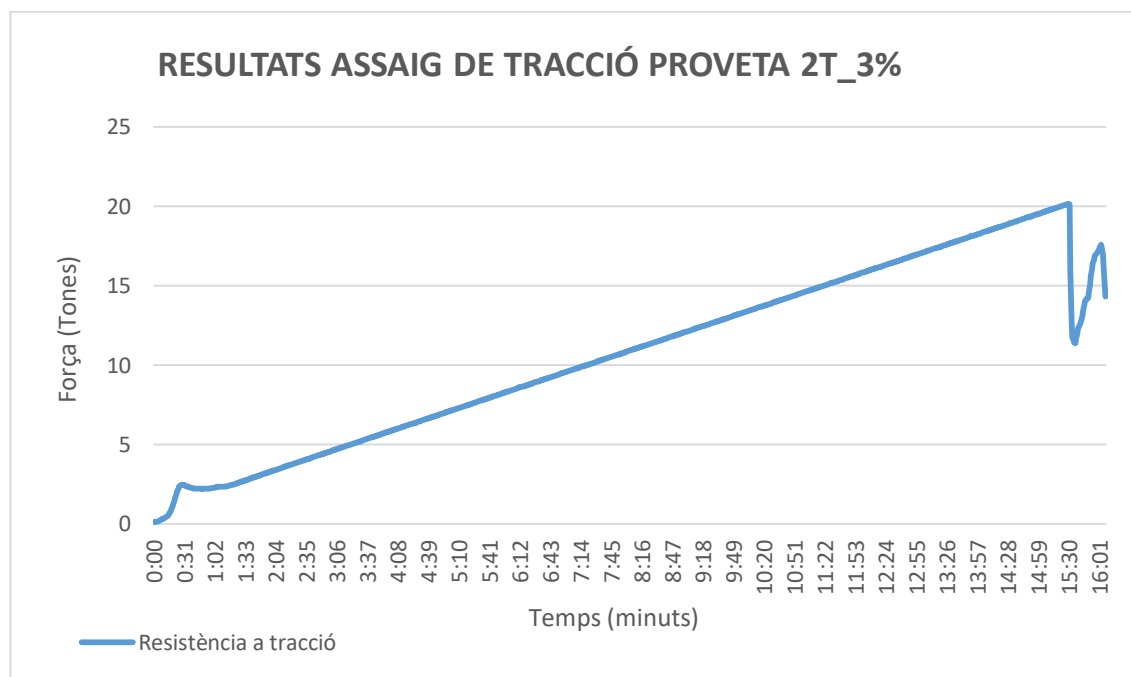


Imatge 90. Trencament correcte de les provetes a tracció.
Font: pròpia

A la imatge 89 s'observa que les provetes que contenen amb una addició de fibra succeeix el mateix efecte d'aixafament durant el trencament com passa amb les provetes que estan sotmeses a la força de compressió per l'assaig de resistència a compressió. Així que es comprova que el seu trencament passa de ser fràgil a dúctil.

Tot i això el trencament final de les provetes, tinguin o no tinguin una addició de fibra, es produeix de la mateixa manera i per tant de manera correcta tot i l'aixafament prèviament comentat.

5.6.6.2 ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 2T_3%



Gràfic 15. Resultat assaig de tracció indirecte proveta 2 amb un 3%

Tal com s'observa al gràfic la proveta assajada a tracció amb un 3% de fibra la qual s'ha deixat 27 dies a l'interior de la banyera i 2 dies a l'exterior per tenir la fibra totalment humida, ha arribat al seu trencament a tracció passats 15 minuts de l'assaig amb un resultat de 30 tones aguantades sobre la superfície longitudinal.

Per tal de calcular la resistència a tracció indirecte s'ha de fer:

$$f_{cti} = \frac{2 \times (\text{Pes en tones} \times 1000 \times 9,8)}{(\pi \times \text{diametre} \times \text{longitud})}$$

$$f_{cti} = \frac{2 \times ((20,4 \times 1000) \times 9,8)}{\pi \times 150 \times 300} = 2,82 \text{ N/mm}^2$$

Un cop obtingut aquest valor es calcula la residència a tracció:

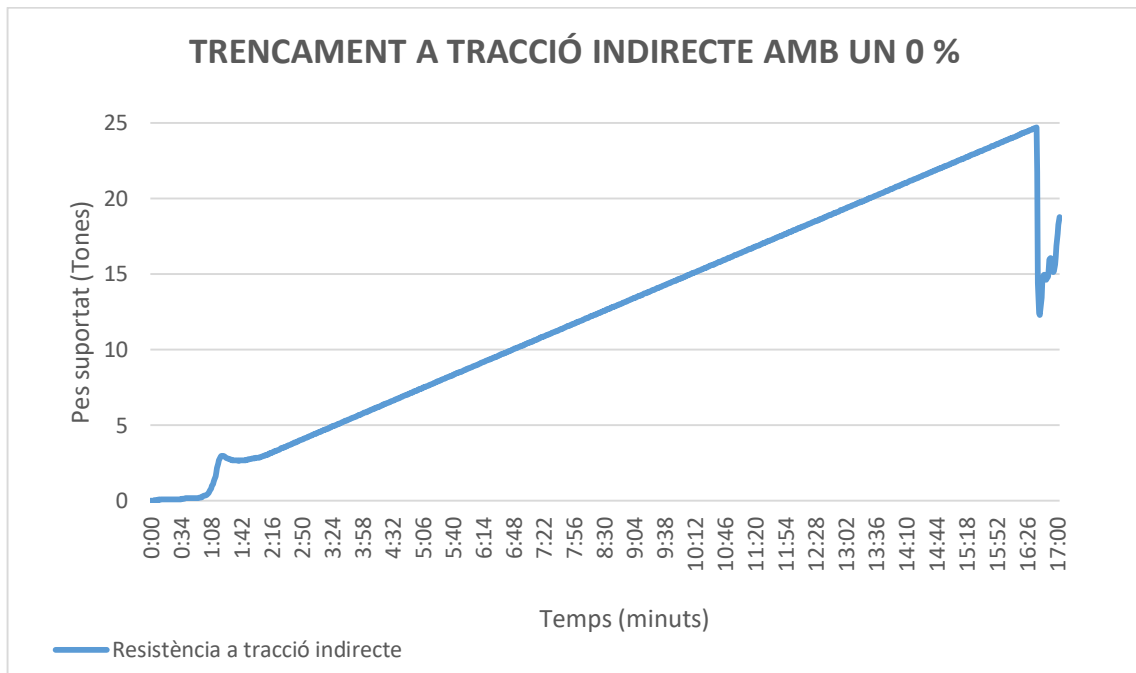
$$f_{ct} = 0,9 \times f_{cti}$$

$$f_{ct} = 0,9 \times 2,82 = 2,55 \text{ N/mm}^2$$

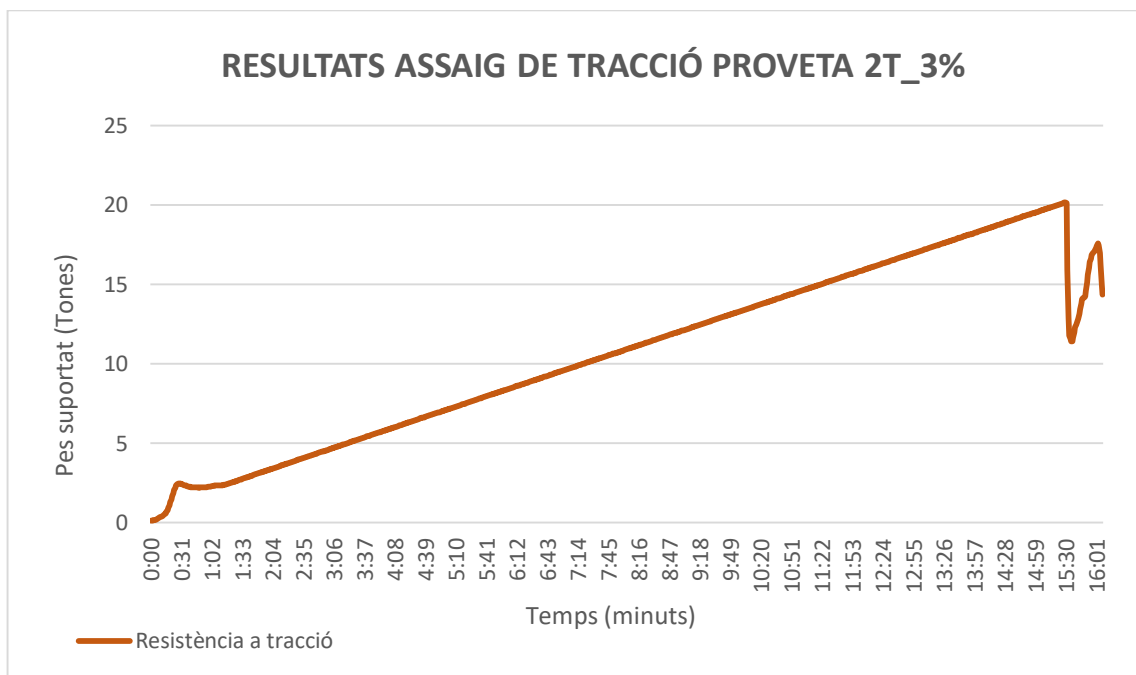
5.6.6.3 COMPARACIÓ DE TOTS ELS RESULTATS DE L'ASSAIG A TRACCIÓ

En aquest apartat es realitza una comparació de tots els resultats obtinguts amb les provetes cilíndriques assajades a tracció indirecte amb l'assaig brasiler fins a obtenir el la resistència a tracció màxima que suporten les mostres.

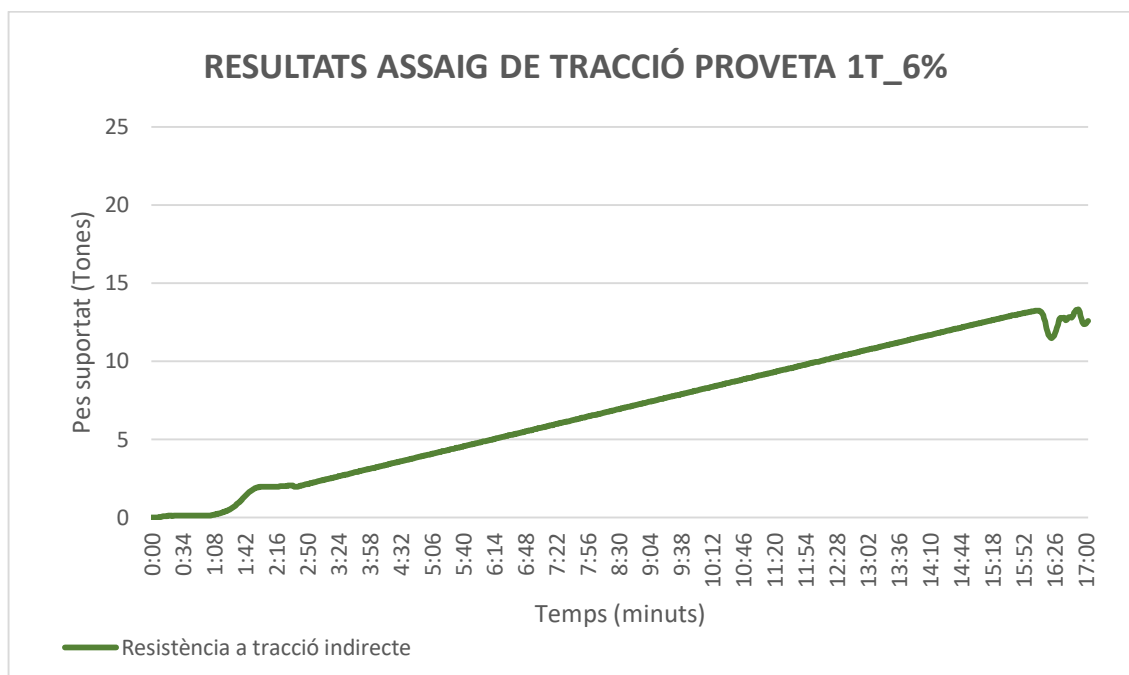
Primerament s'adjuntaran uns gràfics de trencament de cada una de les provetes amb diferent dosificació per tal d'observar el diferent comportament que pateix la peça al trencament si aquesta té una addició de fibra o no.



Gràfic 16. Trencament a tracció indirecte de la proveta 1T_0%



Gràfic 17. Trencament a tracció indirecte de la proveta 2T_3%

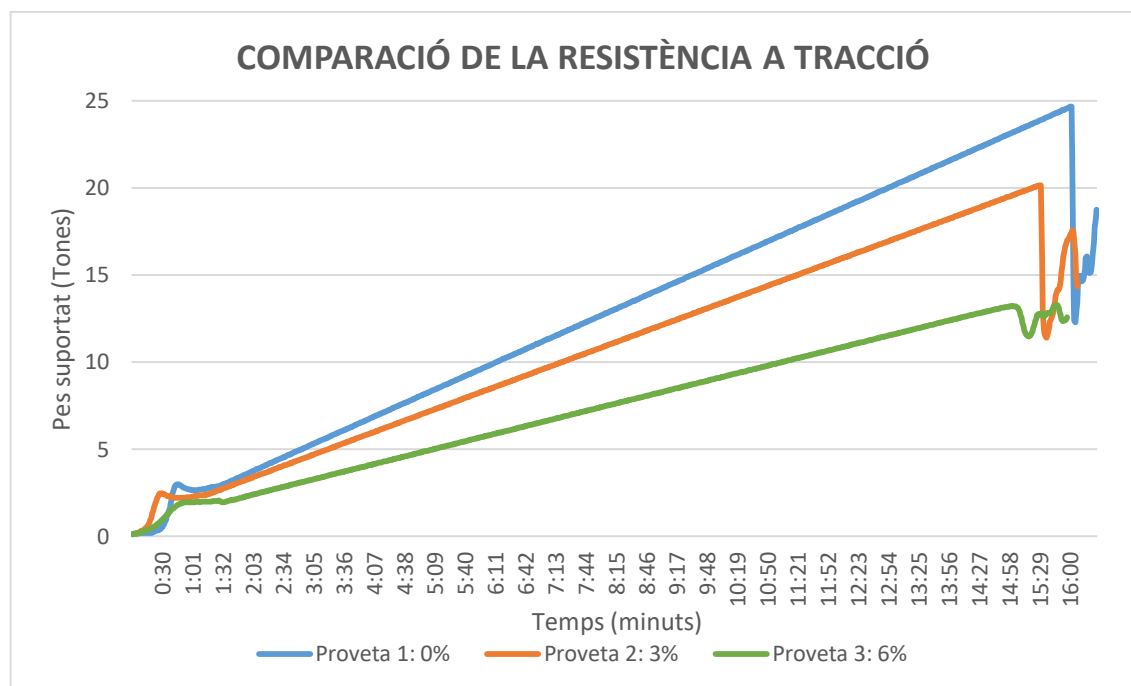


Gràfic 18. Trencament a tracció indirecte de la proveta 1T_6%

A diferència del que passava amb l'assaig a compressió no s'observa als gràfics la diferència de comportament de la mostra amb fibra, però sí que s'observa a la imatge 89 de l'apartat 6.6.6.1 *Material i procediment gràfic utilitzat per l'assaig de tracció*, l'aixafament que pateix la peça tot i que, per el que es pot comprovar als gràfics adjunts en aquest apartat no té valor significatiu en quan a comportament del material.

El que sí que es veu reduït amb l'addició de fibra és el pes suportat, on s'observa que amb una addició del 3% de fibra la proveta suporta un 20 % menys del pes en comparació amb una proveta amb un 0% i quan s'afegeix un 6% aquesta proveta obté una reducció del pes a suportar del 30% en vers una proveta amb un 3% de fibra, per tant s'arriba a la conclusió que la fibra suposa una reducció del pes a tracció no proporcional ja que va en augment quanta més fibra s'inclouï.

A continuació s'exposa un gràfic on s'observa la comparació de les 3 dosificacions de fibra:



Gràfic 19. Comparació de la resistència a tracció les diferents dosificacions

Tal com s'observa al gràfic 19 a mesura que s'augmenta el tant per cent de fibra al formigó el pes que suporta la peça a tracció es veu reduït de manera no proporcional ja que la diferència entre una mostra amb un 0% de fibra i amb un 3% és d'una reducció del pes suportat a un 20% i en canvi entre el 3% i el 6% és del 30%. Així que com més fibra s'afegeix a la mostra menys pes és capaç de suportar la peça.

El temps de trencament de les peces tant amb o sense fibra és el mateix ja que es produeix als 28 dies de curat i per tant la proveta amb fibra ha adquirit la resistència a tracció total.

Finalment s'analitzen tots els resultats i es busca la resistència mitjana a tracció indirecte i a tracció en N/mm^2 , per tal de extreure les conclusions.

Resultats de la resistència al trencament a tracció					
Nom proveta	Dosificació	Pes suportat (Tones)	Resistència a tracció indirecte		Resistència a tracció
			Resistència (N/mm ²)	Resistència mitjana (N/mm ²)	Resistència mitjana (N/mm ²)
1T_0%	0%	24,75	3,43	3,49	3,14
2T_0%		25,6	3,55		
1T_3%	3%	18,14	2,51	2,65	2,39
2T_3%		20,16	2,80		
1T_6%	6%	14,4	2,00	1,92	1,73
2T_6%		13,29	1,84		

Taula 34. Comparació de resultats obtinguts a l'assaig de resistència a tracció.

A la taula 34 s'ha realitzat una comparació de tots els resultats obtinguts a amb l'assaig a tracció. La unitat de mesura que et dona la premsa hidràulica es amb tones i per tant per acabar obtenint els resultats en N/mm² s'ha d'utilitzar la formula exposada a l'apartat 6.6.6.2 *Anàlisi dels resultats de la proveta 2T_3%*.

Un cop s'han obtingut tots els resultats es realitza la mitjana de les diferents resistències indirectes i s'observa el següent:

- Amb l'addició d'un 3 % de fibra respecte el pes del formigó s'observa que la mostra pateix una pèrdua de resistència mitjana a tracció d'un 23,89 % respecte la mostra sense fibra.
- Al igual passa quan s'afegeix un 6% de fibra, ja que també s'obté una disminució de la resistència mitjana del 27,62 % respecte a les mostres analitzades anteriorment amb un 3 % de fibra de paper.

Tal com ens indica la normativa de tracció, la resistència a tracció suposa un 7% de la resistència obtinguda a compressió. Es realitza el tant per cent respecte els valors obtinguts a compressió a la taula 33 de l'apartat 6.6.4.3 *Comparació dels resultats de l'assaig a tracció* i es compara el resultat obtingut amb el de la taula 34, on s'observa que pràcticament és el mateix resultat i es dona com a vàlid l'assaig.

