Índex

1. Introducció 12
2. Objectius 14
3. Antecedents 16
3.1. Antecedents generals 17
3.2. Antecedents específics 21
4. Metodologia 25
5. Capítol 1: Matèries Primeres 27
5.1. Fang 28
5.2. Argila 32
5.3. Sorra 35
6. Capítol 2: La ceràmica 36
6.1. Introducció 37
6.2. Procés de fabricació 38
7. Capítol 3: Procés experimental 40
7.1. Preparació de les mostres 41
7.2. Assaig de conductivitat tèrmica 51
7.3. Assaig de densitat 77
7.4. Assaig de compressió 90
7.5. Assaig SEM 103
8. Conclusions finals 116
9. Propostes de futur 118
10. Referències Bibliogràfiques 120
11. Agraïments 124
12. Annexes 126

Índex de figures

Figura 1. *Procés de tractament dels àrids per aconseguir el fang* 29
Figura 2. *Boles de fang humides* 30
Figura 3. *Fang humit* 30
Figura 4. *Minimització del fang* 31
Figura 5. *Boles de fang seques* 31
Figura 6. *Molinet picador* 31
Figura 7. *Fang en pols* 31
Figura 8 *Cintes transportadores i trituradores* 33
Figura 9. *Sitges d'emmagatzematge* 33
Figura 10. *Mostra de l'argila* 33
Figura 11. *Sac d'argila PEN-F* 33
Figura 12. *Mostra de sac de sorra* 35
Figura 13. *Peces ceràmiques* 37
Figura 14. *Estufa* 42
Figura 15. *Materials per l'amassada* 42
Figura 16. *Amassada* 42
Figura 17. *Motlles* 43
Figura 18. *Conformació de provetes* 43
Figura 19. *Premsa hidràulica mecànica* 44
Figura 20. *Premsa hidràulica manual* 44
Figura 21. *Neteja del motlle* 45
Figura 22. *Desemmotllat* 45
Figura 23. *Peces desenmotllades* 45
Figura 24. *Mesurament de peca* 45
Figura 25. *Peces ceràmiques al forn* 48
Figura 26. *Forn* 48
Figura 27. *Procés de fabricació de la ceràmica* 48
Figura 28. *Peces ceràmiques cuites/no cuites* 48
Figura 29. *Caixa calenta normalitzada segons norma UNE 8990* 52
Figura 30. *Termostat TIP* 53
Figura 31. *Datalink* 53
Figura 32. *Taula de resistències superficials* 56
Figura 33. *Coeficient de conductivitat tèrmica de materials ceràmics* 59
Figura 34. *Fulla Excel regim estacionari C3.1.4* 60
Figura 35. *Caixa tèrmica parada i oberta* 63

Figura 36. *Caixa tèrmica en funcionament* ... 63
Figura 37. *Vista superior de les cambres* ... 63
Figura 38. *Col·locació de peça a la caixa tèrmica* ... 63
Figura 39. *Imatge posterior caixa* ... 64
Figura 40. *Termografia posterior caixa* ... 64
Figura 41. *Imatge superior caixa* ... 65
Figura 42. *Termografia superior caixa* ... 65
Figura 43. *Termografia laterals caixa* ... 65
Figura 44. *Imatge laterals caixa* ... 65
Figura 45. *Imatge cambra freda* ... 66
Figura 46. *Termografia cambra freda* ... 66
Figura 47. *Imatge caixa parada* ... 66
Figura 48. *Termografia caixa parada* ... 66
Figura 49. *Soldadura de les parets de la caixa* ... 68
Figura 50. *Soldadura de les rodes i les fixacions* ... 68
Figura 51. *Comprovació soldadura* ... 68
Figura 52. *Comprovació de nivells* ... 68
Figura 53. *Pintat 1* ... 68
Figura 54. *Pintat 2* ... 68
Figura 55. *Col·locació del suro a l'interior* ... 69
Figura 56. *Enganxat del suro* ... 69
Figura 57. *Interior cambra calenta* ... 69
Figura 58. *Interior cambra freda* ... 69
Figura 59. *Calaix separador 2* ... 69
Figura 60. *Calaix separador 1* ... 69
Figura 61. *Calaix separador 4* ... 70
Figura 62. *Calaix separador 3* ... 70
Figura 63. *Calaix separador 6* ... 70
Figura 64. *Calaix separador 5* ... 70
Figura 65. *Calaix tèrmica acabada* ... 70
Figura 66. *Calaix separador 7* ... 70
Figura 67. *Termografia cambra calenta i freda* ... 71
Figura 68. *Imatge cambra calenta i freda* ... 71
Figura 69. *Imatge cambra calenta i mecanismes* ... 71
Figura 70. *Termografia cambra i mecanismes* ... 71
Figura 71. *Termografia caixa parada* ... 72
Figura 72. *Imatge caixa parada* ... 72
Figura 73. *Provetes submergides en aigua* ... 78

Figura 74. *Procés de saturació de proveta* 78
Figura 75. *Balança hidrostàtica* 78
Figura 76. *Premsa hidràulica* 91
Figura 77. *Taula de tall de provetes* 91
Figura 78. *Compressió de proveta* 94
Figura 79. *Proveta en la premsa hidràulica* 94
Figura 80. *Mostreig de prov. després de l'assaig* 94
Figura 81. *Resultats de compressió de proveta* 94
Figura 82. *Tall de proveta* 104
Figura 83. *Proveta tallada* 104
Figura 84. *Mostres a analitzar d'una proveta* 104
Figura 85. *Parts d'una proveta tallada* 104
Figura 86. *Subtensió aquosa de carboni* 105
Figura 87. *Polit de mostres* 105
Figura 88. *Mostres 1* 105
Figura 89. *Mostres 2* 105
Figura 90. *Mostres observada al microscopi 1* 105
Figura 91. *Mostra observada al microscopi 2* 105
Figura 92. *Mostra C1.2.11 original* 107
Figura 93. *Mostra C1.2.11 amb contrast* 108
Figura 94. *Mostra C1.2.11 amb selecció de contrast* 108
Figura 95. *Mostra C2.1.11 original* 109
Figura 96. *Mostra C2.1.11 amb contrast* 109
Figura 97. *Mostra C2.1.11 amb selecció de contrast* 110
Figura 98. *Mostra C3.2.11 original* 111
Figura 99. *Mostra C3.2.11 amb contrast* 111
Figura 100. *Mostra C3.2.11 amb contrast* 112
Figura 101. *C1.1.11 BSE 1* 243
Figura 102. *C1.1.11 BSE 2* 243
Figura 103. *C1.1.11 BSE 3* 243
Figura 104. *C1.1.11 BSE 4* 243
Figura 105. *C1.1.11 BSE 5* 243
Figura 106. *C1.1.11 BSE 6* 243
Figura 107. *C1.1.11 SE 1* 244
Figura 108. *C1.1.11 SE 2* 244
Figura 109. *C1.1.11 SE 3* 244
Figura 110. *C1.1.11 SE 4* 244
Figura 111. *C1.1.11 SE 5* 244

Figura 112. *C1.1.11 SE 6* *244*
Figura 113. *C1.2.11 BSE 1* *245*
Figura 114. *C1.2.11 BSE 2* *245*
Figura 115. *C1.2.11 BSE 3* *245*
Figura 116. *C1.2.11 BSE 4* *245*
Figura 117. *C1.2.11 BSE 5* *245*
Figura 118. *C1.2.11 BSE 6* *245*
Figura 119. *C1.3.11 BSE 1* *246*
Figura 120. *C1.3.11 BSE 2* *246*
Figura 121. *C1.3.11 BSE 3* *246*
Figura 122. *C1.3.11 BSE 4* *246*
Figura 123. *C1.3.11 BSE 5* *246*
Figura 124. *C1.4.11 BSE 1* *246*
Figura 125. *C1.4.11 BSE 2* *247*
Figura 126. *C1.4.11 BSE 3* *247*
Figura 127. *C1.4.11 BSE 4* *247*
Figura 128. *C1.4.11 BSE 5* *247*
Figura 129. *C2.1.11 BSE 1* *247*
Figura 130. *C2.1.11 BSE 2* *247*
Figura 131. *C2.1.11 BSE 3* *248*
Figura 132. *C2.1.11 BSE 4* *248*
Figura 133. *C2.1.11 BSE 5* *248*
Figura 134. *C2.2.11 BSE 1* *248*
Figura 135. *C2.2.11 BSE 2* *248*
Figura 136. *C2.2.11 BSE 3* *248*
Figura 137. *C2.2.11 BSE 4* *249*
Figura 138. *C2.2.11 BSE 5* *249*
Figura 139. *C2.3.11 BSE 1* *249*
Figura 140. *C2.3.11 BSE 2* *249*
Figura 141. *C2.3.11 BSE 3* *249*
Figura 142. *C2.3.11 BSE 4* *249*
Figura 143. *C2.3.11 BSE 5* *250*
Figura 144. *C2.4.11 BSE 1* *250*
Figura 145. *C2.4.11 BSE 2* *250*
Figura 146. *C2.4.11 BSE 3* *250*
Figura 147. *C2.4.11 BSE 4* *250*
Figura 148. *C2.4.11 BSE 5* *250*
Figura 149. *C3.1.11 BSE 1* *251*

Figura 150. *C3.1.11 BSE 2* *251*
Figura 151. *C3.1.11 BSE 3* *251*
Figura 152. *C3.1.11 BSE 4* *251*
Figura 153. *C3.1.11 BSE 5* *251*
Figura 154. *C3.2.11 BSE 1* *251*
Figura 155. *C3.2.11 BSE 2* *252*
Figura 156. *C3.2.11 BSE 3* *252*
Figura 157. *C3.2.11 BSE 4* *252*
Figura 158. *C3.2.11 BSE 5* *252*
Figura 159. *C3.3.11 BSE 1* *252*
Figura 160. *C3.3.11 BSE 2* *252*
Figura 161. *C3.3.11 BSE 3* *253*
Figura 162. *C3.3.11 BSE 4* *253*
Figura 163. *C3.3.11 BSE 5* *253*
Figura 164. *C3.4.11 BSE 1* *253*
Figura 165. *C3.4.11 BSE 2* *253*
Figura 166. *C3.4.11 BSE 3* *253*
Figura 167. *C3.4.11 BSE 4* *254*
Figura 168. *C3.4.11 BSE 5* *254*

Índex de gràfiques

Gràfica 1. *Cicle de cocció a 800ºC* 46
Gràfica 2. *Cicle de cocció a 850ºC* 47
Gràfica 3. *Cicle de cocció a 900ºC* 47
Gràfica 4. *Cicle de cocció a 950ºC* 47
Gràfica 5. *Comportament de la ceràmica pesos i volums C1.1* 50
Gràfica 6. *Regim estacionari* 54
Gràfica 7. *Regim estacionari peça C3.1.4* 61
Gràfica 8. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents temperatures de cocció de la caixa tèrmica vella* 74
Gràfica 9. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents temperatures de cocció de la caixa tèrmica nova* 74
Gràfica 10. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents pressions de fabricació de la caixa tèrmica vella* 75
Gràfica 11. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents pressions de fabricació de la caixa tèrmica nova* 75
Gràfica 12. *Densitat relativa 1* 84
Gràfica 13. *Densitat relativa 2* 84
Gràfica 14. *Densitat aparent 1* 85
Gràfica 15. *Densitat aparent 2* 85
Gràfica 16. *Absorció relativa 1* 86
Gràfica 17. *Absorció relativa 2* 86
Gràfica 18. *Porositat relativa 1* 87
Gràfica 19. *Porositat relativa 2* 87
Gràfica 20. *Compacitat relativa 1* 88
Gràfica 21. *Compacitat relativa 2* 88
Gràfica 22. *Exemple gràfica resistència a compressió* 94
Gràfica 23. *Resistència a compressió 1* 101
Gràfica 24. *Resistència a compressió 2* 101
Gràfica 25. *Porositat real* 114
Gràfica 26. *Porositat real* 114
Gràfica 27. *Relació Resistència a compressió amb conductivitat tèrmica* 117
Gràfica 28. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 800Cº* 129
Gràfica 29. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 800Cº* 129
Gràfica 30. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 850Cº* 132
Gràfica 31. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 850Cº* 132
Gràfica 32. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 900Cº* 135
Gràfica 33. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 900Cº* 135
Gràfica 34. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 950Cº* 138
Gràfica 35. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 950Cº* 138

Gràfica 36. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 800Cº* 141
Gràfica 37. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 800Cº* 141
Gràfica 38. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 850Cº* 144
Gràfica 39. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 850Cº* 144
Gràfica 40. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 900Cº* 147
Gràfica 41. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 900Cº* 147
Gràfica 42. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 950Cº* 150
Gràfica 43. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 950Cº* 150
Gràfica 44. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 800Cº* 153
Gràfica 45. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 800Cº* 153
Gràfica 46. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 850Cº* 156
Gràfica 47. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 850Cº* 156
Gràfica 48. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 900Cº* 159
Gràfica 49. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 900Cº* 159
Gràfica 50. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 950Cº* 162
Gràfica 51. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 950Cº* 162
Gràfica 52. *Cicle de la caixa calenta proveta Piera 1* 163
Gràfica 53. *Cicle de la caixa calenta proveta Piera 2* 163
Gràfica 54. *Cicle de la caixa calenta proveta Piera 3* 163
Gràfica 55. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.1* 164
Gràfica 56. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.2* 164
Gràfica 57. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.3* 164
Gràfica 58. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.4* 165
Gràfica 59. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.5* 165
Gràfica 60. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.6* 165
Gràfica 61. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.7* 166
Gràfica 62. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.8* 166
Gràfica 63. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.9* 166
Gràfica 64. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.10* 167
Gràfica 65. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.1* 167
Gràfica 66. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.2* 167
Gràfica 67. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.3* 168
Gràfica 68. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.4* 168
Gràfica 69. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.5* 168
Gràfica 70. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.6* 169
Gràfica 71. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.7* 169
Gràfica 72. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.8* 169
Gràfica 73. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.9* 170

Gràfica 74. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.10* 170
Gràfica 75. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.1* 170
Gràfica 76. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.2* 171
Gràfica 77. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.3* 171
Gràfica 78. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.4* 171
Gràfica 79. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.5* 172
Gràfica 80. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.6* 172
Gràfica 81. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.7* 172
Gràfica 82. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.8* 173
Gràfica 83. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.9* 173
Gràfica 84. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.10* 173
Gràfica 85. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.1* 174
Gràfica 86. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.2* 174
Gràfica 87. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.3* 174
Gràfica 88. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.4* 175
Gràfica 89. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.5* 175
Gràfica 90. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.6* 175
Gràfica 91. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.7* 176
Gràfica 92. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.8* 176
Gràfica 93. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.9* 176
Gràfica 94. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.10* 177
Gràfica 95. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.1* 177
Gràfica 96. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.2* 177
Gràfica 97. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.3* 178
Gràfica 98. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.4* 178
Gràfica 99. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.5* 178
Gràfica 100. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.6* 179
Gràfica 101. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.7* 179
Gràfica 102. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.8* 179
Gràfica 103. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.9* 180
Gràfica 104. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.10* 180
Gràfica 105. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.1* 180
Gràfica 106. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.2* 181
Gràfica 107. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.3* 181
Gràfica 108. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.4* 181
Gràfica 109. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.5* 182
Gràfica 110. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.6* 182
Gràfica 111. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.7* 182

Gràfica 112. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.8* 183
Gràfica 113. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.9* 183
Gràfica 114. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.10* 183
Gràfica 115. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.1* 184
Gràfica 116. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.2* 184
Gràfica 117. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.3* 184
Gràfica 118. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.4* 185
Gràfica 119. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.5* 185
Gràfica 120. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.6* 185
Gràfica 121. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.7* 186
Gràfica 122. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.8* 186
Gràfica 123. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.9* 186
Gràfica 124. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.10* 187
Gràfica 125. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.1* 187
Gràfica 126. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.2* 187
Gràfica 127. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.3* 188
Gràfica 128. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.4* 188
Gràfica 129. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.5* 188
Gràfica 130. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.6* 189
Gràfica 131. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.7* 189
Gràfica 132. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.8* 189
Gràfica 133. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.9* 190
Gràfica 134. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.10* 190
Gràfica 135. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.1* 190
Gràfica 136. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.2* 191
Gràfica 137. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.3* 191
Gràfica 138. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.4* 191
Gràfica 139. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.5* 192
Gràfica 140. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.6* 192
Gràfica 141. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.7* 192
Gràfica 142. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.8* 193
Gràfica 143. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.9* 193
Gràfica 144. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.10* 193
Gràfica 145. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.1* 194
Gràfica 146. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.2* 194
Gràfica 147. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.3* 194
Gràfica 148. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.4* 195
Gràfica 149. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.5* 195

Gràfica 150. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.6* 195
Gràfica 151. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.7* 196
Gràfica 152. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.8* 196
Gràfica 153. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.9* 196
Gràfica 154. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.10* 197
Gràfica 155. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.1* 197
Gràfica 156. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.2* 197
Gràfica 157. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.3* 198
Gràfica 158. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.4* 198
Gràfica 159. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.5* 198
Gràfica 160. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.6* 199
Gràfica 161. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.7* 199
Gràfica 162. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.8* 199
Gràfica 163. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.9* 200
Gràfica 164. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.10* 200
Gràfica 165. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.1* 200
Gràfica 166. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.2* 201
Gràfica 167. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.3* 201
Gràfica 168. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.4* 201
Gràfica 169. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.5* 202
Gràfica 170. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.6* 202
Gràfica 171. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.7* 202
Gràfica 172. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.8* 203
Gràfica 173. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.9* 203
Gràfica 174. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.10* 203
Gràfica 175. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.1(1-10a i b)* 207
Gràfica 176. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.2(1-10a i b)* 210
Gràfica 177. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.3(1-10a i b)* 213
Gràfica 178. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.4(1-10a i b)* 217
Gràfica 179. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.1(1-10a i b)* 220
Gràfica 180. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.2(1-10a i b)* 223
Gràfica 181. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.3(1-10a i b)* 226
Gràfica 182. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.4(1-10a i b)* 229
Gràfica 183. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.1(1-10a i b)* 233
Gràfica 184. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.2(1-10a i b)* 236
Gràfica 185. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.3(1-10a i b)* 239
Gràfica 186. *Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.4(1-10a i b)* 242

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.

Els recursos que dona el planeta són limitats, cada dia n'hi ha menys i aquets son més cars, per altre banda, cada dia hi ha més residus provocats per l'ésser humà. La voluntat de reciclar i reutilitzar-los, cada dia que passa és més necessari. Amb la tecnologia i els recursos que avui en dia es disposa som capaços de minimitzar l'impacte ambiental i aconseguir un planeta més sostenible i no tant destructiu.

Últimament 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.

Per tant, es pot dir, independentment dels resultats obtinguts, que s'intenta col·laborar amb aquest moviment de conscienciació de necessitat de canvi.

Algunes especialitzacions, com a futurs arquitectes tècnics, fan referència als materials de construcció i també en la gestió de residus. Per això, continuar la feina feta pels companys i fer un pas més endavant amb l'objectiu de millorar aquesta situació i poder introduir els fangs sobrants de l'obtenció d'àrids en la nova construcció combinant-los amb l'argila convencional i així poder obtenir un producte final capaç de satisfer les necessitats demandades.

D'aquesta manera el present projecte pretén aconseguir un producte millor o semblant al actual i més sostenible sense entrar en el factor econòmic i la seva viabilitat.

2. Objectius

La voluntat de projecte és aprofundir i millorar alguns aspectes dels projecte finals de carrera realitzats per alumnes d'arquitectura tècnica de la universitat de Girona tals com: *el reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per la seva aplicació a la construcció redactat per Bjorn Erik Berthelsen i Francesc Xavier Janer de l'any 2012, el treball 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 escrit per Marc Vergeli de l'any 2014, i La influencia de la pressió de fabricació i del canvi de temperatura de cocció en les propietats de la ceràmica porós fabricada amb fangs procedents de central d'àrids per Josep Cortals i Albert Lozano 2015*.

Per complir els objectius es seguiran les pressions de fabricació que van fer en el projecte den Josep Cortals i en Xavier Lozano de 30, 40 i 50 kg/cm², però les temperatures de cocció de la ceràmica es varien, sent igualment intervals de 50ºC però començant per 800ºC fins a 950ºC.

L'objectiu principal es fer un estudi de la conductivitat tèrmica del comportament de la ceràmica amb les pressions de fabricació i les temperatures de cocció nomenades anteriorment. Els projectes antecessors no es van centrar en el comportament tèrmic d'aquest material o es va fer mitjançant un sistema poc precís del assaig de la caixa calenta. D'aquesta manera s'ha realitzat un mostreig elevat de peces ceràmiques amb una caixa calenta existent i posteriorment s'ha fabricat una nova caixa calenta més precisa, més aïllant i més adequada amb la normativa existent que defineix aquest assaig, realitzant un nou mostreig de peces ceràmiques i comparant-les amb les realitzades a la caixa antiga.

Posteriorment i com a segon objectiu s'ha comprovat la densitat de les peces per relacionar una possible connexió amb l'augment de la porositat i la millora tèrmica del material. Cal dir que també s'han dut les peces ceràmiques al parc tecnològic i s'ha realitzat l'assaig SEM "Scanning Electron Microscope" per comprovar la mida dels porus interiors amb imatges de microscopi i la composició de materials de les provetes.

Com a tercer objectiu i no menys important, s'ha realitzat l'assaig a compressió de totes les peces assajades tèrmicament, 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. No s'ha decidit fer més assajos ja que moltes característiques es poden deduir a partir dels realitzats.

3. Antecedents

3.1.Antecedents generals

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. A continuació es descriuen alguns articles que s'han tingut en compte per fer aquest projecte

- **Matèries primeres riques en argila de les capes vermelles Triàsiques (Nord de Jaen, Espanya) per fabricar materials ceràmics de la construcció**

En l'estudi realitzat per *M. Vazquez , J.Jiménez-Millán, del departament de Geologia de la facultat de ciències experimentals de la universitat de Jaen* s'avalua l'ús de les capes vermelles Triàsiques de la Cobertura Tabular del Macís Ibèric del nord de la província de Jaen per elaborar materials ceràmics.

Les propietats de les mostres estudiades en el cicle de cocció lent, els valors de contracció lineal i l'absorció de l'aigua son adequats per la fabricació de peces ceràmiques en el rang de temperatures de cocció entre 800ºC i 900ºC. Però poques mostres son apropiades per l'elaboració de teules degut a la seva contracció lineal. Així doncs questes argiles han de ser mesclades per altres argiles per augmentar la seva plasticitat.

- **Utilització de noves matèries primeres i residus industrials per millorar les possibilitats de usos dels materials ceràmics de l'àrea de Bailèn (Jaen)**

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 alternativa per superar aquestes limitacions es proposa mesclar amb argila pirofil·litica de l'àrea geogràfica amb diferents residus industrials com vidres de pantalla o olis vegetals. D'aquesta manera l'estudi mostra la producció de noves peces ceràmiques i on en elles es milloren o es mantenen les propietats estructurals i d'aïllament tèrmic.

Les peces tractades fabricades a 35Kg/cm² i cuites a 950ºC, amb densitat aparent = 2,10g/cm3 i absorció d'aigua inferior al 9% en pes, presenten una conductivitat tèrmica equivalent a 0,83W/mK similar a la dels materials sense tractar cuits a 1000ºC.

Conclouen que l'afegit d'argila gris de Almuradiel i de residus industrials, vidres de pantalla des contaminada a la mescla tradicional, mantenen o milloren les propietats tecnològiques tant en el seu comportament en sec com en cuit. La utilització del vidre de pantalla des contaminada ajuda a la sinterització del material al formar fase liquida gracies a l'aportament d'òxids metàl·lics fundents per el que disminueix la porositat del material i la capacitat d'absorció d'aigua.

- **Utilització de llots procedents del netejat d'àrids naturals en la producció de materials de construcció**

En l'article *Utilización de lodos procedentes del lavado de áridos naturales en la producción de materiales de construcción de Rayda Crespo Castillo (Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción) i Rafael Jiménez Chappotin (Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de la Construcción)* analitzen i caracteritzen els llots procedents de les plantes de La Victoria i Dragón Camoa i avaluen la possible reutilització dels llots com a material de construcció (en morters i maons ceràmics), amb propietats mecàniques similars a las dels productes tradicionals.

Algunes de les conclusions varen ser les següents:

- El morter resultant no donava grans valors de resistència a compressió, per tant només es podrien fer servir com a morters d'assentament, material de reomplert o qualsevol aplicació sense demanda de resistència alta.
- En la elaboració de maons ceràmics, els llots no hauran d'emprar-se de forma independent, sinó combinats o barrejats amb diferents tipus d'argila plàstica.
- Els residus constitueixen una bona alternativa per a la fabricació de peces de lampisteria però s'ha de tenir un bon control sobre ells perquè perden ràpidament les seves propietats amb la humitat i el temps.
- La ampliació de l'interval de temperatures de cocció per sobre els 900ºC pot validar el comportament d'aquests llots en aspectes com augment de la resistència a la compressió i la disminució de l'absorció.

- **Maons: un material de construcció excel·lent per residus de reciclatge - una revisió**

En l'article *Bricks: an excellent building material for recycling wastes – a review de Aeslina Abdul Kadir (Department of Water and Environmental Engineering, University Tun Hussein Onn Malaysia) i Abbas Mohajerani (School of Civil, Environmental and Chemical Engineering, RMIT University)* revisa el reciclatge dels diferents residus en maons d'argila cuita.

Segons comenten, la investigació que es porta a terme en els darrers trenta anys han revelat molts intents reeixits per incorporar diferents tipus de residus en la producció de maons d'argila cuita incloent llots, cendres volants, poliestirè, kraft residu de polpa, te residus processats, serradures, residus de tabac, herba, paper, burilles de cigarrets entre d'altres.

Els maons fabricats amb diferents tipus de residus han mostrat efectes positius sobre les propietats dels maons d'argila cuita com la millora de la porositat, conductivitat tèrmica, propietats d'absorció d'aigua, i la reducció de la densitat i l'energia utilitzada durant la cocció. Per tant, la utilització dels residus sòlids s'ha fomentat com un dels materials alternatius més rendibles que podrien ser utilitzats en la fabricació de maons d'argila cuita.

- **Efecte de l'addició de residus orgànics en les propietats tecnològiques de maons d'argila**

En l'estudi *Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks de Ismail Demir de la Afyon Kocatepe University, Faculty of Technical Education* de Turquia van investigar el potencial d'utilització de diversos residus orgànics en maons d'argila. Els residus utilitzats van ser serradures, residus de tabac i herba, extrets dels residus dels processos industrials i agrícoles de Turquia, en quantitats de 0, 2,5, 5 i 10% en pes del maó i cuites a 900ºC. Es van estudiar efectes sobre la conformació, plasticitat, densitat i propietats mecàniques.

L'adició d'aquests residus van proporcionar unes propietats mecàniques acceptables i a més quantitat de residu requeria una major quantitat d'aigua per assegurar la plasticitat. Com a conclusió van obtenir que aquests residus es podien utilitzar d'una manera ambientalment segura com a agents formadors de porus orgànics en els maons d'argila.

- **La incorporació dels residus de fangs de la planta de tractament d'aigua en ceràmica vermella**

En l'estudi *Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic de S.N. Monteiro (State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro) , J. Alexandre (State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro) , J.I. Margem (Parque de Alta Tecnologia do Norte Fluminense) , R. Sanchez (State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro) i C.M.F. Vieira (State University of the North Fluminense Darcy Ribeiro)*, de Brasil, es va avaluar la influència de la temperatura de cocció de les propietats tecnològiques de ceràmiques vermelles fetes d'una argila caolinítica incorporat amb un fang de planta de tractament d'aigua.

El fang es va presentar inicialment a proves de caracterització per determinar la seva distribució de mida de partícula, composició química, composició mineralògica, comportament tèrmic i aspectes morfològics. Les mescles es van preparar amb quantitats de 0, 3, 5 i 10% en pes dels fangs incorporats en el cos argilós. Les provetes tenien forma rectangular, van ser obtingudes per emmotllament a 20 MPa de pressió i després cuites a 700, 900 i 1100 ° C en un forn de laboratori. Es van determinar les propietats de ceràmica relacionats amb la densitat aparent, contracció lineal, absorció d'aigua i resistència al trencament per flexió.

Els resultats van indicar que la incorporació dels fangs (fins a un 10%) feien augmentar l'absorció d'aigua i reduir la resistència mecànica de la ceràmica argilosa. Això és una conseqüència dels canvis causats en la porositat per la pèrdua de pes relativament elevada durant la fase de cocció.

- **La fabricació de nous materials ceràmics d'argila i fang vermell derivats de la indústria de l'alumini**

En l'estudi *Manufacturing new ceramic materials from clay and red mud derived from the aluminium industry de L. Perez-Villarejo (Department of Chemical, Environmental and Materials Engineering, Higher Polytechnic School of Linares), F.A. Corpas-Iglesias (Department of Chemical, Environmental and Materials Engineering, Higher Polytechnic School of Linares), S. Martinez-Martinez (Department of Chemical, Environmental and Materials Engineering, Higher Polytechnic School of Linares), R. Artiaga (Department of Industrial Engineering II, Higher Polytechnic School) i J. Pascual-Cosp (Department of Civil Engineering, Materials and Manufacture, Engineering School)* de Espanya, es van fabricar materials ceràmics mitjançant l'addició de residus altament perillosos de fang vermell a una matriu ceràmica i la neutralització d'aquests residus a la matriu en diferents percentatges per analitzar-les posteriorment.

Com a conclusió van obtenir que el percentatge òptim de fang vermell a l'argila en la fabricació de maons de ceràmica és 50%, i els maons resultants tenien una resistència a la compressió major que la d'argila pura. La temperatura òptima de sinterització era 950ºC. Amb 50% de fang vermell, es van obtenir les següents característiques tecnològiques:

- Contracció lineal 0,46%,
- absorció d'aigua 21,00%,
- pèrdua de pes després de la sinterització 12,6%,
- resistència a la compressió 52,54 MPa.

