1. Introducció

Degut a la situació actual del planeta i a la seva sobreexplotació, l'ésser humà està obligat a reinventar-se cada dia. El món de la construcció no és cap excepció, en l'actualitat i en el futur s'han de buscar nous models i materials per innovar, oferir nous productes i noves opcions.

Diversos estudiants, han intentat col·laborar amb la reutilització dels subproductes, relacionats amb la seva especialització, d'entre els quals hi ha els fangs sobrats procedents de les centrals d'àrids. D'aquesta manera el present projecte pretén aconseguir un producte relacionat però a la vegada millorar i trobar la combinació més adequada tèrmicament de la pressió de fabricació i temperatura de cocció del compost combinant l'argila convencional amb fangs sobrants de centrals d'àrids.

2. Objectius

L'objectiu principal es fer un estudi de la conductivitat tèrmica del comportament de la ceràmica amb pressions de fabricació de 30kg/cm², 40kg/cm² i 50kg/cm² i les temperatures de cocció de 800ºC a 950ºC amb intervals de 50ºC. Realitzant l'estudi tèrmic mitjançant l'assaig de la caixa calenta calibrada amb la caixa actual al laboratori de la UDG i fabricant una nova caixa millorant les prestacions de l'anterior comparant els resultats de les dues caixes.

Posteriorment i com a segon objectiu s'ha realitzat l'assaig de densitat mitjançant la balança hidrostàtica per trobar les densitats, l'absorció, la porositat i la compacitat de les peces per relacionar una possible connexió amb la millora tèrmica de les provetes.

Les provetes també van ser analitzades al SEM "Scanning Electron Microscope" per trobar la porositat real interior i la composició química dels materials.

Com a últim objectiu i no menys important, s'ha realitzat l'assaig a compressió de totes les peces assajades anteriorment, ja que és l'assaig més determinant alhora de comprovar les característiques de la ceràmica, i d'aquesta manera trobar la relació pressió de fabricació-cocció de la peça ceràmica més adequada respectes els assajos realitzats.

3. Antecedents

S'han realitzat molts estudis i investigacions a sobre del comportaments de la ceràmica canviant la seva composició i/o el mètode de fabricació ja sigui la pressió de fabricació o la temperatura de cocció, però a la vegada pocs estudis referents a la seva conductivitat tèrmica. En l'estudi realitzat per *R.J.Galán-Arboledas, A.Merino, S.Bueno, de la fundació Innovarcilla del centre Tecnològic de la ceràmica d'Andalusia. Bailèn (Jaen, Espanya)* avaluen les possibilitats d'utilització de matèries primeres per fabricar nous productes ceràmics de la construcció basant-se en les seves propietats fisicoquímiques i analitzar les limitacions que presenten per la fabricació de nous productes. Com a alternativa proposen mesclar l'argila amb diferents residus industrials. Dedueixen que les peces tractades amb aquests residus, fabricades a pressió de 35kg/cm² i cuites a 950ºC amb densitat aparent de 2,10g/cm³, absorció d'aigua inferior al 9% en pes, presenten una conductivitat tèrmica equivalent a 0,83W/mK, semblants a peces cuites a 1000ºC sense tractar. Cal dir que segons el CTE- DB HE en l'apartat dels productes ceràmics el maó massís amb densitat de 2,3g/cm³ ha de tenir una conductivitat tèrmica equivalent 0,85W/mK.

Com a antecedents específics s'ha seguit el projecte den Marc Vergelí Valeros en el seu treball final de grau "*Ampliació i perfeccionament de l'estudi de l'obtenció de peces ceràmiques a partir de l'aprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids" ,*on dedueix que la mescla més optima respecte els assajos realitzats del compost de l'argila amb els fangs sobrants de les centrals d'àrids ha de ser de un 16% de fang. Doncs a partir d'aquesta dosificació s'han realitzat totes les provetes per fer el present projecte.

