

LAB. FORMICONTROL, S.L.

**CONTROL DE QUALITAT
DEL FORMIGO FRESC
LABORATORI ACREDITAT**

CIF: B-61.649.943
Plaça Riera, 9
08459 St. Antoni de Vilamajor
Tel./Fax 93 845 22 85

**CIMENTS COLLET S.L.
CIMENTS Naturals.
Colònia Collet d'Eyne
08694 GUARDIOLA DEL BERGUEDÀ**

Referència: Collet13incontrolFC.0201

**CONTROL DE LA QUALITAT DEL CIMENT NATURAL MARFIL DE LA
FÀBRICA DE CIMENTS COLLET, S.L. SEGONS NORMES VIGENTS**

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ
2. DEFINICIÓ DEL CIMENT NATURAL
3. DETERMINACIONS EXPERIMENTALS ESPECIFICADES EN LA NORMA UNE 80309:2006
 - 3.1 Característiques físiques i mecàniques
 - 3.1.1 Determinació de la finesa
 - 3.1.2 Determinació del temps de presa
 - 3.1.3.1 Sense retardant
 - 3.1.3.2 Amb retardant
 - 3.1.3 Relació aigua/ciment
 - 3.1.4 Determinació de resistències a compressió
 - 3.1.4.1 Amb pasta pura Relació aigua/ciment 0,34
 - 3.1.4.2 Amb pasta pura Relació aigua/ciment 0,40
 - 3.1.4.3 Amb morter 1:1 Relació aigua/ciment 0,40
 - 3.1.5 Expansió per Le Chatelier
 - 3.2 Característiques químiques.
4. DISCUSSIÓ DE RESULTATS
5. CONCLUSIONS

1.- INTRODUCCIÓ

En data Gener 2013 hem rebut un sac de ciment natural amb la referència MARFIL per tal de realitzar el control de qualitat, fer els assaigs pertinents i poder avaluar així la conformitat a les normes vigents per aquest tipus de ciment.

El ciment natural ràpid “MARFIL” fabricat per Ciments Collet segueix sent l'únic ciment natural de tot el país que es fabrica amb pedra calcària-argilosa obtinguda en explotació subterrània.

Fa 125 anys que aquest ciment s'obté del mateix estrat geològic, de composició molt concreta i que es troba al subsòl de la conca minera del Berguedà (Barcelona).

La constància dels resultats obtinguts en els diferents assajos iniciats al laboratori de recerca per el professor Ferran Gomà des dels anys 90 fins avui, i la regularitat de les seves característiques, ens confirmen que ens trobem davant d'un ciment d'unes prestacions úniques i difícils de trobar en altres ciments naturals.

2. DEFINICIÓ DEL CIMENT NATURAL.

La norma UNE 80309:2006 defineix com a ciments naturals els conglomerants hidràulics obtinguts per calcinació a temperatura suficientment elevada, de 1000°C a 1200°C, però inferior a la de clinkerització, 1600°C, de margues de composició homogènia i regular sotmeses a molturació molt fina i amb l'adició màxima d'un 5% de substàncies no nocives.

Els ciments naturals es poden utilitzar en qualsevol tipus d'obres i en blocs de formigó.

La reglamentació vigent de formigó estructural no contempla aquest tipus de ciments, per tant, no es pot utilitzar en cap cas amb finalitats estructurals.

3. DETERMINACIONS EXPERIMENTALS ESPECIFICADES EN LA NORMA UNE 80309:2006

3.1 Característiques físiques i mecàniques

3.1.1 Determinació de la finesa

S'ha determinat la finesa del ciment segons la norma UNE 80122. Els resultats s'exposen en la següent taula.

TAULA I

Residu màxim (%) sobre:	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3	Valor mig	VALORS MÀXIMS UNE 80309:2006
Tamís 160 µm (ISO 565)	17,8	16,5	16,0	16,8	17
Tamís 80 µm (ISO 565)	35,8	34,2	34,7	34,9	35

La mostra rebuda compleix just el valor normatiu.