Per tant, com més gran sigui el percentatge de fang vermell afegit a la matriu ceràmica, més gran és la quantitat de fase vítria generat. Aquesta addició provoca que la resistència a la compressió

per augmentar per la mateixa raó, ja que la fase líquida omple els porus, disminuint l'absorció. La conductivitat tèrmica de les mostres disminueix a mesura que la quantitat de fang afegit augmenta vermells a causa de la menor porositat produïda per la major quantitat de fase líquida.

3.2. Antecedents específics

També s'han redactats treballs, inclosos treballs finals de carrera a la Universitat de Girona, on van estudiar la utilització de fangs sobrants d'una central d'àrids com a matèria prima en l'elaboració de maons ceràmics, blocs de terra compactada o fins i tot per a la fabricació de morters, entre altres; per tal d'aprofitar-los i donar un pas endavant en la sostenibilitat. Alguns treballs relacionats amb el tema del nostre treball cercats són els següents:

- **Estudi de l'aprofitament de subproductes industrials procedents del tractament d'àrids com matèria primera ceràmica**

L'estudi de l'aprofitament de subproductes industrials procedents del tractament d'àrids com matèria primera ceràmica de *Isaura Oliver Graells (emmarcat dins el Programa PROFIT de número FIT-050000-2001-50R)* pretén analitzar la viabilitat de la utilització del residu obtingut durant el tractament dels àrids com a matèria primera per a la producció de ceràmica.

Per aconseguir-ho, analitza la central d'àrids i classifica els residus i determina les propietats del residu com a matèria primera ceràmica:

- Estudi de la granulometria i classificació textural.
- Càlcul de la pèrdua de pes a diferents temperatures.
- Determinació de la plasticitat.
- Determinació de la composició mineralògica.
- Determinació de la composició química.

Algunes de les conclusions d'aquest treball relacionades amb el tema del nostre treball van ser les següents:

- El residu que s'obté del rentat dels àrids a la planta d'àrids de la Plana del Corb de SORIGUÉ S.A. és, segons la classificació establerta al Catàleg de residus de Catalunya, un residu inert (de dipòsit controlat de classe I, C.I) i pot ser valoritzat mitjançant la seva utilització en la construcció (i per tant com a matèria primera ceràmica).
- Els moments més crítics que es donen per les diferents provetes durant la cocció i que queden de manifest a les gràfiques en el punts de màxims i mínims corresponen a una temperatura al voltant dels 1125º-1075ºC.
- La capacitat d'absorció d'aigua disminueix a l'augmentar la temperatura de cocció.

- Per tal que la peça ceràmica hagi assolit una alta contracció i tingui una baixa capacitat d'absorció d'aigua al final del procés de cocció, cal afegir al residu un material fondant com pot ser la caolinita.
- La temperatura òptima de cocció, a l'afegir caolinita al residu, està al voltant dels 1120ºC.
- Els minerals presents a les provetes cuites són: anortita, quars, hematites, wol·lastonita, gehlenita, òxid de calci lliure i silicat de calci.
- A l'augmentar la temperatura de cocció es forma més anortita i es consumeix sílice i òxid de calci.
- Les fases mineralògiques presents a les provetes cuites a alta temperatura són principalment: quars, anortita i hematites. D'aquesta manera, el tipus de ceràmica que es podrà fabricar a partir del residu serà quars-feldspàtica. Aquesta és la ceràmica tradicional utilitzada en els maons, en teules, en utensilis de cuina...etc.

- **Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció**

En el treball final de carrera *Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció de Bjorn Erik-Berthelsen Molist i Francesc Xavier Janer Adrian de la Universitat de Girona* pretenia analitzar la viabilitat de la utilització dels fangs, obtingut durant el tractament dels àrids, com a matèria primera per a produir materials de paleteria per a la construcció d'habitatges i amb el menor impacte ambiental possible.

El projecte elaborava dos tipus de maons: maons ceràmics cuits i blocs de terra comprimida (BTC). Un cop elaborats determinaven algunes característiques com la densitat, l'absorció per capil·laritat, l'absorció, la resistència a compressió, la durabilitat i la conductivitat tèrmica; per llavors extreure unes conclusions.

La pressió de fabricació de les mostres es va realitzar a 20kg/cm² i la temperatura de cocció augmentava fins als 1.000ºC a les primeres mostres; tot i que també van coure altres provetes a 1.200ºC i a 1.050ºC.

Les conclusions per a la ceràmica cuita van ser les següents:

- El fang no serviria com a matèria prima i única per a la producció de ceràmica cuita, ja que, quan la dosificació de les provetes era només de fang, en els assajos de durabilitat es desfeien amb molta facilitat.
- En dosificacions més baixes, on es nota una millora en les propietats de l'argila que formava la proveta. Com més dosificació de fang en l'amassada, menys prestacions favorables, la millor dosificació ha estat la d'argila amb un 10% de fang (C1), però es podria haver pujat fins a un 30% sense perdre aquesta millora.

- L'addició dels fangs augmenta la porositat de les mostres i per aquesta raó disminueix la conductivitat tèrmica. L'addició de sorra estàndard produeix un efecte contrari, ja que redueix la porositat de les mostres

Sample	λ	Composició
M4	0.41	Sample of calibration
C 1	0.55	90% clay + **10% sludge** + 20% standard sand + 10.7% water
C 2	0.54	80% clay + **20% sludge** + 20% standard sand + 10.7% water
C 3	0.54	70% clay + **30% sludge** + 20% standard sand + 10.7% water
C 4	0.55	60% clay + **40% sludge** + 20% standard sand + 10.7% water
C 5	0.43	50% clay + **50% sludge** + 20% standard sand + 10.7% water
FC 1	0.38	100% sludge + **20% sand of arid factory** + 10.7% water
FC 2	0.47	100% sludge + **20% standard sand** + 10.7% water
V 1	0.61	100% clay + **20% sand of arid factory** + 10.7% water
V 2	0.66	100% clay + **20% standard sand** + 10.7% water

- **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**

El 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 de Marc Vargeli Valeros de la Universitat de Girona* és una continuació del treball *Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció*, on es pretén buscar el percentatge òptim de fang que ofereixi unes millores notables a les característiques de la ceràmica.

Per trobar aquest percentatge exacte es va optar per afegir de 0 a 30% de pes en fang en la dosificació en intervals de 2% i llavors determinar les característiques de les mostres a partir d'assajos com el de densitat, capil·laritat, absorció, conductivitat tèrmica, resistència a compressió, durabilitat i adherència.

La pressió de fabricació de les mostres es va realitzar a 20, 30, 40 i 50kg/cm² i les temperatures de cocció varen ser 1.000 i 1.050ºC. Aquestes combinacions les van fer per escollir la pressió de fabricació i la temperatura de cocció amb més bons resultats de resistència a compressió. La combinació resultant va ser 50kg/cm² i 1.050ºC, a partir d'aquestes variants en el procés van elaborar els assajos pertinents.

Algunes de les conclusions del treball varen ser les següents:

- La proveta que obté més benefici i augmenta més les seves propietats en tots els aspectes és la C16 (16% de fang).
- Els problemes de cohesió patits durant l'inici de la fabricació de provetes s'ha resolt amb la modificació de la temperatura de cocció i de la pressió a l'emmotllar. S'ha demostrat empíricament que l'augment de la temperatura de cocció i sobretot de la pressió d'emmotllament fa augmentar la cohesió de la pròpia peça i les propietats resistents de les

provetes. En aquest cas, la temperatura de cocció ideal ha estat 1.050 ºC i combinada amb una pressió d'emmotllat de 50 kg/cm² s'ha aconseguit assolir uns resultats fantàstics en tots els assajos.

- Les peces amb elevada conductivitat tèrmica son les que no tenen fang, a mesura que s'augmenta el percentatge de fang també ho fan les seves propietats aïllants.

- **Influencia dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció**

En el treball final de grau de *l'Albert Lozano i en Josep Cortals de la influencia dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció de la universitat de Girona*, és una continuació de *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 de Marc Vargeli Valeros de la Universitat de Girona* on es pretén millorar els aspectes de fabricació canviant els intervals de fabricació i les temperatures de cocció, seguint amb més exactitud la normativa.

Per complir l'objectiu es va modificar la pressió de fabricació de les provetes a 30, 40 i 50kg/cm2 de pressió i cuites a intervals de temperatura de 50ºC de (850ºC a 1050ºC), objectius que son factors determinats en la caracterització de la ceràmica no estudiada per els companys anteriors on s'havien centrat més en les dosificacions de les matèries primeres.

Algunes de les conclusions del treball varen ser les següents:

- La densitat de la ceràmica augmenta i l'absorció disminueix al augmentar la pressió de fabricació sent més denses i menys poroses les fabricades a 50kg/cm²
- La pèrdua de pes durant els cicle de l'assaig de durabilitat es menor a l'augmentar la pressió de fabricació, en el nostre cas les fabricades a 50 kg/cm².
- La temperatura de cocció també afecta a la durabilitat, tenint una pèrdua de pes menys significativa les mostres cuites a 950ºC.
- La ceràmica fabricada a més pressió té una resistència a compressió més alta. A l'augmentar la temperatura de cocció la ceràmica també resisteix més càrrega. La mostra que ha resistit més és la fabricada a 50 kg/cm² i cuita a 1.050ºC.
- Si comparem la ceràmica convencional amb la conformada amb fang, s'arriba a la conclusió que a mesura que la pressió de fabricació augmenta, la diferència entre la resistència a compressió disminueix.
- Al comparar la resistència a compressió d'una mostra amb un altre després de fer-li l'assaig de durabilitat, veiem que a pressions més elevades la pèrdua de resistència a compressió és menys significativa. També la pèrdua de resistència és menys pronunciada quan la temperatura de cocció va ser de 950 i 1.000ºC.
- En tots els assajos realitzats hem observat una gran diferència entre els resultats de les mostres quan la pressió de fabricació augmenta de 30 a 40 kg/cm² i una diferència molt més inferior quan la pressió augmenta de 40 a 50 kg/cm².

4. Metodologia

Els objectius per l'elaboració i per assolir el projecte segons el pla establert i després de parlar amb el tutor per planificar els passos a seguir han estat els següents:

- *Recopilació d'informació i anàlisi bibliogràfic*
    - *Articles*
    - *Treballs fi de carrera relacionats o de seguiment*
    - *Normatives UNE*

- *Obtenció de les matèries primeres*
    - *Obtenció d'argila*
    - *Obtenció del fang*
    - *Obtenció de la sorra normalitzada*
    - *Altres materials per la realització de la caixa tèrmica*

- *Preparació de les matèries primeres*
    - *Separació del fang i posterior dessecat*
    - *Triturat del fang*
    - *Dessecat de l'argila i la sorra*

- *Realització dels maons ceràmics amb fang*
    - *12 provetes x 3 pressions x 4 temperatures de cocció*

- *Fabricació d'una nova caixa tèrmica*

- *Realització dels assajos als maons ceràmics*
    - *Assaig de conductivitat tèrmica mitjançant la caixa tèrmica en la caixa vella i en la caixa nova*
    - *Comprovació dels ponts tèrmics amb la càmera tèrmica a la caixa vella i a la caixa nova*
    - *Assaig de densitat*
    - *Assaig de resistència a compressió*
    - *Assaig SEM*

- *Interpretació dels resultats*

- *Conclusions parcials i totals*

5. Capítol 1: Matèries Primeres

5.1.Fang

Per extreure àrids s'exploten grans extincions de terrenys i això només és un primer pas d'una llarga cadena que acaba amb la creació de formigons morters bases per ceràmica pavimentació etc. Aquest procés fa malbé l'àrea que s'explota. Per intentar contrarestar aquest efecte l'any 1988 es va instaurar el concepte de restauració integrada. És un sistema de recuperació del medi en el qual les empreses que es dediquen a l'explotació de terrenys per extreure'n àrids es comprometen a restaurar la zona afectada per tal de deixar-la en les mateixes condicions que en la que la van trobar.

Existeixen dos tipus d'explotacions diferents segons el lloc on es duen a terme. D'una banda tenim les explotacions a cel obert i per altra banda trobem les que es fan en mines a gran profunditat. La gran majoria d'extraccions d'àrids es fan a cel obert, ja que són més econòmiques, però són més extenses en superfície i els jaciments aprofitables han d'estar a poca profunditat.

L'explotació es pot fer mitjançant explosius o amb excavació directe amb màquines per a terrenys més tous. Un cop extret tot el material de la zona que s'explota es carrega en camions i es transporta a la planta de tractament d'àrids. A continuació s'efectua un procés de tractament per obtenir l'àrid per ser posteriorment comercialitzat. El procés de tractament consisteix en triturar, rentar i classificar els àrids segons les seves característiques, posteriorment es situen pilons segons la seva granulometria i utilitat final.

Els àrids passen per una sèrie de garbells i matxucadores i tamisos per aconseguir el producte final desitjat. A continuació s'arriba al procés d'hidrocicló, que és un dipòsit en forma de cilindre que separa l'aigua dels àrids. El llot que surt d'aquest procés es conduit a un dipòsit de decantació on s'aconsegueix separar el fang de l'aigua.

Procedència dels fangs:

Els fang utilitzats es van agafar directament del laboratori i eren procedents de la central d'àrids però com van sobrar en algun treball anterior no va ser necessari demanar-ne de nous. Els fangs provenen de la central d'àrids Guixeres S.A. i van ser estudiats en el projecte final de carrera *Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció de Bjorn-Berthelsen Molist i Francesc Xavier Janer Adrian de la universitat de Girona*.

Figura 1. *Procés de tractament dels àrids per aconseguir el fang*

Font. *Bjorn Erik Berthelsen i Xavier Janer*

Descripció dels fangs:

Amb data de 3 de maig de 2011, el grup de recerca CATS va sol·licitar un informe per determinar la composició mineral dels fang. Es van prendre 4 mostres del fang: MA-1, MA-2, MA-3 i MA-4.

Primerament es van preparar les mostres. Es van assecar a l'estufa durant 96 hores a 100 ºC, es van molturar en un molí de boles planetari i es van dipositar en el portamostres de difracció sense sotmetre-les a cap altra mena de manipulació física o química.

Per a determinar la composició mineral es va utilitzar el mètode de difracció de Raig X de pols i anàlisi qualitativa de fases.

Els resultats assenyalaven que els fang estaven compostos per:

- Quars (SiO_2)
- Albita $Na(AlSi_3O_8)$
- Montmorillonita $(Na,Ca)_{0.3}(Al,Mg)_2Si_2O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- Mica Moscovita $KAl_2(Si_3Al)O_{10}((OH)_{1.8}O_{0.2})$
- Sanidina $K_{0.5}Na_{0.5}Ca_{0.03}(AlSi_3O_8)$
- Calcita ($CaCO_3$)
- Caolinita $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$

Trituració del fang

Les mostres de fang que disposava el laboratori estaven dins de unes bosses de plàstic blaves provinents de les centrals d'àrids Guixeres S.A.. Al treure el fang de les bosses, com que tenien molta humitat era necessari dessecar-ho. Per això es feien petites boles i es posaven a l'estufa de dessecació del laboratori a una temperatura entre 60-80ºC aproximadament unes 48h per assegurar que el material no tenia gens de humitat en el seu interior. Com més petites fossin les boles més ràpid perdien la humitat.

Figura 3. Fang humit

Font. *Jordi Canal*

Figura 2. Boles de fang humides

Font. *Jordi Canal*

Per la posterior fabricació dels maons ceràmics es feia necessari convertir el fang amb pols. Un cop les boles de fang estaven completament seques i sense humitat es procedia a minimitzar-les en petits trossos amb un martell de forma manual, per poder posar el material en el molinet picador, maquinaria que acabava de convertir els petits trossos de fang en pols.

Figura 5. Boles de fang seques

Font. *Jordi Canal*

Figura 4. Minimització del fang

Font. *Jordi Canal*

Figura 6. Molinet picador

Font. *Jordi Canal*

Figura 7. Fang en pols

Font. *Jordi Canal*

5.2.Argila

El procés d'obtenció de les argiles és molt semblant al dels àrids explicats anteriorment. Normalment l'argila s'extreu de canteres a cel obert, encara que si el jaciment és a molta profunditat es pot extreure mitjançant mines.

En cada dipòsit d'argila hi podem trobar diferents estrats. Cada un pot ser completament diferent a l'anterior en termes de mida de les partícules, distribució, composició química, mineralogia i àrea. Aquests dipòsits poden variar substancialment en funció de la seva ubicació geogràfica i del clima de la zona.

Les operacions d'extracció es duen a terme mitjançant excavadores i camions de càrrega. L'extracció mitjançant rases permet extreure cada estrat per separat i classificar-los segons les propietats.

Es caracteritza per adquirir plasticitat en ser barrejada amb aigua, i també duresa al escalfar-la per sobre de 800°C. L'argila endurida mitjançant l'acció del foc va ser la primera ceràmica elaborada pels éssers humans, i encara és un dels materials més barats i d'ús més ampli. Maons, estris de cuina, objectes d'art i fins i tot instruments musicals com l'ocarina són elaborats amb argila. També s'utilitza en molts processos industrials, com ara en l'elaboració de paper, producció de ciment i processos químics.

Procedència de L'argila

Aquesta empresa disposa d'una cantera a cel obert pròpia per l'extracció de la matèria prima, on s'extreu amb mitjans mecànics excavadores i camions de carrega. Produeixen aproximadament 30.000tones cada any.

Un cop extreta la matèria prima de la cantera passa per uns processos d'assecat per fer que perdi la humitat passant del 15% al 8%. Un cop fet aquest procés passa a ser triturat reduint el tamany del gra de 7 a 5cm.. A continuació es col·loca l'argila en diferents diluïdors que contenen aigua calenta i components químics que donen diferents tipus d'argiles. Un cop fet aquest procés es passen per tamisos i s'emmagatzemen en sitges segons cada tipus d'argila. L'argila utilitzada es PEN-F que significa pendular fi i és una combinació de diferents per així aconseguir més estabilitat.

Figura 8 Cintes transportadores i trituradores

Font. *Jordi Canal*

Figura 9. Sitges d'emmagatzematge

Font. *Jordi Canal*

Un cop extreta la matèria prima de la cantera passa per uns processos d'assecat per fer que perdi la humitat passant del 15% al 8%. Un cop fet aquest procés passa a ser triturat reduint el tamany del gra de 7 a 5cm.. A continuació es col·loca l'argila en diferents diluïdors que contenen aigua calenta i components químics que donen diferents tipus d'argiles. Un cop fet aquest procés es passen per tamisos i s'emmagatzemen en sitges segons cada tipus d'argila. L'argila utilitzada es PEN-F que significa pendular fi i és una combinació de diferents per així aconseguir més estabilitat.

Figura 11. Sac d'argila PEN-F

Font. *Jordi Canal*

Figura 10. Mostra de l'argila

Font. *Jordi Canal*

Descripció de l'argila

L'empresa Argiles Colades S.A. ha col·laborat en aquest projecte amb un dels seus productes, l'argila PEN-F. En total han col·laborat amb quasi 160 kg d'aquest tipus d'argila. Corresponents a 8 sacs de 20Kg.

La composició químics de l'argila PEN-F proporcionada per la mateixa empresa es la següent:

Composició química	
Mostra	TARY %
Na2O	0,45
MgO	1,45
Al2O3	19,55
SiO2	52,27
P2O5	0,16
SO3	0,05
K2O	3,75
CaO	4,91
TiO2	0,085
MnO	0,06
Fe2O3	6,7
NiO	*
ZnO	0,02
Ga2O3	*
Rb2O	0,02
SrO	0,03
Y2O3	*
ZrO2	0,03
Nb2O5	*
BaO	0,07
PPC	9,65

5.3.Sorra

Un dels materials necessaris per l'elaboració de peces ceràmiques és la sorra. Aquesta s'ha hagut de comprar per evitar problemes amb la calç. La composició de la sorra normalitzada està lliure d'impureses i al no tenir pràcticament calç ajuda a disminuir les possibilitats que es produeixin escrostonats o nòduls de calç alhora de coure la ceràmica. Per sobre els 850ªC el carbonat de càlcic es descompon alliberant anhídrid carbònic i formant òxid de calci, aquest augmenta el seu volum desenvolupant fortes pressions sobre la zona que envolta el nòdul i així fent que la peça s'esquerdi o es trenqui.

Figura 12. Mostra de sac de sorra

Font. *Jordi Canal*

La sorra utilitzada és la CEN-NORMSAND DIN EN 196-1, s'empaqueta en sacs de 1,35kg i prové d'una central d'Alemanya és rica amb quars. La seva granulometria és la següent:

Tamiz en mm	Residuo acum.	Límite inferior	Promedio de intervalo	Límite superior
2,00		0	0	0
1,60		2	7	12
1,00		28	33	38
0,50		62	67	72
0,16		82	87	92
0,08		98	99	100

6. Capítol 2: La ceràmica

6.1.Introducció

L'argila ha estat el primer conglomerant utilitzat per l'home i és lògic pensar que la utilització de peces d'argila per a la construcció és també molt antiga. Les primeres peces de ceràmica es coïen al sol i eren peces d'argila barrejades amb altres materials, tal i com es segueixen fen fins a dia d'avui. Actualment els maons, que son peces ceràmiques cuites, son utilitzats com el material de construcció prioritari des de fa un llarg temps. Es produeixen cada any uns 1.391 bilions de unitats i la demanda de maons es considera que va en augment. Els maons convencionals són produïts a partir de l'argila cuits a una gran temperatura. L'origen de la ceràmica es remunta a l'origen de les civilitzacions.

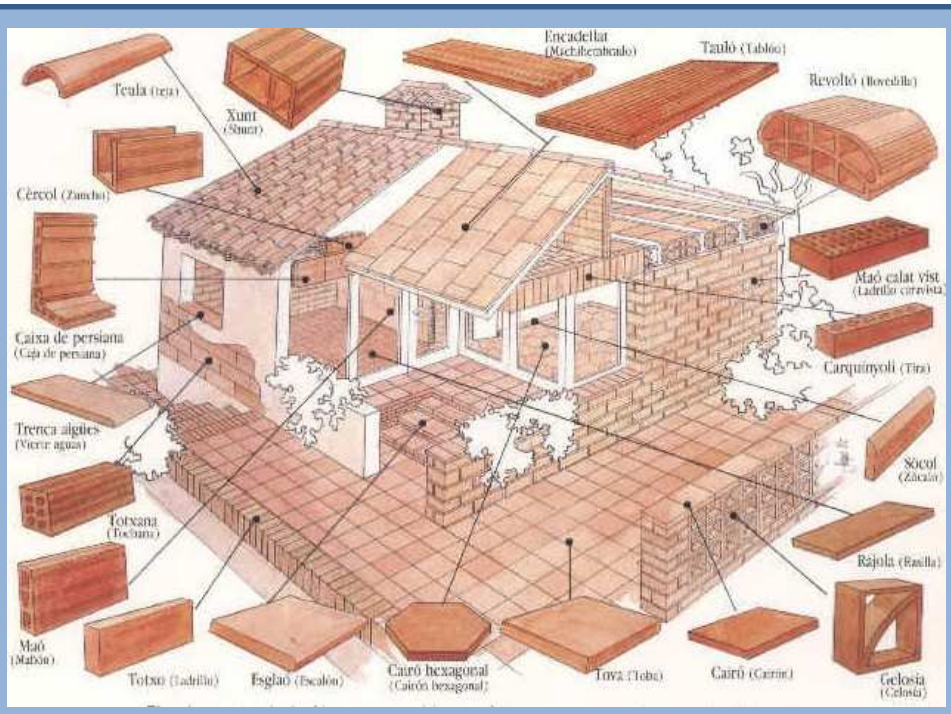


Figura 13. Peces ceràmiques

Font. *Tecno.upc*

6.2. Procés de fabricació

La ceràmica te un procés de transformació i fabricació definit:

- La conformació: que consisteix en barrejar els materials desitjats es col·loquen en un motlle

- El premsat: que consisteix en realitzar una acció de d'una compressió mecànica on el material és sotmès a un tractament de moltura de via seca o humida segons el producte a elaborar.

- L'extrusió: Es una altre sistema que consisteix en fer passar la pasta a través d'una matriu en forma de peça de secció constant

- L'assecat: És el procés on s'extreu tota l'aigua i la humitat per evaporació natural. Es produeix un procés de contracció de volum i d'aparició de porositat. L'excés de velocitat d'evaporació d'aigua en superfície pot provocar fissuració en les peces.

- La cocció: És l'acció de introduir calor a les peces produint canvis físic i químics. Provocant canvis de fase, oxidacions, sinteritzacions i vitrificacions. És un procés irreversible on es produeix un material nou amb característiques pròpies.

- El refredament: Procés lent on el nou material passa a de temperatura de cocció a temperatura ambient

Transformacions químiques en el procés de cocció:

- Fins a 200ºC: Pèrdua de l'aigua, es produeix una primera i molt important contracció i pèrdua de plasticitat.

- De 200 a 450ºC: Pèrdua total l'aigua, pèrdua de la plasticitat, la peca passa a ser irreversible

- De 400 a 650ºC: Apareix el silicat d'alumini anhídrid: (Caolí i metacaolí)

- De 650 a 850ºC: Segueix la contracció de les partícules. El Metacaolí es descompon i passa a transformar-se en Mulita (substancia dura molt present en la ceràmica)

- De 850 a 950ºC: Continua el procés de producció de mul·lita

- Més de 100ºC: Les molècules dels silicats es comencen a transformar donant lloc a material vitrificat.

La ceràmica es pot classificar segons la seva porositat o segons la seva cocció

1) Classificació de la ceràmica segons grau de porositat:

- Ceràmica porosa: dóna lloc a la terrissa, que és una ceràmica senzilla i barata, té un gra groller i bastant absorbent, utilitzada en maons, teules revoltons, etc.

- Ceràmica semi-compacte gres: Té un gra més fi, no tant absorbent utilitzada en canalitzacions, rajoles, etc.

- Ceràmica compacte o vitrificada: dóna lloc a la porcellana: Impermeable, cocció a temperatura elevada s'utilitza en elements decoratius.

2) Classificació de la ceràmica segons la temperatura de cocció:

- Terracota: 800 a 1000ºC

- Semi gres: 1050 a 1200ºC

- Gres i llosa: 1100 a1300ºC

- Porcellana:1300 a 1450ºC

- Productes refractari:1300 a 1800ºC

Forns utilitzats per la cocció de la ceràmica:

1- Per la manera d'escalfament:
   a. Elèctrics
   b. De combustió

2- Per el tipus de procés:
   a. Intermitents
   b. Continus

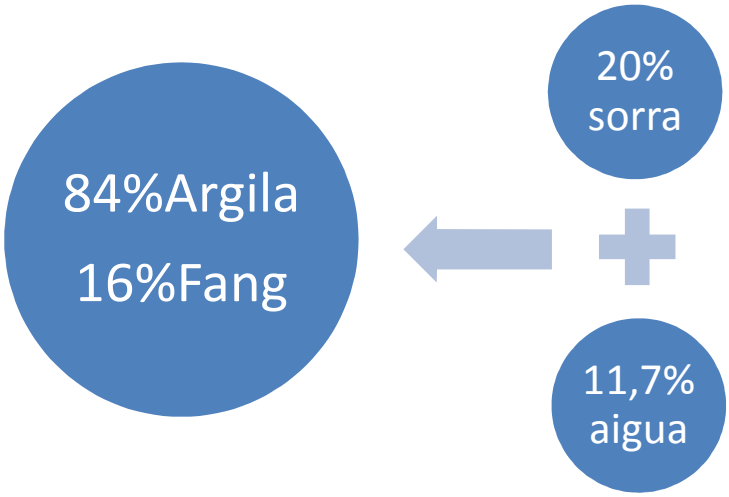
3- Per la disposició del material:
   a. De flama lliure
   b. Muflat

7. Capítol 3: Procés experimental

7.1. Preparació de les mostres

Per la realització de les peces ceràmiques la dosificació utilitzada ha estat sempre la mateixa doncs aquest projecte està centrat en la variació de temperatura i les pressions de fabricació no en les dosificacions dels materials. La combinació dels materials s'ha extret del treball *Ampliació i perfeccionament de l'estudi de l'obtenció de peces ceràmiques a partir de l'aprofitament de fangs sobrants d'una ventral d'àrids de Marc Vergelí Valeros*, on va trobar el millor resultat de de fabricació de peces amb un percentatge de fang.

La dosificació utilitzada ha estat la següent:



D'una amassada en surten 12 provetes. A totes les amassades sempre s'ha utilitzat les mateixes dosificacions. S'han realitzat un total de 12 amassades corresponents a cada temperatura de cocció i a cada pressió de fabricació corresponents a:

1 Amassada (12 provetes)		
Argila	84%	10,08kg
Fang	16%	1,92kg
Sorra	20%	2,4Kg
Aigua	11,70%	1,404l

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció
30Kg/cm²	800ºC
	850ºC
	900ºC
	950ºC
40Kg/cm²	800ºC
	850ºC
	900ºC
	950ºC
50Kg/cm²	800ºC
	850ºC
	900ºC
	950ºC

Amassada

Primer de tot era necessari treure la humitat dels materials, cosa que es feia necessari posar-los cada un d'ells per separat a l'estufa durant un període mínim de 48h.

Figura 14. Estufa

Font. *Jordi Canal*

Un cop estaven tots els materials d'assecats s'inicia la preparació de la mescla. Primerament es calculen els pesos de cada material i es posen en recipients diferents. Els càlculs donen per fer 12 provetes aproximadament, sempre sobrava una mica però insuficient per fer una proveta més.