4. Metodologia

Els passos a seguir per assolir el present projecte han estat els següents:

- Recopilació d'informació (articles, treballs fi de carrera relacionats o de seguiment, normatives UNE)
- Obtenció de les matèries primeres (argila, fang, sorra normalitzada, materials per l'elaboració de la nova caixa tèrmica)
- Preparació de les matèries primeres(Separació del fang i posterior dessecat, trituració del fang, dessecat de l'argila i la sorra)
- Realització de les provetes (12 provetes x 3 pressions de fabricació x 4 temperatures de cocció)
- Fabricació de la nova caixa tèrmica
- Realització dels assajos (Assaig de conductivitat tèrmica caixa tèrmica vella i nova, comprovació dels ponts tèrmics amb la càmera termogràfica, assaig de densitat, assaig de resistència a compressió, anàlisis SEM)
- Interpretació dels resultats i conclusions

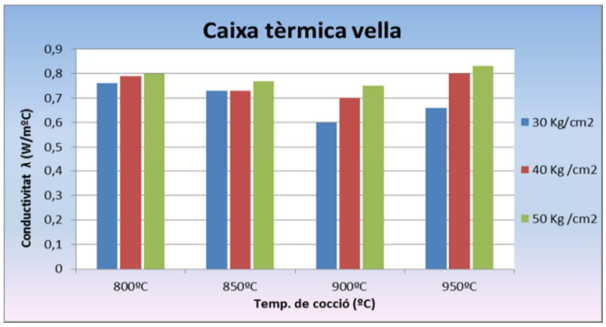
Nomenclatura de les provetes:

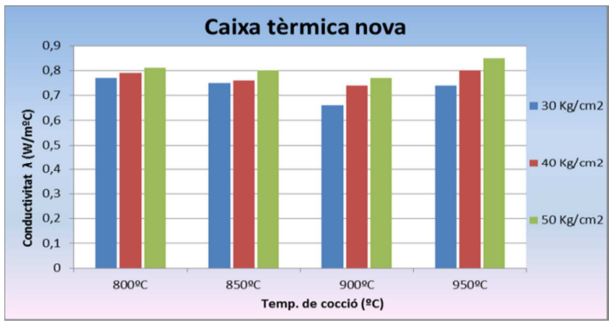
Codi	Pressió de fabricació	Temperatura de cocció	Nº de provetes
C1.1.(1-12)	30Kg/cm²	800ºC	12
C1.2.(1-12)	30Kg/cm²	850ºC	12
C1.3.(1-12)	30Kg/cm²	900ºC	12
C1.4.(1-12)	30Kg/cm²	950ºC	12
C2.1.(1-12)	40Kg/cm²	800ºC	12
C2.2.(1-12)	40Kg/cm²	850ºC	12
C2.3.(1-12)	40Kg/cm²	900ºC	12
C2.4.(1-12)	40Kg/cm²	950ºC	12
C3.1.(1-12)	50Kg/cm²	800ºC	12
C3.2.(1-12)	50Kg/cm²	850ºC	12
C3.3.(1-12)	50Kg/cm²	900ºC	12
C3.4.(1-12)	50Kg/cm²	950ºC	12

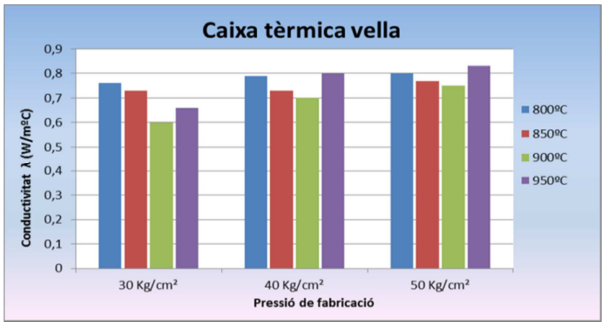
5. Assaig de conductivitat tèrmica

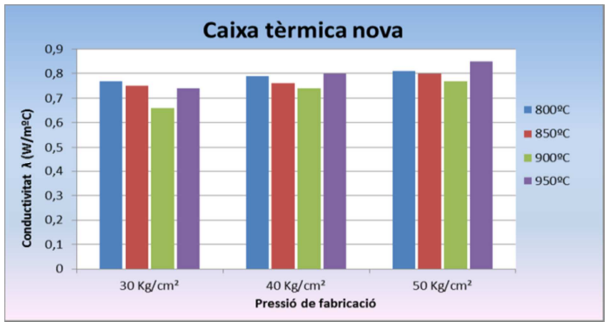
Per realitzar l'assaig de conductivitat tèrmica s'ha utilitzat el mètode de la caixa calenta calibrada mitjançant la norma UNE-EN 8990=1997. S'ha estudiat 5 provetes de cada amassada amb la caixa actual del laboratori de la UDG i posteriorment s'ha fabricat una nova caixa i s'ha estudiat 5 provetes més, fent un total de 10 provetes analitzades tèrmicament de cada amassada. També s'han comprovat els ponts tèrmics de les caixes mitjançant la càmera termogràfica, i s'han comprovat les caixes tèrmiques posant provetes amb valors coneguts en aquest cas de ceràmiques Piera.