3.1.2 Determinació del temps de presa

Hem determinat el temps de presa del ciment natural rebut segons la norma UNE-EN 196-3. Hem fet les determinacions sense utilitzar retardant i amb retardant. En les següents taules exposem els resultats obtinguts, així com els valors especificats per a ciments naturals ràpids per la norma UNE 80309:2006.

3.1.3.1 Sense utilitzar retardant

TAULA II

Referència de la Mostra	Presa Inicial minuts	Presa Final Minuts
Mostra 1	2' 10''	4' 00''
Mostra 2	2' 30''	4' 30''
Prescripcions de la Norma UNE 80309:2006		
CNR 4	> 1	< 8
CNR 8	> 1	< 8

Els temps de presa obtinguts corresponen a un ciment natural ràpid.

3.1.3.2 Utilitzant retardant

S'ha determinat el temps de presa utilitzant àcid cítric com a retardant de l'enduriment i per a dos concentracions d'àcid cítric.

TAULA III

Referència de la Mostra	Presa Inicial minuts	Presa Final Minuts
2,0 g cítric /kg de ciment	10' 45''	12' 00''
2,7 g cítric /kg de ciment	12' 15''	14' 00''

La utilització d'un retardant de l'enduriment ens permet augmentar el temps d'aplicació d'aquest ciment a peu d'obra, no obstant, es recomana no augmentar la dosificació. La concentració de retardant que es recomana utilitzar és entre 2 a 3 g d'àcid cítric/kg de ciment.

3.1.3 Relació aigua/ciment

La mínima relació aigua/ciment que ens permet aquest ciment és de **0,34**. Amb aquesta relació a/c s'obtenen les seves màximes resistències. No obstant per tal de poder tenir més facilitat d'aplicació en l'obra la relació aigua/ciment que es recomana és de **0,40**.

3.1.4 Determinació de resistències a compressió

En els diferents estudis dels anàlisis complets d'aquest ciment, s'ha trobat que té una mitjana entre 6-13 % de feldspats i inerts, aquesta condició implica que aquest ciment es pot utilitzar per el paleta sense l'addició de sorra.

Les condicions de posada en obra recomanada pel fabricant són les que corresponen a les utilitzades pràcticament per el paleta.

Per altre banda, l'avaluació de l'aglomerant, pel que fa a les resistències, s'ha de fer amb la consistència que la norma especifica, és a dir, introduint sorra fins a trobar un desparrament de 100 mm.

Per tant, l'avaluació de les corbes de resistències, les hem determinat de les dues maneres, amb i sense addició de sorra i una relació a/c de 0,40.

En el cas de no afegir sorra, i per tal de poder avaluar la màxima resistència d'aquest ciment, també s'ha determinat la seva resistència amb la mínima relació a/c que aquest ciment accepta, de 0,34.

En tots el cassos s'ha utilitzat àcid cítric com a retardant de l'enduriment, per tal de poder preparar les sèries de provetes amb suficient garantia.

Seguint la metodologia especificada per la norma, els resultats són els exposats a continuació.

3.1.4.1 Amb pasta pura i relació aigua/ciment 0,34

Hem determinat la resistència a compressió senzilla segons la normativa vigent UNE 80.116 per mostra de ciment natural sense l'addició de sorra suplementària, per una relació de **a/c= 0,34**.

TAULA IV

Mostra sense addició de sorra: Relació a/c= 0,34

	Tensió màxima, KN	Superfície, en mm ²	Resistència, en N/mm ²	VALORS MÍNIMS UNE 80309:2006	
				CNR 4	CNR 8
1 Hora	13.760	1600	8.6	0.5	1.0
3 “	19.200	1600	12.0	0.8	1.5
6 “	24.000	1600	15.0	1.0	2.0
24 “	25.920	1600	16.2	1.2	2.5
7 Dies	32.000	1600	20.0	2.0	5.2
28 “	40.000	1600	25.0	4.0	8.0

S'han determinat les constants estadístiques estàndard dels resultats obtinguts a 28 dies.