Figura 15. Materials per l'amassada

Font. *Jordi Canal*

Figura 16. Amassada

Font. *Jordi Canal*

La col·locació dels materials a l'amassadora era de gruixuts a fins, doncs el primer en ser abocat era la sorra, posteriorment el fang i l'argila. A continuació s'agafava el polvoritzador i s'anava polvoritzant la mescla amb l'aigua evitant així que sorgissin grumolls. En cada procés es tenia que parar un parell de vegades i barrejar manualment sobretot a les cantonades del fons ja que les pales de l'amassadora no arribaven als racons.

Conformació

Primer de tot es collaven els cargols per fixar les cares del motlle de mides 14x7cm de superfície. Es pintaven les cares del motlle amb oli desencofrant per facilitar el desemmotllament i s'introduïa el material a dins els motlles. El material es posava per capes poc a poc premsant-lo amb un llisto de fusta per evitar que quedessin forats vuits o aire en l'interior del motlle. Posteriorment es posava la tapa del motlle i es tornava a collar els cargols per la seva posterior compactació a la premsa. Hi havia un total de 3 motlles, cosa que feia necessari descollar els motlles treure les peces un cop comprimides netejar els motlles i repetir el procés un total de 4 vegades per amassada.

Figura 17. Motlles

Font. *Jordi Canal*

Figura 18. Conformació de provetes

Font. *Jordi Canal*

El premsat i desemmotllat

Per cada amassada s'aplicava la pressió desitjada amb la premsa hidràulica manual o hidràulica mecànica. Per les provetes de 30kg/cm² i 40Kg/cm² es van realitzar amb la premsa hidràulica manual doncs és una pressió que podia suportar la maquinaria sense tenir deficiències, però en canvi en la pressió de 50kg/cm² la premsa hidràulica manual podia fer fletxar el suport cosa que podia provocar algun error, una pressió inexacte o algun defecte a la maquinaria. Per això es va optar en utilitzar la premsa hidràulica mecànica ja que és més precisa i pot suportar molta més pressió. Cal dir que alhora d'utilitzar la premsa hidràulica mecànica es tenia que subjectar els motlles amb serjants ja que aquesta maquinaria pot produir grans forces i deformar els motlles.

Figura 20. Premsa hidràulica manual

Font. *Jordi Canal*

Figura 19. Premsa hidràulica mecànica

Font. *Jordi Canal*

Alhora de desemmotllar les peces primerament es descollen els cargols de un cara posterior del motlle per poder treure la tapa i les cares laterals del motlle i així no malmetre la peça ceràmica, es netegen les cares i es torna a muntar el motlle. Es repeteix el procés per cada motlle. Un cop desemmotllades les peces es mesuren, es pesen i es tornen a posar al l'estufa per treure-hi tota la humitat.

Figura 22. Desemmotllat

Font. *Jordi Canal*

Figura 21. Neteja del motlle

Font. *Jordi Canal*

Figura 23. Peces desenmotllades

Font. *Jordi Canal*

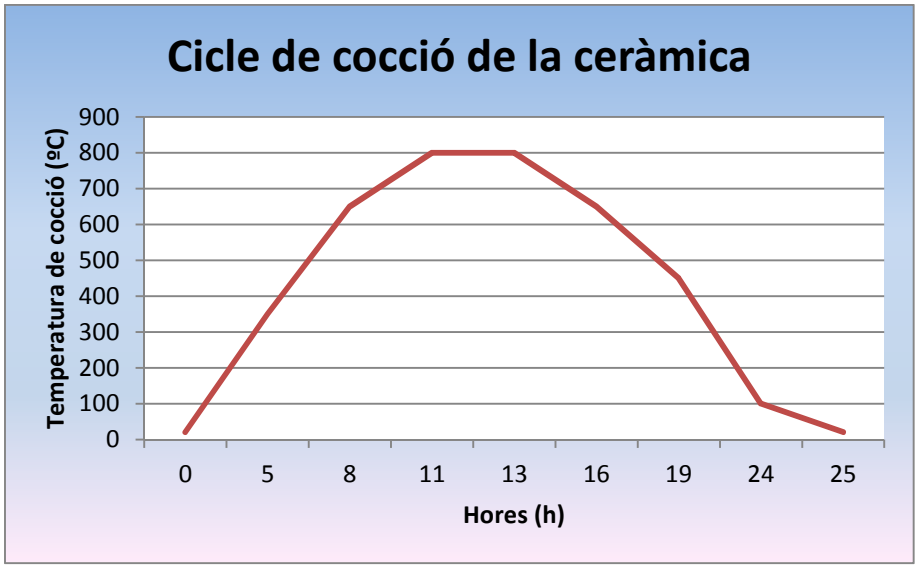
Figura 24. Mesurament de peca

Font. *Jordi Canal*

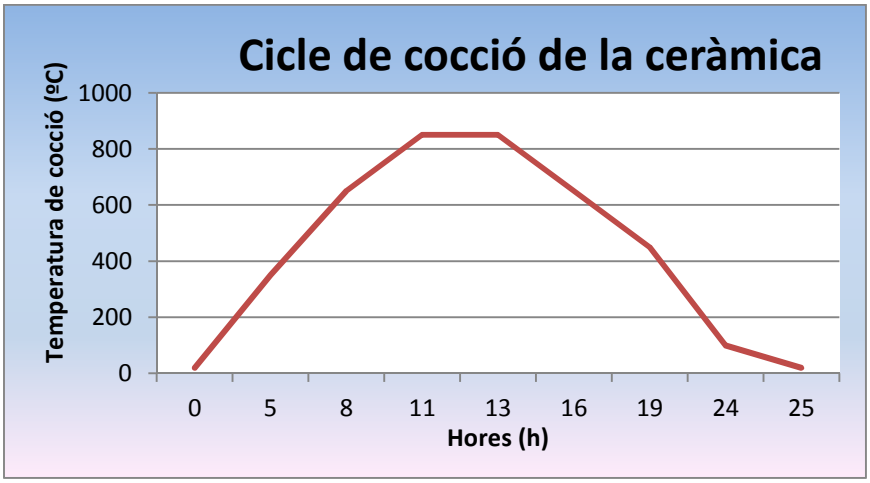
Cocció

La cocció és un procés delicat de la fabricació de la ceràmica. És difícil trobar amb exactitud el temps de cocció i temperatures en cada fase ja que cada fabricant té el seu procés propi. En aquest projecte com s'ha utilitzat el forn del laboratori que son dimensions diferents a les de un forn de una fabrica de ceràmica s'ha utilitzat l'escala de cocció que van fer en el treball *Reaprofitament dels fang sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació en la construcció de Bjorn-Berthelsen Molist i Francesc Xavier Adrian*, que consisteix en:

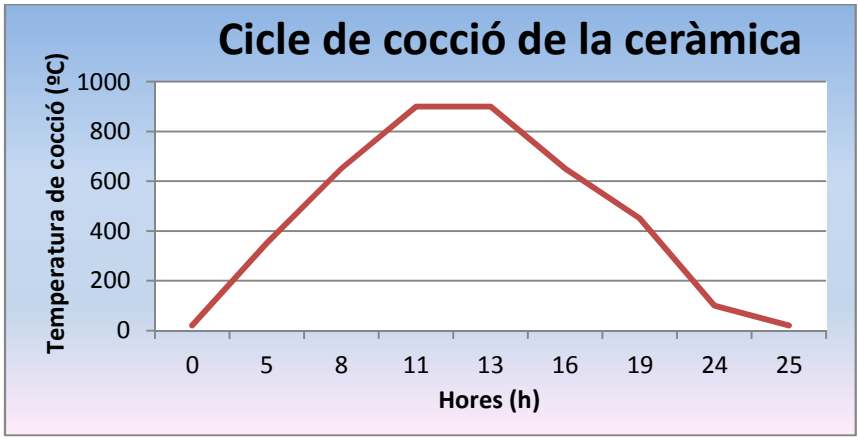
Temps (h)	Temperatures de cocció (ºC)
0	20
0 a 5	350
5 a 8	650
8 a 11	800/850/900/950
11 a 13	800/850/900/950
13 a 16	650
16 a 19	450
19 a 24	100
24 a 25	20



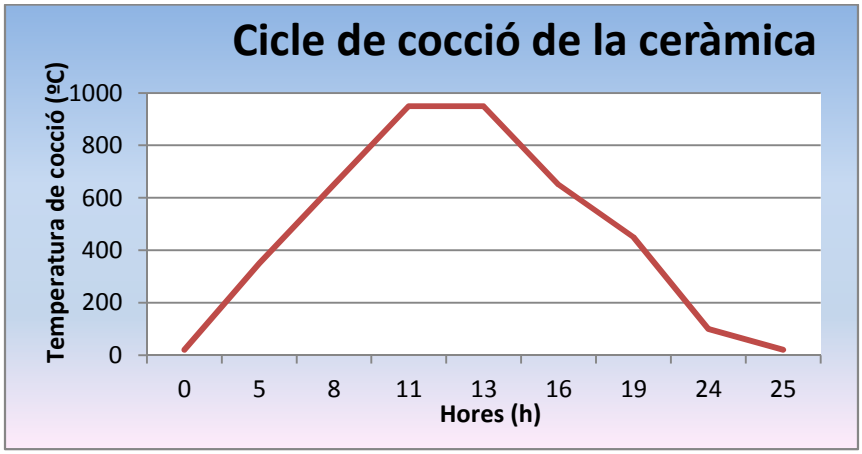
Gràfica 1. *Cicle de cocció a 800ºC*



Gràfica 2. *Cicle de cocció a 850ºC*



Gràfica 3. *Cicle de cocció a 900ºC*



Gràfica 4. *Cicle de cocció a 950ºC*

Figura 26. Forn

Font. *Jordi Canal*

Figura 25. Peces ceràmiques al forn

Font. *Jordi Canal*

Figura 28. Peces ceràmiques cuites/no cuites

Font. *Jordi Canal*

Figura 27. Procés de fabricació de la ceràmica

Font. *Jordi Canal*

Es van fer un total de 144 peces ceràmiques amb la següent codificació:

C significa ceràmica

El primer número per l'esquerra significa la pressió de fabricació

El segon número per l'esquerra significa la temperatura de cocció

El tercer número significa el número de proveta

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

Avanç i després de la cocció s'han tornat a pesar i mesurar les peces amb el peu de rei electrònic, per comprovar el volum el pes i la densitat aparent de cada peça ceràmica. D'aquesta manera es pot saber el comportament de la ceràmica en les seves diferents pressions i temperatures de cocció. (Totes les mides i resultats es troben a l'annex)

En cada amassada el comportament és diferent però hi ha uns patrons que segueixen totes les peces:

- Hi ha una pèrdua de volum entre les peces després de ser desemmotllades i després de dessecar-les
- Hi ha un augment de volum després de coure les peces que acaba sent pràcticament el volum inicial
- Hi ha una pèrdua de pes entre les peces després de ser desemmotllades i després de dessecar-les
- Hi ha una pèrdua de pes després de coure les peces que acaba sent semblant amb la pèrdua de pes entre desemmotllar i dessecar-les
- En el cas de la densitat aparent disminueix semblant al comportament dels pesos, té una pèrdua tant en el transcurs desemmotllat-dessecat com dessecat-cuit que varia en cada cocció i temperatura.

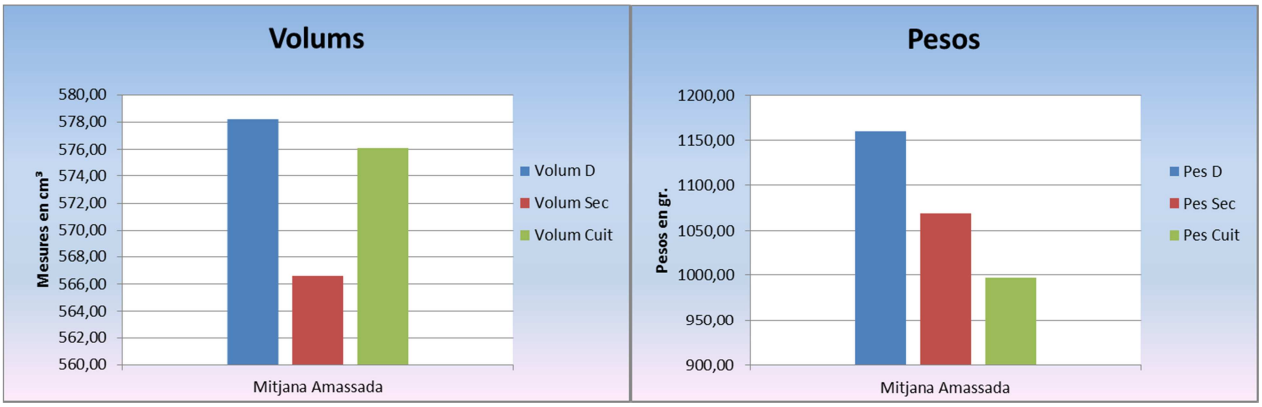
Exemple del comportament de les peces ceràmiques detall corresponent a C1.1.1-12(850ºC i pressió de fabricació de 30kg/cm²)

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
597,92	586,35	595,77	-1,94	1,61
590,82	577,90	588,73	-2,19	1,87
568,94	558,80	564,40	-1,78	1,00
574,44	559,81	574,46	-2,55	2,62
577,31	567,02	576,38	-1,78	1,65
572,47	561,98	569,97	-1,83	1,42
567,68	557,29	569,09	-1,83	2,12
549,30	539,02	548,35	-1,87	1,73
575,57	563,81	571,32	-2,04	1,33
564,78	553,72	565,10	-1,96	2,06
578,71	569,31	576,67	-1,62	1,29
620,59	604,00	612,66	-2,67	1,43
Mitjana				
578,21	566,58	576,08	-2,01	1,68

Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1218,00	1118,30	1045,30	-8,19	-6,53
1199,70	1100,10	1027,40	-8,30	-6,61
1153,10	1058,00	985,90	-8,25	-6,81
1173,50	1078,80	1005,70	-8,07	-6,78
1146,50	1052,90	982,30	-8,16	-6,71
1177,50	1082,80	1009,20	-8,04	-6,80
1135,30	1045,40	976,00	-7,92	-6,64
1117,90	1030,60	960,50	-7,81	-6,80
1144,90	1058,60	986,70	-7,54	-6,79
1118,60	1034,70	964,80	-7,50	-6,76
1125,40	1040,60	971,00	-7,54	-6,69
1221,40	1122,70	1050,60	-8,08	-6,42
Mitjana				
1160,98	1068,63	997,12	-7,96	-6,69

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,04	1,91	1,75	-6,37	-8,01
2,03	1,90	1,75	-6,25	-8,33
2,03	1,89	1,75	-6,58	-7,74
2,04	1,93	1,75	-5,67	-9,15
1,99	1,86	1,70	-6,50	-8,22
2,06	1,93	1,77	-6,33	-8,10
2,00	1,88	1,72	-6,20	-8,58
2,04	1,91	1,75	-6,05	-8,39
1,99	1,88	1,73	-5,61	-8,02
1,98	1,87	1,71	-5,65	-8,63
1,94	1,83	1,68	-6,01	-7,88
1,97	1,86	1,71	-5,56	-7,74
Mitjana				
2,01	1,89	1,73	-6,07	-8,23

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,36	-14,18	-13,87
-0,35	-14,36	-14,06
-0,80	-14,50	-13,81
0,00	-14,30	-14,30
-0,16	-14,32	-14,18
-0,44	-14,29	-13,92
0,25	-14,03	-14,25
-0,17	-14,08	-13,93
-0,74	-13,82	-13,18
0,06	-13,75	-13,80
-0,35	-13,72	-13,41
-1,28	-13,98	-12,87
Mitjana		
-0,36	-14,11	-13,80



Gràfica 5. *Comportament de la ceràmica pesos i volums C1.1*

7.2.Assaig de conductivitat tèrmica

Introducció

El coeficient de conductivitat tèrmica, λ (W/mK o W/m°C), es el paràmetre que expressa la propietat fisicoquímica de tota substancia, definida com; la quantitat de calor que passa en la unitat de temps a traves de la unitat d'àrea d'una mostra d'extensió infinita i cares planes paral·leles i gruix unitari, quan estableix una diferencia de temperatura entre les seves cares d'un grau.

Un cop conegut aquest coeficient i el gruix de l'element, entre ambdues cares planes- paral·leles i perpendiculars o semi-perpendiculars (angle d'incisió > 60°) al flux de calor, podem determinar la seva capacitat aïllant.

La importància de l'obtenció d'aquest valor, recau en l'interès que te conèixer les propietats de transmissió de la calor d'una substancia, en aquest cas un material de construcció. D'aquesta manera, es podrà validar la conformitat a les normatives vigents i determinar el comportament tèrmic que tindrà posteriorment, en el conjunt d'una edificació.

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 aquests motius, qualsevol nou material de construcció ha de passar un seguit de proves i anàlisis, enfocats a determinar les seves propietats fisicoquímiques. En aquest cas i per validar la hipòtesis planejada, la conductivitat tèrmica es una de les propietats imprescindibles que cal esbrinar.

La metodologia emprada per la determinació del coeficient de conductivitat tèrmica de les mostres elaborades, en motiu d'aquest projecte, esta basada en l'anàlisi de la transmissió de calor en regim estacionari.

La caixa tèrmica calibrada o caixa calenta

La caixa calenta o caixa calibrada és l'aparell de mesura utilitzat en el marc d'aquest projecte, ha sigut construït per alumnes anteriors d'aquest projecte. Per tant tampoc s'ha pogut complir les disposicions mínimes en quant a superfície mínima de 1,5 x 1,5m de la proveta tal com exigeix la norma UNE 8990, per manca de recursos. Això ha fet necessari realitzar una caixa per l'assaig

d'un bloc individual, que es pretén que sigui significatiu degut a la impossibilitat de construir una paret de dimensions mínimes requerides amb les mostres disponibles.

Després de parlar amb El laboratori de control de qualitat en la edificació de l'àrea tècnica de Aguirrelanda num.10 cp.01013 de Vitoria-Gasteiz, es va comentar que l'incompliment estrica de la normativa es podia realitzar una caixa a escala i que els resultats fossin significatius amb error <5%. D'aquesta manera es va aprofitar la caixa tèrmica existent del laboratori de la UDG, però a la vegada es va construir una caixa tèrmica nova per millorar la anterior i comparar els resultats de peces ceràmiques de una caixa amb l'altre per veure els errors i les diferències.

Figura 29. Caixa calenta normalitzada segons norma UNE 8990

Font. *Termica Vitoria*

Primerament s'han assajat la mitat de les provetes amb la caixa calenta calibrada existent seguint les indicacions que estableix que hi hagi una temperatura exterior i interior controlada i dues cambres separades per la proveta a assajar. A una d'aquestes cambres s'hi col·loca una font de calor que subministrarà una determinada energia, que es transmetrà a través del material a assajar i servirà per calcular-ne les seves característiques.

Aquestes dues cambres s'identifiquen com: cambra calenta on s'hi col·locarà la font de calor i on hi haurà una cara de la proveta, i l'altre és la cambra freda que estarà a l'altre costat de la proveta.

Per una banda les parets exteriors de la caixa tèrmica existent són de fusta i recobertes de llana de roca per el seu interior. La col·locació de les provetes es fa per la part superior i es tapa la caixa amb una tapa també de fusta recoberta de llana de roca. El forat per col·locar la peça es lleugerament més gran que la peça en si i s'acaba falcant amb llana de roca, cosa que feia que cada vegada que es posava una nova peça es tenia que posar nova llana de roca en els racons perquè es quedés la peça falcada. Per millorar aspectes de projectes anteriors s'han col·locat termoparells de lectura tant en la cambra freda, cambra calenta com en les dues cares de la peça: cara calenta i cara freda. Els termoparells de les cares aniran situats mínim a 2cm de les cares de la peça segons norma, i els termoparells de les cares aniran fixats amb cinta adhesiva posant un mica d'aïllant a la sonda que està a la cara calenta per evitar errors amb la temperatura de la cara calenta. Els resultats que han llegit els termoparells han anat al aparell anomenat "Datalink" i aquest els transferia amb un programa específic a l'ordinador. Per mantenir la temperatura estable de la cambra calenta s'ha col·locat un termòstat "TIP" que feia que la resistència de la cambra calenta s'anés engegant i parant mantenint sempre la temperatura desitjada.

Figura 31. Datalink

Font. *Jordi Canal*

Figura 30. Termostat TIP

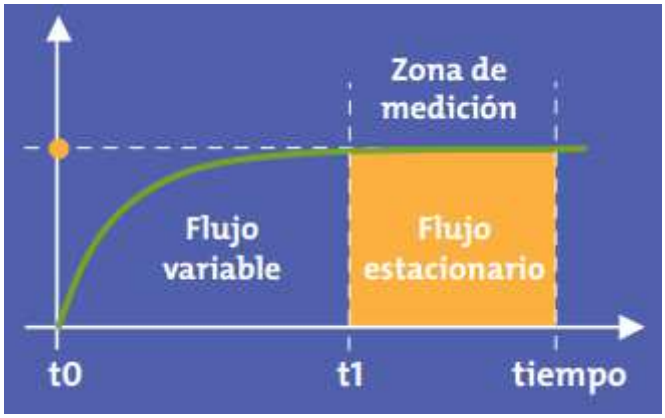
Font. *Jordi Canal*

La norma UNE-EN ISO 8990=1997, apartat 2.7.5 "*Regulación de temperatures"* estableix que es considera regim estacionari quant una peça té una diferència de temperatura entre les seves cares estables i que no es modifica inferiors a un 1%. D'aquesta manera l'inici del regim estacionari queda definit quant un mínim de 3 lectures consecutives preses en un moment

semblant i espaiades en el temps aproximadament de una hora, la temperatura obtinguda de la cambra i cara freda siguin iguals a si mateixes amb una variació de 0,5ºC.

Els cicles de temperatura que s'han analitzat a la cambra calenta durant la realització dels assaigs comporten les circumstàncies regulant el termòstat a 60ºC. La temperatura màxima que arriba la cambra calenta oscil·la entre 61 i 58ºC.

Per aconseguir un regim estacionari la seva durada varia depenent de les peces, la humitat exterior i si de una peça a una altre es para la caixa o es posa una peça ràpidament aprofitant les temperatures de les cambres fent que s'estabilitzi més ràpidament. Aproximadament de 3 a 5h.



Gràfica 6. *Regim estacionari*

El "datalink" agafa dades cada 5min però les dades de càlcul seran a partir del regim estacionari. Les temperatures utilitzades per realitzar els càlculs seran la mitjana aritmètica de les dades agafades en regim estacionari durant un període mínim de 3h. Segons la norma UNE 8990 apartat 3.5: *"duracion de las medidas:"*

El tiempo necesario para la obtención de la estabilización para los ensayos en régimen estacionario, dependen de factores tales como la resistencia térmica y la capacidad térmica de la probeta, los coeficientes superficiales, la existencia de una transferencia de masa y/o una redistribución de la humedad en el interior de la probeta, el tipo y el funcionamiento de los sistemas de regulación automáticos del equipo. A causa de las variaciones de estos factores, es imposible dar un criterio único para el estado estacionario.
Un ejemplo sobre las exigencias requeridas para el estado estacionario, se da a continuación: Las mediciones de R, U, ϕp y T efectuadas en un intervalo de tiempo de al menos 3h después de haber obtenido una cierta estabilidad, deben coincidir o concordar en un 1% aproximadamente y los resultados obtenidos no deben variar en el mismo sentido. (...)

Tal com s'ha descrit anteriorment, s'ha procurat utilitzar un criteri adient a les limitacions de l'equip d'assaig, però considerant en tot moment les recomanacions de la norma.

El primer assaig es realitza amb mostres de les quals es coneix el coeficient de transmissió tèrmica λ per tal de verificar que la caixa calenta calibrada construïda dona resultats fiables.

Per verificar el bon funcionament de la caixa calenta calibrada, es relacionaran els valors obtinguts de les nostres mostres amb els valors normalitzats de les fitxes tècniques del materials amb valors coneguts, en aquest cas són maons massissos d'extrusió manuals de l'empresa ceràmiques Piera ja que son materials semblants als nostres tant en temperatura de cocció com pressió de fabricació. Els resultats obtinguts de l'assaig del maó massís de Piera estan a l'annex procés experimental d'aquest mateix projecte. Segons fixa tècnica de declaració de prestacions de Ceràmiques Piera la conductivitat tèrmica seca de les peces està al volant dels 0,85W/mK. Els resultats obtinguts han sigut els següents:

	Caixa tèrmica vella	Caixa tèrmica nova
Piera 1	0,77W/mK	0,81W/mK
Piera 2	0,82W/mK	0,85W/mK
Piera 3	0,85W/mK	0,87W/mK

Expressió dels resultats

Després de realitzar l'assaig de conductivitat tèrmica s'obtindran els valors per mitjana aritmètica de les diferents temperatures esmentades a continuació en °C:

- Temperatura de la cambra calenta (Tc).

- Temperatura de la cambra freda (Tf).

- Temperatura superficial de la cara calenta de la proveta (Tsc).

- Temperatura superficial de la cara freda de la proveta (Tsf).

Prèviament a la realització de l'assaig, s'hauran de determinar les característiques físiques de cada proveta, tal i com s'ha esmentat en l'apartat anterior d'aquesta memòria. Finalment, caldrà determinar els valors de la resistència superficial de les cares de les provetes (Rs), a partir de les taules estandarditzades extretes del CTE DB HE-1. Aquest valor varia en funció de la direcció del flux de calor i la consideració de les cambres, serà un valor constant per a totes les provetes. Per l'actual projecte es considera un flux horitzontal i ambdós cambres interiors, tal i com es mostra en la taula adjunta a continuació.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2·K/ W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)	0,04	0,17

Figura 32. Taula de resistències superficials

Font. *CTE DB-HE*

Per tant com es pot observar en la taula anterior, el valor Rs que s'utilitzarà en aquest projecte és Rs = 0,26 m2 °C /W, obtingut de la suma de Rsi = 0,13 m2 °C /W i Rse = 0,13 m2 °C /W. Un cop tenim totes les dades anteriors, per trobar el coeficient de conductivitat tèrmica λ (W/m°C), la transmitància U (W/m² °C) i el flux de calor Q (W), caldrà aplicar algunes formules bàsiques de tèrmica.

Prèviament a les formules utilitzades en el projecte han de quedar clars alguns conceptes, la formulació utilitzada és la descrita per la normativa de la caixa calenta i utilitzada també en altres projectes:

Resistència tèrmica interna

Oposició al pas d'un flux de calor. La resistència tèrmica referida a una superfície unitària depèn del gruix d'aquesta superfície i del seu coeficient de conductivitat tèrmica.

$$R = e / \lambda$$

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

On e és el gruix de la superfície en (m) .

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

Transmitància (U) o Coeficient de transmissió tèrmica (K) d'un tancament:

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

On U .es la transmitància en (W/ m2°C)

$$U = 1 / R$$

Formula 1: Flux de calor.

$$Q = \frac{S \cdot \lambda \cdot (Tsc - Tsf)}{e}$$

On Q és el valor del flux de calor en (W).

On S és l'àrea de la proveta en (m2).

On e és el gruix de la proveta en (m).

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

(Tsc – Tsf) = Increment de temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda en (°C).

Formula 2: quantitat de calor que passa a traves d'un tancament per unitat de temps.

$$Q = S \cdot U \cdot (Tc - Tf)$$

On Q és el valor del flux de calor (W)

On S és l'àrea de la proveta en (m2).

On U és el valor de la transmitància en (W/ m2°C).

On (Tc – Tf) és l'increment de temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda (°C).

Formula 3: Temperatura de la superfície interior d'un tancament.

$$Tsc = Tc - \frac{(Tc - Tf) \cdot U}{hi}$$

On Tc és la temperatura de la cambra calenta (°C).

On U és la transmitància en (W/ m2°C).

On (Tc – Tf) és l'increment de temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda (°C).

On hi és el Coeficient superficial de transmissió interior (1/hi = Rsi).

On Tsc és la temperatura de la cambra calenta de la proveta en (°C).

Ara ens trobem en la situació de 3 formules amb 3 incògnites; λ, U i Q. El primer pas, consistirà en transformar la tercera formula; Temperatura de la superfície interior d'un tancament, de tal manera que quedi aïllada la única incògnita que es desconeix; la U.

Per tant la nova formula queda així:

$$U = \frac{(Tc - Tsc)}{(Tc - Tf) \cdot Rsi}$$

On Tsc és la temperatura de la cambra calenta de la proveta en (°C).

On Tc és la temperatura de la cambra calenta en (°C).

On U és la transmitància en (W/ m2°C).

On (Tc – Tf) és l'increment de temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda en (°C).

On Rsi és la resistència tèrmica superficial interior (m2°C/W).

Ara amb aquesta nova formulació, es pot calcular directament la transmitància, U, de la proveta. El segon pas, consistirà en resoldre per igualació, el sistema de 2 equacions i 2 incògnites que es genera amb les formules 1 i 2. Cal recordar que després de resoldre la formula anterior, la U ha passat a ser un paràmetre conegut.

Doncs per resoldre aquest sistema d'equacions s'aïllaran el flux de calor dividit per l'àrea de la proveta de les dos formules, d'aquesta manera es podran ajuntar per igualació donant la formula resultant:

$$\frac{\lambda \cdot (Tsc - Tsf)}{e} = U \cdot (Tc - Tf)$$

I d'aquesta manera si aïllem el coeficient de conductivitat tèrmica dona la formula següent:

$$\lambda = \frac{e \cdot U \cdot (Tc - Tf)}{(Tsc - Tsf)}$$

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

On e és el gruix en (m).

On U és la transmitància en (W/ m² °C).

On (Tc – Tf) és l'increment de temperatures de l'aire entre la cambra calenta i freda en (°C).

On (Tsc – Tsf) és l'increment de temperatura entre les cares de la proveta (°C).