Així doncs s'observa que la de la disminució de la resistència a tracció per l'addició de fibra es disminueix de manera no lineal per cada tant per cent de fibra que s'afegeix.

S'arriba a la conclusió que si el formigó té una addició de més del 6% de fibra la resistència a tracció es veuria molt reduïda i per el que es descarta treballar amb una addició superior.

5.6.6.4 CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A TRACCIÓ

La conclusions finals més rellevants d'aquest assaig són:

- A mesura que s'afegeix un 3% de fibra a la massa de formigó, es produeix una disminució de com a mínim el 20% de la fibra de paper successivament però de manera incrementada, per el que s'entén que no es pot afegir més d'un 8% de fibra a la massa de formigó ja que no arribaria a aguantar més de 1 N/mm² per el s'entén que no seria un material resistent a tracció.
- Tot i que s'observa que les provetes que porten fibra pateixen un aixafament de la superfície aquest trencament dúctil no es veu afectat en quan els gràfics de resistència a tracció, diferent que amb les provetes de compressió que s'observava el canvi d'esforç que patia la proveta.

Arribats a aquest punt es pot concloure que l'addició de fibra no resulta beneficiosa per la resistència a tracció del formigó però es segueix realitzant els següents assajos per tal de conèixer si la fibra millora algun dels aspectes a estudiar.

5.6.7 REALITZACIÓ DE PROVETES A FLEXIÓ

Per estudiar els efectes que produeix la fibra a flexió es realitza l'assaig a flexió marcat per la normativa de flexió per realitzar aquest assaig es necessària la formació d'unes provetes de formigó de dimensió prismàtica de 4 x 4 x 16 cm. Tal com s'indica a la normativa esmentada el trencament d'aquestes provetes es realitzarà passat 28 dies des de la seva formació, per tant es deixaran dins la banyera fins arribada la data.

Les provetes que portin un tant per cent de fibra a la seva massa, al igual que les anteriors de compressió i tracció s'extrauran de la banyera i es deixaran reposar com a mínim 24 hores abans del seu trencament.

Cal destacar que un cop trencades amb les dues meitats que s'ha obtingut del trencament l'assaig de flexió es realitzarà un assaig de compressió i s'obtindran més resultats per conèixer si els resultats del trencament de les provetes de flexió és el correcte.

Per tal de comprovar si millora o empitjora la resistència a tracció indirecte amb l'addició de fibres i, en aquest cas, conèixer el tant per cent ideal, s'ha format la següent relació de provetes:

- 2 provetes amb un 0% de fibra.
- 3 provetes amb un 3% de fibra.
- 3 provetes amb un 6% de fibra.

5.6.7.1 CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG A FLEXIÓ

Les provetes per l'assaig a flexió tenen una dimensió més reduïda:

$$\text{Volum per proveta} = \text{base} \times \text{altura} \times \text{profunditat} = 0,04 \times 0,04 \times 0,16 = 0,00026 \text{ m}^3$$

El següent pas és calcular el volum total per cada tant per cent de proveta:

$$\text{Volum total 0\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,00026 = 0,00052 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 3\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 3 \times 0,00026 = 0,00078 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 6\%} = n^{\circ} \text{ provetes} \times \text{volum d'una proveta} = 3 \times 0,00026 = 0,00078 \text{ m}^3$$

Per saber els kg de formigó que es necessita per cada proveta s'ha de fer:

$$\text{Quantitat de formigó 0\%} = \text{volum total 0\%} \times \text{densitat} = 0,00052 \times 2500 = 1,3 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 3\%} = \text{volum total 3\%} \times \text{densitat} = 0,00078 \times 2500 = 1,95 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 6\%} = \text{volum total 6\%} \times \text{densitat} = 0,00078 \times 2500 = 1,95 \text{ kg}$$

La fibra es calcula segons el volum de formigó es farà:

$$\text{Quantitat de fibra per 3\%} = \text{kg de formigó} \times 3\% = 1,95 \times 0,03 = 0,06 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de fibra per 6\%} = \text{kg de formigó} \times 6\% = 1,95 \times 0,06 = 0,12 \text{ kg}$$

Així doncs s'entén que per la formació de les provetes de l'assaig a flexió es necessitarà un total de:

- 5,2 kg de formigó.
- 0,18 kg de fibra de paper.

5.6.7.2 PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE FLEXIÓ.



Imatge 91. Formigonat de les provetes per flexió.
Font: pròpia



Imatge 92. Desenmotllat de provetes per flexió. Comparació de les 3 dosificacions de fibra.
Font: pròpia



Imatge 94. Provetes per flexió amb fibra just extretes de la banyera.
Font: pròpia



Imatge 93. Provetes per flexió sense fibra totalment curades als 28 dies.
Font: pròpia

5.6.8 ASSAIG I RESULTATS A FLEXIÓ

L'últim assaig que s'estudia per conèixer les resistències físico-mecàniques del material a estudiar és la resistència a flexió.

Encara que en el formigó armat l'element que aporta més flexió al material és la l'acer per tal de comparar les característiques mecàniques del formigó amb fibra de paper s'ha estudiat la resistència a flexió que adquireix el material si s'afegeix fibra i es realitza una comparació amb les dosificacions utilitzades fins ara: 0%, 3% i 6%.

Es important conèixer si es milloren les condicions a flexió ja que si es pretén dur a terme l'aplicació de panells prefabricats col·locats de manera vertical, aquets han de ser capaços de resistir la força del vent i per tant no ser un material altament rígid.

La normativa de l'assaig de tracció es recopila entre les següents normatives: UNE-EN 12390-1, UNE-EN 12390-2, UNE-EN 722, 14992:2008, EHE-08 i el CTE.

Aquest assaig consisteix en sotmetre les provetes de dimensions prismàtiques de 16 x 4 x 4 cm sota una força de compressió en el seu punt central per conèixer la flexió que suporta el material.

Per fer una comparació de com afecta el trencament a flexió amb diferents dosificacions es trencaran al cap de 28 dies 2 provetes de la dosificació amb el 0 % de fibra i 3 provetes de les dosificacions 3% i 6% respectivament.

Com s'ha comentat en diferents apartats al llarg d'aquest estudi abans de realitzar el trencament de les provetes de formigó amb addició de fibra s'han d'haver deixat assecat a temperatura ambient durant com a mínim 24 hores per tal que la fibra humida de la peça estigui totalment seca i no influeixi en els resultats que s'obtenen.

El material necessari per dur a terme l'assaig a compressió és:

- Premsa hidràulica amb sensors i mesuradors de la força.
- Aparell d'adaptació per aplicar la força a flexió en el punt central de la proveta.

- Provetes a analitzar de dimensions prismàtiques.

S'analitzarà un total de 8 provetes de formigó de les quals 2 tenen un 0% de fibra, 3 un 3% de la fibra i 3 un 6%. Per tal de tenir els resultats de manera ordenada les diferents provetes s'han anomenat així:

- Proveta 1F_0% → Proveta de formigó amb un 0% de fibra.
- Proveta 2F_0% → Proveta de formigó amb un 0% de fibra.
- Proveta 1F_3% → Proveta de formigó amb un 3% de fibra.
- Proveta 2F_3% → Proveta de formigó amb un 3% de fibra.
- Proveta 3F_3% → Proveta de formigó amb un 3% de fibra.
- Proveta 1F_6% → Proveta de formigó amb un 6% de fibra.
- Proveta 2F_6% → Proveta de formigó amb un 6% de fibra.
- Proveta 3F_6% → Proveta de formigó amb un 6% de fibra.

S'exposarà com exemple el procediment que s'ha utilitzat amb la proveta 2F_3% la qual té un 3% de fibra sobre el pes del ciment i el seu trencament es realitza a 28 dies quan s'adquireix la resistència total a flexió. El procediment de l'assaig és el següent:

- Preparació de la premsa hidràulica on es col·locarà la proveta.
 - Neteja de la superfície.
- Col·locació dels elements d'adaptació per l'aplicació de la força en el punt central.
- Centrat de la peça.
- Iniciar la baixada de la premsa fins arribar al trencament de la proveta esperat.

5.6.8.1 MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG DE FLEXIÓ

Material necessari:



Imatge 96. Adaptador per l'assaig a flexió.
Font: pròpia



Imatge 95. Premsa hidràulica.
Font: pròpia



Imatge 98. Provetes sense fibra.
Font: pròpia



Imatge 97. Provetes amb un 6% i un 3% de fibra.
Font: pròpia

Resultat de trencament:



Imatge 100. Provetes després del trencament. Dreta 6%,
Esquerra 3%.
Font: pròpia

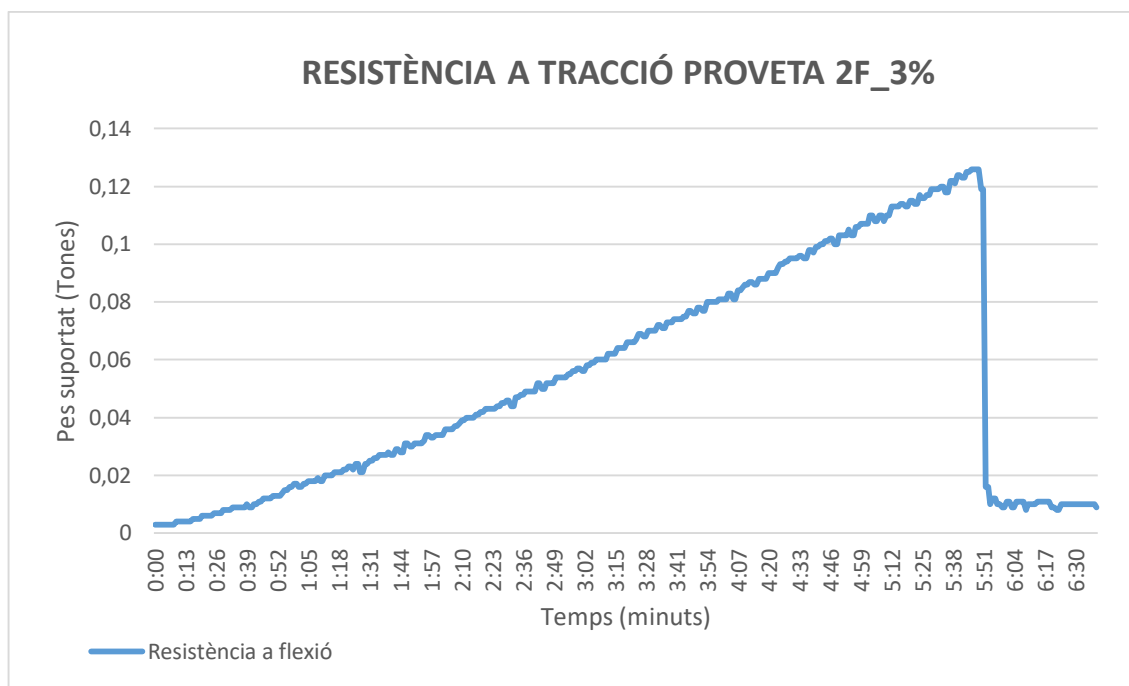


Imatge 99. Detall del trencament de la proveta amb un 6% de
fibra.
Font: pròpia



Imatge 101. Proveta amb un 0% de fibra després del trencament a flexió.
Font: pròpia

5.6.8.2 ANALISI DELS RESULTATS DE LA PROVETA 2F_3%



Gràfic 20. Resultat assaig de flexió proveta 2 amb un 3 %

Tal com s'observa al gràfic 20 la proveta assajada a tracció amb un 3% de fibra la qual s'ha deixat 27 dies a l'interior de la banyera i 1 dies a l'exterior per tenir la fibra totalment humida, ha arribat al seu trencament a flexió passats 5 minuts de l'assaig amb un resultat de 0,12 tones aguantades sobre la superfície.

Per tal de calcular la resistència que suporta cada proveta s'ha de realitzar els següents càlculs:

$$\text{Superfície de la peça} = 16 \times 4 = 64 \text{ cm}^2$$

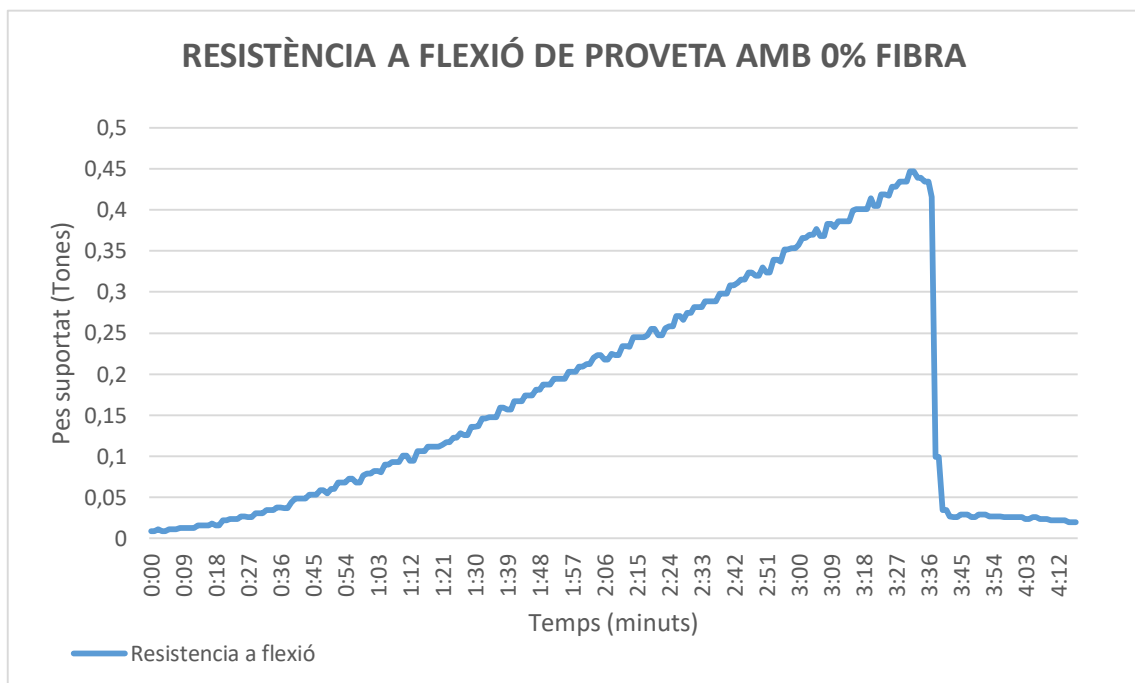
$$\text{Resistència} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Tones} \times 1000}{\text{superfície peça en cm}^2} = \frac{0,126 \times 1000}{64} = 1,969 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Resistència} \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) = 1,969 \times 0,0098 = 0,193 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

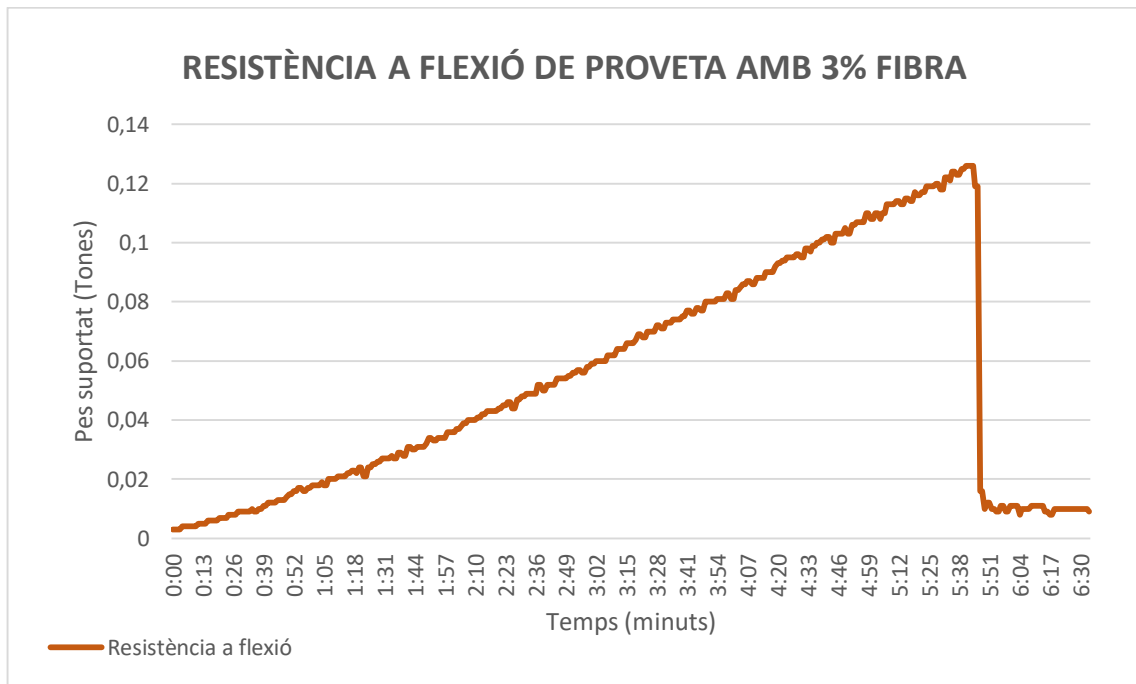
5.6.8.3 COMPARACIÓ DE TOTS ELS RESULTATS DE L'ASSAIG A FLEXIÓ

En aquest apartat es realitza una comparació de tots els resultats obtinguts amb les provetes prismàtiques assajades a flexió fins a obtenir el la resistència a flexió màxima que suporten les mostres.