	Tensió màxima kN	R ₂₈ N/mm ²
1	35.200	22.0
2	37.440	23.4
3	39.200	24.5
4	41.440	25.9
5	42.880	26.8
6	44.000	27.5

R 28	\bar{X}_{R28}	25.0
	σ	1.92
	C.V. %	7.7

3.1.4.2 Amb pasta pura i relació aigua/ciment 0,40

Hem determinat la resistència a compressió senzilla segons la normativa vigent UNE 80.116 per mostra de ciment natural sense l'addició de sorra suplementària, per una relació de **a/c= 0,40**, segons recomanacions del fabricant.

TAULA V

Mostra sense addició de sorra: Relació a/c= 0,40

	Tensió màxima, KN	Superfície, en mm ²	Resistència, en N/mm ²	VALORS MÍNIMS UNE 80309:2006	
				CNR 4	CNR 8
1 Hora	10.880	1600	6.8	0.5	1.0
3 “	17.600	1600	11.0	0.8	1.5
6 “	21.440	1600	13.4	1.0	2.0
24 “	23.200	1600	14.5	1.2	2.5
7 Dies	30.880	1600	19.3	2.0	5.2
28 “	36.000	1600	22.5	4.0	8.0

S'han determinat les constants estadístiques estàndard dels resultats obtinguts a 28 dies.

	Tensió màxima kN	R ₂₈ N/mm ²
1	32.960	20.3
2	33.920	21.2
3	36.000	22.5
4	36.800	23.0
5	38.080	23.8
6	38.720	24.2

R 28	\bar{X}_{R28}	22.5
	σ	1.38
	C.V. %	6.1

3.1.4.3 Amb morter 1:1 Relació aigua/ciment 0,40

Hem determinat la resistència a compressió senzilla segons la normativa vigent UNE 80.116 per mostra de ciment natural, amb addició de sorra fins a tenir desparrament de 100 mm i per una relació $a/c=0.4$, segons recomanació del fabricant. Els resultats obtinguts són els exposats en la següent taula.

TAULA VI

Mostra amb sorra: Relació s/c=1:1, relació a/c= 0,4

	Tensió màxima, KN	Superfície, en mm ²	Resistència, en N/mm ²	VALORS MÍNIMS UNE 80309:2006	
				CNR 4	CNR 8
1 Hora	9.600	1600	6.0	0.5	1.0
3 “	16.160	1600	10.1	0.8	1.5
6 “	19.520	1600	12.2	1.0	2.0
24 “	22.080	1600	13.8	1.2	2.5
7 Dies	29.120	1600	18.2	2.0	5.2
28 “	33.600	1600	21.0	4.0	8.0

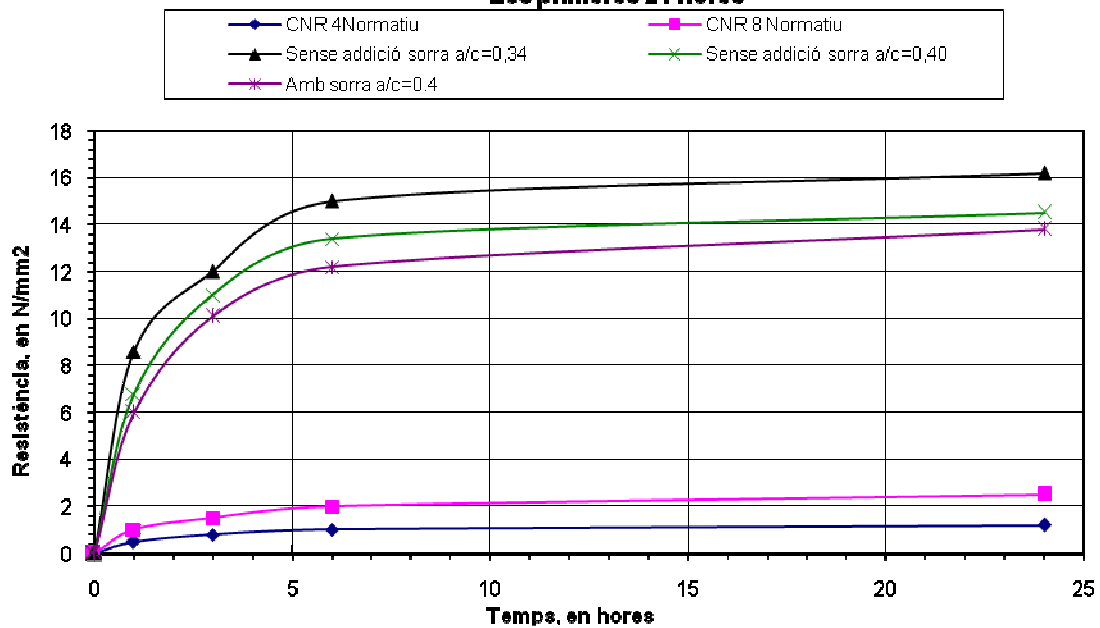
S'han determinat les constants estadístiques estàndard dels resultats obtinguts a 28 dies.