Finalment, per trobar el valor del paràmetre Q, nomes caldrà resoldre una de les dues formules esmentades inicialment, formula 1 o 2. Raonats els paràmetres i les formules necessàries, s'ha dissenyat una fulla de càlcul d'Excel, on, un cop introduïdes les lectures obtingudes de la realització de l'assaig, automàticament es calculen els paràmetres λ, U i Q, necessaris per extreure conclusions i valorar les característiques tèrmiques de les diferents provetes realitzades.

El la següent taula es mostren els diferents elements ceràmics més utilitzats en la construcció i més concretament els maons massissos establerts per el catàleg d'elements constructius de DB SE HE i on es mostra de forma general el coeficient de conductivitat tèrmica.

Productos cerámicos				
Producto	HE			
	ρ kg / m³	λ W/m·K	c_p J / kg·K	μ
Azulejo cerámico	2300	1,30	840	∞
Bloque cerámico de arcilla aligerada	910	0,28	1000	10
Bovedilla o casetón cerámico	500	0,67	1000	10
Ladrillo hueco LH	770	0,32	1000	10
Ladrillo hueco gran formato GF	650	0,29	1000	10
Ladrillo perforado LP	780	0,35	1000	10
Ladrillo macizo LM	2300	0,85	1000	10
Plaqueta o baldosa cerámica	2000	1,00	800	30
Plaqueta o baldosa de gres	2500	2,30	1000	30
Tablero cerámico	650	0,29	1000	10
Teja de arcilla cocida	2000	1,00	800	30
Teja cerámica-porcelana	2300	1,30	840	30
Gres				
Gres cuarzoso	2600 ≤ ρ ≤2800	2,60	1000	30
Gres(sílice)	2200 ≤ ρ ≤2590	2,30	1000	30
Gres calcáreo	2000 ≤ ρ ≤2700	1,90	1000	20

Figura 33. Coeficient de conductivitat tèrmica de materials ceràmics

Font. *CTE DB-HE*

Per verificar els resultats obtinguts de l'assaig de conductivitat tèrmica, s'ha realitzat una comparativa amb els maons massissos de ceràmiques Piera tal i com s'ha dit anteriorment i que a la vegada també serveix per comprovar el correcta funcionament de les caixes calentes.

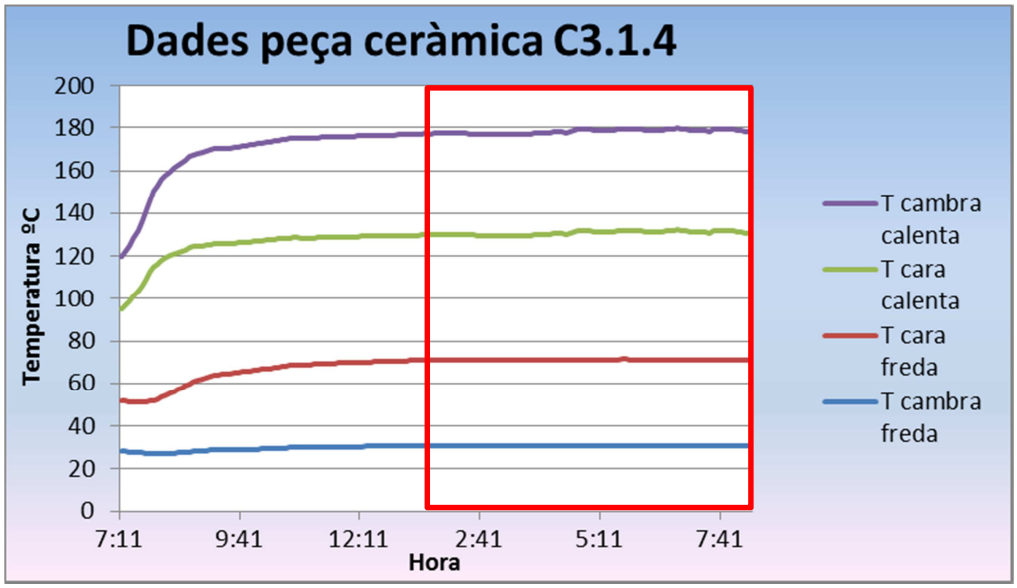
Anàlisis de les dades obtingudes

Després de realitzar l'assaig de conductivitat tèrmica amb l'ajuda de la caixa tèrmica calibrada s'han obtingut les diferents lectures, com ja s'ha comentat anteriorment. Seguidament s'han col·locat totes les dades obtingudes en la fulla d'Excel per extreure tots els resultats de cadascuna de les provetes sotmeses a l'assaig. A continuació s'adjunta la taula de dosificació C3.1.4 com exemple del procediment realitzat:

Dia	Hora	Temp. Ext	Humitat rel.	T CAMBRA FREDA	T CARA FREDA	T CAMBRA CALENTA	T CARA CALENTA
14/06/2016	7:11 PM	22,95	58,93	28,34	23,53	43,14	24,76
14/06/2016	7:16 PM	22,95	58,93	28,2	23,44	45,32	25,32
14/06/2016	7:21 PM	22,95	58,93	28,06	23,42	47,31	26,08
14/06/2016	7:26 PM	22,94	58,92	27,9	23,44	49,88	27,17
14/06/2016	7:31 PM	22,93	58,92	27,73	23,53	52,43	28,43
14/06/2016	7:36 PM	22,91	58,91	27,56	23,72	55	30,08
14/06/2016	7:41 PM	22,89	58,9	27,42	24,03	57,75	31,68
14/06/2016	7:46 PM	22,87	58,89	27,28	24,42	60,78	33,39
14/06/2016	7:51 PM	22,85	58,87	27,11	24,93	63,24	35,15
14/06/2016	7:56 PM	22,82	58,86	27,11	25,6	63,65	36,41
14/06/2016	8:01 PM	22,8	58,85	27,17	26,36	64,54	37,64
14/06/2016	8:06 PM	22,78	58,84	27,25	27,14	64,64	38,6
14/06/2016	8:11 PM	22,77	58,83	27,34	27,92	65	39,46
14/06/2016	8:16 PM	22,76	58,83	27,45	28,71	64,97	40,34
14/06/2016	8:21 PM	22,74	58,82	27,56	29,44	64,56	40,92
14/06/2016	8:26 PM	22,72	58,8	27,67	30,36	64,29	41,48
14/06/2016	8:31 PM	22,71	58,8	27,81	31,04	64,27	42,02
14/06/2016	8:36 PM	22,71	58,8	28,06	31,79	64,21	42,6
14/06/2016	8:41 PM	22,74	58,81	28,29	32,49	63,65	43,05
14/06/2016	8:46 PM	22,78	58,84	28,46	33,05	63,29	43,42
14/06/2016	8:51 PM	22,81	58,85	28,57	33,58	62,67	43,67
14/06/2016	8:56 PM	22,84	58,87	28,68	34,03	62,35	43,89
14/06/2016	9:01 PM	22,87	58,88	28,79	34,48	62,21	44,14
14/06/2016	9:06 PM	22,89	58,89	28,88	34,84	62,03	44,34
15/06/2016	1:56 AM	22,44	58,65	30,87	40,31	58,78	47,48
15/06/2016	2:01 AM	22,44	58,65	30,87	40,34	58,75	47,48
15/06/2016	2:06 AM	22,44	58,65	30,9	40,34	58,75	47,5
15/06/2016	2:11 AM	22,44	58,65	30,9	40,36	58,72	47,5
15/06/2016	2:16 AM	22,43	58,64	30,9	40,36	58,72	47,5
15/06/2016	2:21 AM	22,43	58,64	30,9	40,36	58,64	47,5
15/06/2016	2:26 AM	22,43	58,64	30,9	40,36	58,53	47,48
15/06/2016	2:31 AM	22,43	58,64	30,9	40,36	58,51	47,48
15/06/2016	2:36 AM	22,43	58,64	30,87	40,36	58,34	47,45
15/06/2016	2:41 AM	22,43	58,65	30,87	40,36	58,34	47,45
15/06/2016	2:46 AM	22,43	58,65	30,9	40,36	58,32	47,45
15/06/2016	2:51 AM	22,43	58,65	30,87	40,36	58,24	47,42
15/06/2016	2:56 AM	22,43	58,65	30,87	40,36	58,18	47,39
15/06/2016	3:01 AM	22,43	58,64	30,87	40,36	58,15	47,39
15/06/2016	3:06 AM	22,42	58,64	30,9	40,39	58,18	47,39
15/06/2016	3:11 AM	22,42	58,64	30,9	40,39	58,13	47,39
15/06/2016	3:16 AM	22,42	58,64	30,9	40,39	58,13	47,42
15/06/2016	3:21 AM	22,42	58,64	30,87	40,39	58,05	47,42
15/06/2016	3:26 AM	22,42	58,64	30,87	40,39	58,05	47,42
15/06/2016	3:31 AM	22,42	58,64	30,87	40,39	58,02	47,42
15/06/2016	3:36 AM	22,42	58,64	30,87	40,39	58,21	47,45
15/06/2016	3:41 AM	22,42	58,64	30,87	40,39	58,13	47,48
15/06/2016	3:46 AM	22,42	58,64	30,87	40,39	58,91	47,59
15/06/2016	3:51 AM	22,41	58,63	30,87	40,39	58,86	47,5
15/06/2016	3:56 AM	22,41	58,63	30,9	40,4	58,75	47,5

Figura 34. Fulla Excel regim estacionari C3.1.4

Font. *Jordi Canal*



Gràfica 7. *Regim estacionari peça C3.1.4*

Primerament s'han examinat detalladament les taules i resultats donants per la caixa tèrmica per determinar el regim estacionari del cicle estudiat, observant així les diferents temperatures tant les superficials, com la de les diferents cambres, i així poder realitzar la mitjana aritmètica de cadascuna de les temperatures necessàries i obtenir l'increment de temperatures de les mateixes, tal i com mostra la taula adjunta a continuació. Exemple de la proveta C3.1.4.

	Tc (ºC)	Tsc(ºC)	Tsf (ºC)	Tf (ºC)
Temperatures mitjes	59,39	47,45	40,27	30,83

Increment de temperatures	**Tc -Tf**	28,56
	Tsc-Tsf	7,18

El següent pas és determina la superfície en (m²) i el gruix en (m) de cadascuna de les provetes sotmeses a l'assaig. Aquests dos valors es col·loquen en la taula corresponent, tal i com mostra la taula següent. Exemple de la proveta C3.1.4.

Dimensions de la proveta	**Superfície S (m2)**	**Espessor e (m)**
	0,0105	0,057

Seguidament s'incorporen els valors de les Resistències superficials (Rsf i Rsc) amb un valor de 0,13 (m² ºC/W) en ambdós casos.

Resistència superficial	**Rsc**	0,13	**Rs**
	Rsf	0,13	0,26

A continuació s'aplica una de les formules explicades anteriorment, per trobar la transmitància de cadascuna de les provetes. Exemple de la proveta C3.1.4.

Càlcul de la transmitància U	**U=(Tc-Tsc)/(Tc-Tf)·Rsi**	**U=(Rsf 0,13)=**	3,22	W/m2Cº

Posteriorment, un cop s'ha obtingut la transmitància (U) valor el qual es necessita per poder aplicar la formula següent i obtenir així el coeficient de conductivitat tèrmica (λ) de cadascuna de les provetes realitzades. Exemple de la proveta C3.1.4.

Càlcul de la Conductivitat λ	**λ =e·U·(Tc-Tf)/(Tsc-Tsf)**	**λ =(Rsf 0,13)=**	0,73	W/mCº

Finalment, un cop obtingut el coeficient de conductivitat tèrmica (λ), podem aplicar la formula següent i obtenir així el flux de calor de cada proveta.

càlcul del flux de calor Q (w)	**Q= S · λ ·(Tsc-Tsf)/ e**	Q=	0,96	W

Després d'haver obtingut tots els resultats tèrmics utilitzant les formules anteriors s'ha realitzat una comparativa amb els coeficients de conductivitat tèrmica obtinguts de les diferents pressions de fabricació i temperatures de cocció de la caixa tèrmica actual amb una caixa tèrmica nova.

A continuació s'adjunten imatges del procés realitzat de la caixa tèrmica actual

Imatges del procés realitzat

Figura 36. Caixa tèrmica en funcionament

Font. *Jordi Canal*

Figura 35. Caixa tèrmica parada i oberta

Font. *Jordi Canal*

Figura 38. Col·locació de peça a la caixa tèrmica

Font. *Jordi Canal*

Figura 37. Vista superior de les cambres

Font. *Jordi Canal*

Inspecció termogràfica

A més de realitzar l'assaig de conductivitat tèrmica per el mètode de la caixa calenta calibrada també es va demanar la càmera termogràfica al laboratori per observar les diferents temperatures de les superfícies de la caixa i per si hi havia ponts tèrmics.

Tot i que casi tots els organismes reguladors i certificadors tenen normes per la realització d'assajos termogràfics i qualificació personal, no existeix una normativa o procediment específic per realitzar assajos. Les normes son nomes recomanacions, no són d'obligat compliment utilitzar-les. Existeixen normes americanes que son les següents:

ASTM C1046-95 (Reaproved 2007). Mètode de prova estàndard per la mesura "in-situ" del flux de calor i la temperatura en components de l'evolvent de l'edifici.

ASTM C1060-90 (Reaproved 2003). Mètode de prova estàndard per la inspecció termogràfica d'instal·lacions d'aïllaments en zones de l'evolvent de l'edifici.

ASTM C1153-97 (Reaproved 2003). Mètode de prova estàndard per la localització d'aïllament

humit en sistemes de cobertes utilitzant imatge infraroja.

ASTM C1934-99a (Reaproved 2005). Mètode de prova estàndard per examinar equips elèctrics i mecànics mitjançant termografia infraroja.

D'aquesta manera les imatges que es van obtenir van ser les següents:

Figura 40. Termografia posterior caixa

Font. *Jordi Canal*

Figura 39. Imatge posterior caixa

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp1 *	49,5
Sp2	26,4
Sp3	30,8

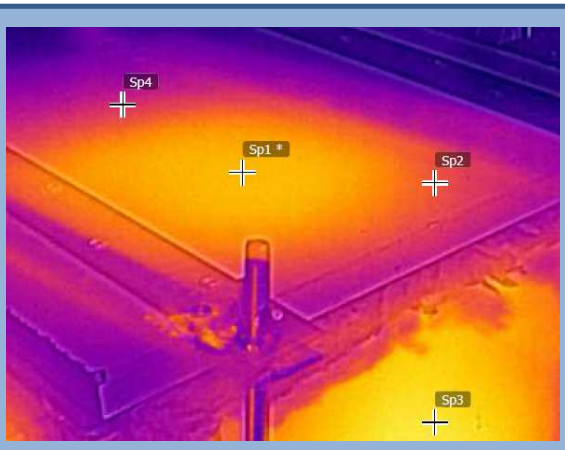


Figura 42. Termografia superior caixa

Font. *Jordi Canal*

Figura 41. Imatge superior caixa

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp1 *	31,2
Sp2	26,0
Sp3	28,6
Sp4	25,3

Figura 43. Termografia laterals caixa

Font. *Jordi Canal*

Figura 44. Imatge laterals caixa

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp1 *	38,1
Sp2	26,3
Sp3	29,8
Sp4	26,3
Sp5	26,3
Sp6	27,2

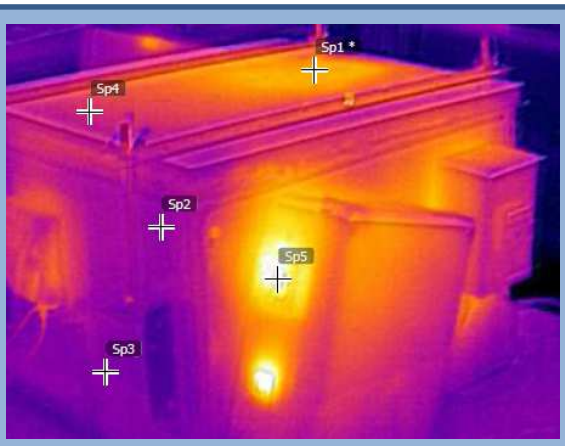


Figura 46. Termografia cambra freda

Font. *Jordi Canal*

Figura 45. Imatge cambra freda

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp1 *	31,5
Sp2	24,6
Sp3	24,5
Sp4	25,1
Sp5	34,0

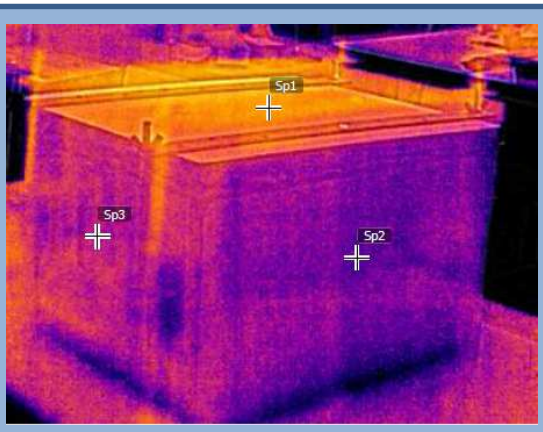


Figura 48. Termografia caixa parada

Font. *Jordi Canal*

Figura 47. Imatge caixa parada

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp2	23,6
Sp1	24,3
Sp3	23,7

Construcció de nova caixa tèrmica

La realització de l'assaig de conductivitat tèrmica té certa precisió respecte els assajos tèrmics d'altres projectes realitzats amb altres caixes tèrmiques en el laboratori de la UDG ja que no disposaven de mecanismes per mantenir la temperatura estable de la cambra calenta. De totes maneres hi havent posat millores en la caixa vist que és una caixa rudimentària s'ha intentat crear una caixa encara amb més precisió i amb nous materials, més gran i més aïllant, vist que en la caixa actual hi ha algunes pèrdues de temperatura per les parets sobretot en la zona de la cambra calenta i en la zona dels mecanismes.

La construcció de la nova caixa ha seguit el compliment de la normativa UNE-EN ISO 8990-1997 "*Determinacion de las propiedades de transmision termica en regimen estacionario. Metodos de la caja caliente y calibrada".* Igual que la caixa tèrmica actual s'ha intentat seguir en tot el possible el compliment de la normativa realitzant una caixa a escala però aquesta més gran que la anterior, per poder realitzar futurs assajos tèrmics d'altres materials més grans que un maó massís ceràmic.

Aquesta nova caixa ha estat construïda de ferro en comptes de fusta com l'anterior i amb aïllant evolvent en el seu interior de 10 cm de suro tal i com dicta la norma que demana un gruix d'aïllament de suro mínim de 8cm (la caixa "vella" disposava de 1cm de llana de roca com aïllant en la part de la tapa). Per la col·locació i substitució de les diferents mostres s'ha realitzat un calaix aïllant i amb mecanismes per pressionar la peça fent que no tingui forats ni espais per on transmeti la calor. Aquest calaix es posa entre les 2 cambres fent que sigui un tipus de caixa més semblant a les que tenen en els centres normalitzats especialitzats en assajos tèrmics. S'ha aprofitat el termòstat el "datalink" i els termoparells. Posteriorment s'ha realitzat el mateix procediment assajant la segona meitat de les peces realitzades anteriorment utilitzant les mateixes formules i comparant els resultats.

- C1.1.1-5 caixa vella C1.1.6-10 caixa nova
- C1.2.1-5 caixa vella C1.2.6-10 caixa nova
- C1.3.1-5 caixa vella C1.3.6-10 caixa nova
- C1.4.1-5 caixa vella C1.4.6-10 caixa nova
- C2.1.1-5 caixa vella C2.1.6-10 caixa nova
- C2.2.1-5 caixa vella C2.2.6-10 caixa nova
- C2.3.1-5 caixa vella C2.3.6-10 caixa nova
- C2.4.1-5 caixa vella C2.4.6-10 caixa nova
- C3.1.1-5 caixa vella C3.1.6-10 caixa nova
- C3.2.1-5 caixa vella C3.2.6-10 caixa nova
- C3.3.1-5 caixa vella C3.3.6-10 caixa nova
- C3.4.1-5 caixa vella C3.4.6-10 caixa nova

Imatges del procés realitzat

Figura 49. Soldadura de les parets de la caixa

Font. *Jordi Canal*

Figura 50. Soldadura de les rodes i les fixacions

Font. *Jordi Canal*

Figura 52. Comprovació de nivells

Font. *Jordi Canal*

Figura 51. Comprovació soldadura

Font. *Jordi Canal*

Figura 53. Pintat 1

Font. *Jordi Canal*

Figura 54. Pintat 2

Font. *Jordi Canal*

Figura 56. Enganxat del suro

Font. *Jordi Canal*

Figura 55. Col·locació del suro a l'interior

Font. *Jordi Canal*

Figura 57. Interior cambra calenta

Font. *Jordi Canal*

Figura 58. Interior cambra freda

Font. *Jordi Canal*

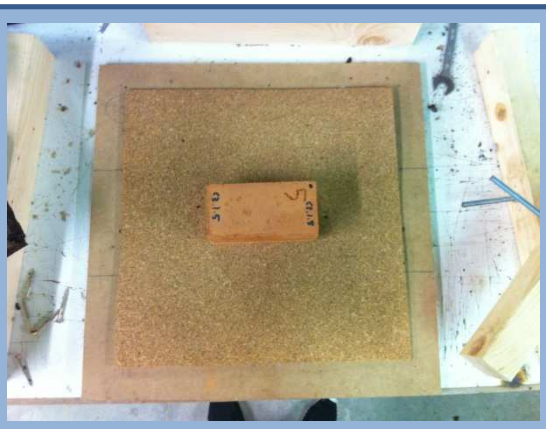


Figura 60. Calaix separador 1

Font. *Jordi Canal*

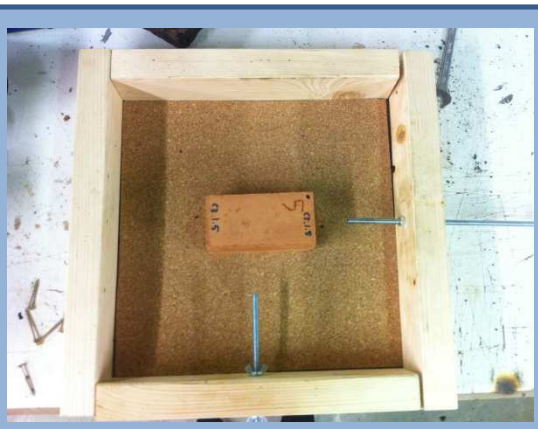


Figura 59. Calaix separador 2

Font. *Jordi Canal*

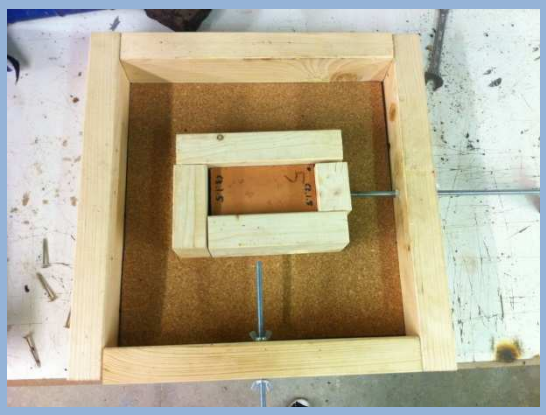


Figura 62. Calaix separador 3

Font. *Jordi Canal*

Figura 61. Calaix separador 4

Font. *Jordi Canal*

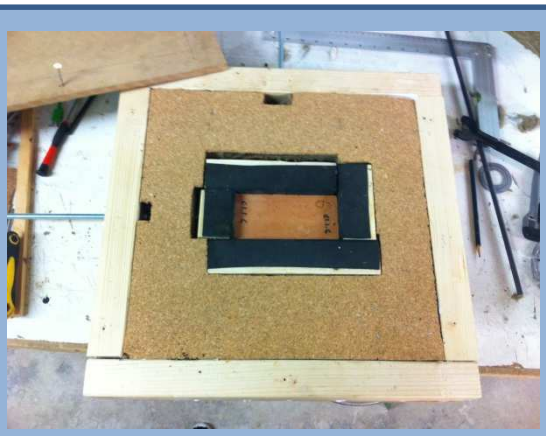


Figura 64. Calaix separador 5

Font. *Jordi Canal*

Figura 63. Calaix separador 6

Font. *Jordi Canal*

Figura 66. Calaix separador 7

Font. *Jordi Canal*

Figura 65. Calaix tèrmica acabada

Font. *Jordi Canal*

Inspecció termogràfica

Tal i com es va realitzar amb la caixa tèrmica anterior també s'ha comprovat les temperatures amb la nova caixa tèrmica si hi havia ponts tèrmics entre les cares i les cambres.

Figura 67. Termografia cambra calenta i freda

Font. *Jordi Canal*

Figura 68. Imatge cambra calenta i freda

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp1	24,8
Sp2	25,0
Sp3	25,5
Sp4	25,6
Sp5	25,3

Figura 70. Termografia cambra i mecanismes

Font. *Jordi Canal*

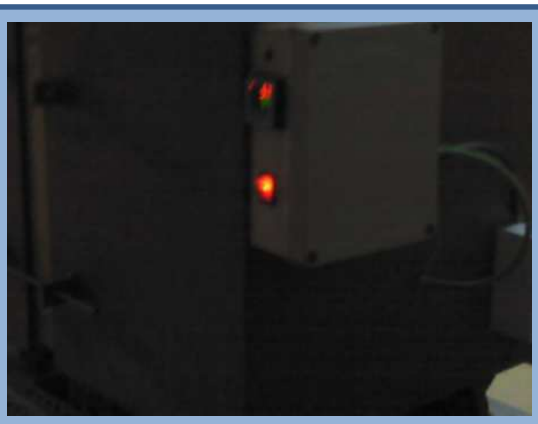


Figura 69. Imatge cambra calenta i mecanismes

Font. *Jordi Canal*

Medidas	°C
Sp1 *	41,6
Sp2	25,7
Sp3	25,4

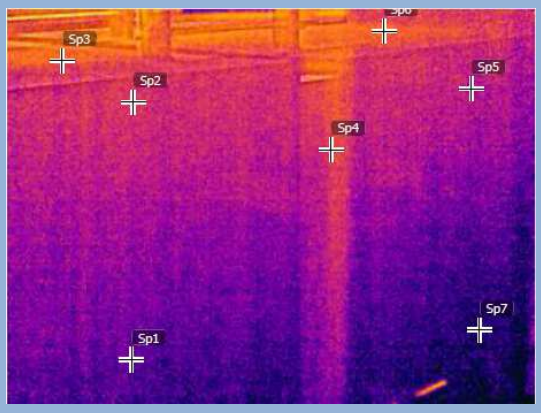


Figura 71. Termografia caixa parada

Font. *Jordi Canal*

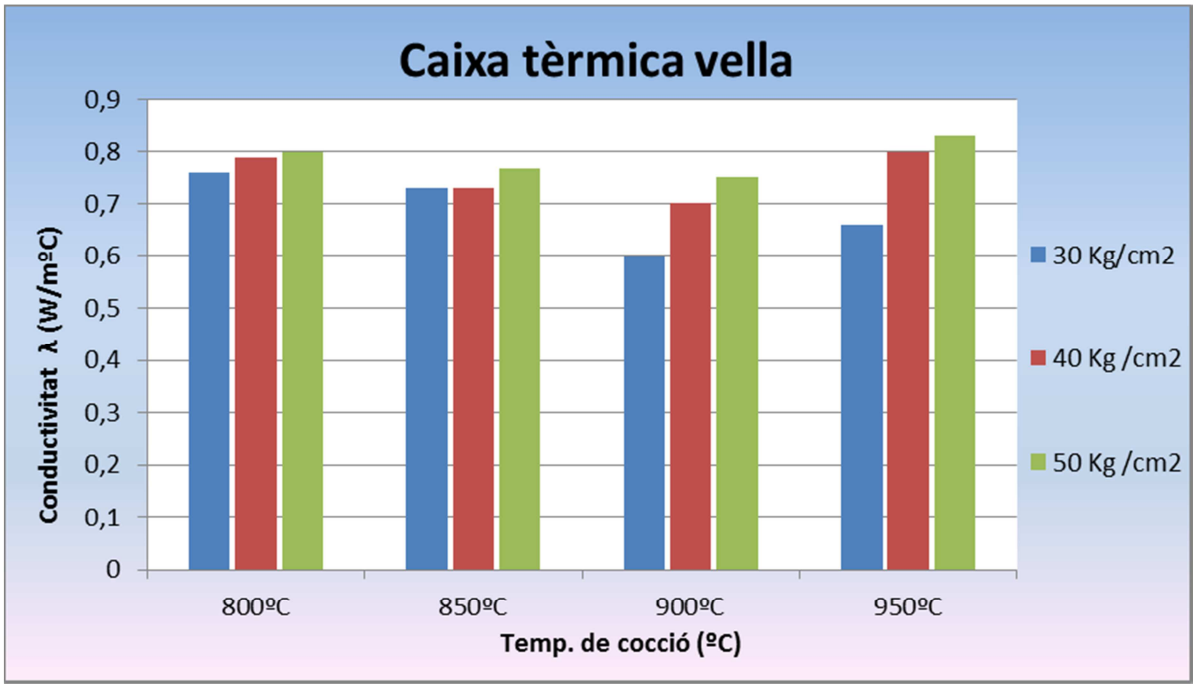
Figura 72. Imatge caixa parada

Font. *Jordi Canal*

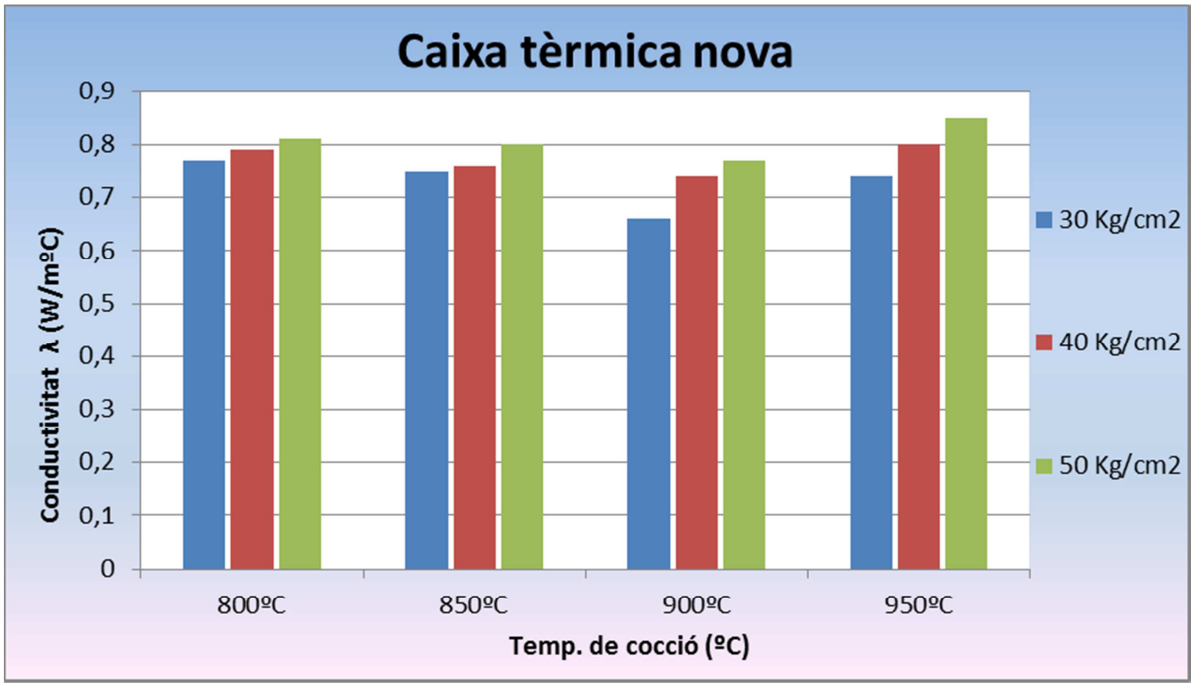
Medidas	°C
Sp1	24,2
Sp2	24,6
Sp3	24,7
Sp4	24,7
Sp5	24,5
Sp6	24,8
Sp7	24,2