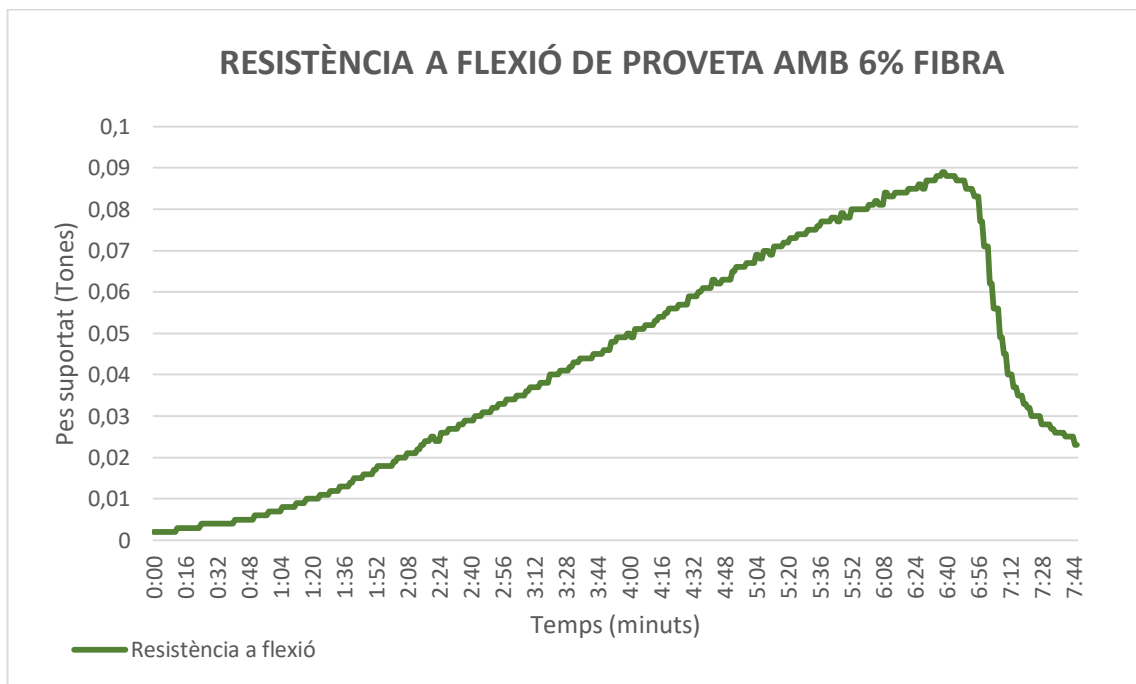
Primerament s'adjuntaran uns gràfics de trencament de cada una de les provetes amb diferent dosificació per tal d'observar el diferent comportament que pateix la peça al trencament si aquesta té una addició de fibra o no.



Gràfic 21. Resistència a flexió de la proveta amb un 0 % de fibra



Gràfic 22. Resistència a flexió de la proveta amb un 3% de fibra

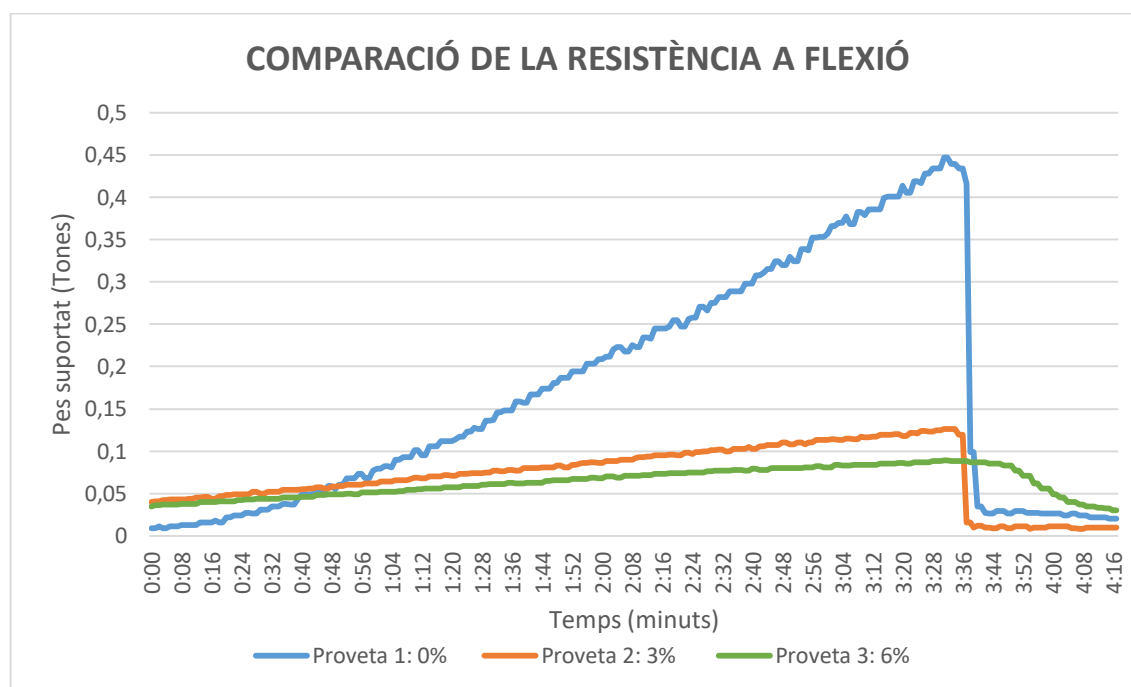


Gràfic 23. Resistència a flexió de la proveta amb un 6% de fibra

Als gràfics s'observa que quan una proveta la qual té una addició de fibra amb el 6% pateix un comportament a tracció diferent a les altres dues provetes. Aquest comportament es similar a l'aixefament produït a compressió, encara que òpticament no s'aprecia.

Tot i així s'observa a les imatges 105, 106 i 107 de l'apartat 6.6.8.1 *Material i procediment gràfic utilitzat per l'assaig de flexió* que el trencament produït és el correcte en les 3 dosificacions estudiades.

A continuació s'exposa un gràfic on s'observa la comparació de les 3 dosificacions:



Gràfic 24. Comparació dels resultats de l'assaig a flexió amb les diferents dosificacions

Tal com s'observa al gràfic 24 a mesura que s'augmenta el tant per cent de fibra al formigó el pes que suporta la peça a flexió es veu reduït de manera no proporcional ja que la diferència entre una mostra amb un 0% de fibra i amb un 3% és d'una reducció del pes suportat a un 70% i en canvi entre el 3% i el 6% és del 30%.

Així que s'arriben a dos conclusions, la primera i comuna en totes les altres resistències mecàniques estudiades és que com més fibra s'afegeix a la mostra menys pes és capaç de suportar la peça, però l'altre conclusió és que una proveta amb fibra perd molta resistència a flexió en comparació d'una proveta que no porti fibra.

Ja que el pes suportat per les provetes a flexió amb fibra és molt més baix que el de les provetes sense fibra, s'ha aplicat el pes de manera molt més suau ja que si no es podria provocar el trencament molt ràpid i no observar la diferència.

Finalment s'analitzen tots els resultats i es busca la resistència mitjana a flexió en N/mm^2 , per tal de extreure les conclusions.

Resultats de la resistència al trencament a flexió							
Nom proveta	Dosificació	Superfície de la peça (cm ²)	Pes suportat (Tones)	Resistència en (kg/cm ²)	Resistència mitjana (kg/cm ²)	Resistència (N/mm ²)	Resistència mitjana (N/mm ²)
1F_0%	0%	64	0,447	6,984375	6,50	0,68446875	0,64
2F_0%			0,385	6,015625		0,58953125	
1F_3%	3%		0,112	1,75	1,82	0,1715	0,18
2F_3%			0,126	1,96875		0,1929375	
3F_3%			0,111	1,734375		0,16996875	
1F_6%	6%		0,061	0,953125	1,22	0,09340625	0,12
2F_6%			0,089	1,390625		0,13628125	
3F_6%			0,085	1,328125		0,13015625	

Taula 35. Resultats de totes les provetes assejades amb l'assaig de flexió

A la taula 35 s'ha realitzat una comparació de tots els resultats obtinguts a amb l'assaig a flexió. La unitat de mesura que et dona la premsa hidràulica es amb tones i per tant per acabar obtenint els resultats en N/mm^2 s'ha d'utilitzar la formula exposada a l'apartat 6.6.8.2 *Anàlisi dels resultats de la proveta 2F_3%*.

Un cop s'han obtingut tots els resultats es realitza la mitjana de les diferents resistències indirectes i s'observa el següent:

- Amb l'addició d'un 3 % de fibra respecte el pes del formigó s'observa que la mostra pateix una pèrdua de resistència mitjana a tracció d'un 70 % respecte la mostra sense fibra, aquest resultat empitjora molt la resistència a flexió.
- En canvi la diferència que s'observa entre les provetes que tenen un 6% de fibra respecte les que tenen un 3% només perden una resistència de la flexió del 30%. Això passa per que el formigó ja ha perdut gairebé tota la seva resistència a flexió al afegir la fibra.

Així doncs s'observa que la de la disminució de la resistència a tracció per l'addició de fibra es disminueix de manera lineal per cada tant per cent de fibra que s'afegeix.

5.6.8.4 CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE L'ASSAIG A FLEXIÓ

Al observar aquets resultats tant negatius es comprova que les provetes no estiguessin mal formades amb un assaig a compressió per les dues parts obtingudes a l'assaig i amb el qual dona resultats positius, per el que s'arriba a la conclusió que:

- L'adició de fibra al formigó provoca que el material perdi molta resistència a flexió per el que es descarta que l'addició de fibra de paper de diari sigui convenient per les aplicacions on sigui necessari resistir la flexió del material ja que amb molt poc pes es pot arribar al trencament de la superfície.

Arribats a aquest punt es pot concloure que l'addició de fibra no resulta beneficiosa per la resistència a flexió del formigó i és determinant per l'aplicació que s'està buscant, ja que els panells de formigó prefabricat han de ser capaços de resistir la flexió, com per exemple quan afecta el vent a la superfície d'aquest.

5.6.9 REALITZACIÓ DE PROVETES PER ESTUDIAR ELS EFECTES TÈRMICS

Per estudiar els efectes tèrmics de l'addició de fibres en el formigó dels panells prefabricats de façana es realitzarà una comparació de les 3 dosificacions de fibra amb els 3 gruixos de panell que es treballen a Prefabricats Planas.

La normativa de l'assaig tèrmic no exigeix un gruix mínim per la fabricació de les provetes, ja que serà una variant al càlcul de la transmitància, el flux de calor i la conductivitat. Per tant es trien les dimensions de les provetes més idònies per els motlles de caixa tèrmica que es troben al laboratori de construcció de la Universitat de Girona, aquestes seran:

- 10 x 7 x 12 cm. On 12 representa el gruix real del panell real que es realitza a Prefabricats Planas.

- 10 x 7 x 16 cm. On 16 representa el gruix real del panell real que es realitza a Prefabricats Planas.
- 10 x 7 x 20 cm. On 20 representa el gruix real del panell real que es realitza a Prefabricats Planas.

En aquest cas les provetes que portin un tant per cent de fibra a la seva massa no s'hauran de treure de la banyera abans que les altres ja que passat 7 dies des de la seva formació es col·locaran a una estufa per tal de que perdi tota la humitat que porta a dins la proveta.

Per tal de comprovar si millora o empitjora la resistència a conductivitat, la transmitància i el flux de calor amb l'addició de fibres i, en aquest cas, conèixer el tant per cent ideal, s'ha format la següent relació de provetes:

- 6 provetes amb un 0% de fibra. De les quals:
 - o 2 són de 12 cm de profunditat.
 - o 2 són de 16 cm de profunditat.
 - o 2 són de 20 cm de profunditat.
- 6 provetes amb un 3% de fibra. De les quals:
 - o 2 són de 12 cm de profunditat.
 - o 2 són de 16 cm de profunditat.
 - o 2 són de 20 cm de profunditat.
- 6 provetes amb un 6% de fibra. De les quals:
 - o 2 són de 12 cm de profunditat.
 - o 2 són de 16 cm de profunditat.
 - o 2 són de 20 cm de profunditat.

5.6.9.1 CÀLCUL DEL VOLUM DE FORMIGÓ I FIBRA TEORIC NECESSARI PER LA REALITZACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG TÈRMIC

Les provetes per l'assaig tèrmic tenen 3 mesures diferents:

$$\text{Volum per proveta} = \text{base} \times \text{altura} \times \text{profunditat} = 0,14 \times 0,07 \times 0,12 = 0,0012 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum per proveta} = \text{base} \times \text{altura} \times \text{profunditat} = 0,14 \times 0,07 \times 0,16 = 0,0016 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum per proveta} = \text{base} \times \text{altura} \times \text{profunditat} = 0,14 \times 0,07 \times 0,20 = 0,0020 \text{ m}^3$$

El següent pas és calcular el volum total per cada dimensió de proveta i les diferents dosificacions:

Volum total 0%:

$$\text{Volum 0\% de 12} = n^{\circ} \text{ provetes de 12} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0012 = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum 0\% de 16} = n^{\circ} \text{ provetes de 16} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0016 = 0,0032 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum 0\% de 20} = n^{\circ} \text{ provetes de 20} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0020 = 0,0040 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 0\%} = \Sigma \text{ volums de 0\%} = 0,0024 + 0,0032 + 0,0040 = 0,0096 \text{ m}^3$$

Volum total 3%:

$$\text{Volum 3\% de 12} = n^{\circ} \text{ provetes de 12} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0012 = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum 3\% de 16} = n^{\circ} \text{ provetes de 16} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0016 = 0,0032 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum 3\% de 20} = n^{\circ} \text{ provetes de 20} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0020 = 0,0040 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 3\%} = \Sigma \text{ volums de 3\%} = 0,0024 + 0,0032 + 0,0040 = 0,0096 \text{ m}^3$$

Volum total 6%:

$$\text{Volum 6\% de 12} = n^{\circ} \text{ provetes de 12} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0012 = 0,0024 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum 6\% de 16} = n^{\circ} \text{ provetes de 16} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0016 = 0,0032 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum 6\% de 20} = n^{\circ} \text{ provetes de 20} \times \text{volum d'una proveta} = 2 \times 0,0020 = 0,0040 \text{ m}^3$$

$$\text{Volum total 6\%} = \Sigma \text{ volums de 6\%} = 0,0024 + 0,0032 + 0,0040 = 0,0096 \text{ m}^3$$

Per saber els kg de formigó que es necessita per cada proveta s'ha de fer:

$$\text{Quantitat de formigó 0\%} = \text{volum total 0\%} \times \text{densitat} = 0,0096 \times 2500 = 24 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 3\%} = \text{volum total 3\%} \times \text{densitat} = 0,0096 \times 2500 = 24 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de formigó 6\%} = \text{volum total 6\%} \times \text{densitat} = 0,0096 \times 2500 = 24 \text{ kg}$$

La fibra es calcula segons el volum de formigó es farà:

$$\text{Quantitat de fibra per 3\%} = \text{kg de formigó} \times 3\% = 24 \times 0,03 = 0,72 \text{ kg}$$

$$\text{Quantitat de fibra per 6\%} = \text{kg de formigó} \times 6\% = 24 \times 0,06 = 1,44 \text{ kg}$$

Així doncs s'entén que per la formació de les provetes de l'assaig de comprovació dels efectes tèrmics es necessitarà un total de:

- 72 kg de formigó.
- 2,16 kg de fibra de paper.

5.6.9.2 PROCÉS FOTOGRÀFIC DE LA FORMACIÓ DE LES PROVETES PER L'ASSAIG DE TÈRMIC.



Imatge 102. Formigonat provetes per assaig tèrmic..
Font: pròpia



Imatge 103. Provetes per assaig tèrmic previament al desenmollat.
Font: pròpia



Imatge 104. Desenmollat de provetes per assaig tèrmic (dins el recuadre)
Font: pròpia



Imatge 105 Formigonat de provetes per assaig tèrmic amb un 3% de fibra.
Font: pròpia



Imatge 106. Provetes per assaig tèrmic passat 7 dies dins la banyera.
Font: pròpia



Imatge 107. Control de pes per conèixer si ha anulat tota l'humitat de la peça.
Font: pròpia



Imatge 108. Provetes termiques de diferents mides assejades.
Font: pròpia

5.6.10 ASSAIG I RESULTATS DELS ASSAJOS A LES PROVETES PER CONEIXER ELS EFECTES TÈRMICS

Tot i comprovar que la flexió descarta l'aplicació dels panells prefabricats amb fibra, s'estudia igualment quins efectes tèrmics produeix la fibra de paper ja que es podria buscar una aplicació que no necessités l'exposició continuada de vent i per tant on la seva resistència a flexió no fos exigida.

L'assaig que s'utilitza per estudiar els efectes tèrmics és el mateix assaig que s'ha utilitzat en la primera part d'aquest treball, concretament en l'apartat *5.7.3 Assaig i resultats de les provetes per obtenir valors tèrmics*, per tant no es tornarà a exposar el procediment de l'assaig ni el mètode de càlcul, si no que s'adjuntarà el recull fotogràfic d'aquest apartat i la comparació de les provetes estudiades en cada cas.

S'analitzarà un total de 18 provetes de formigó de les quals 6 tenen un 0% de fibra, 6 un 3% de la fibra i 6 un 6%. També es dividiran aquestes provetes depenen de la seva dimensió ja que s'estudiaran els gruixos de 12, 16 i 20 cm, els quals són els gruixos reals dels panells. Per tal de tenir els resultats de manera ordenada les diferents provetes s'han anomenat així:

- Proveta T12_0%_1 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra i 12 cm de gruix.
- Proveta T12_0%_2 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra i 12 cm de gruix.
- Proveta T12_3%_1 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra i 12 cm de gruix.
- Proveta T12_3%_2 → Proveta de formigó amb un 3% de fibra i 12 cm de gruix.
- Proveta T12_6%_1 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra i 12 cm de gruix.
- Proveta T12_6%_2 → Proveta de formigó amb un 6% de fibra i 12 cm de gruix.
- Proveta T16_0%_1 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra i 16 cm de gruix.
- Proveta T16_0%_2 → Proveta de formigó amb un 0% de fibra i 16 cm de gruix.

- Probeta T16_3%_1 → Probeta de formigó amb un 3% de fibra i 16 cm de gruix.
- Probeta T16_3%_2 → Probeta de formigó amb un 3% de fibra i 16 cm de gruix.
- Probeta T16_6%_1 → Probeta de formigó amb un 6% de fibra i 16 cm de gruix.
- Probeta T16_6%_2 → Probeta de formigó amb un 6% de fibra i 16 cm de gruix.
- Probeta T20_0%_1 → Probeta de formigó amb un 0% de fibra i 20 cm de gruix.
- Probeta T20_0%_2 → Probeta de formigó amb un 0% de fibra i 20 cm de gruix.
- Probeta T20_3%_1 → Probeta de formigó amb un 3% de fibra i 20 cm de gruix.
- Probeta T20_3%_2 → Probeta de formigó amb un 3% de fibra i 20 cm de gruix.
- Probeta T20_6%_1 → Probeta de formigó amb un 6% de fibra i 20 cm de gruix.
- Probeta T20_6%_2 → Probeta de formigó amb un 6% de fibra i 20 cm de gruix.

El material que s'ha utilitzat en aquest assaig és similar al que es necessitava amb l'apartat *5.7.3 Assaig i resultats de les provetes per obtenir valors tèrmics*, tot i que s'ha realitzat en una caixa tèrmica diferent ja que com s'ha comentat en l'apartat 5.7.3.1 un dels canals no funciona correctament i per tant s'ha procedit a fer el canvi de caixa tèrmica per l'estudi d'aquesta segona part del treball.