	Tensió màxima kN	R ₂₈ N/mm ²
1	30.400	19.0
2	31.840	19.9
3	32.480	20.3
4	34.240	21.4
5	35.200	22.0
6	37.120	23.2

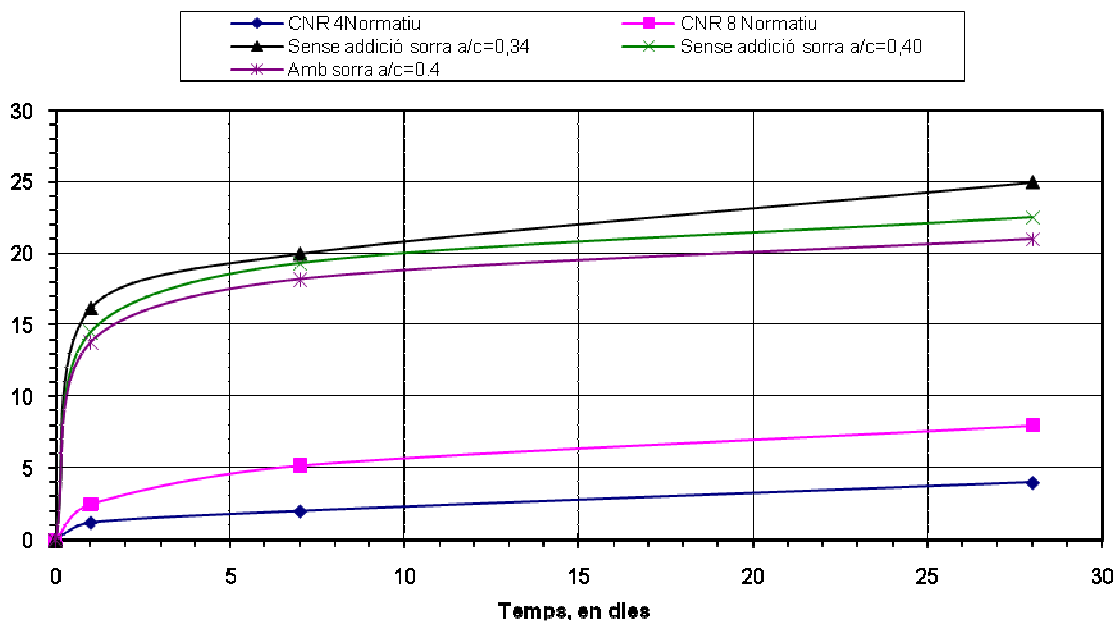
R 28	\bar{X}_{R28}	21.0
	σ	1.39
	C.V. %	6.7

En les següents gràfiques exposem els resultats de les resistències a compressió obtingudes, amb i sense addició de sorra.