Resultats:









Conclusions:

Els resultats son semblants tant en una caixa com en l'altre però en la caixa vella donen lleugerament millors causat per les pèrdues de temperatura i els ponts tèrmics que s'hi genera vist en les imatges termogràfiques.

Les millors provetes son les fabricades a pressions de 30kg/cm², té certa lògica doncs son les provetes amb menor pressió de fabricació i per tant les més poroses.

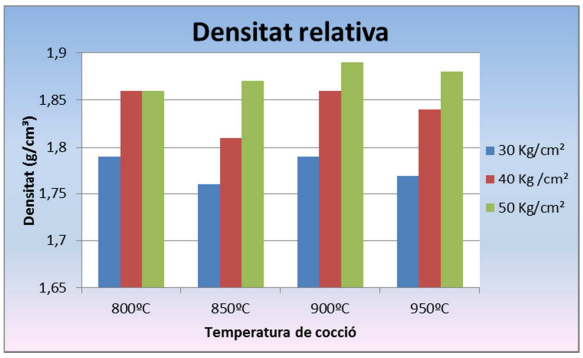
Per altre banda s'observa que les temperatures de cocció no són tant influents però a la vegada s'observa que en tots els casos la temperatura de cocció més adequada respecte la seva pressió de fabricació son les provetes cuites a 900ºC.

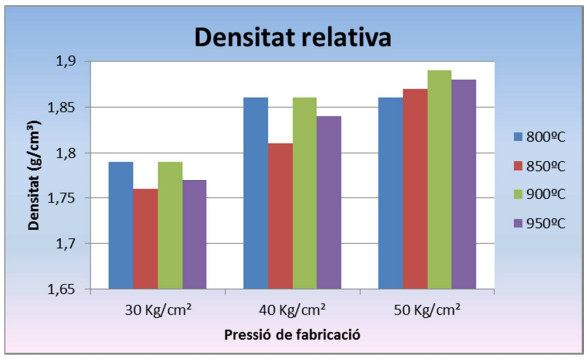
Obsevat l'article de R.J.Galán, A. Merino, S.Bueno on dedueixen que amb pressió de fabricació de 35kg/cm² i temperatura de cocció de 950ºC les provetes de compost amb residus industrials obtenen una conductivitat tèrmica de 0,83W/mK, la fitxa tècnica de ceràmica de Piera de maó CV ecomanual on la seva conductivitat és l'establerta per la normativa segons el catàleg d'elements constructius del CTE en l'apartat de ceràmica la conductivitat tèrmica del maó massís on té que tenir un valor de 0,85W/mK, i per això es pot dir que els valor obtinguts han sigut semblants i satisfactoris.

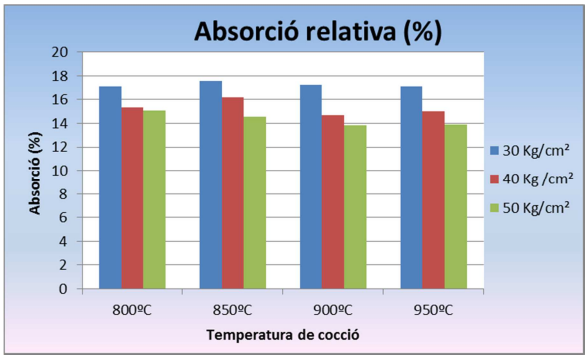
6. Assaig de densitat

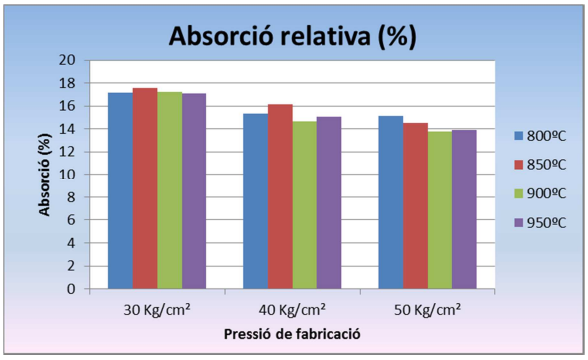
Posteriorment a l'assaig de conductivitat tèrmica s'ha intentat trobar una relació entre la densitat porositat i conductivitat de les peces ceràmiques. Per això s'ha realitzat l'assaig de densitat mitjançant la balança hidrostàtica.