Els únics instruments que varien en aquest procediment són els motlles de les provetes, ja que s'utilitzen unes dimensions específiques per aquest treball i per tant és necessària la construcció d'un motlle que s'adapti als requisits de les provetes.

5.6.10.1 MATERIAL I PROCEDIMENT GRÀFIC UTILITZAT PER L'ASSAIG TÈRMIC DE LES PROVETES DE FORMIGÓ



Imatge 110. Provetes per estudiar els efectes tèrmic de diferents dimensions i
dossificacions.
Font: pròpia



Imatge 109. Motlle que s'ha anat reduint o augmentant
depenen de les necessitats.
Font: pròpia



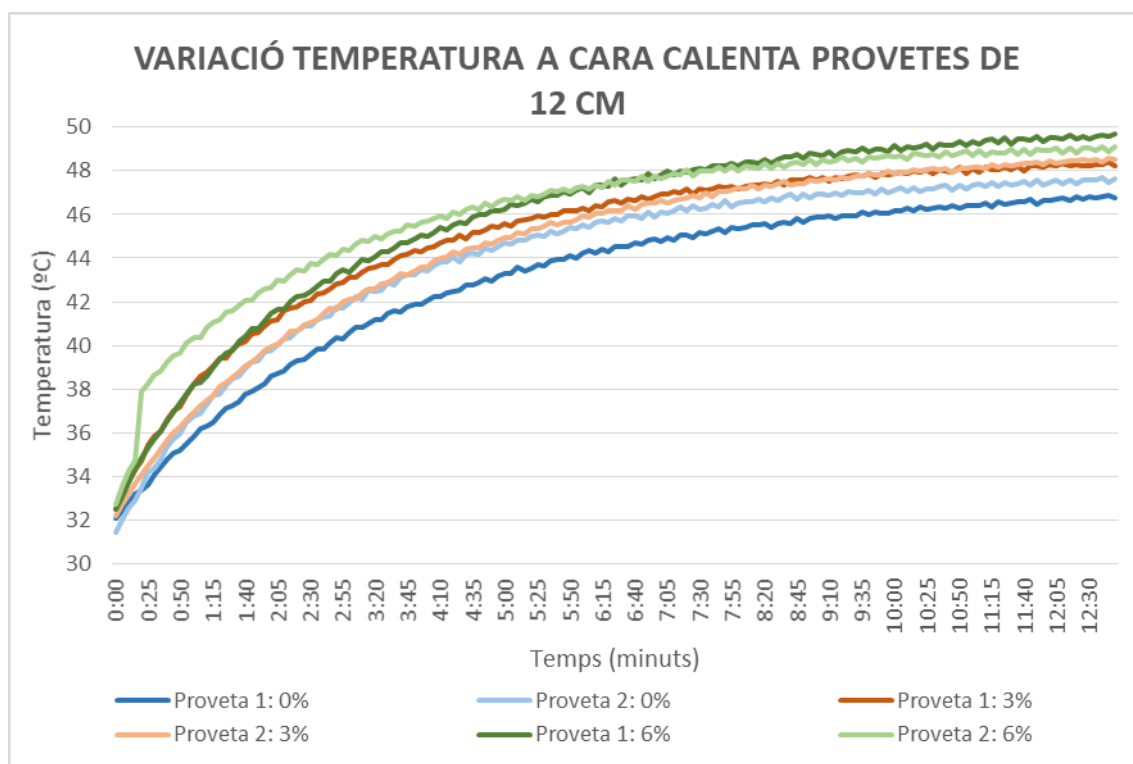
Imatge 111. Caixa tèrmica nova.
Font: pròpia

5.6.10.2 ANALISI I COMPARACIÓ DE LES TEMPERATURES DE TOTES LES MOSTRES DE FORMIGÓ DE L'ASSAIG TÈRMIC

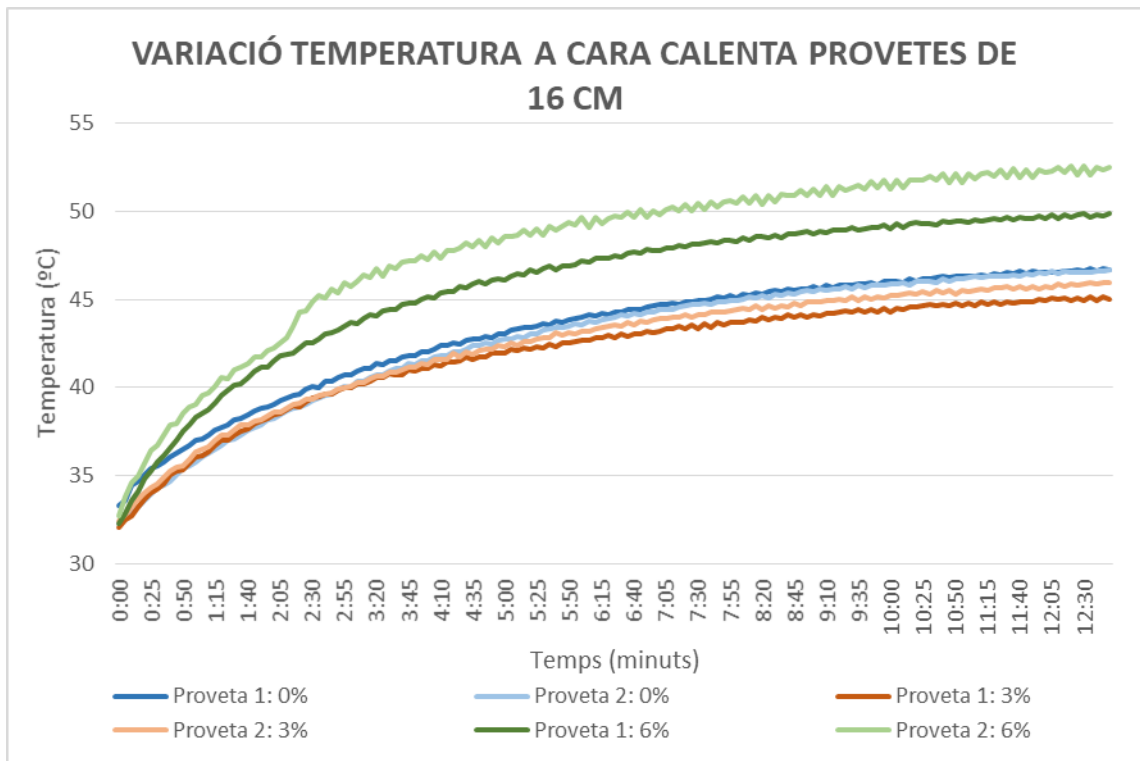
Només s'exposen la cara freda i la cara calenta ja que tal com s'ha observat a l'apartat 5.7.3 *anàlisi i comparació de les temperatures de totes les mostres de ciment de l'assaig tèrmic*. Els resultats que s'obtenien en el gràfic de la cambra freda podien variar depenen de la temperatura ambient en que es trobava i en el moment en que es va col·locar la proveta, causant que les dades que s'obtenien no fossin totalment correctes i per tant en aquest apartat del càlcul tèrmic.

A continuació es pot observar en els següents gràfics la variació de temperatura que pateixen les mostres d'un gruix determinat depenen la cara que s'està estudiant i el tant per cent de fibra que s'ha afegit.

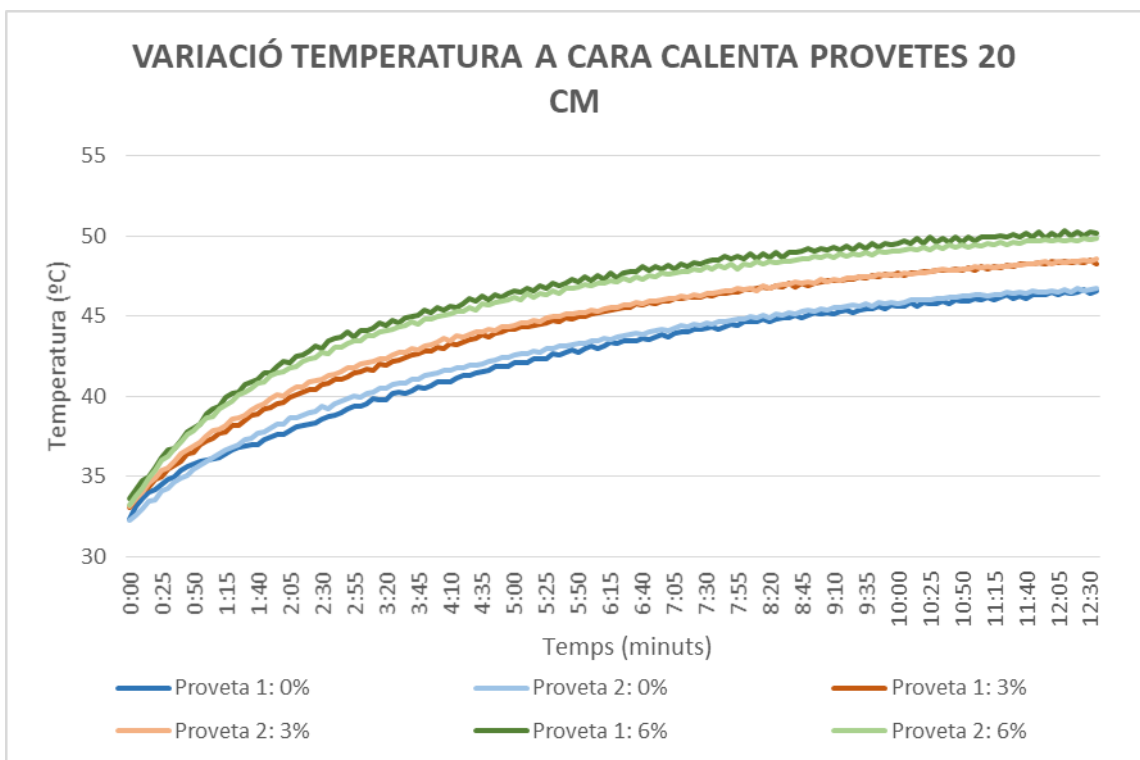
S'inicia l'anàlisi de la cara calenta, és a dir, la cara superficial de la proveta que es troba a l'interior de la cambra calenta en el qual hi ha una resistència a 60 graus.



Gràfic 25. Variació de temperatura a cara calenta per provetes de 12 cm de gruix.



Gràfic 26. Variació de temperatura a cara calenta per provetes de 16 cm de gruix



Gràfic 27. Variació de temperatura a cara calenta per provetes de 20 cm de gruix

Després d'observar detingudament els resultats de la temperatura de cara calenta al llarg del temps amb les gràfiques 25, 26 i 27 s'observa que a les gràfiques 25 i 27 s'obté el mateix comportament segons la dosificació ja que com més fibra té la proveta més temperatura és capaç de mantenir la superfície.

En canvi a la grafica 26 s'observa un gir en les provetes amb un 3% i un 0% de fibra on la superfície que adquireix menys temperatura en aquest cas és la del 3%. En aquest gràfic, també s'observa que una de les provetes analitzades amb un 6% de fibra aconseguix arribar als 53 graus mentre que les altres provetes en els 3 grafics arriben com a màxim als 50 graus.

La temperatura en els gràfics 25 i 27 oscil·la entre els 46 i els 50 graus, en canvi en el gràfic 26 que tal com s'ha dit existeix una variança als altres dos gràfics, la temperatura oscil·la entre els 43 i els 53 graus ja que hi ha una de les provetes que té una addició de fibra del 6% que adquireix més temperatura.

Seguidament s'exposaràn els gràfics que fan referència a la cara freda de la proveta. Aquesta cara és la que en termes d'aplicació a panells de façanes és la que es trobaria a l'interior de la vivenda.

Seguidament es procedeix a realitzar la comparació de les tres dosificacions de fibra observant la diferència de temperatura en una hora determinada quan es considera que la peça està en règim estacionari.

PROVETES DE 12 CM A CARA CALENTA						
NOM	1	2	3	4	5	6
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	3%	3%	6%	6%
HORA						
11:00	46,43	47,36	48,11	48,18	49,33	48,71

Taula 36. Temperatures en una hora determinada del règim estacionari per provetes de 12 cm a cara calenta.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 46,90 °C.
- Provetes amb un 3% de fibra: temperatura mitjana 48,15 °C.
- Provetes amb un 6% de fibra: temperatura mitjana 49,02 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 3% temperatures mitjanes: + 1,25 °C.

- Diferència entre la proveta 3% i 6% temperatures mitjanes: + 0,87 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 6% temperatures mitjanes: + 2,12 °C.

PROVETES DE 16 CM A CARA CALENTA						
NOM	1	2	3	4	5	6
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	3%	3%	6%	6%
HORA						
11:10	46,42	46,24	44,87	45,56	49,40	52,10

Taula 37. Temperatures en una hora determinada del règim estacionari per provetes de 16 cm a cara calenta.

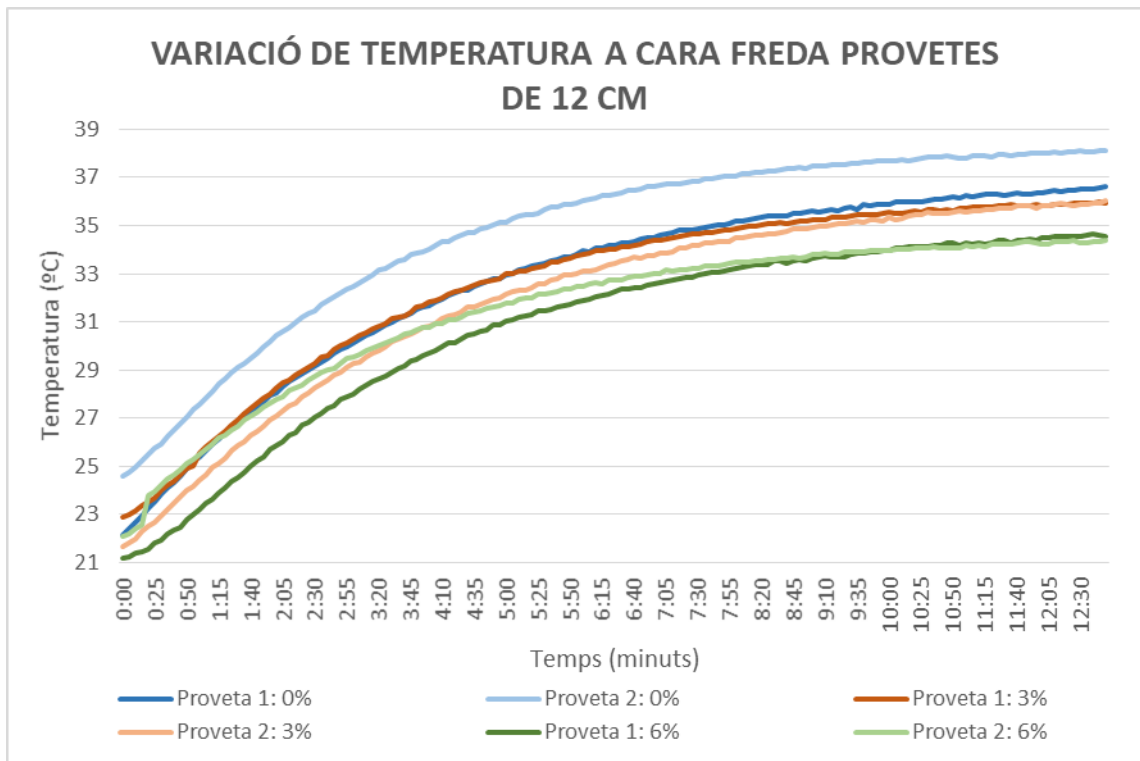
- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 46,33 °C.
- Provetes amb un 3% de fibra: temperatura mitjana 45,22 °C.
- Provetes amb un 6% de fibra: temperatura mitjana 50,75 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 3% temperatures mitjanes: + 1,11 °C.
- Diferència entre la proveta 3% i 6% temperatures mitjanes: - 0,87 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 6% temperatures mitjanes: + 4,42 °C.

PROVETES DE 20 CM A CARA CALENTA						
NOM	1	2	3	4	5	6
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	3%	3%	6%	6%
HORA						
9:30	45,38	45,63	47,48	47,42	49,44	48,81

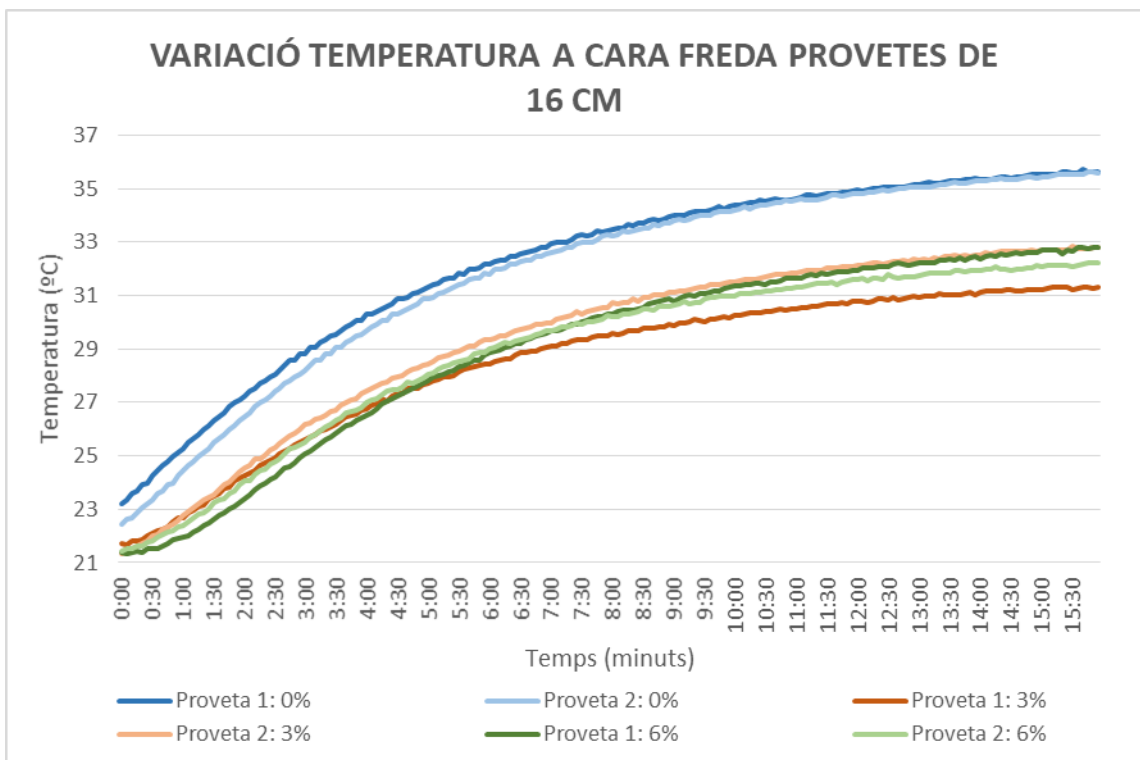
Taula 38 Temperatures en una hora determinada del règim estacionari per provetes de 20 cm a cara calenta.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 45,51 °C.
- Provetes amb un 3% de fibra: temperatura mitjana 47,45 °C.
- Provetes amb un 6% de fibra: temperatura mitjana 49,13 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 3% temperatures mitjanes: + 1,94 °C.
- Diferència entre la proveta 3% i 6% temperatures mitjanes: + 1,68 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 6% temperatures mitjanes: + 3,62 °C.