Resultats de l'assaig

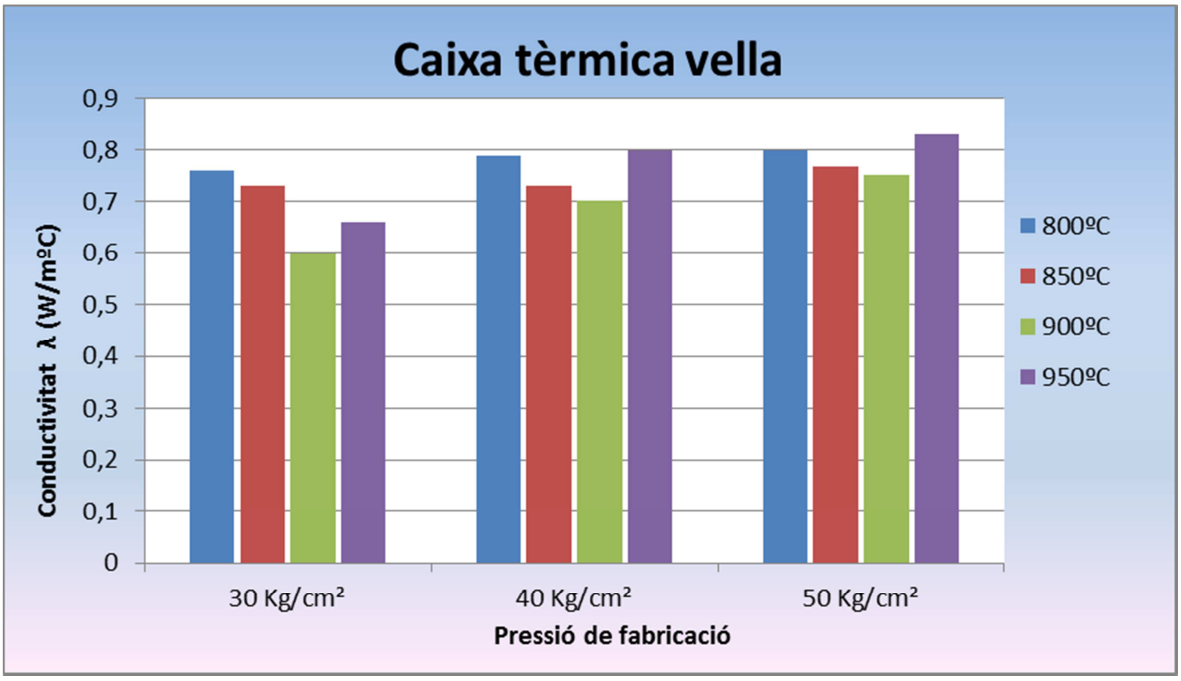
CAIXA TÈRMICA VELLA								CAIXA TÈRMICA NOVA							
Pressió	Temperatura	Peça	λ	Mitjana	Variança	Desviació estàndar	Coef. de variació	Pressió	Temperatura	Peça	λ	Mitjana	Variança	Desviació estàndar	Coef. de variació
30kg/cm²	800ºC	C1.1.1	0,73	0,76	0,0023	0,05	0,06	30kg/cm²	800ºC	C1.1.6	0,79	0,766	0,00043	0,02	0,03
		C1.1.2	0,73							C1.1.7	0,74				
		C1.1.3	0,79							C1.1.8	0,75				
		C1.1.4	0,72							C1.1.9	0,77				
		C1.1.5	0,83							C1.1.10	0,78				
	850ºC	C1.2.1	0,73	0,732	0,00282	0,05	0,07		850ºC	C1.2.6	0,76	0,746	0,00043	0,02	0,03
		C1.2.2	0,79							C1.2.7	0,73				
		C1.2.3	0,69							C1.2.8	0,72				
		C1.2.4	0,67							C1.2.9	0,77				
		C1.2.5	0,78							C1.2.10	0,75				
	900ºC	C1.3.1	0,48	0,592	0,00907	0,10	0,16		900ºC	C1.3.6	0,63	0,656	0,00108	0,03	0,05
		C1.3.2	0,55							C1.3.7	0,65				
		C1.3.3	0,6							C1.3.8	0,62				
		C1.3.4	0,59							C1.3.9	0,69				
		C1.3.5	0,74							C1.3.10	0,69				
	950ºC	C1.4.1	0,7	0,664	0,00648	0,08	0,12		950ºC	C1.4.6	0,74	0,736	0,00073	0,03	0,04
		C1.4.2	0,55							C1.4.7	0,7				
		C1.4.3	0,65							C1.4.8	0,77				
		C1.4.4	0,65							C1.4.9	0,72				
		C1.4.5	0,77							C1.4.10	0,75				
40kg/cm²	800ºC	C2.1.1	0,75	0,786	0,00293	0,05	0,07	40kg/cm²	800ºC	C2.1.6	0,78	0,788	0,00067	0,03	0,03
		C2.1.2	0,76							C2.1.7	0,78				
		C2.1.3	0,87							C2.1.8	0,76				
		C2.1.4	0,74							C2.1.9	0,79				
		C2.1.5	0,81							C2.1.10	0,83				
	850ºC	C2.2.1	0,75	0,728	0,00537	0,07	0,10		850ºC	C2.2.6	0,76	0,758	0,00017	0,01	0,02
		C2.2.2	0,77							C2.2.7	0,77				
		C2.2.3	0,78							C2.2.8	0,74				
		C2.2.4	0,6							C2.2.9	0,75				
		C2.2.5	0,74							C2.2.10	0,77				
	900ºC	C2.3.1	0,58	0,704	0,00733	0,09	0,12		900ºC	C2.3.6	0,74	0,74	0,00035	0,02	0,03
		C2.3.2	0,68							C2.3.7	0,77				
		C2.3.3	0,75							C2.3.8	0,74				
		C2.3.4	0,7							C2.3.9	0,72				
		C2.3.5	0,81							C2.3.10	0,73				
	950ºC	C2.4.1	0,75	0,798	0,00347	0,06	0,07		950ºC	C2.4.6	0,8	0,8	0,00015	0,01	0,02
		C2.4.2	0,83							C2.4.7	0,82				
		C2.4.3	0,85							C2.4.8	0,79				
		C2.4.4	0,84							C2.4.9	0,8				
		C2.4.5	0,72							C2.4.10	0,79				
50kg/cm²	800ºC	C3.1.1	0,81	0,804	0,00408	0,06	0,08	50kg/cm²	800ºC	C3.1.6	0,82	0,81	1E-04	0,01	0,01
		C3.1.2	0,88							C3.1.7	0,8				
		C3.1.3	0,85							C3.1.8	0,82				
		C3.1.4	0,73							C3.1.9	0,8				
		C3.1.5	0,75							C3.1.10	0,81				
	850ºC	C3.2.1	0,7	0,766	0,00443	0,07	0,09		850ºC	C3.2.6	0,78	0,802	0,00022	0,01	0,02
		C3.2.2	0,69							C3.2.7	0,8				
		C3.2.3	0,82							C3.2.8	0,8				
		C3.2.4	0,79							C3.2.9	0,82				
		C3.2.5	0,83							C3.2.10	0,81				
	900ºC	C3.3.1	0,61	0,746	0,00803	0,09	0,12		900ºC	C3.3.6	0,78	0,768	0,00017	0,01	0,02
		C3.3.2	0,84							C3.3.7	0,75				
		C3.3.3	0,77							C3.3.8	0,78				
		C3.3.4	0,71							C3.3.9	0,77				
		C3.3.5	0,8							C3.3.10	0,76				
	950ºC	C3.4.1	0,9	0,826	0,00393	0,06	0,08		950ºC	C3.4.6	0,84	0,848	0,00022	0,01	0,02
		C3.4.2	0,81							C3.4.7	0,83				
		C3.4.3	0,85							C3.4.8	0,85				
		C3.4.4	0,84							C3.4.9	0,87				
		C3.4.5	0,73							C3.4.10	0,85				



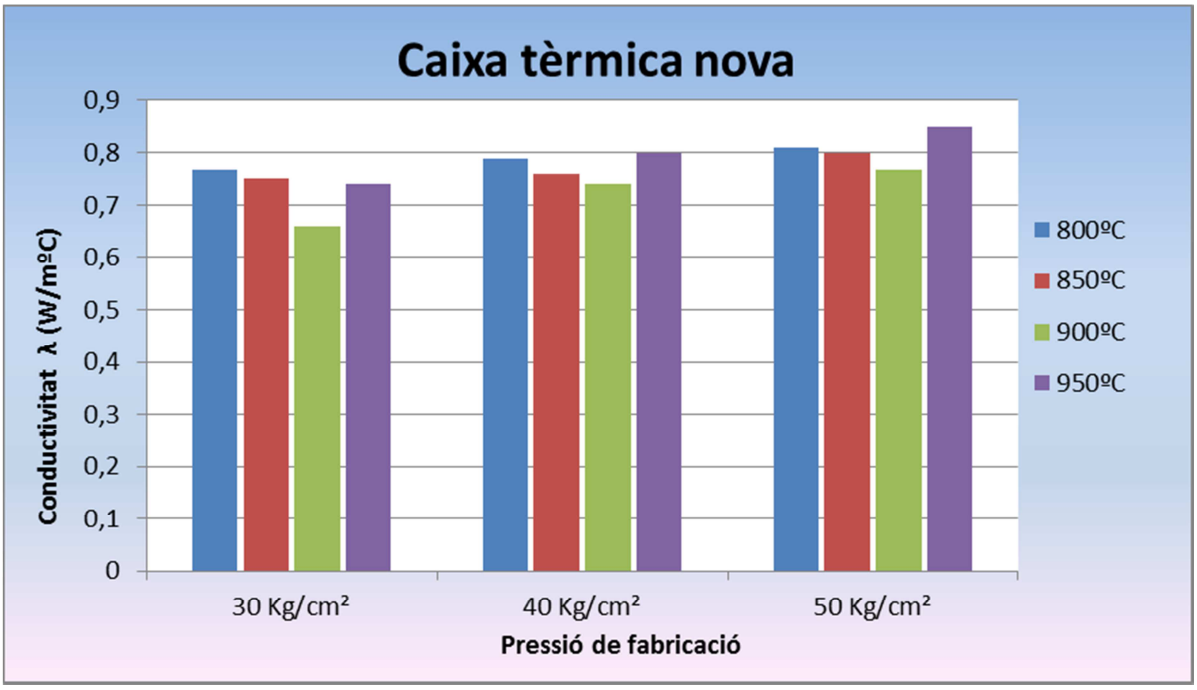
Gràfica 8. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents temperatures de cocció de la caixa tèrmica vella*



Gràfica 9. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents temperatures de cocció de la caixa tèrmica nova*



Gràfica 10. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents pressions de fabricació de la caixa tèrmica vella*



Gràfica 11. *Resultats Cond. Tèrm. de les diferents pressions de fabricació de la caixa tèrmica nova*

Conclusions

Es pot observar que els resultats son força fiables ja que son semblants tant en una caixa com en l'altre. D'aquesta manera es pot concloure que en relació a la pressió de fabricació de forma general les peces amb millor conductivitat tèrmica són les fabricades a pressió de 30kg/cm². Te una certa lògica doncs son les peces que menys pressió i per tant les més poroses. Per altre banda, també s'observa que genèricament hi ha una lleugera millora de les peces amb una cocció de 900ºC que les cuites en altres temperatures. Doncs les millors provetes són les fabricades a pressió de 30kg/cm² i cuites a 900ºC que dona una conductivitat tèrmica de 0,592W/mK i 0,656W/mK (caixa vella-caixa nova)

Un altre detall que es pot observar és que en les peces assajades per la caixa tèrmica vella són lleugerament millors que les de la caixa tèrmica nova. Aquest resultat es deu a que en el moment de realitzar l'assaig, les pèrdues de temperatura entre les parets de la cambra també son més elevades com es veu en les imatges termogràfiques i això fa que existeixi un error més gran i no hi hagi tanta precisió. També queda reflectit ja que es pot observar que genèricament el coeficient de variació de les peces és mes elevat en les de la caixa tèrmica vella que en les peces assajades en la caixa tèrmica nova, però en el moment de fer la mitjana d'aquestes no es veu tant accentuat, doncs acaba quedant un valor intermedi.

Segons l'article de R.J. Galán, A. Merino, S. Bueno 2 "*Utilización de nuevas materias primas y residus insdustriales para mejorar las posibilidades de uso de los materiales cerámicos del àrea de de Bailén (Jaén)*", on mesclen margues del Guadalquivir amb l'argila del Macís Ibèric arriben a la conclusió que el rang de temperatures de cocció no fa variar massa la conductivitat tèrmica de les provetes. Depenen del material mesclat i la densitat de les peces dona uns resultats o uns altres. Les provetes cuites a 950ºC amb densitat aparent de 2,1g/cm³ els hi dona una conductivitat tèrmica de 0,83W/mK. Resultats semblants a les de la fixa tècnica de les provetes de ceràmiques Piera on es de 0,85W/mK i les nostres que el pitjor dels resultats ha donat 0,848W/mK que correspon a les provetes de pressió de fabricació de 50Kg/cm² i temperatura de cocció 950ºC. Dir també que segons el catàleg d'elements constructius del CTE el maó ceràmic massís te una conductivitat tèrmica aproximada de 0,85W/mK.

7.3.Assaig de densitat

Introducció

Un cop realitzat l'assaig de conductivitat tèrmica s'ha intentat trobar alguna relació entre la conductivitat la densitat i la porositat de les peces ceràmiques. Per realitzar aquest assaig s'utilitza la balança hidrostàtica que és un aparell que treballa mitjançant el principi d'Arquímedes que determina les masses i els volums d'objectes submergits en un fluid.

Normativa

Per realitzar l'assaig s'ha basat en la normativa europea UNE-EN 772 "*Metodo de ensayo de piezas para fabrica de albañileria"* part 13: "*Determinacion de la densidad absoluta seca y de la densidad aparente seca de piezas para fabrica de albañileria"*, part 16: *" Determinacion de las dimensions" i UNE 103-301-94 "Determinacion de la densidad de un suelo. Metodo de la balanza hidrostàtica"* per el càlcul de la densitat rtelativa

Material necessari per la realització de l'assaig

- Balança de precisió del 0,1% de la massa de les peces
- Balança hidrostàtica
- Estufa de dessecació per treure la humitat de les provetes
- Peu de rei electrònic per mesurar les provetes amb exactitud
- Cubell gran per submergir les provetes i poder fer que es saturin d'aigua
- Una esponja o drap per treure l'aigua sobrant avanç de pesar les provetes un cop saturades

Procediment

Primer s'han de pesar les provetes completament seques i sense humitat amb la balança de precisió per obtenir el seu pes en sec, per això es mesuraran tot just sortir del forn de cocció.

A continuació s'emplena el cubell ple d'aigua i es submergeixen les peces durant 24h. La col·locació es fa de manera que totes les peces quedin completament submergides i per afavorir el contacte de l'aigua amb totes les cares de la proveta. Un cop transcorregudes les 24h es treuen del cubell, s'eixuguen amb un drap o una esponja per treure l'aigua sobrant i es tornen a pesar . D'aquesta manera es troba la massa saturada d'aigua de les provetes. Finalment es posen les provetes a la balança hidrostàtica per tal de trobar la massa d'aigua que desplacen.

Figura 73. Provetes submergides en aigua

Font. *Jordi Canal*

Figura 74. Procés de saturació de proveta

Font. *Jordi Canal*

Figura 75. Balança hidrostàtica

Font. *Jordi Canal*

Expressió dels resultats

Formula 1: Volum aparent, densitat aparent

No te en compte els porus interns ni els porus externs.

$$Vap = llargada\ x\ amplada\ x\ alçada$$

$$Dap = \frac{Psec}{Vap}$$

Pes de la proveta en sec (gr)	Psec
Volum aparent (cm³)	Vap
Densitat aparent (g/cm³)	Dap

Formula 2: volum relatiu, densitat relativa

$$Vr = \frac{Psat - Psum}{Daigua}$$

$$Dr = \frac{Psec}{Vr}$$

Pes de la proveta en sec (gr)	Psec
Pes de la proveta saturada d'aigua (gr)	Psat
Pes de l'aigua que desplaça la proveta (gr)	Psum
Volum relatiu (cm³)	Vr
Densitat de l'aigua (1g/cm³)	Daigua
Densitat relativa (g/cm³)	Dr

Formula 3: Determinació dels porus accessibles i de l'absorció

A partir dels assajos de densitats podem obtenir altres resultats i dades que ens donaran més informació de les provetes, com son la porositat i la compacitat relativa

$$Vpa = Psat - Psec$$

$$Abs = \frac{Psat - Psec}{Psec} x\ 100$$

$$\mathrm{Pr} = \frac{Vpa}{Vr} x\ 100$$

$$Cr = 100 - Pr$$

Pes de la proveta en sec (gr)	Psec
Pes de la proveta saturada d'aigua (gr)	Psat
Volum aparent (cm^3)	Vap
Volum relatiu (cm^3)	Vr
Densitat de l'aigua ($1g/cm^3$)	Daigua
Volum porus accessibles (cm^3)	Vpa
Absorció d'aigua (%)	Abs
Porositat relativa (%)	Pr
Compacitat relativa (%)	Cr

Resultats

Els resultats es separen en pressions de fabricació per millorar la visualització.

Taula corresponent a les provetes amb pressió de fabricació de 30kg/cm²

Mostra	Psec	Psat	Psum	Vr	Dr	Dr	Mesures			Vap	Dap	Dap	Vpa	Abs	Abs	Pr	Pr	Cr	Cr
							x	y	z										
C1.1.1	1070,5	1252	666	597	1,79		72,15	145,01	54,52	570,41	1,88		181,5	16,95		30,40		69,60	
C1.1.2	1058,2	1238	657	587	1,80		72,35	145,4	56,05	589,63	1,79		179,8	16,99		30,63		69,37	
C1.1.3	948,9	1109	588	527	1,80		71,72	144,6	54,76	567,90	1,67		160,1	16,87		30,38		69,62	
C1.1.4	1016,1	1196	632	570	1,78		72,57	145,42	55,04	580,84	1,75		179,9	17,70		31,56		68,44	
C1.1.5	1073,8	1255	663	598	1,80	1,79	72,17	145,27	56,8	595,50	1,80	1,78	181,2	16,87	17,13	30,30	30,69	69,70	69,31
C1.1.6	1058,5	1238	655	588	1,80		71,67	144,8	56,93	590,81	1,79		179,5	16,96		30,53		69,47	
C1.1.7	1074,6	1260	664	599	1,79		72,23	145,55	57,31	602,50	1,78		185,4	17,25		30,95		69,05	
C1.1.8	1050,3	1234	654	586	1,79		73,72	145,85	55,48	596,52	1,76		183,7	17,49		31,35		68,65	
C1.1.9	1094,2	1281	674	615	1,78		71,71	144,76	59,28	615,37	1,78		186,8	17,07		30,37		69,63	
C1.1.10	1082,5	1268	667	610	1,77		72,4	145,17	56,66	595,51	1,82		185,5	17,14		30,41		69,59	
C1.2.1	1045,3	1230	640	590	1,77		73,15	145,75	55,88	595,77	1,75		184,7	17,67		31,31		68,69	
C1.2.2	1027,4	1209	628	581	1,77		72,27	145,99	55,8	588,73	1,75		181,6	17,68		31,26		68,74	
C1.2.3	985,9	1159	602	557	1,77		71,97	144,85	54,14	564,40	1,75		173,1	17,56		31,08		68,92	
C1.2.4	1005,7	1183	613	570	1,76		72,67	145,77	54,23	574,46	1,75		177,3	17,63		31,11		68,89	
C1.2.5	982,3	1153	596	557	1,76	1,76	72,4	145,01	54,9	576,38	1,70	1,74	170,7	17,38	17,58	30,65	30,98	69,35	69,02
C1.2.6	1009,2	1184	614	570	1,77		72,86	145,46	53,78	569,97	1,77		174,8	17,32		30,67		69,33	
C1.2.7	976	1149	592	557	1,75		72,9	145,48	53,66	569,09	1,72		173	17,73		31,06		68,94	
C1.2.8	960,5	1122	584	538	1,79		72,49	144,97	52,18	548,35	1,75		161,5	16,81		30,02		69,98	
C1.2.9	986,7	1165	598	567	1,74		72,91	145,92	53,7	571,32	1,73		178,3	18,07		31,45		68,55	
C1.2.10	964,8	1138	584	554	1,74		72,45	145,52	53,6	565,10	1,71		173,2	17,95		31,26		68,74	
C1.3.1	966,83	1140	595	545	1,77		71,28	144,76	54,59	563,29	1,72		173,17	17,91		31,77		68,23	
C1.3.2	1003,27	1181	618	563	1,78		71,63	145,6	56,94	593,85	1,69		177,73	17,72		31,57		68,43	
C1.3.3	991,58	1166	611	555	1,79		73,09	145,85	52,03	554,65	1,79		174,42	17,59		31,43		68,57	
C1.3.4	956,63	1124	588	536	1,78		71,39	145,13	52,2	540,84	1,77		167,37	17,50		31,23		68,77	
C1.3.5	1023,64	1184	627	557	1,84	1,79	72,81	145,38	53,25	563,66	1,82	1,77	160,36	15,67	17,20	28,79	30,81	71,21	69,19
C1.3.6	940,7	1105	576	529	1,78		72,08	145,01	51,4	537,25	1,75		164,3	17,47		31,06		68,94	
C1.3.7	949,8	1114	583	531	1,79		72,03	145,95	51,64	542,88	1,75		164,2	17,29		30,92		69,08	
C1.3.8	843,96	988	517	471	1,79		71,79	144,49	45,95	476,64	1,77		144,04	17,07		30,58		69,42	
C1.3.9	1002,3	1169	615	554	1,81		72,52	145,83	52,16	551,62	1,82		166,7	16,63		30,09		69,91	
C1.3.10	960,3	1125	588	537	1,79		72,27	144,86	50,87	532,56	1,80		164,7	17,15		30,67		69,33	
C1.4.1	955,4	1121	581	540	1,77		72,71	145,36	51,16	540,72	1,77		165,6	17,33		30,67		69,33	
C1.4.2	938,8	1099	571	528	1,78		72,35	145,07	51,14	536,76	1,75		160,2	17,06		30,34		69,66	
C1.4.3	954,4	1118	582	536	1,78		72,24	145,03	51,76	542,29	1,76		163,6	17,14		30,52		69,48	
C1.4.4	977,4	1145	594	551	1,77		72,65	146,06	52,47	556,77	1,76		167,6	17,15		30,42		69,58	
C1.4.5	974,2	1139	587	552	1,76	1,77	72,37	144,98	53,49	561,23	1,74	1,74	164,8	16,92	17,12	29,86	30,25	70,14	69,75
C1.4.6	959,3	1115	579	536	1,79		72,45	146,32	52,18	553,15	1,73		155,7	16,23		29,05		70,95	
C1.4.7	942,7	1105	570	535	1,76		73,66	145,52	51,07	547,42	1,72		162,3	17,22		30,34		69,66	
C1.4.8	872,6	1024	525	499	1,75		72,7	146,44	48,07	511,76	1,71		151,4	17,35		30,34		69,66	
C1.4.9	905,6	1065	547	518	1,75		72,18	144,91	50,01	523,08	1,73		159,4	17,60		30,77		69,23	
C1.4.10	926,7	1086	558	528	1,76		73	145,84	50,07	533,06	1,74		159,3	17,19		30,17		69,83	

Taula corresponent a les provetes amb pressió de fabricació de 40kg/cm²

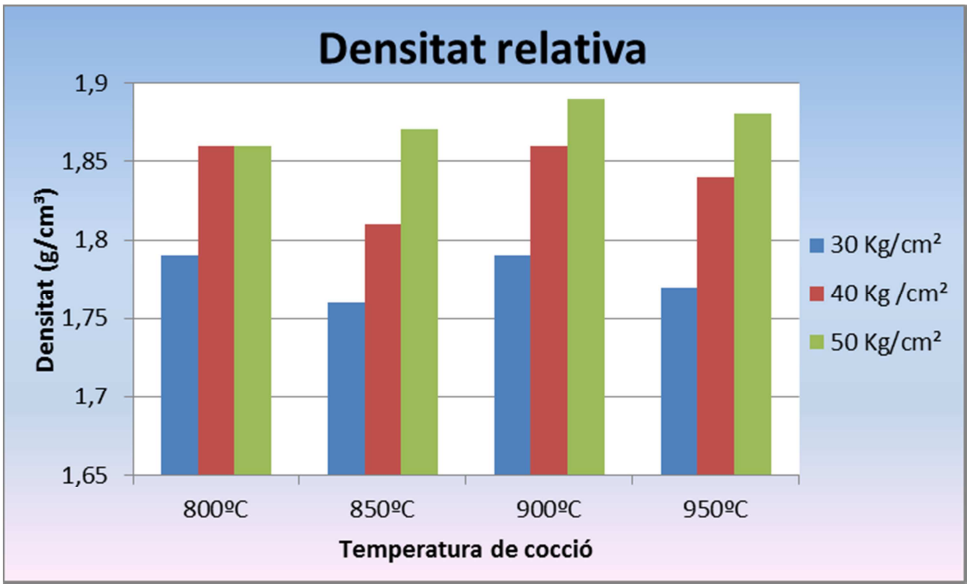
Mostra	Psec	Psat	Psum	Vr	Dr	Dr	Mesures			Vap	Dap	Dap	Vpa	Abs	Abs	Pr	Pr	Cr	Cr
							x	y	z										
C2.1.1	1024,6	1197	635	562	1,82	1,86	72,2	145,24	54,11	567,42	1,81	1,78	172,4	16,83	15,36	30,68	28,22	69,32	71,78
C2.1.2	1010	1178	621	557	1,81		72,61	145,05	55,05	579,79	1,74		168	16,63		30,16		69,84	
C2.1.3	1017,5	1187	625	562	1,81		71,75	145,38	55,09	574,64	1,77		169,5	16,66		30,16		69,84	
C2.1.4	1023,4	1194	630	564	1,81		72,91	145,61	54,11	574,45	1,78		170,6	16,67		30,25		69,75	
C2.1.5	1013,2	1180	622	558	1,82		71,91	145,03	53,69	559,94	1,81		166,8	16,46		29,89		70,11	
C2.1.6	1051,6	1122	644	478	2,20		72,2	145,3	56,32	590,83	1,78		70,4	6,69		14,73		85,27	
C2.1.7	1024,5	1193	628	565	1,81		73,3	145,7	53,89	575,53	1,78		168,5	16,45		29,82		70,18	
C2.1.8	1004,3	1166	616	550	1,83		72,23	144,84	54,24	567,45	1,77		161,7	16,10		29,40		70,60	
C2.1.9	1045,7	1213	640	573	1,82		72,2	145,85	55,71	586,65	1,78		167,3	16,00		29,20		70,80	
C2.1.10	1099,4	1266	669	597	1,84		73,13	146,36	57,06	610,73	1,80		166,6	15,15		27,91		72,09	
C2.2.1	1044,6	1215	641	574	1,82	1,81	71,93	145,16	55,44	578,87	1,80	1,79	170,4	16,31	16,16	29,69	29,32	70,31	70,68
C2.2.2	1038	1205	636	569	1,82		71,8	144,91	54,98	572,04	1,81		167	16,09		29,35		70,65	
C2.2.3	967	1125	593	532	1,82		72,15	145,47	51,66	542,21	1,78		158	16,34		29,70		70,30	
C2.2.4	1010,2	1173	618	555	1,82		72,28	145,22	53,84	565,13	1,79		162,8	16,12		29,33		70,67	
C2.2.5	994,2	1154	605	549	1,81		72,82	145,39	53,88	570,44	1,74		159,8	16,07		29,11		70,89	
C2.2.6	980,4	1139	598	541	1,81		72,07	145,04	52,64	550,25	1,78		158,6	16,18		29,32		70,68	
C2.2.7	968,8	1125	591	534	1,81		71,84	144,94	51,94	540,82	1,79		156,2	16,12		29,25		70,75	
C2.2.8	943,5	1095	574	521	1,81		72,69	145,48	49,82	526,84	1,79		151,5	16,06		29,08		70,92	
C2.2.9	982,8	1143	598	545	1,80		71,95	145,13	52,56	548,84	1,79		160,2	16,30		29,39		70,61	
C2.2.10	931,1	1080	567	513	1,82		71,67	144,83	50,04	519,41	1,79		148,9	15,99		29,03		70,97	
C2.3.1	1043,1	1196	637	559	1,87	1,86	71,73	144,62	54,39	564,22	1,85	1,83	152,9	14,66	14,65	27,35	27,23	72,65	72,77
C2.3.2	1045,2	1198	638	560	1,87		71,79	145,06	54,15	563,91	1,85		152,8	14,62		27,29		72,71	
C2.3.3	1025,4	1175	626	549	1,87		71,83	144,57	54,6	566,99	1,81		149,6	14,59		27,25		72,75	
C2.3.4	1001,3	1150	612	538	1,86		71,58	144,66	52,61	544,76	1,84		148,7	14,85		27,64		72,36	
C2.3.5	1027,3	1179	625	554	1,85		73,62	145,07	54,3	579,93	1,77		151,7	14,77		27,38		72,62	
C2.3.6	1022,6	1173	622	551	1,86		71,59	144,85	53,91	559,04	1,83		150,4	14,71		27,30		72,70	
C2.3.7	1002,1	1149	608	541	1,85		71,61	144,5	52,43	542,53	1,85		146,9	14,66		27,15		72,85	
C2.3.8	1029,8	1181	626	555	1,86		72,1	144,99	53,8	562,41	1,83		151,2	14,68		27,24		72,76	
C2.3.9	1004,2	1151	609	542	1,85		72,26	144,68	53,05	554,62	1,81		146,8	14,62		27,08		72,92	
C2.3.10	986,8	1128	598	530	1,86		71,37	144,57	52,03	536,84	1,84		141,2	14,31		26,64		73,36	
C2.4.1	1007,2	1159	615	544	1,85	1,84	71,62	144,78	52,95	549,05	1,83	1,81	151,8	15,07	15,03	27,90	27,67	72,10	72,33
C2.4.2	994,5	1148	607	541	1,84		72,42	144,76	52,05	545,67	1,82		153,5	15,43		28,37		71,63	
C2.4.3	971	1117	592	525	1,85		71,82	144,4	51,88	538,04	1,80		146	15,04		27,81		72,19	
C2.4.4	1021,1	1177	622	555	1,84		71,74	144,58	54,35	563,73	1,81		155,9	15,27		28,09		71,91	
C2.4.5	1041,5	1195	630	565	1,84		72,68	145,17	54,84	578,61	1,80		153,5	14,74		27,17		72,83	
C2.4.6	1054,9	1212	638	574	1,84		72,26	144,44	56,01	584,59	1,80		157,1	14,89		27,37		72,63	
C2.4.7	1069,5	1229	647	582	1,84		72,38	144,94	55,98	587,27	1,82		159,5	14,91		27,41		72,59	
C2.4.8	1014	1168	615	553	1,83		73,65	145,03	53,04	566,54	1,79		154	15,19		27,85		72,15	
C2.4.9	995,9	1144	603	541	1,84		71,69	144,52	52,51	544,04	1,83		148,1	14,87		27,38		72,62	
C2.4.10	1009,1	1159	611	548	1,84		72,81	145,16	53,66	567,14	1,78		149,9	14,85		27,35		72,65	