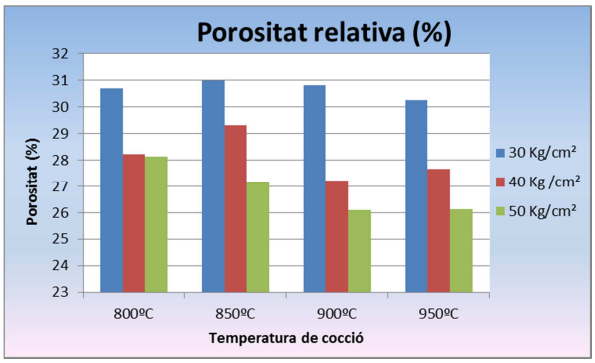
Resultats:

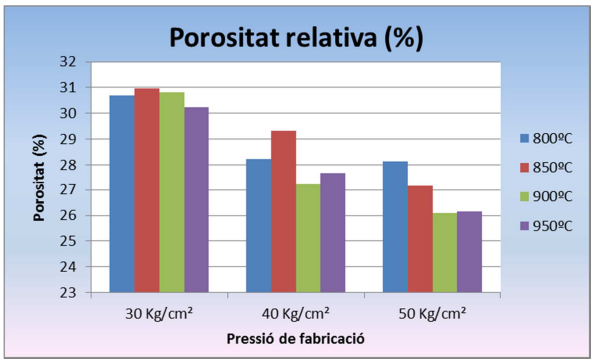












Conclusions:

En el cas de les temperatures de cocció no és influent tal i com es veu en les gràfiques però si que ho és la pressió de fabricació ja que a mesura que va augmentant també augmenta la densitat i la compacitat de les provetes, i a la vegada també disminueix l'absorció i la porositat.

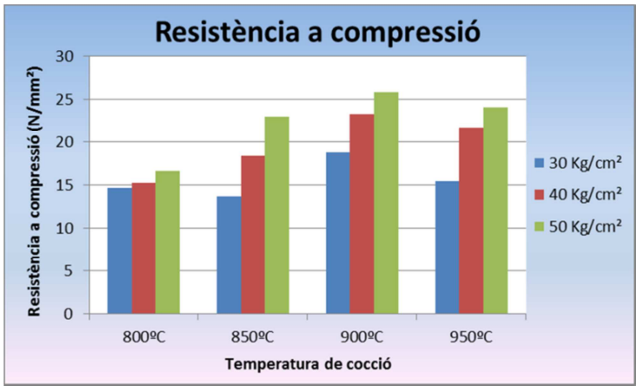
D'aquesta manera es verifiquen els supòsits en el moment de fer l'assaig de conductivitat tèrmica on les provetes amb menor pressió de fabricació generalment han donat millors resultats. Això significa que les provetes de 30Kg/cm² tenen major porositat que la resta i que influeix directament en la conductivitat tèrmica de les peces.

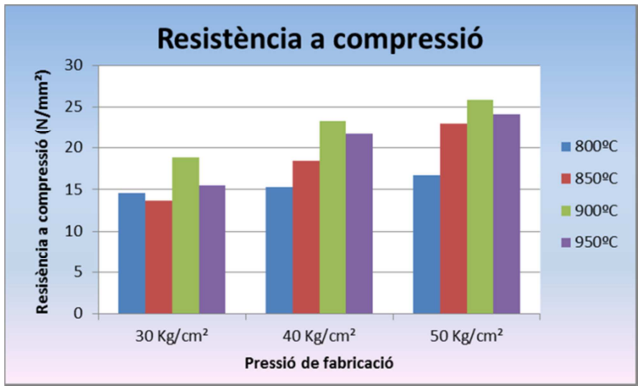
Segons l'article de M. Vázquez, J. Jiménez-Millán " *Materias primeres ricas en arcila de las Capas Rojas Triásicas (Norte de Jaen) para fabricar materiales cerámicos de construccion",* l'absorció d'aigua els hi varia depenent de la presència de carbonats caolinita i quars passant de 9,1% a 17,5% en peces cuites a 1000ªC i de 16% a 18,5% en peces cuites a 800ºC, resultats semblants als obtinguts en aquest projecte que van de 13,9% al 17,13% depenent de temperatura de cocció i la pressió de fabricació.

7. Assaig de compressió

Un cop s'han fet els assajos de conductivitat tèrmica i densitat el següent pas és comprovar la resistència als esforços de compressió sent un dels assajos més significatius de la ceràmica, i d'aquesta manera trobar una relació directa amb els assajos realitzats.