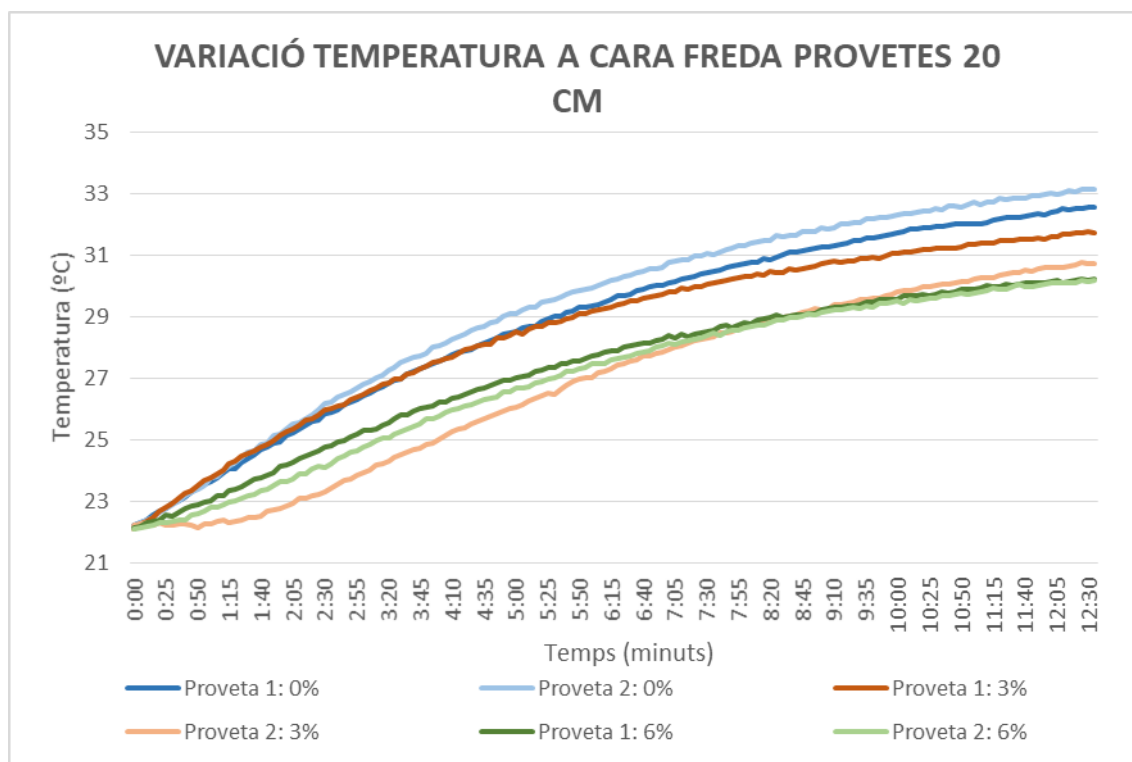
Encara que els resultats amb la proveta de dimensió 16 han resultat diferents als que s'aprecien a les altres dos taules es pot concloure que com més cm té el gruix de la peça la diferencia de temperatura entre les provetes amb fibra i les que no en porten es veu incrementada.



Gràfic 28. Variació de temperatura a cara freda per provetes de 12 cm de gruix



Gràfic 29. Variació de la temperatura a cara freda per provetes de 16 cm de gruix.



Gràfic 30. Variació de temperatura a cara freda per provetes de 20 cm de gruix.

S'analitzen els gràfics 28, 29 i 30 i s'observa que en els 3 casos es produeix l'efecte contrari a la cara calenta, és a dir, que la cara de la proveta que adquireix més calor a la seva superfície és la proveta que no té addició de fibra i en canvi les que per contra tenen menys temperatura, en els tres casos, són les provetes amb una addició del 6% de fibra sobre el pes del ciment.

Aquesta dada és positiva per l'aplicació que s'està estudiant ja que ens dona a conèixer que la fibra de paper actua quan es barreja amb el formigó actua com a aïllant.

La temperatura en els gràfics 28 oscil·la entre els 34 i els 38 graus, a la proveta amb un gruix de 16 cm oscil·la entre 31 i 36 graus i finalment a les provetes amb 20 cm de gruix la temperatura varia entre 28 i 33 grau.

La variància de temperatura observada ens proporciona conèixer que com més gruix té la proveta a analitzar menys temperatura és capaç d'arribar fins a la cara freda de l'element. Tot i ser una dada bastant lògica és molt important alhora de construir un panell o un altre depenen del que es vol allotjar a l'interior.

Seguidament es procedeix a realitzar la comparació de les tres dosificacions de fibra observant la diferència de temperatura en una hora determinada quan es considera que la peça està en règim estacionari.

PROVETES DE 12 CM A CARA FREDA						
NOM	1	2	3	4	5	6
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	3%	3%	6%	6%
HORA						
10:20	35,98	37,73	35,59	35,44	34,09	34,09

Taula 39. Temperatures en una hora determinada del règim estacionari per provetes de 12 cm a cara freda.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 36,86 °C.
- Provetes amb un 3% de fibra: temperatura mitjana 35,52 °C.
- Provetes amb un 6% de fibra: temperatura mitjana 34,09 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 3% temperatures mitjanes: - 1,34 °C.
- Diferència entre la proveta 3% i 6% temperatures mitjanes: - 1,43 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 6% temperatures mitjanes: - 2,77 °C.

PROVETES DE 16 CM A CARA FREDA						
NOM	1	2	3	4	5	6
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	3%	3%	6%	6%
HORA						
14:00	35,32	35,29	31,11	32,52	32,38	31,91

Taula 40. Temperatures en una hora determinada del règim estacionari per provetes de 16 cm a cara freda

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 35,31 °C.
- Provetes amb un 3% de fibra: temperatura mitjana 31,82 °C.
- Provetes amb un 6% de fibra: temperatura mitjana 32,15 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 3% temperatures mitjanes: - 3,49 °C.
- Diferència entre la proveta 3% i 6% temperatures mitjanes: + 0,33 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 6% temperatures mitjanes: - 3,16 °C.

PROVETES DE 20 CM A CARA FREDA						
NOM	1	2	3	4	5	6
PERCENTATGE DE FIBRA	0%	0%	3%	3%	6%	6%
HORA						
11:40	32,27	32,87	31,54	30,53	30,12	29,98

Taula 41. Temperatures en una hora determinada del règim estacionari per provetes de 20 cm a cara freda.

- Provetes amb 0%: temperatura mitjana de 32,57 °C.
- Provetes amb un 3% de fibra: temperatura mitjana 31,04 °C.
- Provetes amb un 6% de fibra: temperatura mitjana 30,05 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 3% temperatures mitjanes: - 1,53 °C.
- Diferència entre la proveta 3% i 6% temperatures mitjanes: - 0,99 °C.
- Diferència entre la proveta 0% i 6% temperatures mitjanes: - 2,52 °C.

Tal com passava a l'anàlisi anterior els resultats de la proveta de dimensió 16 han resultat estranys envers els altres. Però tot i així es conclou que la diferència de temperatura que arriba a cara freda no varia encara que el gruix de la proveta sigui canviant ja que la diferència de temperatura entre una proveta amb fibra i una sense en els gruixos de 12 i 20 cm és aproximadament una pèrdua de temperatura de 2,5 graus.

5.6.10.3 CÀLCUL DE LA TRANSMITÀNCIA, CONDUCTIVITAT I FLUX DE CALOR

En aquest apartat no s'explicarà el càlcul de l'assaig ja que s'ha exposat a l'apartat 5.7.3.4 *Càlcul de la transmitància, conductivitat i flux de calor* d'aquest estudi. Encara que en el càlcul es té en compte que alguns valors varien respecte l'exposat.

Així doncs s'exposarà com exemple el càlcul de la proveta T12_3%_1 la qual porta un 3%

Per començar s'analitzen totes les dades que s'han obtingut fent l'assaig tèrmic per poder obtenir la mitjana de cada valor.

MITJANA DE TEMPERATURES	CAMBRA CALENTA (Tc)	CARA CALENTA (Tsc)	CARA FREDA (Tsf)	CAMBRA FREDA (Tf)
	59,19	45,45	33,01	24,34

Taula 42. Temperatures mitjanes de la proveta T12_3%_1

Posteriorment es busca l'increment de temperatura que s'obté a les dues cares o a les cambres.

INCREMENT TEMPERATURA	
T _c - T _f	34,84
T _{sc} - T _{sf}	12,43

Taula 43. Increment de temperatura de proveta T12_3%_1

Seguidament es determina les dimensions de la proveta a analitzar ja que és un factor que serà determinant per les formules que es realitzaran a continuació.

	BASE (m)	ALTURA (m)	SUPERFÍCIE (m ²)
DIMENSIÓ DE LA PROVETA	0,10	0,07	0,007

Taula 44. Dimensió proveta T12_3%_1

ESPESSOR e (m)	0,12
----------------	------

Taula 45. Espessor proveta T12_3%_1

Posteriorment es busca la resistència superficial, la qual s'extreu de la següent taula:

Tabla 6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m²K/W

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente (Suelo)	0,17	0,17

Taula 46. Taula de resistències tèrmiques superficials de particions interiors.

Font: DA DB-HE/1 Taula 6

Tal que, les dades a utilitzar seran:

RESISTÈNCIA SUPERFICIAL (m ² °C/W)	
Rsc (interna)	0,13
Rsf (externa)	0,13
(Rsc + Rsf) = Rs (total)	0,26

Taula 47. Resistència superficial a partir de taula 47

Així doncs, un cop exposades totes les dades necessàries es pot iniciar el càlcul de la transmitància (U), seguidament la conductivitat (λ) i finalment el flux de calor (Q).

Transmitància (W/m² °C)

$$U = \frac{(T_c - T_{sc})}{(T_c - T_f) * R_{si}}$$

Així doncs es substituiran els valors i el resultat serà:

$$U = \frac{(59,19 - 45,45)}{(59,19 - 24,34) * 0,13} = 3,033 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

Conductivitat (W/m °C)

$$\lambda = \frac{e \cdot U \cdot (T_c - T_f)}{(T_{sc} - T_{sf})}$$

Així doncs es substituiran els valors i el resultat serà:

$$\lambda = \frac{0,12 \cdot 3,033 \cdot (59,19 - 24,34)}{(45,45 - 33,01)} = 1,02 \text{ W/m } ^\circ C$$

Flux de calor (W)

$$Q = \frac{S \cdot \lambda \cdot (T_{sc} - T_{sf})}{e}$$

Així doncs es substituiran els valors i el resultat serà:

$$Q = \frac{0,007 \cdot 1,02 \cdot (45,45 - 33,01)}{0,12} = 0,740 \text{ W}$$

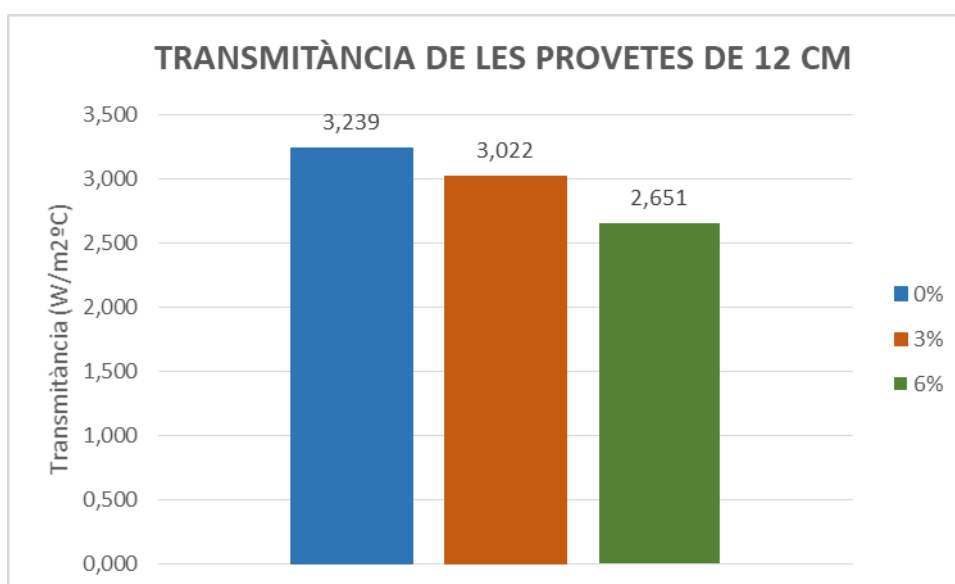
Un cop exposats tots els valors s'adjunten les taules corresponents als resultats obtinguts de transmitància, conductivitat i flux de calor depenen de la dosificació de fibra i el gruix de les provetes:

PROVETES DE 12 CM				
Nº Proveta	% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
1	0	3,093	1,324	0,794
2	0	3,385	1,477	0,805
3	3	3,033	1,02	0,74
4	3	3,011	1,011	0,744
5	6	2,604	0,732	0,642
6	6	2,697	0,772	0,66

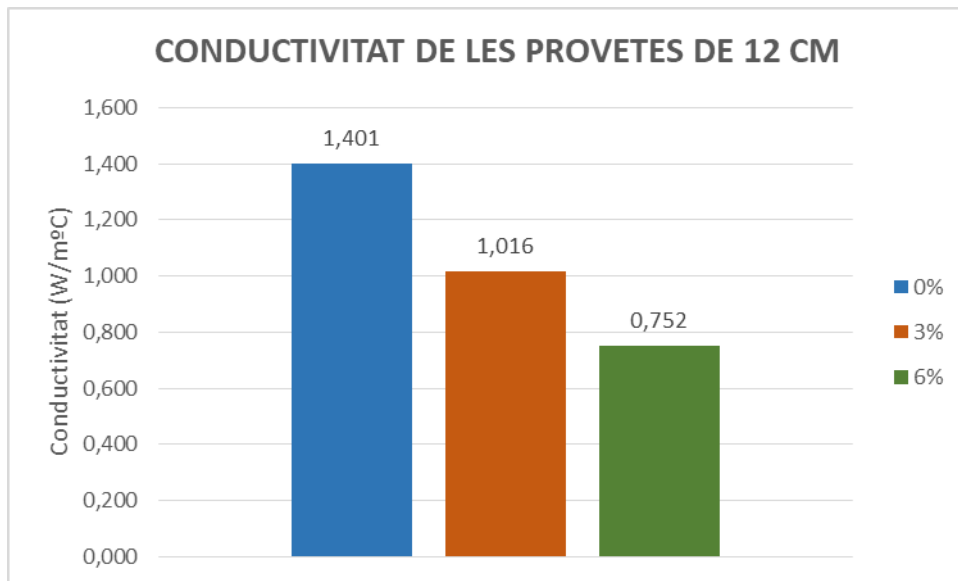
Taula 48 Conjunt de valors de transmitància, conductivitat i flux de calor de les provetes de 12 cm

VALORS MITJOS PROVETES 12 CM			
% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
0	3,239	1,401	0,800
3	3,022	1,016	0,742
6	2,651	0,752	0,651

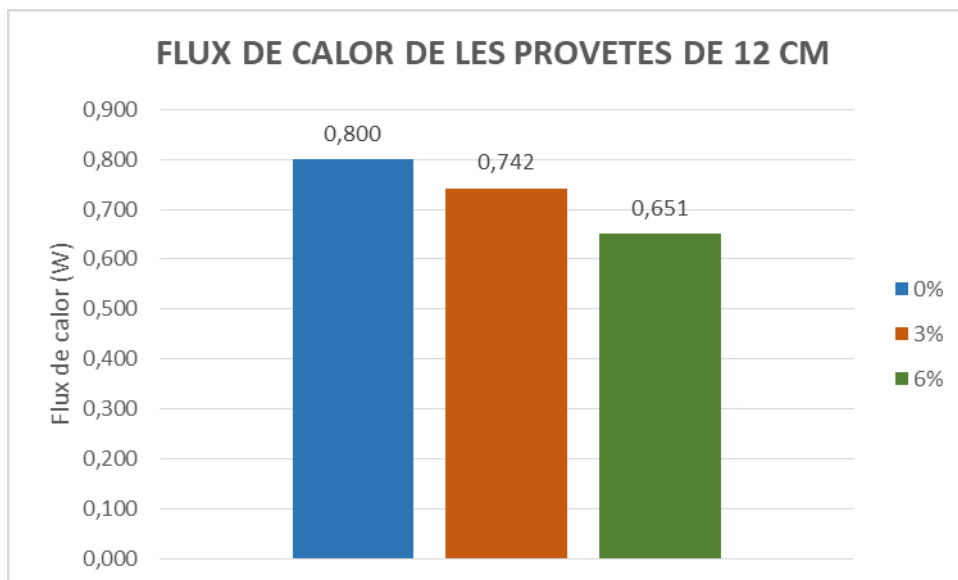
Taula 49. Mitjana de valors de les provetes de 12 cm segons la taula 48.



Gràfic 31. Comparació de la transmitància de les diferents dosificacions per 12 cm de gruix



Gràfic 32. Comparació de la conductivitat de les diferents dossificacions per 12 cm de gruix.



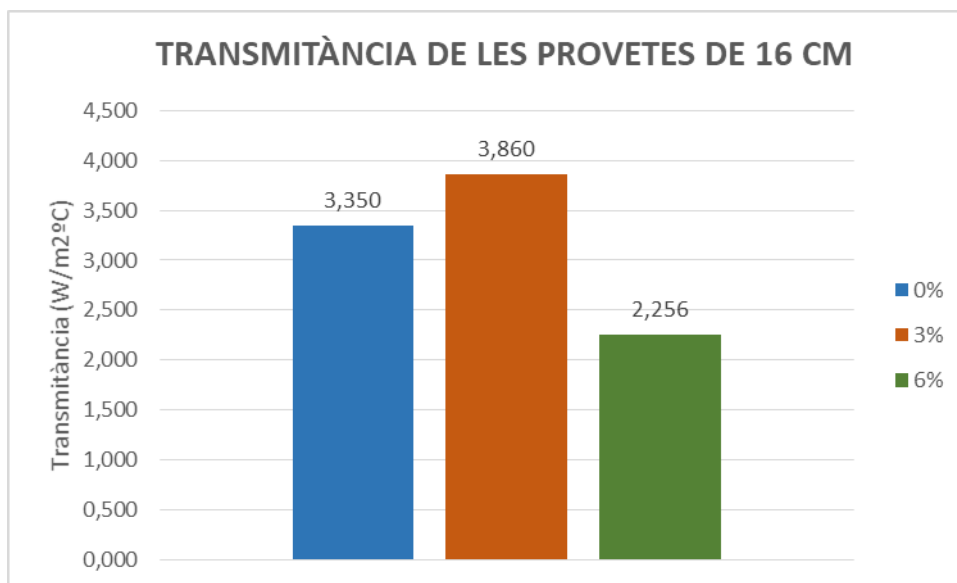
Gràfic 33. Comparació del flux de calor de les diferents dossificacions per 12 cm de gruix.