Taula corresponent a les provetes amb pressió de fabricació de 50kg/cm²

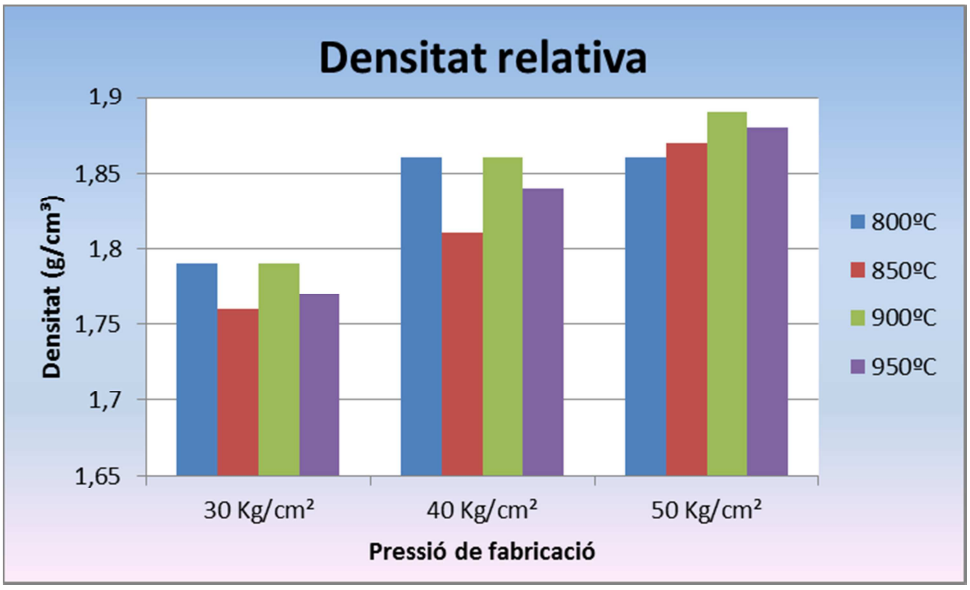
Mostra	Psec	Psat	Psum	Vr	Dr	Dr	Mesures			Vap	Dap	Dap	Vpa	Abs	Abs	Pr	Pr	Cr	Cr
							x	y	z										
C3.1.1	1012,5	1156	623	533	1,90		72,31	145,21	51,84	544,33	1,86		143,5	14,17		26,92		73,08	
C3.1.2	1101,4	1270	678	592	1,86		71,82	145,18	57,74	602,05	1,83		168,6	15,31		28,48		71,52	
C3.1.3	968,4	1121	599	522	1,86		72,01	145	51,5	537,73	1,80		152,6	15,76		29,23		70,77	
C3.1.4	1068,2	1232	657	575	1,86		72,47	145,22	55,47	583,77	1,83		163,8	15,33		28,49		71,51	
C3.1.5	1087,3	1250	667	583	1,87	1,86	72,08	145,06	56,79	593,79	1,83	1,84	162,7	14,96	15,10	27,91	28,14	72,09	71,86
C3.1.6	1075,8	1236	661	575	1,87		72,44	145,57	55,11	581,14	1,85		160,2	14,89		27,86		72,14	
C3.1.7	1049,2	1209	645	564	1,86		71,75	145,3	54,59	569,12	1,84		159,8	15,23		28,33		71,67	
C3.1.8	1080,1	1245	662	583	1,85		72,41	145,32	55,63	585,37	1,85		164,9	15,27		28,28		71,72	
C3.1.9	1047,1	1208	642	566	1,85		72,52	145,47	53,96	569,25	1,84		160,9	15,37		28,43		71,57	
C3.1.10	1064,4	1221	651	570	1,87		72,62	145,23	55,4	584,28	1,82		156,6	14,71		27,47		72,53	
C3.2.1	1054,7	1209	645	564	1,87		72,94	145,35	54,13	573,88	1,84		154,3	14,63		27,36		72,64	
C3.2.2	1056,4	1213	647	566	1,87		72,9	145	53,64	567,00	1,86		156,6	14,82		27,67		72,33	
C3.2.3	1048,9	1206	644	562	1,87		71,28	144,5	55,17	568,25	1,85		157,1	14,98		27,95		72,05	
C3.2.4	1088,1	1245	665	580	1,88		72,57	145,07	55,17	580,81	1,87		156,9	14,42		27,05		72,95	
C3.2.5	1013,8	1159	618	541	1,87	1,87	72,39	145,05	52,88	555,25	1,83	1,85	145,2	14,32	14,52	26,84	27,16	73,16	72,84
C3.2.6	1033,4	1182	631	551	1,88		71,92	144,54	53,09	551,89	1,87		148,6	14,38		26,97		73,03	
C3.2.7	1025,4	1175	625	550	1,86		72,45	144,92	52,91	555,53	1,85		149,6	14,59		27,20		72,80	
C3.2.8	995,9	1139	607	532	1,87		71,81	144,58	52,3	542,99	1,83		143,1	14,37		26,90		73,10	
C3.2.9	1066,6	1221	650	571	1,87		72,6	145,05	54,74	576,45	1,85		154,4	14,48		27,04		72,96	
C3.2.10	980,9	1120	598	522	1,88		72,07	144,94	49,96	521,87	1,88		139,1	14,18		26,65		73,35	
C3.3.1	1047,6	1200	644	556	1,88		72,08	144,55	53,56	558,05	1,88		152,4	14,55		27,41		72,59	
C3.3.2	1007,1	1145	614	531	1,90		71,37	144,34	51,61	531,66	1,89		137,9	13,69		25,97		74,03	
C3.3.3	982,8	1121	599	522	1,88		71,93	144,65	50,58	526,27	1,87		138,2	14,06		26,48		73,52	
C3.3.4	988,6	1123	602	521	1,90		71,42	144,15	51,06	525,67	1,88		134,4	13,59		25,80		74,20	
C3.3.5	1000,1	1137	609	528	1,89	1,89	71,95	144,75	50,34	524,28	1,91	1,88	136,9	13,69	13,81	25,93	26,10	74,07	73,90
C3.3.6	990,5	1127	603	524	1,89		72,07	144,56	50,38	524,88	1,89		136,5	13,78		26,05		73,95	
C3.3.7	1030,5	1171	626	545	1,89		72,31	144,75	52,94	554,12	1,86		140,5	13,63		25,78		74,22	
C3.3.8	1055,2	1200	642	558	1,89		72,62	144,83	54,14	569,42	1,85		144,8	13,72		25,95		74,05	
C3.3.9	971,5	1104	590	514	1,89		71,16	144,34	50,22	515,82	1,88		132,5	13,64		25,78		74,22	
C3.3.10	1042,8	1186	633	553	1,89		71,46	144,24	54,26	559,28	1,86		143,2	13,73		25,90		74,10	
C3.4.1	1084,3	1231	658	573	1,89		73,05	144,89	55,38	586,15	1,85		146,7	13,53		25,60		74,40	
C3.4.2	1066,5	1218	651	567	1,88		71,66	144,38	55,06	569,67	1,87		151,5	14,21		26,72		73,28	
C3.4.3	1030,3	1172	627	545	1,89		71,78	144,52	53,26	552,50	1,86		141,7	13,75		26,00		74,00	
C3.4.4	1073,2	1222	653	569	1,89		72,25	144,74	54,92	574,32	1,87		148,8	13,87		26,15		73,85	
C3.4.5	1030,3	1179	629	550	1,87	1,88	71,89	144,74	53,32	554,81	1,86	1,86	148,7	14,43	13,90	27,04	26,14	72,96	73,86
C3.4.6	1054,3	1200	639	561	1,88		71,37	144,49	54,29	559,85	1,88		145,7	13,82		25,97		74,03	
C3.4.7	1071,3	1221	650	571	1,88		72,77	145,03	54,8	578,35	1,85		149,7	13,97		26,22		73,78	
C3.4.8	962,7	1095	582	513	1,88		71,84	144,78	50,29	523,07	1,84		132,3	13,74		25,79		74,21	
C3.4.9	1047,4	1193	634	559	1,87		72,27	144,49	54,36	567,64	1,85		145,6	13,90		26,05		73,95	
C3.4.10	1000,4	1138	607	531	1,88		72,39	145,2	51,68	543,21	1,84		137,6	13,75		25,91		74,09	

Densitat relativa (gr/cm³)

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	1,79	1,76	1,79	1,77
40 Kg/cm²	1,86	1,81	1,86	1,84
50 Kg/cm²	1,86	1,87	1,89	1,88



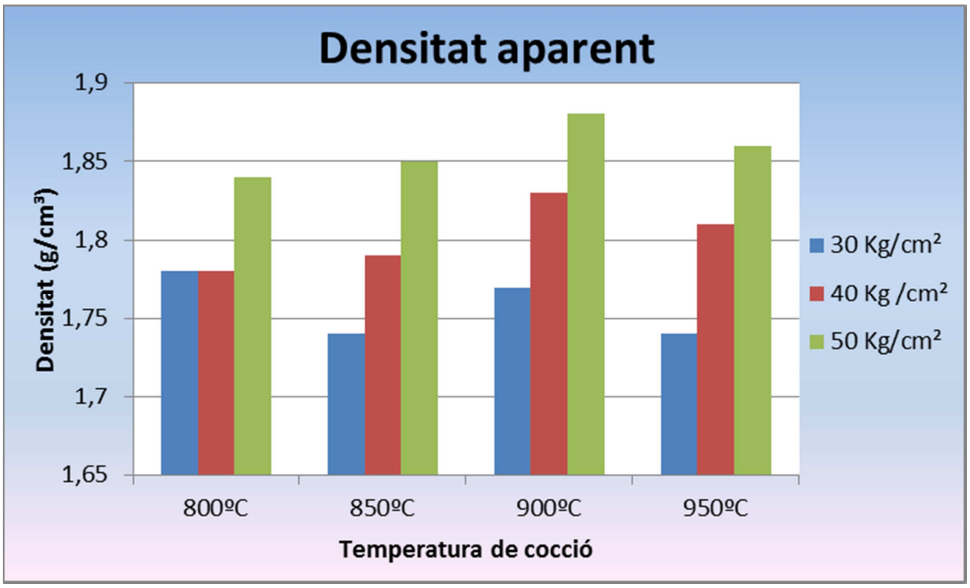
Gràfica 12. *Densitat relativa 1*



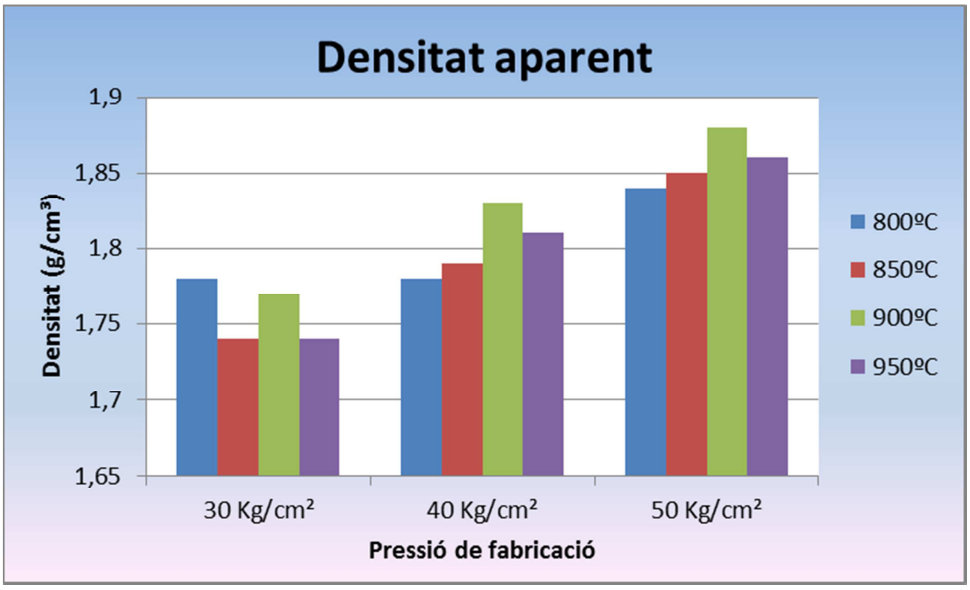
Gràfica 13. *Densitat relativa 2*

Densitat aparent (gr/cm³)

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	1,78	1,74	1,77	1,74
40 Kg/cm²	1,78	1,79	1,83	1,81
50 Kg/cm²	1,84	1,85	1,88	1,86



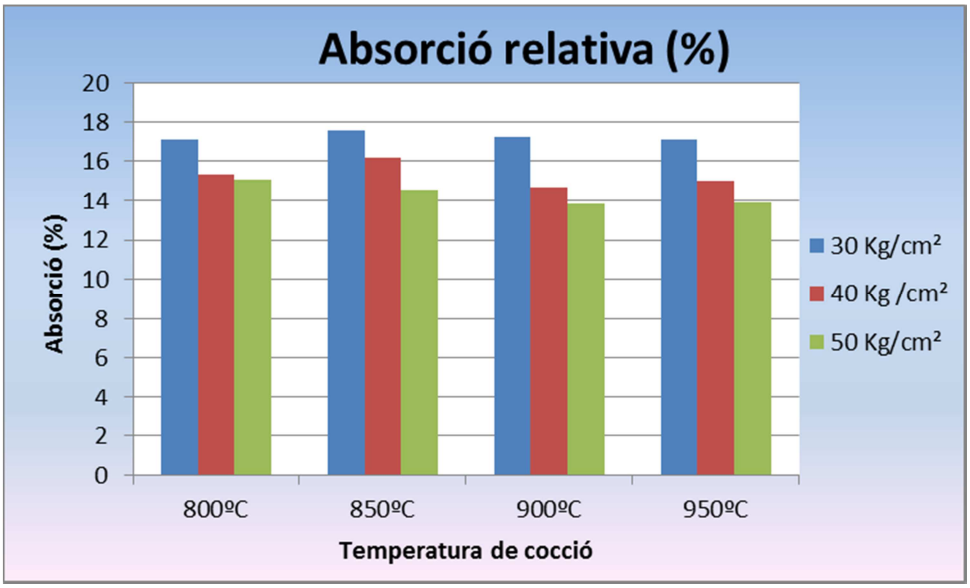
Gràfica 14. *Densitat aparent 1*



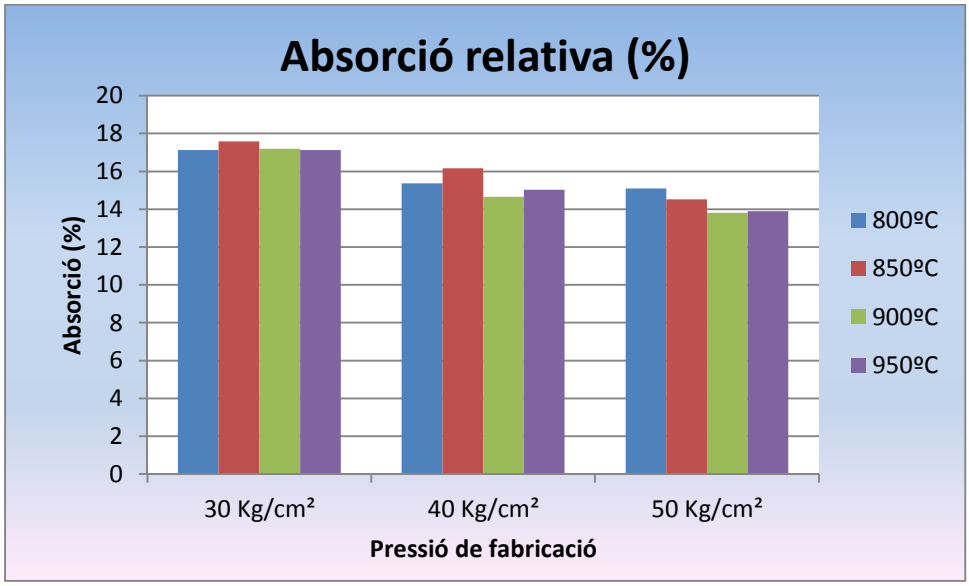
Gràfica 15. *Densitat aparent 2*

Absorció relativa (%)

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	17,13	17,58	17,2	17,12
40 Kg/cm²	15,36	16,16	14,65	15,03
50 Kg/cm²	15,1	14,52	13,81	13,9



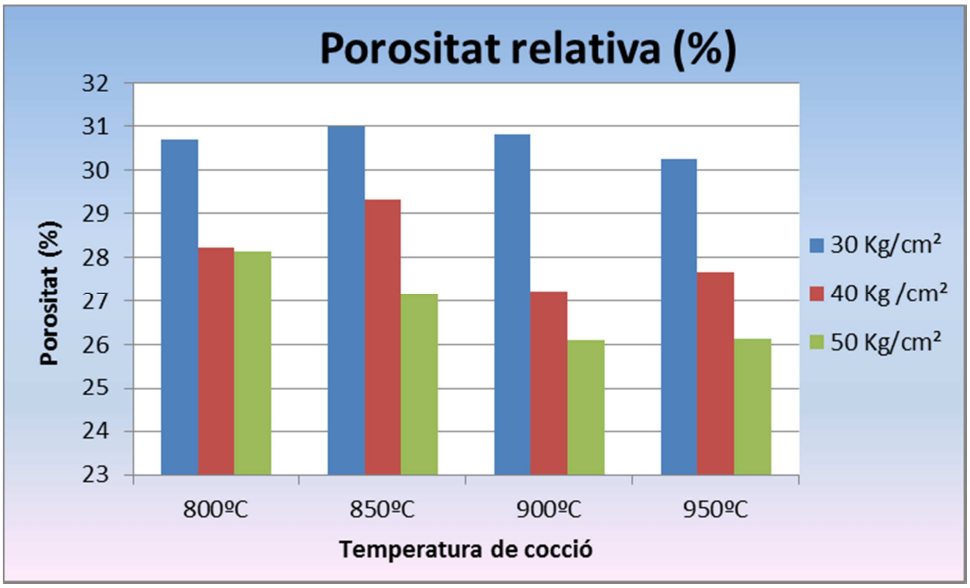
Gràfica 16. *Absorció relativa 1*



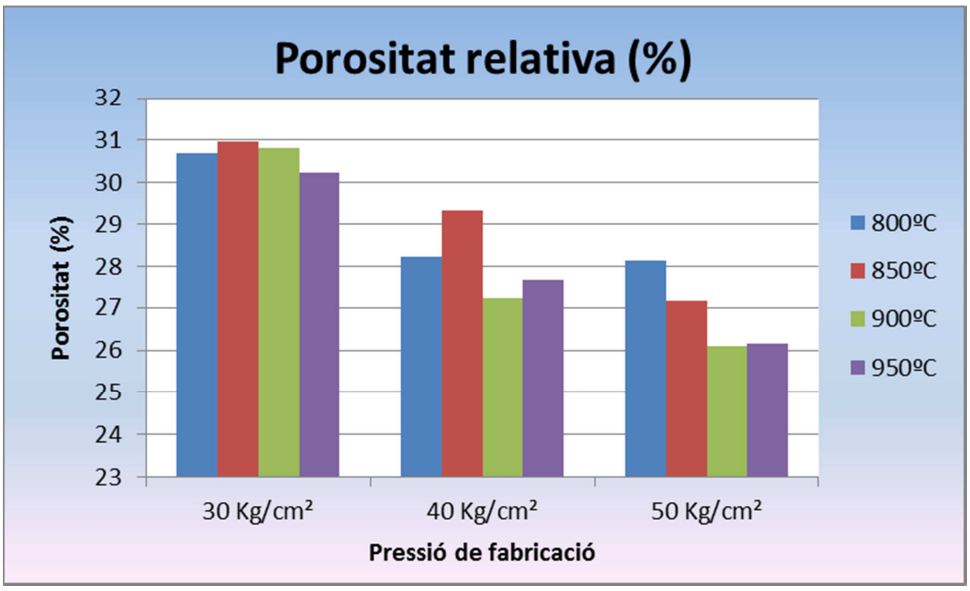
Gràfica 17. *Absorció relativa 2*

Porositat relativa (%)

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	30,69	30,98	30,81	30,25
40 Kg/cm²	28,22	29,32	27,23	27,67
50 Kg/cm²	28,14	27,16	26,1	26,14



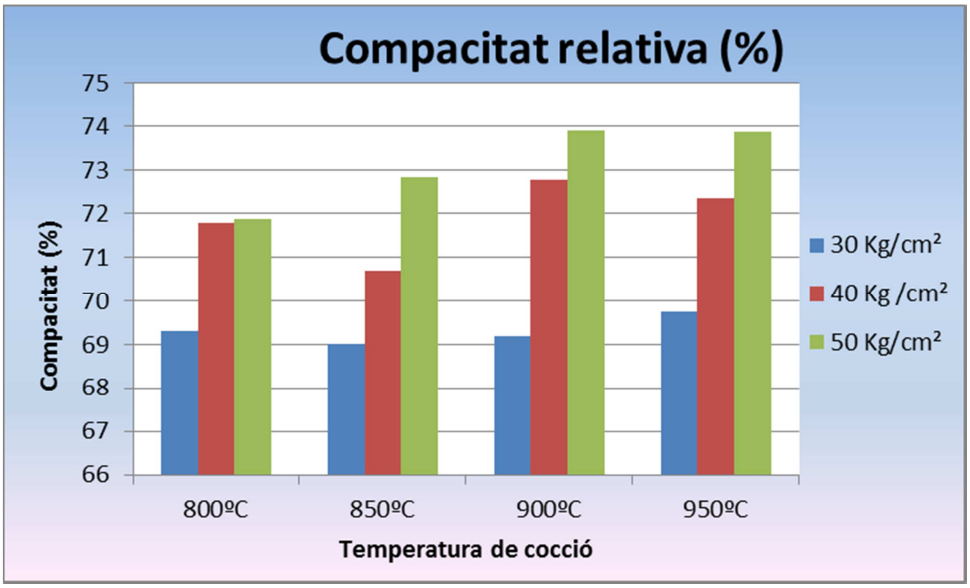
Gràfica 18. *Porositat relativa 1*



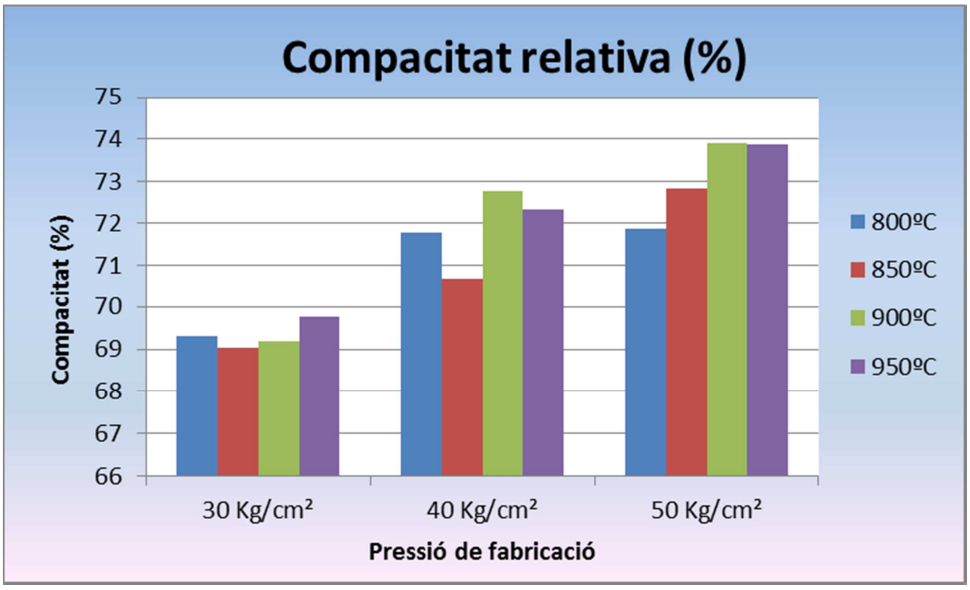
Gràfica 19. *Porositat relativa 2*

Compacitat relativa (%)

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	69,31	69,02	69,19	69,75
40 Kg/cm²	71,78	70,68	72,77	72,33
50 Kg/cm²	71,86	72,84	73,9	73,86



Gràfica 20. *Compacitat relativa 1*



Gràfica 21. *Compacitat relativa 2*

Conclusions

Si s'observen les gràfiques es pot veure que tant la densitat relativa com la densitat aparent no influeix en la temperatura de cocció però si influeix la pressió de fabricació fent que les provetes a menys pressió de fabricació tenen menys densitat que les que tenen més pressió, doncs s'observa que a mesura que s'augmenta la pressió de fabricació també augmenta la seva densitat

També s'observa de forma significativa la porositat i la compacitat de les provetes, doncs a menor pressió de fabricació major porositat i menor compacitat. A mesura que va augmentant la pressió en el moment del fabricat de les peces ceràmiques va disminuint la porositat i va augmentant la compacitat d'aquestes.

D'aquesta manera es verifiquen les suposicions en el moment de fer l'assaig de conductivitat tèrmica on les provetes amb una pressió de fabricació de 30Kg/cm ² generalment donaven millors resultats que les de majors pressions de fabricació. Això significa que les provetes fetes a menor pressió tenen més porus que la resta i que la porositat influeix directament en la conductivitat tèrmica de les provetes.

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.

7.4.Assaig de compressió

Introducció

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.