Resultats:





Conclusions:

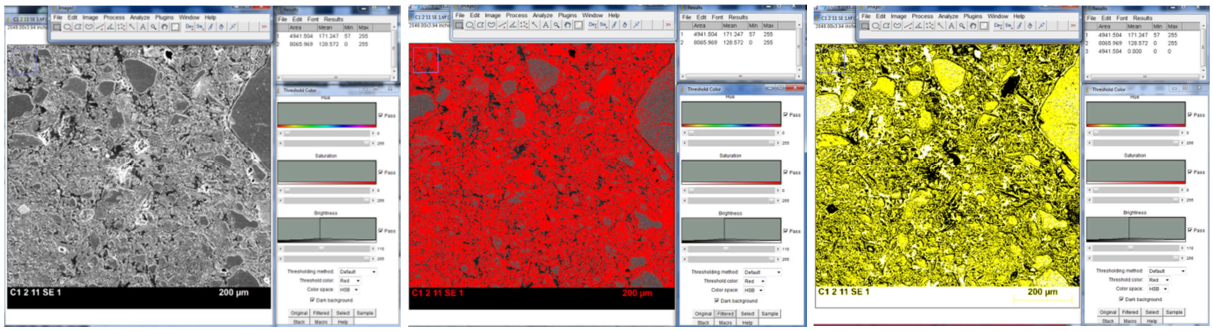
En el cas de la resistència a compressió de les provetes ceràmiques influeix tant la pressió de fabricació com la temperatura de cocció tal i com es veu en les gràfiques obtingudes. A major pressió de fabricació, més bons són els resultats obtinguts. Però en el cas de les temperatures de cocció si és cert que va augmentant a mesura que augmenta la temperatura de cocció però a la vegada dir que els millors resultats han estat els obtingut amb les provetes cuites a una temperatura de 900ºC.

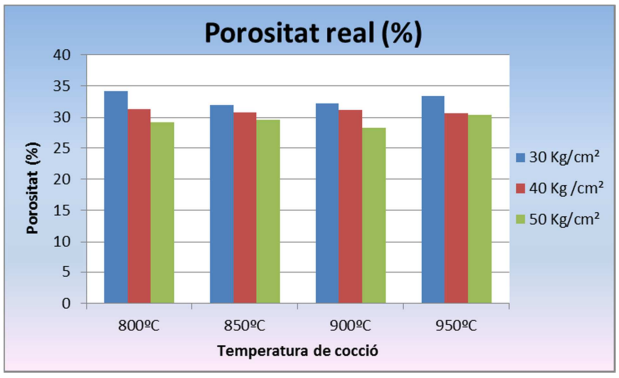
Comparant els resultats amb els projectes antecessors den Marc Vergeli Valeros "*Ampliació i perfeccionament de l'estudi de l'obtenció de peces ceràmiques a partir de l'aprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids",* on obté la millor resistència a compressió en provetes fabricades a pressió de 50Kg/cm² i cuites a 1050ºC (23N/mm²), i el den Josep Cortals i Albert Lozano "*influencia dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció"* on també obtenen la millor resistència a compressió en provetes fabricades a pressió de 50Kg/cm² i cuites a 1050ºC (26,6N/mm²) ambos casos realitzen assajos a compressió amb provetes amb el mateix percentatge de fang i s'obtenen valors semblants en aquest assaig fent que els resultats obtinguts són fiables.

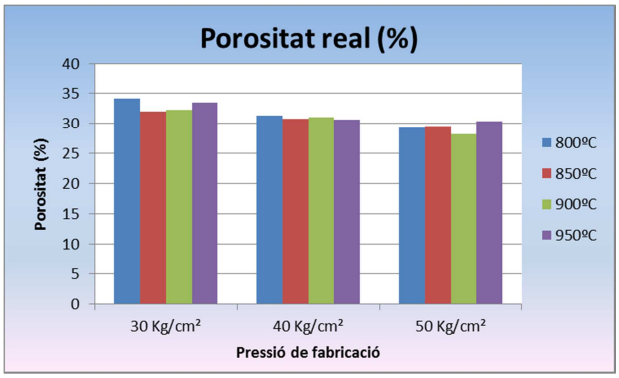
8. Anàlisis “SEM”

Posteriorment a tots els assajos les mostres sobrants de cada amassada es van portar al STR “ Serveis Tècnics de Recerca” del parc Científic i Tecnològic de la universitat de Girona per ser analitzats mitjançant el microscopi electrònic SEM. Les provetes van ser seccionades polides i analitzades trobant així la composició de materials i les porositats reals interiors de les mostres.