PROVETES DE 16 CM				
Nº Proveta	% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
1	0	3,079	1,511	0,844
2	0	3,62	1,939	0,987
3	3	3,972	1,822	1,122
4	3	3,748	1,748	1,046
5	6	2,387	0,783	0,605
6	6	2,124	0,614	0,534

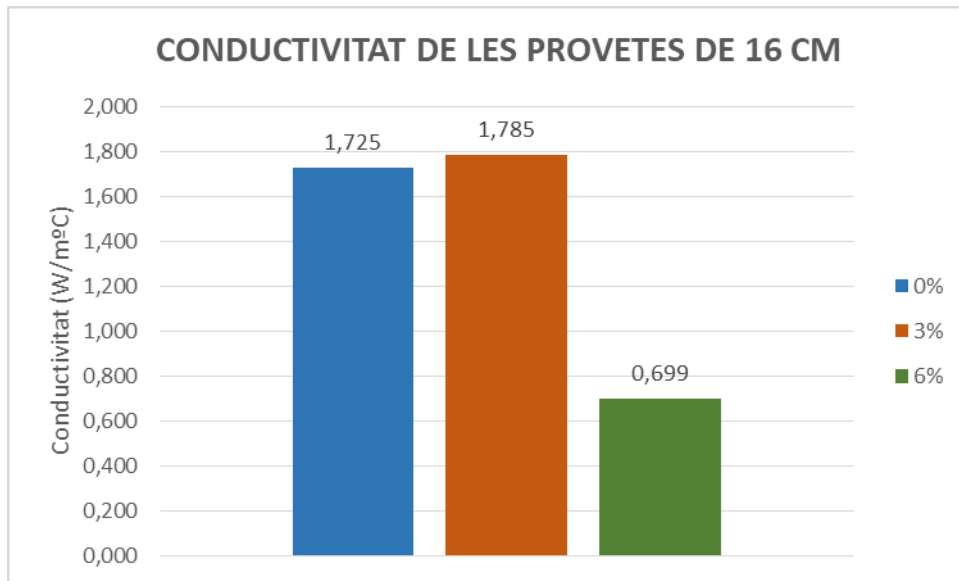
Taula 50. Conjunt de valors de transmitància, conductivitat i flux de calor de les provetes de 16 cm

VALORS MITJOS PROVETES 16 CM			
% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
0	3,350	1,725	0,916
3	3,860	1,785	1,084
6	2,256	0,699	0,570

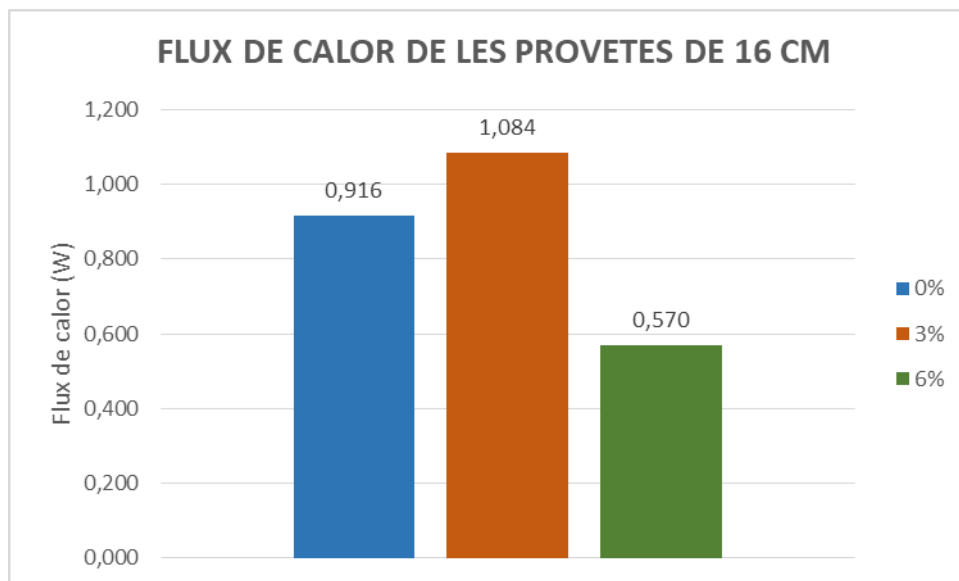
Taula 51. Mitjana de valors de les provetes de 16 cm segons taula 50



Gràfic 34. Comparació de la transmitància de les diferents dosificacions per 16 cm de gruix



Gràfic 35. Comparació de la conductivitat de les diferents dossificacions per 16 cm de gruix



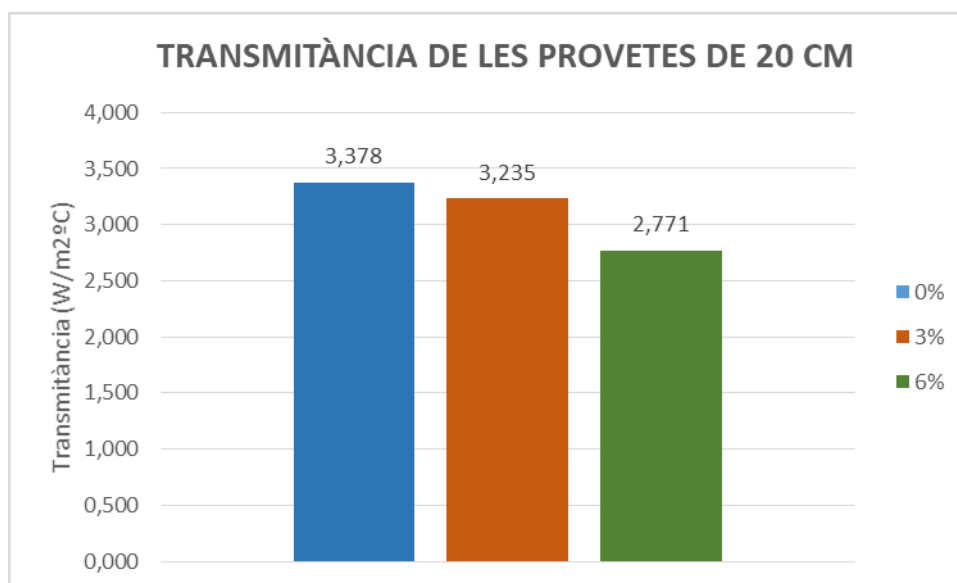
Gràfic 36 Comparació del flux de calor de les diferents dossificacions per 16 cm de gruix

PROVETES DE 20 CM				
Nº Proвета	% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
1	0	3,285	1,726	0,864
2	0	3,471	1,935	0,907
3	3	3,35	1,512	0,877
4	3	3,12	1,378	0,806
5	6	2,676	1,015	0,692
6	6	2,866	1,114	0,734

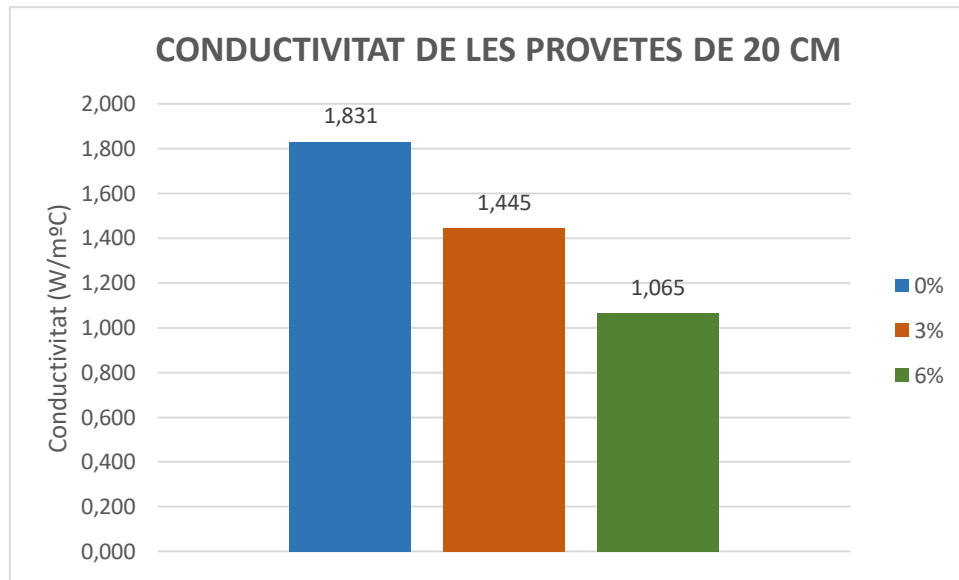
Taula 52 Conjunt de valors de transmitància, conductivitat i flux de calor de les provetes de 20 cm

VALORS MITJOS PROVETES 20 CM			
% FIBRA	Transmitància (U)	Conductivitat (λ)	Flux de calor (Q)
0	3,378	1,831	0,886
3	3,235	1,445	0,842
6	2,771	1,065	0,713

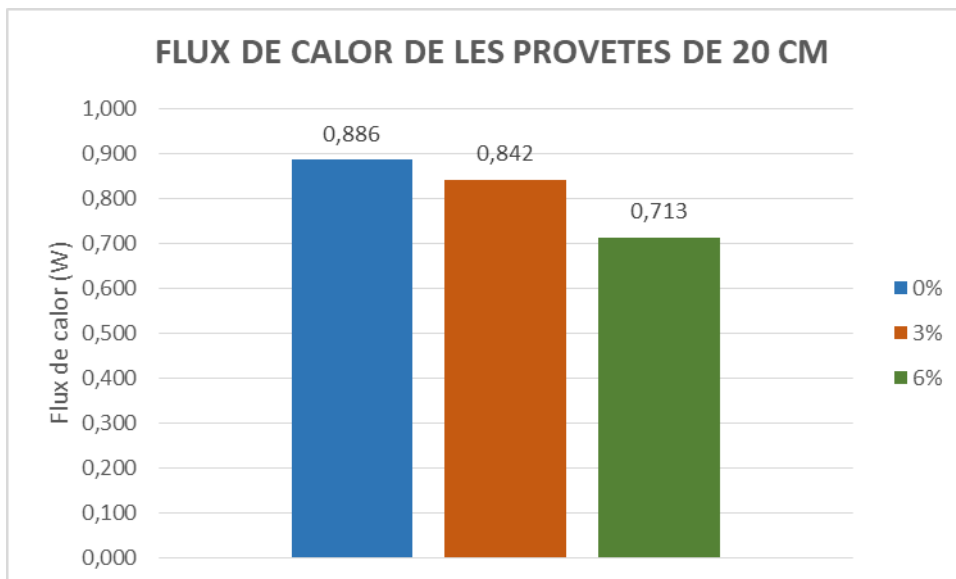
Taula 53. Mitjana de valors de les provetes de 20 cm segons taula 52



Gràfic 37. Comparació de la transmitància de les diferents dosificacions per 20 cm de gruix.



Gràfic 38 Comparació de la conductivitat de les diferents dossificacions per 20 cm de gruix.



Gràfic 39 Comparació del flux de calor de les diferents dossificacions per 20 cm de gruix.

5.6.10.4 CONCLUSIÓ DELS RESULTATS DE LES PROVETES REALITZADES PER OBTENIR VALOR TERMICS A L'ASSAIG TÈRMIC

La conclusions finals més rellevants d'aquest assaig són:

- Un cop analitzades totes les dades s'observa que si el material format porta una adició de fibra incorporada tant la transmitància, la conductivitat i el flux de calor dona un resultat més baix que si per contra la mostra de formigó no porta una fibra.

Tot i que en el cas de les provetes amb un 3% de fibra i 16 cm de gruix s'observa que augmenta la transmitància, la conductivitat i el flux de calor, però es considera que no és una dada prou representativa ja que tant en les provetes amb un gruix de 12 cm com amb un gruix de 20 cm es produeix l'efecte contrari.

- S'observa que com menys gruix té la mostra menys aïllant és independentment de si el material porta fibra o no.
- Així que finalment s'entén que la fibra de paper és aïllant per diferents raons:
 - o S'observa de les provetes amb un 6% i un gruix de 20 cm, a la cara calenta aconseguen arribar a una temperatura de 50 graus i en canvi a la cara freda tenen una temperatura de 30 graus, per la qual cosa la fibra és capaç de retenir els 20 graus de temperatura de diferència, en canvi per les provetes amb un 0% de fibra i el mateix gruix s'observa que a la cara calenta arriben a 46 graus de temperatura i a la cara freda a 33, per el que mostra que la diferencia de temperatura és de 13 graus.
 - o La reducció de la transmitància, el flux de calor i la conductivitat es veu reduïda de manera proporcional com més fibra porta la proveta analitzada, així que s'entén que com més fibra de paper s'incorpori a la proveta més aïllant serà el material.

5.7 CONCLUSIÓ DE LA FIBRA DE PAPER AL FORMIGÓ PREFABRICAT

Després de realitzar els diferents assajos fisico-mecànics on s'ha analitzat la compressió, la tracció, i la flexió del material i estudiar els efectes tèrmics que produeix la fibra en els diferents gruixos dels panells que s'utilitzen pel prefabricat s'obtenen diferents conclusions:

- S'observa que com més fibra porti el formigó prefabricat menys resistència a compressió té el material, tot i que alhora s'observa que la fibra de paper produeix un aixafament de la peça i en canvi no es produeix el trencament fràgil al instant de trencar-se.

La reducció de la resistència és proporcional al mateix temps que s'afegeix un 3% de fibra de paper i s'entén que una proveta amb més d'un 8 per cent de fibra no seria capaç de suportar el mínim de compressió.

- En el cas dels resultats obtinguts per l'assaig a tracció s'observa que són similars als de l'assaig a compressió ja que com més fibra de paper té la mostra analitzada menys resistència a tracció és capaç de suportar.

Tot i que la diferència que s'observa és que la reducció de la resistència a tracció no és proporcional ja que com més fibra s'afegeix a la mostra menys resistència a tracció podria suportar el material però de manera augmentada.

Es considera que amb un 6% de fibra no seria recomanable la fabricació del material ja que la resistència a tracció és molt baixa.

Aquests dos resultats obtinguts no influeixen amb gran quantitat a descartar la utilització del material amb fibres tot i obtenir resultats negatius ja que els panells de formigó on es vol utilitzar el material principalment no treballen a compressió ni tracció.

El que sí és important per el panell prefabricat és conèixer com treballa a flexió, ja que és una propietat important per els panells que suporten les empentes del vent contínuament.

- S'analitzen els resultats i s'observa que la fibra de paper produeix una disminució molt elevada de la resistència a flexió, provocant que el material no pugui suportar el mínim establert ni amb un 3 % de fibra, ja que la disminució de la resistència obté un resultat de reducció de més del 70% respecte a una proveta sense fibra de paper.

Encara que s'entén que aquesta reducció és deguda a la reducció de la densitat que es produeix en les diferents dosificacions ja que el pes de la proveta influeix molt en la resistència a flexió de un material. Les densitats de les diferents dosificacions són:

- 0%: 2.261,95 kg/m³
- 3%: 1927,71 kg/m³
- 6%: 1428,57 kg/m³

És una dada molt negativa per l'aplicació que s'està buscant i per tant es descarta que la fibra de paper es pugui incorporar als panells de formigó sense l'addició de additius que ajudin a augmentar la resistència a flexió ja que es podria produir el trencament amb molt poc pes.

Tot i així s'analitzen els resultats tèrmics obtinguts i s'observa que com més fibra de paper s'incorpori al formigó prefabricat més aïllament produeix el material i per tant transmet menys calor cap a l'interior de la cambra freda. També es veu augmentat aquest aïllament com més gruix tingui el panell.

Aquest resultat és el que s'esperava trobar a l'estudi i per tant es pot concloure que seria d'aplicació per els panells prefabricats sempre hi quan s'afegissin additius que ajudessin a augmentar la resistència a flexió del material.

I alhora en cas de dur a terme l'addició de fibra el tant per cent més recomanable de és el 3% sobre el pes de ciment, ja que no té una reducció tant elevada de les resistències mecàniques de tracció i compressió.

6. CONCLUSIONS GENERALS

La conclusió general de la utilització de la fibra de paper de diari amb materials com el formigó i el morters és que:

- El paper de diari és un material difícil de tractar amb aquets aglomerats ja que una de les propietats que perjudiquen més alhora de formar una massa és l'absorció d'aigua que té aquesta fibra, per el que s'ha hagut de buscar una aplicació on la fluïdesa del material no fos imprescindible.
- El fluïdificant no actua bé amb el morter ja que en vés de produir fluïdesa al material, aporta plasticitat i augment de l'aigua però no afecta al morter.
- La fibra de paper de diari produeix una pèrdua de les resistències fisio-mecàniques en les resistències a compressió, tracció i de manera molt elevada en el cas de la resistència a flexió, cosa perjudicial per l'addició de fibra de paper al formigó en elements estructurals.
- Aporta un aïllament del material notable amb l'augment d'addició de fibra a la mostra. Aquest aïllament s'observa tant el ciment com en el formigó prefabricat.

7. FUTURES LINIES D'INVESTIGACIÓ

Les futures línies d'investigació per la fibra de paper ha de ser per elements o materials que compleixin els diferents requisits:

- No sigui imprescindible tenir una fluïdesa del material en cas de ser un aglomerat que necessita aigua per la seva formació.
- No sigui un element estructural ja que les resistències fisico-mecàniques es veuen reduïdes.
- Ser un element o material que necessiti tenir la propietat d'aïllament.