Resistències a compressió per Cement Natural Ràpid Marfil Les primeres 24 hores



Resistències a compressió per cement Natural Ràpid Marfil A 28 dies



3.1.5 Expansió per Le Chatelier

Hem determinat l'expansió d'acord amb l'assaig de Le Chatelier, segons la norma CEN 196-3. Els resultats s'exposen en la següent taula.

TAULA VII

	Relació aigua/ciment	Mesura inicial, en mm	Mesura després de bullir	Expansió, en mm.
Mostra 1	0,34	29	31	2
Mostra 2	0,34	30	33	3

Els resultats mostren que el ciment natural rebut no és expansiu segons l'assaig de Le Chatelier.

3.2 Característiques químiques

Les característiques químiques de la mostra de ciment estudiat, s'han determinat segons la norma UNE-EN 196-2. En la següent taula s'exposen els resultats obtinguts, així com els valors límits especificats per a ciments naturals per la norma UNE 80309:2006.

TAULA IIX

	Mostra Ciment natural Ràpid Marfil	Valors límits especificats per la norma UNE 80309:2006.
% Òxid de silici (SiO ₂)	22.9	≥ 18 %
% Òxid de calci (CaO)	48.0	≥ 45 %
% Òxid de magnesi (MgO)	2.7	--
% Òxid d'alumini (Al ₂ O ₃)	8.4	≥ 5 %
% Òxid de ferro (Fe ₂ O ₃)	3.0	≥ 2 %
% Òxid de sofre (SO ₃)	3.2	≤ 4 %
% Òxid de potassi (K ₂ O)	1.4	--
% Òxid de sodi (Na ₂ O)	0.2	--
% pèrdues per calcinació Δ 100-550 ° C Δ 550-950 ° C	0.8 8.9	Total ≤ 16 %
% Residu Insoluble	9.3	≤ 10 %
% CaO lliure	1.3	--
Relació Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃	2.8	≥ 2

4. DISCUSSIÓ DE RESULTATS

El procés de fabricació d'aquest tipus de ciment natural ràpid "MARFIL", a on només s'utilitza pedra calcària-argilosa procedent d'un jaciment subterrani d'origen sedimentari de l'època del Cretaci, fan que els resultats obtinguts en aquest assaig ens tornin a demostrar l'excel·lent regularitat d'aquest cru i de les seves característiques físiques i químiques.

Les resistències extraordinàriament altes d'aquest ciment s'expliquen perquè es tracta d'un ciment natural sulfoaluminat càlcic belític (SCA-belític) i el fet que la seva composició química sigui constant, ens garanteix que aquestes resistències seran constants en tota la producció.

L'ús generalitzat d'aquest ciment per part dels usuaris és el que correspon a la **corba de resistències CNR8** sense addició de sorra i amb una relació aigua/ciment de 0,40 tal i com recomana el fabricant.

D'altra banda si reduïm la relació d'aigua/ciment fins a 0,34 obtindrem millors resistències a canvi de reduir-ne la facilitat d'aplicació en obra.

En cas d'elaborar morter amb una relació sorra/ciment de 1:1 i una relació aigua/ciment de 0,40, el ciment estudiat també compleix amb la corba de resistència del CNR8.

Des de sempre una de les aplicacions específiques d'aquest ciment ha estat la construcció de voltes a la catalana per la alta adherència, la rapidesa de pressa i en substitució del guix per tal d'evitar els problemes d'estabilitat i expansió que dona el guix en presència d'humitat.

5. CONCLUSIONS

El ciment natural ràpid "MARFIL" fabricat per Ciments Collet presenta unes característiques adients per al seu ús i compleix amb les condicions especificades en la Norma Espanyola UNE 80309:2006, tant per el que a fa als paràmetres físics com químics.

Les característiques específiques d'aquest ciment són: la seva durabilitat degut a la progressió de les resistències a llarg termini i la elevada resistència a l'atac per sulfats, analitzada en diferents treballs de recerca portats a terme per aquest laboratori.

Sant Antoni de Vilamajor, a 27 de febrer de 2013

Signat Mònica Vicente i Diez
Director Tècnic
Llicenciada en Química
Nº Col.: 4737