Resultats:







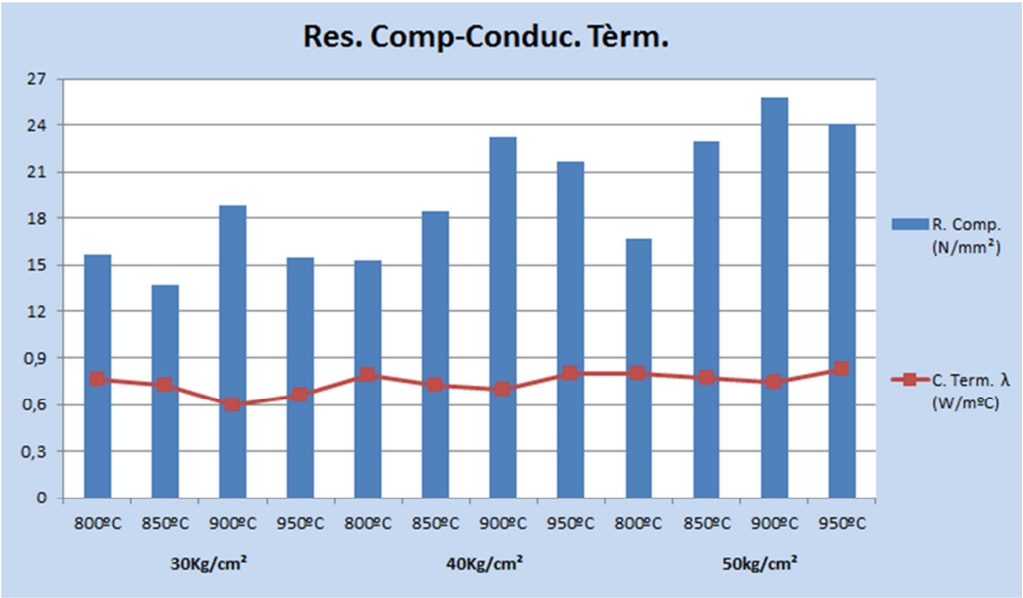
Conclusions:

La porositat de les imatges observades dona un resultat més elevat en les provetes fabricades a menor pressió, doncs succeeix exactament el mateix que els resultats de les provetes analitzades en l’assaig de densitat però amb la diferència que les porositats calculades amb les imatges són lleugerament més elevades en tots els casos que les calculades amb l’assaig de densitats. Exactament entre un 3% i un 11%. Cal dir que el mostreig s’ha fet amb diferents imatges exactament amb 5 imatges de cada pressió de fabricació i de cada temperatura de cocció donant diferents resultats en cada imatge, podent ser una imatge amb pocs porus i en una altre imatge algun forat més gran augmentant o disminuint el percentatge de la mitja

9. Conclusions finals

Amb la informació recopilada i els assajos realitzats mentre s'ha realitzat aquest projecte final de grau, s'arriba a les següents conclusions:

S'han complert els objectius proposats en el treball, ja s'han modificat els aspectes de fabricació, s'han comprovats els efectes d'aquestes modificacions i s'ha intentat seguir acuradament la normativa. Cal dir que no s'ha tingut en compte en cap moment l'aspecte econòmic alhora de fabricar les provetes ni l'augment del seu consum energètic alhora de fabricar les provetes amb major pressió de fabricació i major temperatura de cocció.

Per altre banda, les diferències observades significatives entre modificacions de pressió i temperatures de cocció son les següents:

- El volum de les provetes disminueix de desemmotllar-les a dessecar-les però augmenta després de coure-les. En canvi el pes va disminuint en cada procés. La quantitat exacta varia depenent de l'amassada.
- La conductivitat tèrmica entre les provetes ceràmiques va empitjorant a mesura que va augmentant la pressió de fabricació.
- La densitat de la ceràmica augmenta i l'absorció disminueix al augmentar la pressió de fabricació.
- La ceràmica fabricada a més pressió de fabricació té més resistència a compressió. Al augmentar la temperatura de cocció la ceràmica també resisteix més carga.
- Tant en l'aspecte tèrmic com en l'aspecte compressiu les provetes que major rendiment donen són les cuites a 900ºC per sobre de la resta