Així que alguna proposta on podria ser interessant l'estudi del comportament de la fibra de paper de diari seria:

- Utilització del paper de diari per aïllament com s'utilitza la llana de roca a façanes ventilades, la idea de aquest treball seria triturar el paper de diari amb la pulper fins aconseguir tenir una massa que posteriorment s'hauria d'escampar i formar una superfície plana i compacte, similar al mètode d'obtenció del paper convencional i formar una capa gruixuda. Posteriorment es podria estudiar quin gruix és el més recomanable per obtenir més aïllament a l'interior de l'habitatge.
- Estudiar el comportament del paper com acabat per a façanes on es vol aconseguir aïllament a l'interior de l'habitatge. Seria recomanable per a rehabilitacions tot i que es podria aplicar a obres de nova construcció si es pretén revestir posteriorment ja que l'acabat no s'aprecia molt atractiu. La idea seria barrejar el paper de diari amb materials com el morter i aplicar-lo directament en fresc a les façanes que es volen revestir per tal d'obtenir aïllament a l'interior.
- Estudi de l'adherència de l'armat amb el formigó barrejat amb les fibres de paper. Comprovar quins efectes adherència es produeix entre l'armat i un formigó amb fibres ja que s'ha observat que al afegir fibres es redueix les resistències fisico-mecàniques i amb l'armat es veuria incrementat.

8. REFERENCIES BIBLIOGRAFiques

8.1 BIBLIOGRAFIA

“Estudi del formigó per a panells prefabricats per a façanes amb la millora de les condicions tèrmiques i acústiques amb la incorporació de fibres vegetals de cànem Arià Pla i Coll, e. a. (2017). Arià Pla i Coll, Universitat de Girona. *Treball final de carrera Grau en Arquitectura Tècnica*.

Aida Rosich Amorós, U. d. (2016). “Estudi del jute com a material de reforç en ciments” . *Treball final de carrera en Grau d'Arquitectura tècnica*.

Alvarado, C. A. (sense data). “Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lecheguilla), como materiales para construccion en Mexico” . *Tesis doctoral en ingenieria amb especialitat de materials realitzat per César Antonio Juárez Alvarado, exposat a la Universidad de Nuevo Leon, 2000*.

Dr. José A. Macías Mesa, D. M. (-). “Utilitzacion de fibras de fibrequén en hormigones” . *Estudio*.

Lohengrin David Benazco Ángel, e. a. (2015). “Preparacion y caracterización de fibras naturales”. *Treball final de carrera en Grau d'Enginyeria Mecànica*.

Maria Alethia Sabanés Hernández, a. I. (2013). “Uso de No Tejidos de fibras vegetales en matrices de cemento para materiales de construcción”. *Tesis de final de master en Sostenibilitat*.

Tomás Escribano Tévar i Alba García Andrés, U. d. (sense data). “Morteros autonivelantes de elevada conductividad térmica”. *Treball final de carrera en Grau d'Enginyeria de l'Edificació* , 2013.

Muñiz, M. T. (2013). Fibras vegetales en el hormigón y su protección. *Monografía*.

Uralita., J. S. (2015). - “Estudi tecnològic dels aïllaments tèrmics a Catalunya en l'àmbit de l'edificació”. *Estudi*.

8.2 NORMATIVA

13318, N. U.-E. (2017). *Normativa UNE*. Recollit de <https://www.ardex-online.com/content/18-normas-une-en-13813>

Normativa UNE:

- 196 Métodos de ensayo de cementos
- 197 Cemento
- 934 Aditivos para hormigones morteros y pastas
- 998 Especificaciones de los morteros de albañilería
- 1015 Métodos de ensayo de los morteros de albañilería
- 1264 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies
- 1346 Adhesivos para baldosas cerámicas
- 12664 Materiales de construcción. Resistencia térmica
- 13139 Áridos para morteros
- 13813 Mortero para recredidos y acabados de suelos
- 13892 Métodos de ensayo de materiales para solera continuas
- 14025 Cisternas para el transporte de mercancías peligrosas
- 83258 Aditivos para hormigones, morteros y pastas

Normativa EHE- 08

Normativa Codi Tècnic de l'Edificació

8.3 WEBGRAFIA

Autonivelantes, C. -C. (2017). *Construmàtica*. Recollit de https://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n_y_Designaci%C3%B3n_de_Morteros_Autonivelantes

Basf. (2018). *Basf We Create Chemistry*. Recollit de Basf España: <https://www.basf.com/es/es.html>

Eoi, M. d. (2018). *EOI*. Recollit de http://www.eoi.es/wiki/index.php/MATERIALES_DE_CONSTRUCCI%C3%93N_en_Construcci%C3%B3n_sostenible

La FargeHolCim . (2018). *La FargeHolCim España*. Recollit de <https://www.lafargeholcim.es/>

Navarra, C. (2018). *Ficha tecnica morter autoanivellant*. Recollit de Cth navarra: http://www.cthnavarra.com/web/CTH/productos/FichasTecnicas/Producto_Autonivelantes-Dosificacion_FichaTecnica.pdf

Soliclima. (sense data). *Sol i clima Terra radiant*. Recollit de <https://www.soliclima.cat/terra-radiant>

UPC. (2017). *Elecció i disseny d'un sistema de calefacció i a.c.s.* Recollit de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/14854/Projecte%20PFC%20RFF.pdf?sequence=1>

Weber. (2018). *Weber Saint Gobain*. Recollit de Weber.es: <https://www.weber.es/recrecido-y-decoracion-de-suelos/soluciones/recrecidos-tecnicos/weberfloor-fluid.html>

9. ANNEXES

9.1 FITXES TÈCNIQUES

9.1.1 MASTERFLOW 952. CASA COMERCIAL BASF

9.1.2 CEM I 52,5 R. CASA COMERCIAL CIMENCAT

9.1.3 CEM I 42,5 R. CASA COMERCIAL CEMEX

9.1.4 SIKA VISCOCRETE 3425. CASA COMERCIAL SIKA

9.1.5 SIKA VISCOCRETE 20 HE. CASA COMERCIAL SIKA

9.1.6 CHRYSOXEL 390. CASA COMERCIAL CHRYSO

MasterFlow 952

Mortero fluido sin retracción para rellenos y anclajes de precisión.

MasterFlow 952
MasterFlow 952 plus

CAMPO DE APLICACIÓN

- Rellenos de bancadas de maquinaria.
- Anclajes de maquinaria.
- Nivelación de apoyos de puentes.
- Bases de nivelación en juntas de puentes.
- Anclaje de pernos.
- Reparación del hormigón por vertido en encofrado o relleno por bombeo.
- Refuerzo de elementos de hormigón (pilares, vigas,...) por encamisado.

Consultar con el Departamento Técnico cualquier aplicación no prevista en esta relación.



PROPIEDADES

- Retracción compensada.
- Consistencia superfluida sin segregación ni sangrado una vez amasado.
- Elevadas resistencias tanto iniciales como finales.
- Elevado poder autonivelante y de relleno.
- Una vez endurecido, es impermeable al agua, aceites, grasas y a todos los derivados del petróleo.
- Libre de cloruros y sustancias agresivas para el hormigón y para el acero.
- Excelente adherencia.

	
BASF Construction Chemicals España, S.L. Crta. del Mig, nº 219 08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona) 09 00213 - 0099/CPR/B15/0014	
UNE EN 1504 - 6 Mortero cementoso fluido para anclajes.	
Resistencia al desplazamiento por estiramiento bajo carga de 75 KN	≤ 0,6 mm
Contenido en cloruros	≤ 0,05%
Reacción al fuego	Clase A1
Sustancias peligrosas	Cumple con 5.4

BASE DEL MATERIAL

Mortero a base de cemento, aditivos especiales y áridos seleccionados.

MODO DE UTILIZACIÓN

(a) Soporte: El soporte debe estar limpio, firme, rugoso y libre de aceites, grasas, pinturas, restos de aceites des-encofrantes, polvo, etc.

Deberá humedecerse hasta la saturación, que se conseguirá cuando el soporte no absorba más agua pasados unos minutos de su aplicación.

Soportes especialmente absorbentes o muy porosos deberán tratarse previamente con puente de unión epoxi MasterEmaco P 2000 BP o MasterEmaco P 200.

En rellenos de taladros eliminar el polvo y los restos de suciedad así como el agua encharcada de los agujeros mediante el soplado con aire a presión.

La temperatura del soporte debe ser como mínimo de +5°C y como máximo de +30°C y se procurará que las temperaturas sean uniformes durante la aplicación y el endurecimiento.

MasterFlow 952

Mortero fluido sin retracción para rellenos y anclajes de precisión.

(b) Mezcla: En un recipiente limpio que contenga 2/3 del agua de amasado prevista verter poco a poco el MasterFlow 952 mientras se mezcla cuidadosamente. Añadir el resto del agua poco a poco.

No debe añadirse más agua de la recomendada. Puede amasarse mediante máquina taladradora y agitador a bajas revoluciones, en hormigonera tradicional o mezcladora tipo Collomix.

Para el mezclado de MasterFlow 952 Plus deberán disponerse en una hormigonera 2/3 partes de agua prevista y 1 saco de MasterFlow 982 F. Añadir 2 sacos de MasterFlow 952 poco a poco junto al resto del agua.

(c) Aplicación: Después del mezclado se rellena el hueco previsto. Debe evitarse el trayecto excesivamente largo entre el lugar del mezclado y el de la puesta en obra, pues el traslado del mortero amasado puede producir una decantación.

Para el relleno, es conveniente verter el material y ayudarlo mediante una varilla. En rellenos bajo placas, debe preverse una salida para el aire, de forma que éste puede salir fácilmente a medida que se rellena con MasterFlow 952.

En caso de uso de mortero con consistencia plástica será necesario ayudar a la compactación mediante una ligera vibración.

(d) Realización de anclajes: Para el relleno de anclajes y fijación de pernos deberá realizarse un taladro con unas dimensiones según la tabla siguiente:

Mortero de anclaje	Diámetro mínimo del taladro
MasterFlow 952	Ø barra + 30 mm
MasterFlow 952 Plus	Ø barra + 100 mm

La longitud de anclaje se dimensionará en función de la posición del mismo y de las tracciones a las que vaya a estar sometido.

Para el relleno se procederá a verter el mortero amasado hasta aproximadamente un 25% de la longitud total del taladro, tras lo cual se insertará el perno a anclar y se continuará con el relleno hasta que el mortero rebese ligeramente.

En relleno de taladros profundos debe asegurarse la salida de aire colocando un tubo de plástico que se extraerá lentamente.

(e) Curado: Una vez vertido MasterFlow 952 debe ser protegido del sol, viento, etc. Es conveniente mantenerlo húmedo durante un mínimo de 2 ó 3 días.

La operación de curado es imprescindible en todos los casos para evitar la evaporación del agua de hidratación y asegurar que el producto alcance las propiedades previstas.

En caso de rellenar con MasterFlow 952 un encofrado deberá esperarse 24 horas a 20°C de temperatura para realizar el desmoldeo.

LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS Y ÚTILES DE TRABAJO

En estado fresco puede limpiarse con agua. En el caso de que el material esté endurecido sólo puede limpiarse mecánicamente

CONSUMO

MasterFlow 952: aprox. 2,3 Kg de mortero amasado por litro de volumen de relleno.

MasterFlow 952 Plus: aprox. 2,4 kg de mortero amasado por litro de volumen de relleno.

Estos consumos son teóricos y depende de la rugosidad del soporte por lo que deben ajustarse para cada obra en particular mediante ensayos "in situ".

PRESENTACIÓN

MasterFlow 952: Sacos de 25 Kg y big-bag de 1000 kg.

MasterFlow 952 Plus: 2 sacos de MasterFlow 952 + 1 saco de MasterFlow 982 F.

MasterFlow 952

Mortero fluido sin retracción para rellenos y anclajes de precisión.

ALMACENAJE

Almacenar el producto en sus envases originales herméticamente cerrados, en lugar fresco, seco y bien aireado.

Almacenado correctamente MasterFlow 952 se conserva hasta 12 meses desde su fecha de fabricación.

MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE

Para la manipulación de este producto deberán observarse las medidas preventivas habituales en el manejo de productos químicos, por ejemplo no comer, fumar ni beber durante el trabajo y lavarse las manos antes de una pausa y al finalizar el trabajo.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final del producto.

Puede consultarse la información específica de seguridad en el manejo y transporte de este producto en la Hoja de Datos de Seguridad del mismo

DEBE TENERSE EN CUENTA

- No aplicar sobre soportes a temperaturas inferiores a +5°C ni superiores a +30°C.
- No añadir más agua al mortero que pierda su consistencia ni reamasar.
- No añadir cemento, arena ni otras sustancias que puedan afectar a las propiedades del material.
- En caso de rellenos de espesores superiores a los indicados como máximos para cada producto deben mantenerse los encofrados durante al menos 3 días.
- Según la norma EN 1337-11 "Instalación de apoyos estructurales", será necesario armar las mesetas de más de 5cm de espesor.

MasterFlow 952

Mortero fluido sin retracción para rellenos y anclajes de precisión.

Datos Técnicos		
Características	MasterFlow 952	MasterFlow 952 Plus
Densidad del mortero amasado:	aprox. 2,3 g/cm ³	aprox. 2,4 g/cm ³
Espesores aplicables:	de 15 a 52 mm	Más de 52 mm
Agua de amasado (Consistencia fluida):	aprox. 3,25 l/saco	aprox. 6.75 l/conjunto 75 kg
Tiempo de maduración:	aprox. 5 minutos	aprox. 5 minutos
Tiempo de aplicación:	aprox. 30 minutos	aprox. 30 minutos
Temperatura de aplicación (soporte y material):	de + 5°C a +30°C	de + 5°C a +30°C
Expansión en fresco (C. fluida):	aprox. 1 %	aprox. 0.8 %
Módulo E (según EN 13412)	29000 N/mm ²	-
Resistencias mecánicas según EN 12190. Conservación de las probetas prismáticas según mortero tipo CC (mortero a base de ligantes hidráulicos): Tras las primeras 24 horas, la conservación es en inmersión en agua a 21+2°C durante 27 días.		
Resistencias mecánicas (MPa):	a 20°C	a 20°C
R. Flexotracción (Consistencia fluida):		
tras 1 día:	aprox. 7	aprox. 7
tras 7 días:	aprox. 10	aprox. 10
tras 28 días:	aprox. 11	aprox. 11
R. Compresión (Consistencia fluida):		
tras 1 día:	aprox. 35	aprox. 35
tras 7 días:	aprox. 60	aprox. 60
tras 28 días:	aprox. 80	aprox. 80
Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20°C y 65% de H.R. Temperaturas superiores y/o H.R. inferiores pueden acortar estos tiempos y viceversa. Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean datos de control pueden solicitarse las "Especificaciones de venta" del producto a nuestro Departamento Técnico.		

MasterFlow 952

Mortero fluido sin retracción para rellenos y anclajes de precisión.

NOTA:

La presente ficha técnica sirve, al igual que todas las demás recomendaciones e información técnica, únicamente para la descripción de las características del producto, forma de empleo y sus aplicaciones. Los datos e informaciones reproducidos, se basan en nuestros conocimientos técnicos obtenidos en la bibliografía, en ensayos de laboratorio y en la práctica.

Los datos sobre consumo y dosificación que figuran en esta ficha técnica, se basan en nuestra propia experiencia, por lo que estos son susceptibles de variaciones debido a las diferentes condiciones de las obras. Los consumos y dosificaciones reales, deberán determinarse en la obra, mediante ensayos previos y son responsabilidad del cliente.

Para un asesoramiento adicional, nuestro Servicio Técnico, está a su disposición.

BASF Construction Chemicals España, S.L. se reserva el derecho de modificar la composición de los productos, siempre y cuando éstos continúen cumpliendo las características descritas en la ficha técnica.

Otras aplicaciones del producto que no se ajusten a las indicadas, no serán de nuestra responsabilidad.

Otorgamos garantía en caso de defectos en la calidad de fabricación de nuestros productos, quedando excluidas las reclamaciones adicionales, siendo de nuestra responsabilidad tan solo la de reingresar el valor de la mercancía suministrada.

Debe tenerse en cuenta las eventuales reservas correspondientes a patentes o derechos de terceros.

Edición: 21/01/2016

La presente ficha técnica pierde su validez con la aparición de una nueva edición

CONTACTO

BASF Construction Chemicals España, S.L.

Carretera del Mig, 219

08907 L'Hospitalet de Llobregat

Barcelona

Tel: 93 261 61 00

Fax: 93 261 62 19

Basf-cc@basf-cc.es

www.master-builders-solutions.basf.es

CEM I 52,5 R CE NF

Selon NF EN 197-1



Description

Le ciment CEM I 52,5 R est un ciment de classe de résistance haute à 28 jours et de résistance initiale élevée.

Grâce à ses performances de résistance et durcissement, il est idéal pour la fabrication de béton de haute résistance mécanique à tous les âges et pour la fabrication d'éléments préfabriqués.

AVANTAGES

- Hautes résistances initiales et finales.
- Durcissement rapide, même par temps froid.

Conditionnement

- Sac en papier de 35 Kg sur palettes bâchées. 42 sacs par palette (1.470 Kg).
- En Vrac



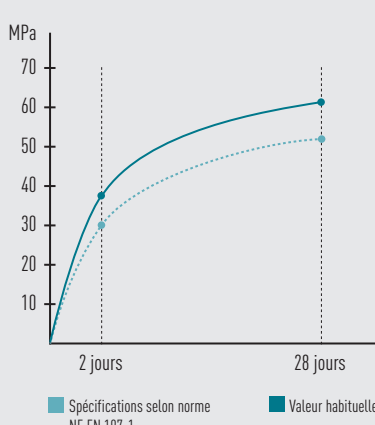
CEM I 52,5 R CE NF

Selon NF EN 197-1



CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Caractéristiques du ciment		Valeur habituelle	Spécifications selon norme NF EN 197-1
Composants	Clinker (%)	96	95-100
	Composant minoritaire (%)	4	0-5
Chimiques	Sulfate, SO ₃ (%)	3,5	≤ 4
	Perte au feu (%)	1,6	≤ 5
	Résidu insoluble (%)	0,8	≤ 5
	Chlorures, Cl ⁻ (%)	0,03	≤ 0,10
Physiques	Stabilité (mm)	0,01	≤ 10
	Début de prise (minutes)	150	≥ 45
Mécaniques	Résistance à la compression à 2 jours (MPa)	37	≥ 30,0
	Résistance à la compression à 28 jours (MPa)	62	≥ 52,5



MPa

70
60
50
40
30
20
10

2 jours 28 jours

■ Spécifications selon norme NF EN 197-1 ■ Valeur habituelle

- Ciment contrôlé et certifié par AENOR conforme à la norme NF EN 197-1 et par AFNOR selon le référentiel de certification NF 002 (Marque NF).
- Ce ciment contient de l'agent réducteur de Cr (VI), qui garantit l'accomplissement de la directive européenne 2003/53/CE.