Normativa

Per realitzar l'assaig s'ha utilitzat la norma UNE-EN 772-1 *"Metodos de ensayo de piezas para fabrica de albañileria*" Part 1 "*Determinacion de la resistència a compresión*" Part 16 "*Determinacion de las dimensiones"*

Material necessari per la realització de l'assaig

- Maquina de tall de les provetes
- Estufa de dessecació per treure la humitat de les provetes
- Peu de rei electrònic per mesurar les provetes amb exactitud
- Premsa hidràulica que realitza l'assaig

Premsa hidràulica

La maquinaria que assaja les provetes ha de complir uns condicionants aptes per realitzar l'assaig. HA de tenir suficient capacitat per trencar totes les provetes . La maquinària ha de tenir un cadenciometre o dispositiu equivalent que permeti aplicar la càrrega a la velocitat indicada segons norma UNE-EN 772-1 apartat 8.2. La màquina ha d'estar equipada amb dos plats de suport d'acer. La rigidesa d'aquets plats i la manera de transferir la càrrega han de ser tals que la deflexió de la superfície ha de ser inferior a 0,1mm sobre una longitud de 250mm. Els plats han de tenir un tractament d'acer temperat en les seves cares tenir una duresa Vickers 600 HV com a mínim mesurada segons norma ISO 6507-1. Un dels plats de la màquina ha d'adaptar-se lliurament a la proveta i l'altre plat ha de ser un bloc no basculant. Les superfícies de suport dels dos plats han de ser més grans que la dimensió de la major proveta a assajar.

Tabla 1 – Requisitos de las máquinas de ensayo

Repetibilidad máxima admisible de las fuerzas (expresada en porcentaje de la fuerza indicada) %	Error medio máximo admisible de las fuerzas (expresado en porcentaje de la fuerza indicada) %	Error máximo admisible para la fuerza cero (expresado en porcentaje de la fuerza máxima del rango) %
2,0	± 2,0	± 0,4

Procediment

Primer de tot haurem de tallar les peces per la mitat amb el tallador de peces. La norma ens indica que el nombre mínim de provetes a assajar és 6, en el nostre cas com es vol tenir un mostreig gran de resultats es faran les 10 provetes de cada pressió de fabricació, que tallades per la mitat seran 20 de cada. Un cop tallades les peces s'han posat a l'estufa de dessecació ja que quan s'han tallat s'ha utilitzat aigua per no aixecar pols. Un cop les peces han estat seques i no tenen humitat es mesuren amb el peu de rei s'han col·locat en la base de la premsa hidràulica per ser assajades. La carrega s'ha aplicat a la superfície superior de les provetes i aquesta s'ha entre els dos plans paral·lels a la cara inferior. Si les cares no haguessin sigut paral·leles hagués sigut necessari realitzar un refrontat de les peces per assegurar aquest concepte. Al tenir una gran quantitat de provetes a assajar hagués sigut impossible refrontar-les totes a més s'ha considerat que totes les provetes tenen les cares paral·leles i no era necessari realitzar-hi un refrontat.

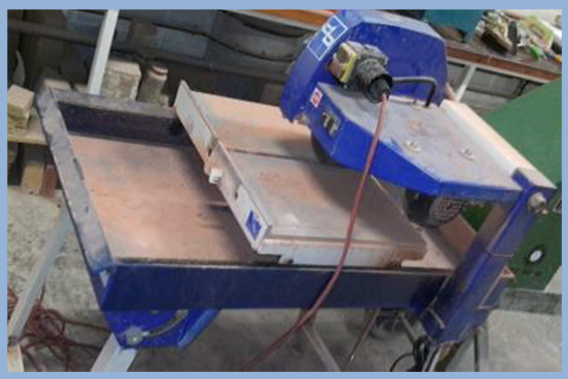


Figura 77. Taula de tall de provetes

Font. *Jordi Canal*

Figura 76. Premsa hidràulica

Font. *Jordi Canal*

Les provetes

Tal com es mostra a la taula de l'annex B de la norma, que diu que les provetes han d'estar almenys 14 dies en el laboratori a una temperatura superior a 15ºC i una humitat per sota el 65% i així aquest temps garanteix que les provetes arribin al estat de massa constant.

Tabla B.1 – Preparación de las superficies y acondicionamiento de las piezas

Tipo de pieza para fábrica de albañilería	Especificaciones del producto	Preparación de la superficie	Acondicionamiento de la pieza
Arcilla cocida	EN 771-1	7.2.4	7.3.2
Silicocalcárea	EN 771-2	7.2.4	7.3.3 a)
Hormigón	EN 771-3	Piezas de h < 100 mm 7.2.4 Piezas de h ≥ 100 mm 7.2.4 o 7.2.5	7.3.2 a) o 7.3.5
Hormigón celular curado en autoclave	EN 771-4	7.2.4	7.3.4
Piedra artificial	EN 771-5	7.2.4 o 7.2.5	7.3.2 a) o 7.3.5
Piedra natural	EN 771-6	7.2.4	7.3.2 a)

Les provetes es col·locaran adequadament a la premsa hidràulica de forma que quedin al centre del plat. Prèviament s'eliminaran totes les impureses dels recolzaments que siguin d'altres peces o d'algun possible material i que pugui afectar en els resultats.

Per l'aplicació de la càrrega la normativa assenyala que inicialment s'utilitza una velocitat d'aplicació de la càrrega que sigui adequada però, quan s'hagi aconseguit aproximadament la meitat de la càrrega màxima prevista s'ajusti la velocitat de manera que el temps total de trencament de cada proveta sigui superior a 1min. La taula següent indica la velocitat apropiada d'aplicació de la càrrega.

Tabla 2 – Velocidad de aplicación de la carga

Resistencia a compresión prevista (N/mm^2)	Velocidad de aplicación de la carga $(N/mm^2)/s$
< 10	0,05
11 a 20	0,15
21 a 40	0,3
41 a 80	0,6
> 80	1,0

Al ser un projecte experimental i vist els resultats d'altres projectes la velocitat inicial ha estat de 0,04Tn/s (0,08N/mm2) i s'acaba ajustant fins a 0,05Tn/s (0,1N/mm2), ja que en les provetes amb la pressió de fabricació més elevada han tingut major resistència i tardaven més a trencar-se.

Expressió dels resultats

Formula 1: Resistència a compressió

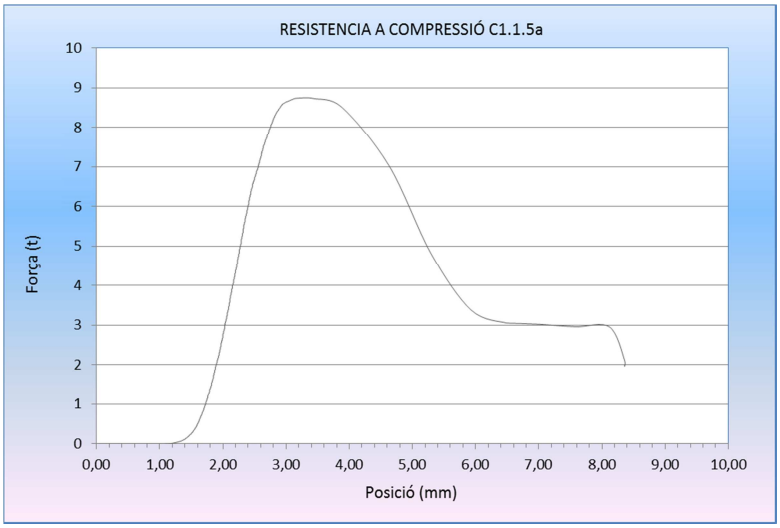
$$\boxed{Resistència\ a\ compressió\ \left({}^{N}/_{mm2}\right) = \frac{Càrrega\ màxima\ (N)}{Superfície\ (mm2)}}$$

La norma diu que s'ha de calcular el coeficient de variació de cada mostra, sent la diferència de valor de la seva resistència a compressió i la mitjana calculada de la sèrie en valor absolut.

$$\boxed{Coeficient\ de\ variació = \overline{resistència\ a\ compressió - mitjana}}$$

Resultats

La premsa hidràulica dona els resultats de posició, deformació i força aplicada amb exactitud que pateix la proveta en cada moment de la càrrega aplicada.



Gràfica 22. *Exemple gràfica resistència a compressió*

Figura 79. Proveta en la premsa hidràulica

Font. *Jordi Canal*

Figura 78. Compressió de proveta

Font. *Jordi Canal*

Figura 81. Resultats de compressió de proveta

Font. *Jordi Canal*

Figura 80. Mostreig de prov. després de l'assaig

Font. *Jordi Canal*

Els resultats han estat separats per les amassades corresponents a pressions de fabricació i temperatures de cocció per facilitar les lectures.

Amassada Pf:30kg/cm², Tc: 800ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C1.1.1a	72,51	72,15	5231,24	0,04	183	2,81	7,061	13,50	14,62	1,12	3,36	1,83	0,13
C1.1.1b	72,51	72,15	5231,24	0,04	225,6	3,09	8,82	16,86		2,24			
C1.1.2a	72,70	72,35	5259,85	0,04	187	2,72	7,324	13,92		0,70			
C1.1.2b	72,70	72,35	5259,85	0,04	162,8	2,54	6,295	11,97		2,65			
C1.1.3a	72,30	71,72	5185,36	0,04	226,4	3,17	8,897	17,16		2,54			
C1.1.3b	72,30	71,72	5185,36	0,04	173,8	4,14	6,738	12,99		1,63			
C1.1.4a	72,71	72,57	5276,56	0,04	190,8	3,44	7,404	14,03		0,59			
C1.1.4b	72,71	72,57	5276,56	0,04	222	3,79	8,742	16,57		1,95			
C1.1.5a	72,64	72,17	5242,07	0,04	178,8	3,28	8,749	16,69		2,07			
C1.1.5b	72,64	72,17	5242,07	0,04	196,8	3,66	8,595	16,40		1,78			
C1.1.6a	72,40	71,67	5188,91	0,04	161	2,19	7,841	15,11		0,49			
C1.1.6b	72,40	71,67	5188,91	0,04	132	3,5	6,385	12,31		2,32			
C1.1.7a	72,78	72,23	5256,54	0,04	158,8	3,24	7,709	14,67		0,04			
C1.1.7b	72,78	72,23	5256,54	0,04	134	2,61	6,517	12,40		2,22			
C1.1.8a	72,93	73,72	5376,03	0,04	143,4	5,42	6,901	12,84		1,78			
C1.1.8b	72,93	73,72	5376,03	0,04	179,2	5	8,775	16,32		1,70			
C1.1.9a	72,38	71,71	5190,37	0,04	125	3,88	6,03	11,62		3,00			
C1.1.9b	72,38	71,71	5190,37	0,04	161,8	5,65	7,896	15,21		0,59			
C1.1.10a	72,59	72,4	5255,15	0,04	171,2	4,13	8,365	15,92		1,30			
C1.1.10b	72,59	72,4	5255,15	0,04	171,6	3,49	8,38	15,95		1,33			

Amassada Pf:30kg/cm², Tc: 850ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C1.2.1a	72,88	73,15	5330,81	0,04	195,6	2,45	7,561	14,18	13,69	0,50	1,70	1,30	0,10
C1.2.1b	72,88	73,15	5330,81	0,04	201,8	1,88	7,901	14,82		1,13			
C1.2.2a	73,00	72,27	5275,35	0,04	218,2	2,59	8,537	16,18		2,49			
C1.2.2b	73,00	72,27	5275,35	0,04	213,6	2,48	7,063	13,39		0,30			
C1.2.3a	72,43	71,97	5212,43	0,04	170,4	4,13	6,656	12,77		0,92			
C1.2.3b	72,43	71,97	5212,43	0,04	187,4	4,47	7,346	14,09		0,40			
C1.2.4a	72,89	72,67	5296,55	0,04	189,6	3,62	7,414	14,00		0,31			
C1.2.4b	72,89	72,67	5296,55	0,04	211,1	3,14	8,264	15,60		1,91			
C1.2.5a	72,51	72,4	5249,36	0,04	136,8	5,73	6,588	12,55		1,14			
C1.2.5b	72,51	72,4	5249,36	0,04	149,6	4,01	7,293	13,89		0,20			
C1.2.6a	72,73	72,86	5299,11	0,04	140,6	5,63	6,755	12,75		0,94			
C1.2.6b	72,73	72,86	5299,11	0,04	132,6	4,93	6,438	12,15		1,54			
C1.2.7a	72,74	72,9	5302,75	0,04	136,8	2,73	6,651	12,54		1,15			
C1.2.7b	72,74	72,9	5302,75	0,04	135,4	5,29	6,561	12,37		1,32			
C1.2.8a	72,49	72,49	5254,44	0,04	173	4,17	8,445	16,07		2,38			
C1.2.8b	72,49	72,49	5254,44	0,04	148,8	4,57	7,542	14,35		0,67			
C1.2.9a	72,96	72,91	5319,51	0,04	120	2,38	7,429	13,97		0,28			
C1.2.9b	72,96	72,91	5319,51	0,04	113	2,02	6,354	11,94		1,74			
C1.2.10a	72,76	72,45	5271,46	0,04	132,6	2,64	6,36	12,06		1,62			
C1.2.10b	72,76	72,45	5271,46	0,04	140,5	3,21	7,42	14,08		0,39			

Amassada Pf:30kg/cm², Tc: 900ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C1.3.1a	72,38	71,28	5159,25	0,04	293,6	4,17	11,55	22,39	18,80	3,58	6,08	2,47	0,13
C1.3.1b	72,38	71,28	5159,25	0,04	214	3,71	8,397	16,28		2,53			
C1.3.2a	72,80	71,63	5214,66	0,04	195	3,78	7,586	14,55		4,25			
C1.3.2b	72,80	71,63	5214,66	0,04	222,6	4,26	8,872	17,01		1,79			
C1.3.3a	72,93	73,09	5330,09	0,04	211	4,03	10,397	19,51		0,70			
C1.3.3b	72,93	73,09	5330,09	0,04	208,2	4,82	10,183	19,10		0,30			
C1.3.4a	72,57	71,39	5180,42	0,04	207	4,2	10,047	19,39		0,59			
C1.3.4b	72,57	71,39	5180,42	0,04	206	2,45	10,099	19,49		0,69			
C1.3.5a	72,69	72,81	5292,56	0,04	210	5,02	10,28	19,42		0,62			
C1.3.5b	72,69	72,81	5292,56	0,04	227,4	3,66	11,12	21,01		2,21			
C1.3.6a	72,51	72,08	5226,16	0,04	115,2	2,22	7,35	14,06		4,74			
C1.3.6b	72,51	72,08	5226,16	0,04	118,4	2,45	9,33	17,85		0,95			
C1.3.7a	72,98	72,03	5256,39	0,04	115,8	2,45	10,305	19,60		0,80			
C1.3.7b	72,98	72,03	5256,39	0,04	119,8	2,66	8,262	15,72		3,08			
C1.3.8a	72,25	71,79	5186,47	0,04	126	2,93	10,987	21,18		2,38			
C1.3.8b	72,25	71,79	5186,47	0,04	106,2	1,5	10,492	20,23		1,43			
C1.3.9a	72,92	72,52	5287,80	0,04	118,6	2,49	12,587	23,80		5,00			
C1.3.9b	72,92	72,52	5287,80	0,04	111,2	1,67	10,33	19,54		0,73			
C1.3.10a	72,43	72,27	5234,52	0,04	115,2	1,91	9,485	18,12		0,68			
C1.3.10b	72,43	72,27	5234,52	0,04	118,8	2,24	9,306	17,78		1,02			

Amassada Pf:30kg/cm², Tc: 950ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C1.4.1a	72,68	72,71	5284,56	0,04	101,2	1,65	6,671	12,62	15,48	2,86	2,83	1,68	0,11
C1.4.1b	72,68	72,71	5284,56	0,04	117,2	1,39	9,264	17,53		2,05			
C1.4.2a	72,54	72,35	5247,91	0,04	108,2	1,25	8,586	16,36		0,88			
C1.4.2b	72,54	72,35	5247,91	0,04	111,6	1,27	8,317	15,85		0,37			
C1.4.3a	72,52	72,24	5238,48	0,04	207,8	1,67	8,095	15,45		0,03			
C1.4.3b	72,52	72,24	5238,48	0,04	244,4	1,32	9,562	18,25		2,77			
C1.4.4a	73,03	72,65	5305,63	0,04	249,2	1,69	9,771	18,42		2,94			
C1.4.4b	73,03	72,65	5305,63	0,04	204,8	1,98	7,991	15,06		0,42			
C1.4.5a	72,49	72,37	5246,10	0,04	169,2	3,44	8,273	15,77		0,29			
C1.4.5b	72,49	72,37	5246,10	0,04	149,8	3,01	7,317	13,95		1,53			
C1.4.6a	73,16	72,45	5300,44	0,04	103,4	1,85	9,024	17,02		1,54			
C1.4.6b	73,16	72,45	5300,44	0,04	101,4	1,6	8,25	15,56		0,08			
C1.4.7a	72,76	73,66	5359,50	0,04	177,6	2,81	8,615	16,07		0,59			
C1.4.7b	72,76	73,66	5359,50	0,04	106,6	6,02	7,557	14,10		1,38			
C1.4.8a	73,22	72,7	5323,09	0,04	108,8	3,91	7,401	13,90		1,58			
C1.4.8b	73,22	72,7	5323,09	0,04	120,8	4,08	6,437	12,09		3,39			
C1.4.9a	72,46	72,18	5229,80	0,04	129	2,6	8,791	16,81		1,33			
C1.4.9b	72,46	72,18	5229,80	0,04	111,8	2,79	7,564	14,46		1,02			
C1.4.10a	72,92	73	5323,16	0,04	119,8	2,49	8,099	15,21		0,27			
C1.4.10b	72,92	73	5323,16	0,04	118,4	3,03	8,039	15,10		0,38			

Amassada Pf:40kg/cm², Tc: 800ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C2.1.1a	72,62	72,2	5243,16	0,05	160,6	3,16	7,784	14,85	15,27	0,42	10,10	3,18	0,21
C2.1.1b	72,62	72,2	5243,16	0,05	180,2	3,49	8,72	16,63		1,36			
C2.1.2a	72,53	72,61	5266,04	0,05	163,2	5,25	7,962	15,12		0,15			
C2.1.2b	72,53	72,61	5266,04	0,05	165,4	3,65	9,663	18,35		3,08			
C2.1.3a	72,69	71,75	5215,51	0,05	108,1	4,15	6,223	11,93		3,34			
C2.1.3b	72,69	71,75	5215,51	0,05	186	3,44	10,91	20,92		5,65			
C2.1.4a	72,81	72,91	5308,21	0,05	219,6	3,46	12,878	24,26		8,99			
C2.1.4b	72,81	72,91	5308,21	0,05	156,8	3,37	9,115	17,17		1,90			
C2.1.5a	72,52	71,91	5214,55	0,05	117,2	3,76	5,557	10,66		4,61			
C2.1.5b	72,52	71,91	5214,55	0,05	138	3,19	6,702	12,85		2,42			
C2.1.6a	72,65	72,2	5245,33	0,05	130,4	4,05	6,989	13,32		1,94			
C2.1.6b	72,65	72,2	5245,33	0,05	113	5,4	7,617	14,52		0,75			
C2.1.7a	72,85	73,3	5339,91	0,05	108	4,88	6,22	11,65		3,62			
C2.1.7b	72,85	73,3	5339,91	0,05	116,2	5,39	7,887	14,77		0,50			
C2.1.8a	72,42	72,23	5230,90	0,05	105,6	6,2	7,19	13,75		1,52			
C2.1.8b	72,42	72,23	5230,90	0,05	108,2	4,14	7,28	13,92		1,35			
C2.1.9a	72,93	72,2	5265,19	0,05	110,2	3,7	8,791	16,70		1,43			
C2.1.9b	72,93	72,2	5265,19	0,05	115,8	4,03	7,824	14,86		0,41			
C2.1.10a	73,18	73,13	5351,65	0,05	110	4,25	7,486	13,99		1,28			
C2.1.10b	73,18	73,13	5351,65	0,05	119,6	4,04	8,114	15,16		0,11			

Amassada Pf:40kg/cm², Tc: 850ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C2.2.1a	72,58	71,93	5220,68	0,05	202,6	2,1	11,935	22,86	18,40	4,46	5,13	2,27	0,12
C2.2.1b	72,58	71,93	5220,68	0,05	180,8	2,1	10,615	20,33		1,93			
C2.2.2a	72,46	71,8	5202,27	0,05	177	3,72	10,379	19,95		1,55			
C2.2.2b	72,46	71,8	5202,27	0,05	184,4	3,26	10,847	20,85		2,45			
C2.2.3a	72,74	72,15	5247,83	0,05	162,6	6,39	9,527	18,15		0,24			
C2.2.3b	72,74	72,15	5247,83	0,05	170,6	4,92	10,007	19,07		0,67			
C2.2.4a	72,61	72,28	5248,25	0,05	161	1,82	9,346	17,81		0,59			
C2.2.4b	72,61	72,28	5248,25	0,05	188,4	1,06	10,967	20,90		2,50			
C2.2.5a	72,70	72,82	5293,65	0,05	146,8	4,4	7,147	13,50		4,90			
C2.2.5b	72,70	72,82	5293,65	0,05	153,8	3,78	7,508	14,18		4,22			
C2.2.6a	72,52	72,07	5226,52	0,05	127,8	2,94	9,062	17,34		1,06			
C2.2.6b	72,52	72,07	5226,52	0,05	138,1	3,55	9,379	17,95		0,45			
C2.2.7a	72,47	71,84	5206,24	0,05	121,2	5,02	8,29	15,92		2,48			
C2.2.7b	72,47	71,84	5206,24	0,05	147,4	4,76	10,031	19,27		0,87			
C2.2.8a	72,74	72,69	5287,47	0,05	158,8	5,47	10,826	20,47		2,08			
C2.2.8b	72,74	72,69	5287,47	0,05	128,2	6,67	9,895	18,71		0,32			
C2.2.9a	72,57	71,95	5221,05	0,05	112,4	4,4	8,696	16,66		1,74			
C2.2.9b	72,57	71,95	5221,05	0,05	124,8	3,08	9,672	18,53		0,13			
C2.2.10a	72,42	71,67	5189,98	0,05	120,6	6,44	9,322	17,96		0,44			
C2.2.10b	72,42	71,67	5189,98	0,05	117,2	6,2	9,11	17,55		0,85			

Amassada Pf:40kg/cm², Tc: 900ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C2.3.1a	72,31	71,73	5186,80	0,05	183,4	2,49	12,578	24,25	23,26	0,99	11,68	3,42	0,15
C2.3.1b	72,31	71,73	5186,80	0,05	221,4	2,58	15,237	29,38		6,12			
C2.3.2a	72,53	71,79	5206,93	0,05	185,3	2,92	14,409	27,67		4,41			
C2.3.2b	72,53	71,79	5206,93	0,05	167,6	4,39	13,036	25,04		1,78			
C2.3.3a	72,29	71,83	5192,23	0,05	166,4	2,8	12,999	25,04		1,78			
C2.3.3b	72,29	71,83	5192,23	0,05	128,8	3,35	9,95	19,16		4,10			
C2.3.4a	72,33	71,58	5177,38	0,05	128	4,76	9,936	19,19		4,07			
C2.3.4b	72,33	71,58	5177,38	0,05	171,4	3,79	12,768	24,66		1,40			
C2.3.5a	72,54	73,62	5340,03	0,05	232,8	3,69	11,465	21,47		1,79			
C2.3.5b	72,54	73,62	5340,03	0,05	249,2	4,23	12,256	22,95		0,31			
C2.3.6a	72,43	71,59	5184,91	0,05	152,6	3,6	13,55	26,13		2,87			
C2.3.6b	72,43	71,59	5184,91	0,05	126,2	5,16	9,897	19,09		4,17			
C2.3.7a	72,25	71,61	5173,82	0,05	134	4,85	10,348	20,00		3,26			
C2.3.7b	72,25	71,61	5173,82	0,05	104	5,08	8,039	15,54		7,72			
C2.3.8a	72,50	72,1	5226,89	0,05	167,4	3,13	13,124	25,11		1,85			
C2.3.8b	72,50	72,1	5226,89	0,05	156,6	3,82	12,08	23,11		0,15			
C2.3.9a	72,34	72,26	5227,29	0,05	164	3,41	12,77	24,43		1,17			
C2.3.9b	72,34	72,26	5227,29	0,05	143,8	4,73	11,155	21,34		1,92			
C2.3.10a	72,29	71,37	5158,98	0,05	168	4,81	13,774	26,70		3,44			
C2.3.10b	72,29	71,37	5158,98	0,05	165,4	4,78	12,873	24,95		1,69			

Amassada Pf:40kg/cm², Tc: 950ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C2.4.1a	72,39	71,62	5184,57	0,05	132,4	5,09	10,17	19,62	21,70	2,08	7,93	2,82	0,13
C2.4.1b	72,39	71,62	5184,57	0,05	179,4	3,57	14,704	28,36		6,67			
C2.4.2a	72,38	72,42	5241,76	0,05	199,2	4,77	13,647	26,04		4,34			
C2.4.2b	72,38	72,42	5241,76	0,05	167,8	4,66	11,521	21,98		0,28			
C2.4.3a	72,20	71,82	5185,40	0,05	154,2	5,24	10,732	20,70		1,00			
C2.4.3b	72,20	71,82	5185,40	0,05	150,2	2,96	10,23	19,73		1,97			
C2.4.4a	72,29	71,74	5186,08	0,05	148,2	3,92	10,075	19,43		2,27			
C2.4.4b	72,29	71,74	5186,08	0,05	152	2,88	10,392	20,04		1,66			
C2.4.5a	72,59	72,68	5275,48	0,05	237,6	3,64	11,679	22,14		0,44			
C2.4.5b	72,59	72,68	5275,48	0,05	271	3,8	13,195	25,01		3,32			
C2.4.6a	72,22	72,26	5218,62	0,05	123	3,98	9,536	18,27		3,42			
C2.4.6b	72,22	72,26	5218,62	0,05	122,4	4,09	9,427	18,06		3,63			
C2.4.7a	72,47	72,38	5245,38	0,05	157	3,57	12,25	23,35		1,66			
C2.4.7b	72,47	72,38	5245,38	0,05	140,6	4,55	10,787	20,56		1,13			
C2.4.8a	72,52	73,65	5340,73	0,05	135,2	3,76	10,503	19,67		2,03			
C2.4.8b	72,52	73,65	5340,73	0,05	133,2	3,23	10,344	19,37		2,33			
C2.4.9a	72,26	71,69	5180,32	0,05	144	2,93	11,205	21,63		0,07			
C2.4.9b	72,26	71,69	5180,32	0,05	141,6	2,14	10,891	21,02		0,67			
C2.4.10a	72,58	72,81	5284,55	0,05	176,8	3,84	13,739	26,00		4,30			
C2.4.10b	72,58	72,81	5284,55	0,05	157,2	5,06	12,122	22,94		1,24			

Amassada Pf:50kg/cm², Tc: 800ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C3.1.1a	72,61	72,31	5250,07	0,08	210,6	4,37	10,329	19,67	16,67	3,00	3,91	1,98	0,12
C3.1.1b	72,61	72,31	5250,07	0,08	195	6,31	9,436	17,97		1,30			
C3.1.2a	72,59	71,82	5213,41	0,08	164,4	4,44	8,088	15,51		1,16			
C3.1.2b	72,59	71,82	5213,41	0,08	161,2	3,19	7,846	15,05		1,62			
C3.1.3a	72,50	72,01	5220,73	0,08	161,6	5,5	7,815	14,97		1,70			
C3.1.3b	72,50	72,01	5220,73	0,08	169,8	3,8	8,311	15,92		0,75			
C3.1.4a	72,61	72,47	5262,05	0,08	193,4	5,86	9,427	17,92		1,24			
C3.1.4b	72,61	72,47	5262,05	0,08	165,6	5,39	8,066	15,33		1,34			
C3.1.5a	72,53	72,08	5227,96	0,08	219	2,91	10,774	20,61		3,94			
C3.1.5b	72,53	72,08	5227,96	0,08	168,8	3,59	8,286	15,85		0,82			
C3.1.6a	72,79	72,44	5272,55	0,08	122,6	5,97	9,43	17,89		1,21			
C3.1.6b	72,79	72,44	5272,55	0,08	105,2	5,04	7,268	13,78		2,89			
C3.1.7a	72,65	71,75	5212,64	0,08	109,2	6,12	7,73	14,83		1,84			
C3.1.7b	72,65	71,75	5212,64	0,08	107,4	4,17	9,335	17,91		1,24			
C3.1.8a	72,66	72,41	5261,31	0,08	109,8	3,16	9,513	18,08		1,41			
C3.1.8b	72,66	72,41	5261,31	0,08	108,2	2,9	7,041	13,38		3,29			
C3.1.9a	72,74	72,52	5274,74	0,08	113,8	5,25	9,864	18,70		2,03			
C3.1.9b	72,74	72,52	5274,74	0,08	112,8	5,1	9,767	18,52		1,84			
C3.1.10a	72,62	72,62	5273,30	0,08	103,4	3,13	8,3	15,74		0,93			
C3.1.10b	72,62	72,62	5273,30	0,08	105,6	3,16	8,35	15,83		0,84			

Amassada Pf:50kg/cm², Tc: 850ºC

Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C3.2.1a	72,68	72,94	5300,91	0,08	261,2	3,51	12,803	24,15	22,98	1,17	6,66	2,58	0,11
C3.2.1b	72,68	72,94	5300,91	0,08	282,4	4,2	12,946	24,42		1,44			
C3.2.2a	72,50	72,9	5285,25	0,08	221,2	4,52	10,674	20,20		2,78			
C32.2b	72,50	72,9	5285,25	0,08	251,2	4,65	12,336	23,34		0,36			
C3.2.3a	72,25	71,28	5149,98	0,08	219,2	3,55	10,749	20,87		2,11			
C3.2.3b	72,25	71,28	5149,98	0,08	210,4	3,67	10,304	20,01		2,97			
C3.2.4a	72,54	72,57	5263,86	0,08	237,2	3,19	11,661	22,15		0,83			
C3.2.4b	72,54	72,57	5263,86	0,08	265,2	3,43	13,078	24,84		1,87			
C3.2.5a	72,53	72,39	5250,08	0,08	250,4	3,53	12,3	23,43		0,45			
C3.2.5b	72,53	72,39	5250,08	0,08	286,4	4,6	14,125	26,90		3,93			
C3.2.6a	72,27	71,92	5197,66	0,08	132,2	3,01	11,527	22,18		0,80			
C3.2.6b	72,27	71,92	5197,66	0,08	121,6	2,52	10,655	20,50		2,48			
C3.2.7a	72,46	72,45	5249,73	0,08	154,6	3,52	13,596	25,90		2,92			
C3.2.7b	72,46	72,45	5249,73	0,08	117,4	4,76	10,273	19,57		3,41			
C3.2.8a	72,29	71,81	5191,14	0,08	147	4,75	12,951	24,95		1,97			
C3.2.8b	72,29	71,81	5191,14	0,08	139,4	4,99	12,204	23,51		0,53			
C31.2.9a	72,53	72,6	5265,32	0,08	149,6	1,31	13,061	24,81		1,83			
C3.2.9b	72,53	72,6	5265,32	0,08	101	3,23	9,95	18,90		4,08			
C3.2.10a	72,47	72,07	5222,91	0,08	125,4	5,21	10,873	20,82		2,16			
C3.2.10b	72,47	72,07	5222,91	0,08	166,8	3,06	14,686	28,12		5,14			