UTILISATION

Conseillé pour l'élaboration de

- Béton armé de haute résistance.
- Béton pour décoffrages rapides.
- Béton pour éléments préfabriqués (non structural).
- Béton projeté et précontraint.

Contre indiqué pour la fabrication de

- Béton de masse.
- Béton compacté au rouleau.
- Béton avec agrégats potentiellement réactifs.
- Béton pour travaux dans des milieux agressifs.

STOCKAGE

- Les sacs doivent être stockés dans un endroit sec, ventilé et à l'abri de l'humidité du sol et du milieu ambiant.
- Le stockage du ciment en vrac doit se faire dans de silos étanches.

MISE EN ŒUVRE

- Faire spécialement attention au dosage, au malaxage et à la cure du produit final lors de la mise en œuvre, spécialement sous des climats chauds, secs et éventuellement ventés, afin d'éviter une rapide déshydratation provoquant la rétraction.
- Fiche de données de sécurité disponible sur notre site: www.cimencat.com



REMARQUE: Seulement sont incluses les observations les plus importantes. Afin de connaître la totalité des recommandations il est conseillé de consulter les publications de l'AFNOR et la norme NF EN 206-1.



CIMENTS DE CATALUNYA, SA
Pol. Ind. Girona - 126, Av. Mas Pins.
17457 Riudellots de la Selva. (Espagne)
Tel. 0034 972 47 71 51
Fax 0034 972 47 73 04
www.cimencat.com

AGENCE COMMERCIALE FRANCE
Tel. 05 34 01 06 17
Part. 06 31 38 03 30
Fax. 05 61 67 53 37
info@scgm-sarl.com

CEM I 42,5 R

UNE-EN 197-1:2011

cementos



CEMENTO GRIS RECOMENDADO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL, PREFABRICADO Y PRETENSADO



ALTA RESISTENCIA A EDADES TEMPRANAS

El cemento CEMEX GRIS - CEM I 42,5 R - se ha diseñado para garantizar prestaciones muy superiores a las exigidas en la normativa vigente, haciéndolo muy adecuado para la mayoría de aplicaciones.

Su alta resistencia a corta edad lo hace muy adecuado para trabajos de desencofrado rápido, para su aplicación en prefabricados de hormigón, elementos de hormigón pretensado, así como en lechadas de inyección para vainas de postensado y hormigones proyectados.

Es un cemento sin adiciones que favorece la creación de una reserva alcalina alta en el hormigón pasivando el acero de las armaduras.

RECOMENDACIONES DE USO

Hormigón de resistencia elevada.
Hormigones de planta y morteros estabilizados.
Prefabricados de hormigón.
Hormigón pretensado.
Apto para lechadas de cemento.

PRECAUCIONES

Almacenar en lugares secos y estancos.
No mezclar con yeso ni con otros cementos.

CEM I 42,5 R

UNE-EN 197-1:2011

CEMENTO GRIS RECOMENDADO PARA
HORMIGÓN ESTRUCTURAL,
PREFABRICADO Y PRETENSADO

Alta resistencia a edades tempranas



Formatos:
Sacos de 25 Kg
Granel

ESPECIFICACIONES

Especificaciones UNE-EN 197-1:2011

Componentes

Clínker	95 a 100 %
Componentes minoritarios	0 a 5 %

Características químicas

Pérdida por calcinación (P.P.C.)	≤ 5,0 %
Residuo insoluble (R.I.)	≤ 5,0 %
Sulfato (SO ₃)	≤ 4,0 %
Cloruros (Cl)	≤ 0,1 %

Características físicas

Principio de fraguado	≥ 60 minutos
Expansión	≤ 10 mm

Resistencias a compresión

2 días	≥ 20,0 MPa
28 días	≥ 42,5 MPa
	≤ 62,5 MPa

CEMEX RECOMIENDA:

- Mantener los sacos cerrados en un entorno fresco y seco, protegidos de la lluvia, de la humedad y aislados del suelo.
- En la manipulación de los sacos de cemento se recomienda extremar las medidas de seguridad para evitar posibles lesiones, así como utilizar ropa y equipos de protección personal tales como botas, guantes y gafas. Utilizar ayudas mecánicas siempre que sea posible.



902 23 63 93 / 91 800 78 00

www.cemex.es

Hoja de Datos de Producto

Edición 01/10/2012
 Identificación n.º 1.1.5
 Versión n.º 1
 Sika® ViscoCrete®-3425

Sika® ViscoCrete®-3425



Superplastificante de alto rendimiento

Descripción del Producto	Sika® ViscoCrete®-3425 es un superplastificante de altas prestaciones para hormigones.
Usos	Sika® ViscoCrete®-3425 se utiliza para la confección de hormigones con gran necesidad de reducción de agua y de excelente fluidez Sika® ViscoCrete®-3425 se utiliza principalmente para las siguientes aplicaciones: <ul style="list-style-type: none"> ■ Hormigón prefabricado. ■ Hormigón autocompactante.
Características/Ventajas	Sika® ViscoCrete®-3425 es un poderoso superplastificante que combina diferentes mecanismos de actuación. Debido a la adsorción superficial y al efecto estérico, que separan las partículas de cemento, se consiguen las siguientes propiedades : <ul style="list-style-type: none"> ■ Reducción muy importante de agua de amasado dando hormigones de alta densidad, altas resistencias y gran impermeabilidad. ■ Excelente plasticidad, mejorando la fluidez, la colocación y la compactación. ■ Bajo coste de energía en elementos prefabricados curados al vapor. ■ Especialmente indicado para la preparación de hormigón autocompactante. ■ Disminuye la retracción No contiene cloruros ni sustancias que puedan provocar o favorecer la corrosión del acero y por lo tanto pueden utilizarse sin restricciones en hormigones armados o pretensados.
Ensayos	
Certificados/Normas	Cumple las especificaciones de la norma UNE-EN 934-2. Tablas 3.1 y 3.2: superplastificante / reductor de agua.
Datos del Producto	
Forma	
Apariencia/Color	Líquido blanco amarillento
Presentación	Contenedores de m ³ y bajo pedido puede suministrarse a granel
Almacenamiento	
Condiciones de Almacenamiento/Conservación	12 meses desde su fecha de fabricación, en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados entre + 5°C y +35°C. Proteger de la acción directa de la luz solar y de las heladas.
Datos Técnicos	
Composición química	Policarboxilato modificado en base acuosa
Densidad	1,05 kg/l ± 0,01
Valor de pH	4 ± 1.



Contenido en Cloruros	Exento de cloruros	(EN 934-2)
Efecto del fraguado	No retardante	
Efecto de sobredosificación	Puede producir exudación	
Información del Sistema		
Detalles de Aplicación		
Consumo/Dosificación	Dosificación recomendada: Para media trabajabilidad: 0,2-0,8% del peso del cemento Para una alta trabajabilidad, con baja relación agua/cemento y para hormigón autocompactante: 1,0-1,7 % del peso del cemento.	
Condiciones de Aplicación/Limitaciones		
Compatibilidad	Sika® ViscoCrete®-3425 se puede combinar con otros aditivos de la gama Sika. Se recomienda hacer ensayos antes de combinar los productos.	
Instrucciones de Aplicación		
Incorporación al hormigón	Sika® ViscoCrete®-3425 se añadirá al agua de amasado o a la mezcla de hormigón durante el proceso de mezclado.	
Método de aplicación/Herramientas	Se deben seguir las reglas de buena práctica del hormigonado en cuanto a producción y colocación. El hormigón debe curarse adecuadamente.	
Notas de aplicación/Limitaciones	<i>Hormigón autocompactante (HAC):</i> Para la realización de hormigones autocompactantes con Sika® ViscoCrete®-3425 se deben hacer diseños del hormigón específicos <i>Heladas:</i> Si Sika® ViscoCrete®-3425 se helase, puede utilizarse sin que se vea disminuida ninguna de sus propiedades después de deshelerse lentamente a temperatura ambiente y agitado cuidadosamente.	
Notas	Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.	
Instrucciones de Seguridad e Higiene	Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.	
Notas Legales	Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil, de acuerdo a las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario de los productos debe realizar las pruebas para comprobar su idoneidad de acuerdo al uso que se le quiere dar. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos local, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página «www.sika.es».	



**OFICINAS CENTRALES
Y FABRICA**

Madrid 28108 - Alcobendas
 P. I. Alcobendas
 Carretera de Fuencarral, 72
 Tels.: 916 57 23 75
 Fax: 916 62 19 38

**OFICINAS CENTRALES
Y CENTRO LOGÍSTICO**

Madrid 28108 - Alcobendas
 P. I. Alcobendas
 C/ Aragoneses, 17
 Tels.: 916 57 23 75
 Fax: 916 62 19 38



Hoja de Datos de Producto

Edición 01/10/2014
 Identificación n.º 1.1.3
 Versión no. 4
 Sika® ViscoCrete®-20 HE

Sika® ViscoCrete®-20 HE



Superplastificante de alto rendimiento

Descripción del Producto	Sika® ViscoCrete®-20 HE es un superplastificante de tercera generación para hormigones y morteros.
Usos	<p>Sika® ViscoCrete®-20 HE es especialmente adecuado para la confección de hormigones de altas resistencias iniciales, hormigones con gran necesidad de reducción de agua y de muy alta fluidez</p> <p>Sika® ViscoCrete®-20 HE se utiliza principalmente para las siguientes aplicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Hormigón prefabricado. ■ Hormigón con altas resistencias iniciales. ■ Hormigón realizado in situ con un rápido desmoldeo o desencofrado. ■ Hormigón autocompactante (H.A.C.).
Características/Ventajas	<p>Sika® ViscoCrete®-20 HE es un poderoso superplastificante que actúa por diferentes mecanismos de actuación.</p> <p>Debido a la absorción superficial y al efecto estérico, que separan las partículas ligantes de cemento, se consiguen las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Produce un rápido desarrollo de las resistencias iniciales, resultando muy económico dado que reduce el tiempo de encofrado y desmoldeo tanto en prefabricados como en hormigón in situ. ■ Reducción muy importante de agua de amasado dando hormigones de alta densidad, altas resistencias y reducida permeabilidad al agua, etc. ■ Excelente plasticidad, mejorando la fluidez, la colocación y la compactación. ■ Bajo coste de energía en elementos prefabricados curados al vapor. ■ Especialmente indicado para la preparación de hormigón autocompactante. ■ Disminuye la retracción ■ Reduce los tiempos de reparación de carreteras y pistas de rodadura. <p>No contiene cloruros ni sustancias que puedan provocar o favorecer la corrosión del acero y por lo tanto pueden utilizarse sin restricciones en hormigones armados o pretensados.</p>
Ensayos	
Certificados/Normas	Cumple con las especificaciones de la norma UNE-EN-934-2 tablas 3.1 y 3.2: Reductor de agua y superplastificante y de la norma: SIA 262 (2003)
Datos del Producto	
Forma	
Apariencia/Color	Líquido marrón, ligeramente transparente.
Presentación	Contenedores de m ³ y bajo pedido puede suministrarse a granel
Almacenamiento	



Condiciones de almacenamiento/Conservación	12 meses desde su fecha de fabricación, en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados entre +5°C y +35°C. Proteger de la acción directa de la luz solar y de las heladas.
Datos Técnicos	
Composición química	Policarboxilato modificado en base acuosa
Densidad	1,09 kg/l (+20°C) (EN 934-1)
Valor de pH	4,5 +/- 1,0
Viscosidad	Ca. 145 mPas a +23°C
Contenido en Cloruros	≤ 0,1 M.-% (EN 934-2)
Equivalente en Oxido de Sodio (% Na₂O)	≤ 2,0 %
Información del Sistema	
Detalles de Aplicación	
Consumo/Dosificación	Dosificación recomendada: Para trabajabilidad media: 0,2-0,8% del peso del cemento Para una alta trabajabilidad, con baja relación agua/cemento y para hormigón autocompactable: 1,0-2,0 % del peso del cemento.
Condiciones de Aplicación/Limitaciones	
Compatibilidad	Sika® ViscoCrete®-20 HE se combina con los diferentes productos de Sika. Importante: Antes de combinar diferentes productos, se recomienda realizar ensayos previos y/o ponerse en contacto con el Departamento Técnico.
Instrucciones de Aplicación	
Incorporación al hormigón	Sika® ViscoCrete®-20 HE se añadirá al agua de amasado o directamente a la amasadora al mismo tiempo que el agua. Para aprovechar las ventajas de la alta reducción de agua, se recomienda batir la mezcla durante al menos 60 sg. Para evitar el exceso de agua en el hormigón, la dosis final debe añadirse después de humedecer las 2/3 de la mezcla
Método de aplicación/Herramientas	Se deben seguir las reglas de buena práctica del hormigonado en cuanto a diseño de las mezclas, producción, colocación y curado. Se realizarán ensayos previos antes de la fabricación en serie; especialmente cuando haya cambios en materias primas, dosificaciones, etc. El hormigón fresco debe curar adecuadamente.
Limpieza de herramientas	Limpiar todos los útiles y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Una vez endurecido el material sólo podrá ser eliminado por medios mecánicos.
Notas de aplicación/Limitaciones	Para la realización de hormigones autocompactantes con Sika® ViscoCrete®-20 HE se deben hacer diseños de hormigón específicos, con las materias primas locales. Sika® ViscoCrete®-20 HE no debe añadirse directamente a la mezcla seca. Un exceso de agua o de aditivo puede producir exudación o sangrado. Heladas: Si Sika® ViscoCrete®-20 HE se helase, puede utilizarse después de deshelarse lentamente a temperatura ambiente y agitado intensivamente.
Notas	Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

Instrucciones de Seguridad e Higiene

Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.

Notas Legales

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil, de acuerdo a las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario de los productos debe realizar las pruebas para comprobar su idoneidad de acuerdo al uso que se le quiere dar. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos local, copia de las cuales se mandarán a quién las solicite, o también se puede conseguir en la página «www.sika.es».



OFICINAS CENTRALES Y FABRICA

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
Carretera de Fuencarral, 72
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38

OFICINAS CENTRALES Y CENTRO LOGÍSTICO

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
C/ Aragoneses, 17
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38



Diseño y producción en instalaciones de Alcobendas (Madrid)



RESPONSIBLE CARE
El Compromiso de la Industria Química con el Desarrollo Sostenible



CHRYSO®Xel 390

Acelerante de endurecimiento

DESCRIPCIÓN

CHRYSO®Xel 390 es un aditivo a base de componentes minerales y orgánicos, exentos de cloruros. Sus acciones combinadas desarrollan una sinergia favorable para conseguir una rápida hidratación de los cementos.

CHRYSO®Xel 390 actúa como catalizador de las reacciones iniciales de hidratación de los cementos, particularmente con bajas temperaturas, lo que produce un rápido desarrollo de las resistencias mecánicas en el hormigón.

Es por esto que tiene un efecto anticongelante y acelerante, evitándose así las degradaciones del hormigón fresco con motivo de las heladas, aumentando su durabilidad.

CHRYSO®Xel 390 es un producto libre de formaldehído y de todos sus derivados.

APLICACIONES

Campos de Aplicación

CHRYSO®Xel 390 está exento de cloruros, por lo cual está indicado para todos los tipos de hormigón, tanto normal como de alta resistencia, hormigón armado, hormigón pretensando, hormigón ligero y hormigón preparado. Este producto está diseñado específicamente para hormigón prefabricado.

CHRYSO®Xel 390 permite hormigonar hasta temperaturas de 8°C bajo cero, no obstante se han de observar las distintas normas de hormigonado en tiempo frío.

Hormigonado en tiempo frío:

Quitar el agua, la nieve y el hielo de los encofrados.
Reducir al máximo la cantidad de agua de amasado mediante la utilización de un plastificante reductor de agua (consultar con el departamento técnico).

Utilizar una dosificación rica en cemento
El hormigón fresco tiene que tener una temperatura de 5°C por lo menos.

Proteger el hormigón lo mejor posible contra las pérdidas de calor de hidratación.

Características

- ♦ Aspecto : líquido ligeramente amarillento-pardo traslúcido
- ♦ Densidad a 20°C: 1,32 kg/dm³
- ♦ pH : 7,5±1
- ♦ Punto de congelación: inferior a -10°C
- ♦ Contenido en cloruros (Cl): exento (≤ 0,1 %)

Presentación y conservación

Se suministra a granel, en contenedores de 1000 litros sobre palets, o en bidones de 215 litros. Como mínimo, su conservación es de 12 meses en los envases de origen, cerrados y no deteriorados.

Modo de empleo

La dosificación normal oscila entre el 1 y 3% del peso del cemento. Dosificación usual: 1,5 % del peso del cemento. Se determinará la dosificación más adecuada tras una prueba preliminar. En cualquier caso, las cantidades a poner deberán modificarse a medida que cambien las temperaturas a lo largo del año.

CHRYSO®Xel 390 se entrega listo para su empleo.

CHRYSO®Xel 390 se añade directamente al agua de amasado. Solubilidad en el agua: total.

Precauciones

CHRYSO®Xel 390, presenta un carácter alcalino ligero. En caso de contacto con la piel o los ojos, lavarse con agua abundante. No es aconsejable inhalar los vapores.

Para completar la información, consultar la Ficha de Seguridad.

Fecha de Revisión: 2011-02-08

Las informaciones y detalles que aquí figuran se fundan en nuestros conocimientos, pruebas de laboratorios y experiencias prácticas actuales. Según las distintas condiciones de las obras, pueden presentarse variaciones en los datos indicados. Por tal motivo, nuestra garantía se limita únicamente a la calidad del producto suministrado. Deberán realizarse pruebas preliminares en las obras para determinar si el modo de empleo y las condiciones de utilización son satisfactorios. Nuestro departamento técnico se pone a entera disposición del comprador para ayudarle a resolver sus problemas.

Nom de l'alumne: M^a Neus Font del Val

Títol del Treball final de grau: Estudi dels efectes de la fibra vegetal del paper de diari al morter autoanivellant del terra radiant i als panells prefabricats de formigó.

Tutor: Rafel Reixach Corominas

JUSTIFICACIÓ DE L'ESFORÇ REALITZAT:

Tasca	Temps/dedicació	Observacions/fons consultades
Anàlisi d'antecedents / Estat de l'art	40 hores	
Estudi i anàlisi de propostes a realitzar	20 hores	
Elaboració i redacció del treball	150 hores	
Preparació defensa pública	10 hores	
Tutories amb tutor	15 tutories	
Tutories amb altres professors	20 tutories	Grup de recerca Lepamap
Estades a laboratori	250 hores	Laboratori Construcció P2
	30 hores	Laboratori Lepamap P1
	80 hores	Laboratori Prefabricats Planas

Les tasques definides en aquest document són orientatives i es poden substituir o modificar per l'alumne segons el tipus de treball que s'hagi desenvolupat.