Amassada Pf:50kg/cm², Tc: 900ºC

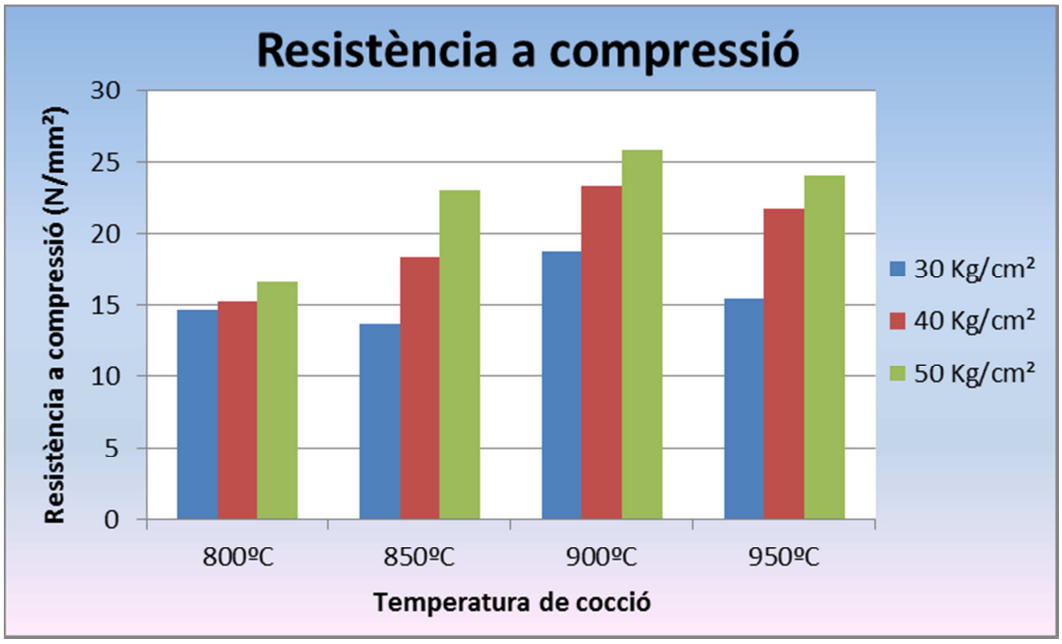
Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C3.3.1a	72,28	72,08	5209,58	0,08	242,6	2,97	11,948	22,93	25,82	2,88	17,82	4,22	0,16
C3.3.1b	72,28	72,08	5209,58	0,08	105,4	3,94	11,682	22,42		3,39			
C3.3.2a	72,17	71,37	5150,77	0,08	141,8	5,21	11,075	21,50		4,31			
C3.3.2b	72,17	71,37	5150,77	0,08	207	3,63	16,29	31,63		5,81			
C3.3.3a	72,33	71,93	5202,34	0,08	202,6	4,12	15,945	30,65		4,83			
C3.3.3b	72,33	71,93	5202,34	0,08	164,6	4,85	12,847	24,69		1,12			
C3.3.4a	72,08	71,42	5147,60	0,08	214,4	4,1	16,844	32,72		6,91			
C3.3.4b	72,08	71,42	5147,60	0,08	190,2	3,84	14,865	28,88		3,06			
C3.3.5a	72,38	71,95	5207,38	0,08	195,2	3,57	15,33	29,44		3,62			
C3.3.5b	72,38	71,95	5207,38	0,08	199,8	4,57	15,715	30,18		4,36			
C3.3.6a	72,28	72,07	5209,22	0,08	150,4	6,03	13,158	25,26		0,56			
C3.3.6b	72,28	72,07	5209,22	0,08	130,6	3,46	11,397	21,88		3,94			
C3.3.7a	72,38	72,31	5233,44	0,08	112,8	5,99	9,962	19,04		6,78			
C3.3.7b	72,38	72,31	5233,44	0,08	106,2	1,84	9,718	18,57		7,25			
C3.3.8a	72,42	72,62	5258,78	0,08	174,4	2,93	15,336	29,16		3,35			
C3.3.8b	72,42	72,62	5258,78	0,08	162,8	2,4	14,235	27,07		1,25			
C3.3.9a	72,17	71,16	5135,62	0,08	125,4	4,48	11,001	21,42		4,39			
C3.3.9b	72,17	71,16	5135,62	0,08	149,4	4,89	13,102	25,51		0,30			
C3.3.10a	72,12	71,46	5153,70	0,08	148,4	5,7	12,975	25,18		0,64			
C3.3.10b	72,12	71,46	5153,70	0,08	164,4	2,91	14,526	28,19		2,37			

Amassada Pf:50kg/cm², Tc: 950ºC

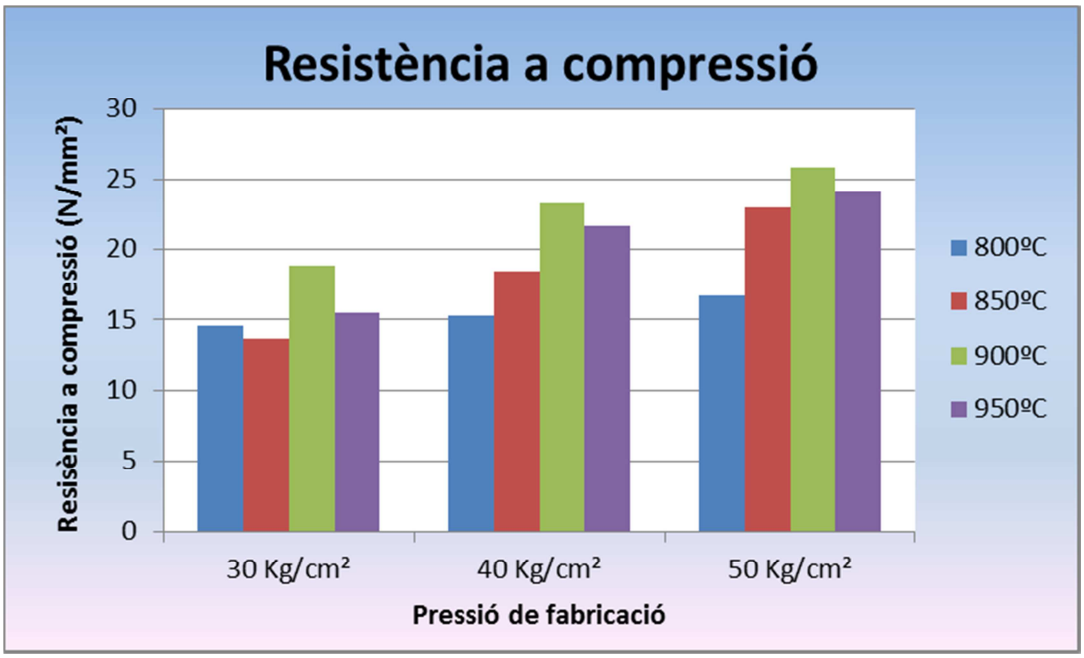
Mostra	Long. Cara 1 (mm)	Long. Cara 2 (mm)	Superfície (mm²)	Vel. Comp. (T/s)	Duratada assaig (seg)	Deformació màx. (mm)	Càrrega màx. (Tn)	Resistència a compressió (N/mm²)		Coef. de variació ind.	Variança	Desv. Estand	Coef de variació.
C3.4.1a	72,45	73,05	5292,11	0,08	205,1	3,7	16,117	30,45	24,10	6,35	13,10	3,62	0,15
C3.4.1b	72,45	73,05	5292,11	0,08	188,2	2,83	14,772	27,91		3,81			
C3.4.2a	72,19	71,66	5173,14	0,08	170,4	3,76	13,305	25,72		1,62			
C3.4.2b	72,19	71,66	5173,14	0,08	173,6	5,72	14,187	27,42		3,32			
C3.4.3a	72,19	71,78	5181,80	0,08	163,1	6,57	14,361	27,71		3,61			
C3.4.3b	72,19	71,78	5181,80	0,08	134,4	7,97	11,91	22,98		1,12			
C3.4.4a	72,37	72,25	5228,73	0,08	137,1	5,04	12,054	23,05		1,05			
C3.4.4b	72,37	72,25	5228,73	0,08	153,1	3,86	13,468	25,76		1,66			
C3.4.5a	72,37	71,89	5202,68	0,08	162,2	4,96	14,284	27,46		3,36			
C3.4.5b	72,37	71,89	5202,68	0,08	162,8	4,32	14,361	27,60		3,50			
C3.4.6a	72,25	71,37	5156,13	0,08	103,8	2,57	9,832	19,07		5,03			
C3.4.6b	72,25	71,37	5156,13	0,08	104,2	2,47	9,616	18,65		5,45			
C3.4.7a	72,52	72,77	5276,92	0,08	136,1	3,44	11,948	22,64		1,46			
C3.4.7b	72,52	72,77	5276,92	0,08	155,4	3,74	13,616	25,80		1,70			
C3.4.8a	72,39	71,84	5200,50	0,08	106,4	4,1	9,526	18,32		5,78			
C3.4.8b	72,39	71,84	5200,50	0,08	124,4	3,1	10,989	21,13		2,97			
C3.4.9a	72,25	72,27	5221,15	0,08	125,2	2,45	10,846	20,77		3,33			
C3.4.9b	72,25	72,27	5221,15	0,08	132,1	2,57	11,693	22,40		1,70			
C3.4.10a	72,60	72,39	5255,51	0,08	159,6	2,55	14,118	26,86		2,76			
C3.4.10b	72,60	72,39	5255,51	0,08	111,4	3,67	10,655	20,27		3,83			

Taula resum de resistència a compressió

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	14,62	13,69	18,8	15,48
40 Kg/cm²	15,27	18,4	23,26	21,7
50 Kg/cm²	16,67	22,98	25,82	24,1



Gràfica 23. *Resistència a compressió 1*



Gràfica 24. *Resistència a compressió 2*

Conclusions

Segons el CTE-DB SE-F, de seguretat estructural de fàbrica, la resistència normalitzada a compressió mínima de les peces ceràmiques serà de 5N/mm2. Per convertir la resistència a compressió de les peces segons UNE s'ha d'aplicar un coeficient dictat per el règim de condicionament per assecat a l'aire i el factor de forma. Segons les condicions utilitzades el coeficient que s'ha d'aplicar és de 0,95 i al aplicar-lo el valor més baix de les provetes compleix el requisit, per això les provetes ceràmiques amb fang fabricades amb pressions i temperatures de cocció utilitzades compleixen el CTE en resistència a compressió.

Dit això, i observant el resultats obtinguts és pot observar clarament que la pressió de fabricació influeix directament en la resistència de les provetes, fent que a major pressió de fabricació major resistència. En el cas de les temperatures de cocció, es pot dir que també influeix directament en la resistència a compressió però a la vegada es pot observar que la que major resultats dona és la temperatura de 900ªC per sobre la resta. Es veu directament en totes les amassades, doncs és la temperatura més adequada seguit de la 950ºC, 850ºC i 800ºC successivament.

7.5.Assaig SEM

Introducció

Posteriorment als assajos realitzats de conductivitat tèrmica densitat i compressió, les dues provetes 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 d'escaneig electrònic SEM "scanning Electron Microscope".

Normativa

El procediment d'anàlisis de les mostres en el camp de la microscòpia, anàlisis química estructural i espectrometria de masses ha estat seguit per la normativa de qualitat ISO 9001:2008. Certificat ES15/18917 de normativa adjunt a l'annex

Procediment

Les provetes han seguit una sèrie de passos i processos previs per poder ser analitzats amb el microscopi electrònic.

Primer de tot les provetes han sigut seccionades transversalment per la seva meitat fent un petit llistó. Ha sigut important comentar quina de les cares ha estat la comprimida alhora de fer les provetes i quina la cara fixa ja que en les mateixes provetes poden sorgir diferents compactacions i a la vegada diferents porositats. Les provetes han estat tallades amb moll, posteriorment s'han sacat a 120ºC a l'estufa.

Un cop les mostres han estat seques se'ls hi ha fet una sèrie de polits per deixar-les preparades per poder ser observades amb el microscopi electrònic, però algunes de les mostres al ser polides s'han engrunat doncs les provetes fabricades amb pressions de fabricació de 30kg/cm2 no han aguantat alguns dels polits i s'esmicolaven fent imperfeccions en el pla que posteriorment tenia que ser observat. Per això s'ha decidit que les seccions a observar es posessin en resines epoxídiques de dos components Rezosurf de Axon ibèrica sota buit com si es tractés d'elements tous o líquids. Un cop la resina ha estat curada se'ls hi ha fet un devastat i un polit especular.

La seqüència dels polits ha estat de (80,150,240,400,800,1200,2000)µ que correspon al número de grans per polzada lineal

Les mostres s'han recobert amb carboni per fer-les conductores i poder-les observar al SEM. Les imatges s'han capturat a 100x perquè s'ha considerat que la relació àrea-resolució es preu bona com per poder fer una bona segmentació i obtenir la màxima àrea possible.

Figura 83. Proveta tallada

Font. *Jordi Canal*

Figura 82. Tall de proveta

Font. *Jordi Canal*

Figura 84. Mostres a analitzar d'una proveta

Font. *Jordi Canal*

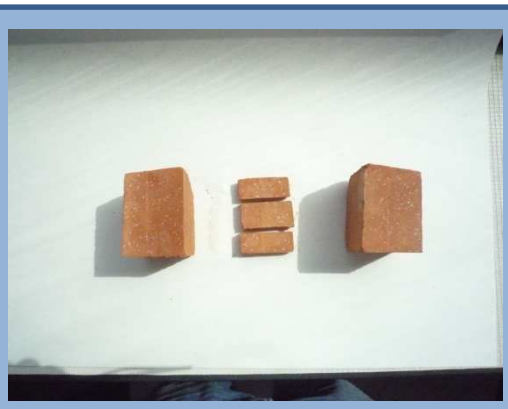


Figura 85. Parts d'una proveta tallada

Font. *Jordi Canal*

Figura 87. Polit de mostres

Font. *Jordi Canal*

Figura 86. Subtensió aquosa de carboni

Font. *Jordi Canal*

Figura 88. Mostres 1

Font. *Jordi Canal*

Figura 89. Mostres 2

Font. *Jordi Canal*

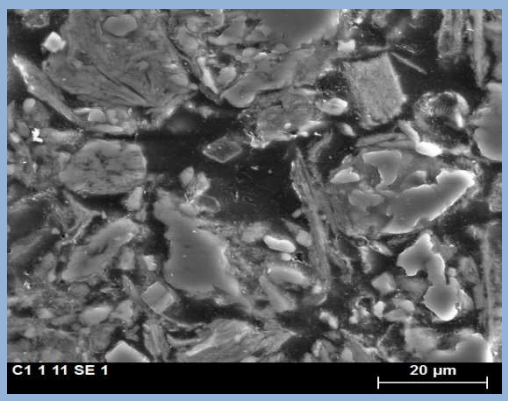


Figura 90. Mostres observada al microscopi 1

Font. *Jordi Canal*

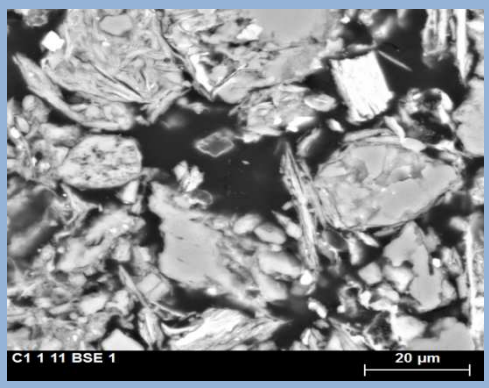
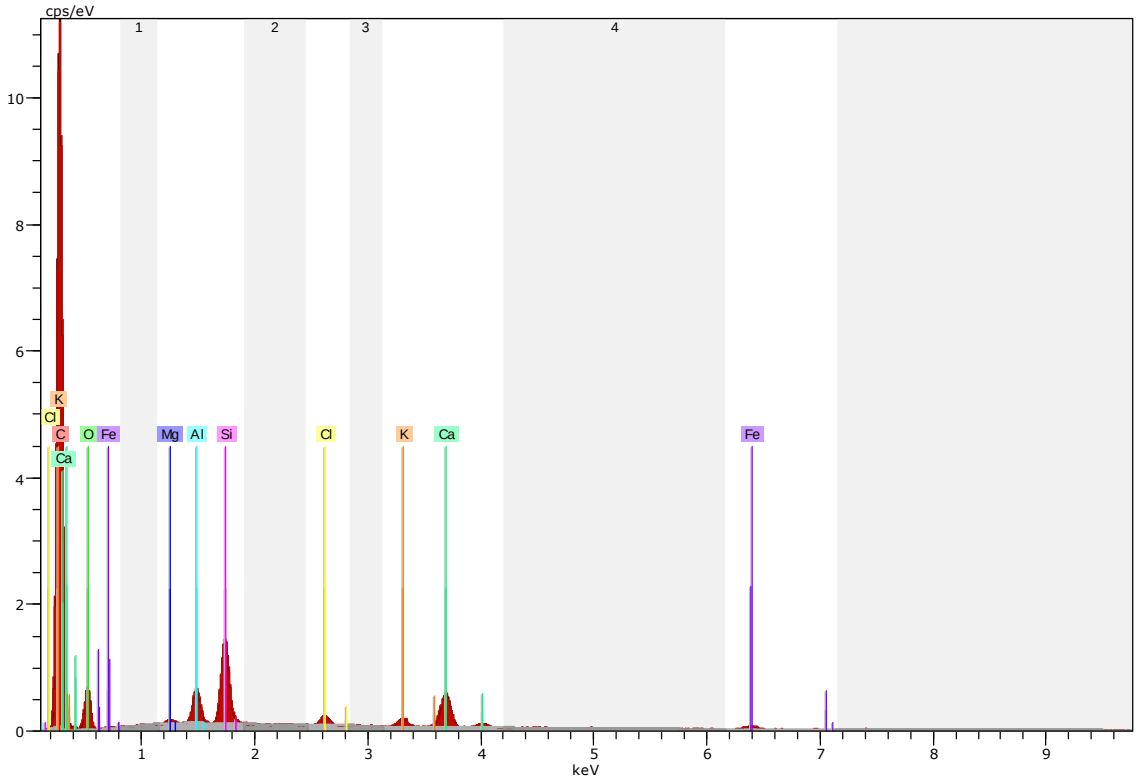


Figura 91. Mostra observada al microscopi 2

Font. *Jordi Canal*

Per comprovar que les parts negres de la imatge són porus s'ha fet un microanàlisis EDX d'un d'ells i s'ha comprovat que només surt un pic de C i ClI (pertanyent a la resina epoxídica que reomple els porus i al recobriment de C realitzat). Així doncs es pot assegurar que les parts de les imatges negres corresponen a zones buides o sigui porus. En aquest anàlisis també es pot observar la composició química de la corresponent proveta.



Spectrum: C1 1 11 1

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]
Carbono	K-series	79,35	79,35	86,18
Oxígeno	K-series	13,51	13,51	11,01
Magnesio	K-series	0,13	0,13	0,07
Aluminio	K-series	1,09	1,09	0,53
Silicio	K-series	2,27	2,27	1,05
Cloro	K-series	0,32	0,32	0,12
Potasio	K-series	0,44	0,44	0,15
Calcio	K-series	2,37	2,37	0,77
Hierro	K-series	0,52	0,52	0,12
	Total:	100,00	100,00	100,00

Un cop les mostres han estat observades i fotografiades amb el microscopi s'ha utilitzat el programa ImajeJ per analitzar els resultats. Primer de tot es posa la imatge original, se li aplica un contrast en el nostre cas de color vermell per sobresaltar els forats de la resta i posteriorment es selecciona el contrast per calcular l'àrea en el nostre cas de color groc. I d'aquesta manera fen la diferència d'àrees podem trobar el % de porositat que hi ha en la secció observada.

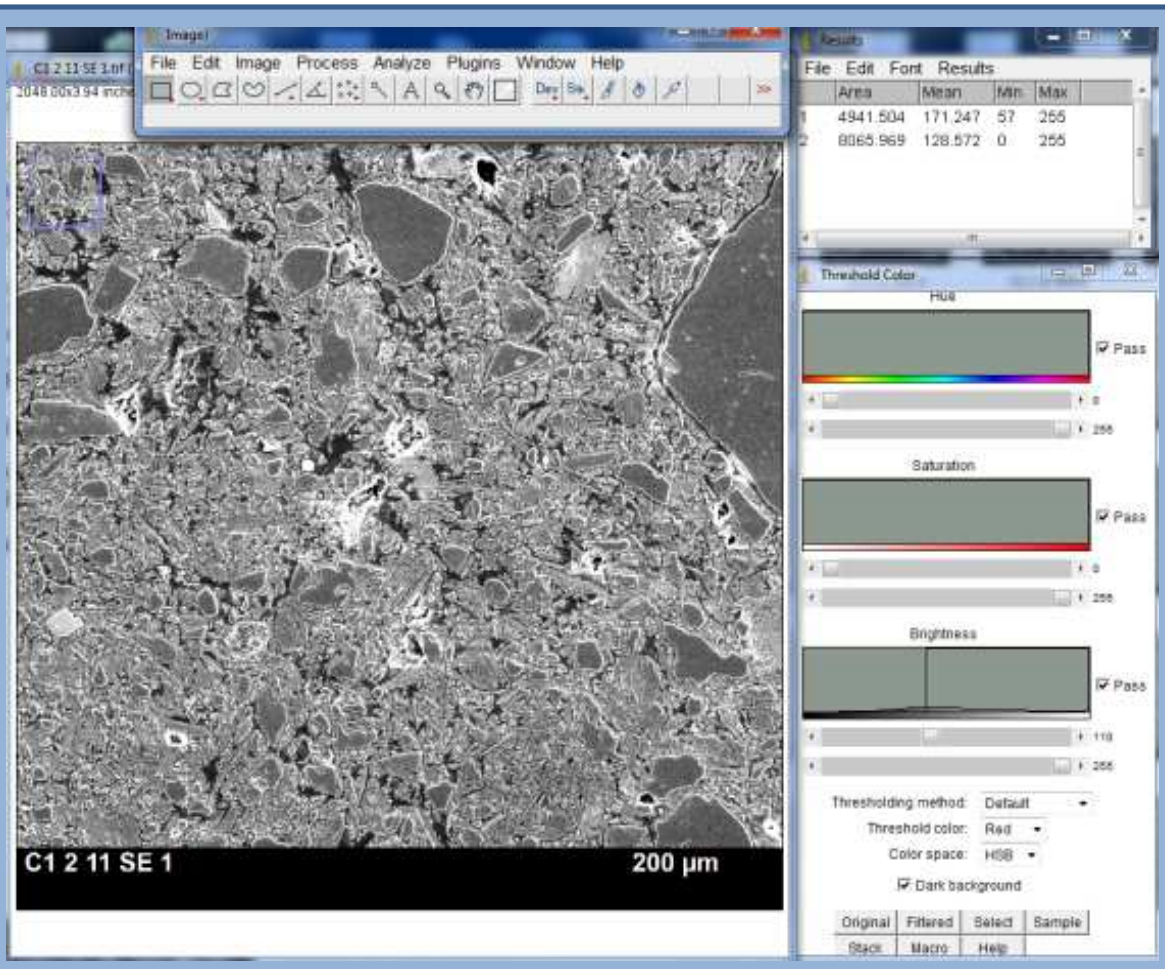


Figura 92. Mostra C1.2.11 original

Font. *Jordi Canal*

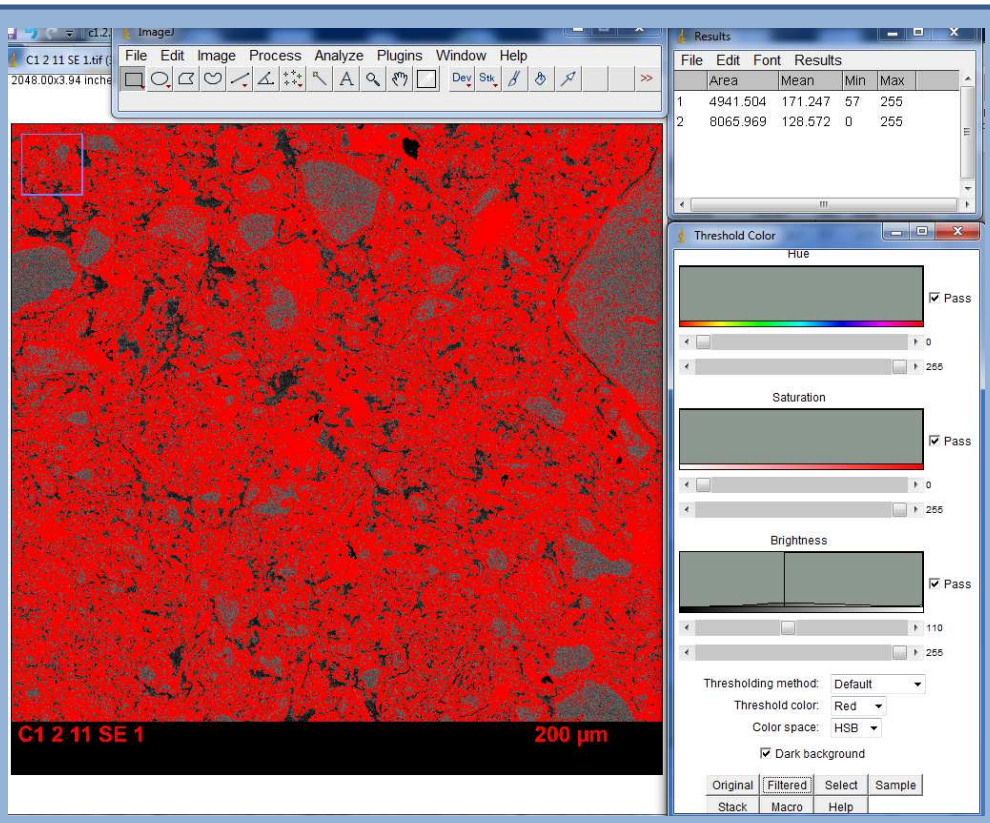


Figura 93. Mostra C1.2.11 amb contrast

Font. *Jordi Canal*

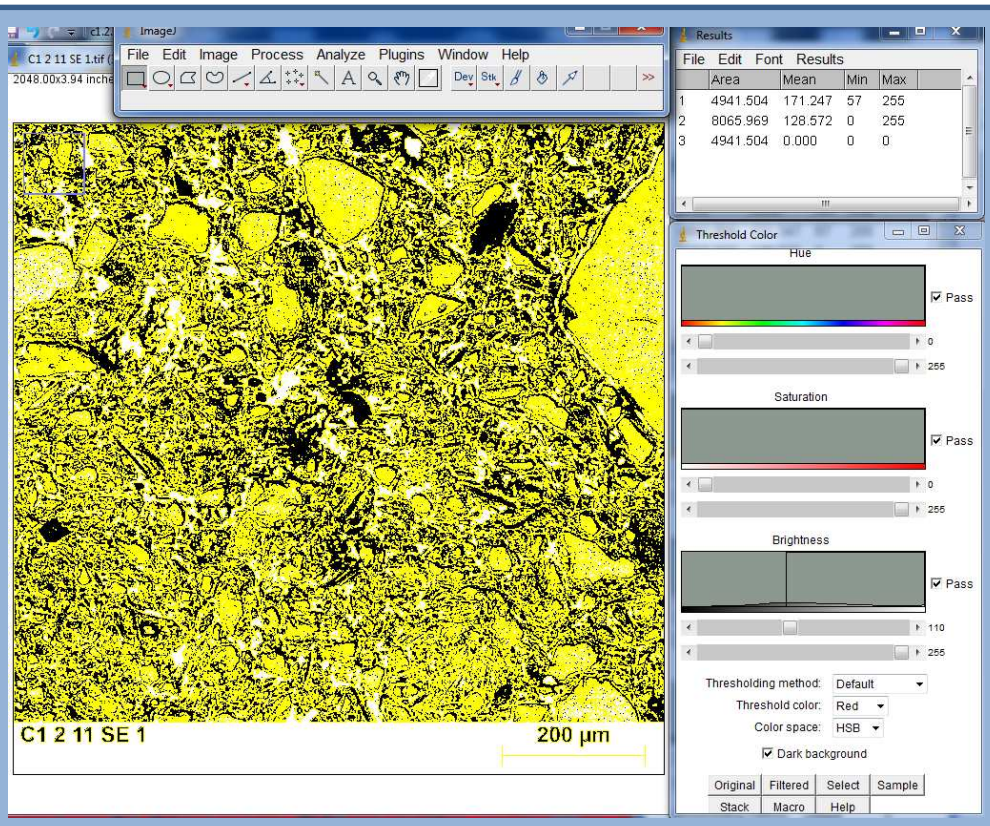


Figura 94. Mostra C1.2.11 amb selecció de contrast

Font. *Jordi Canal*

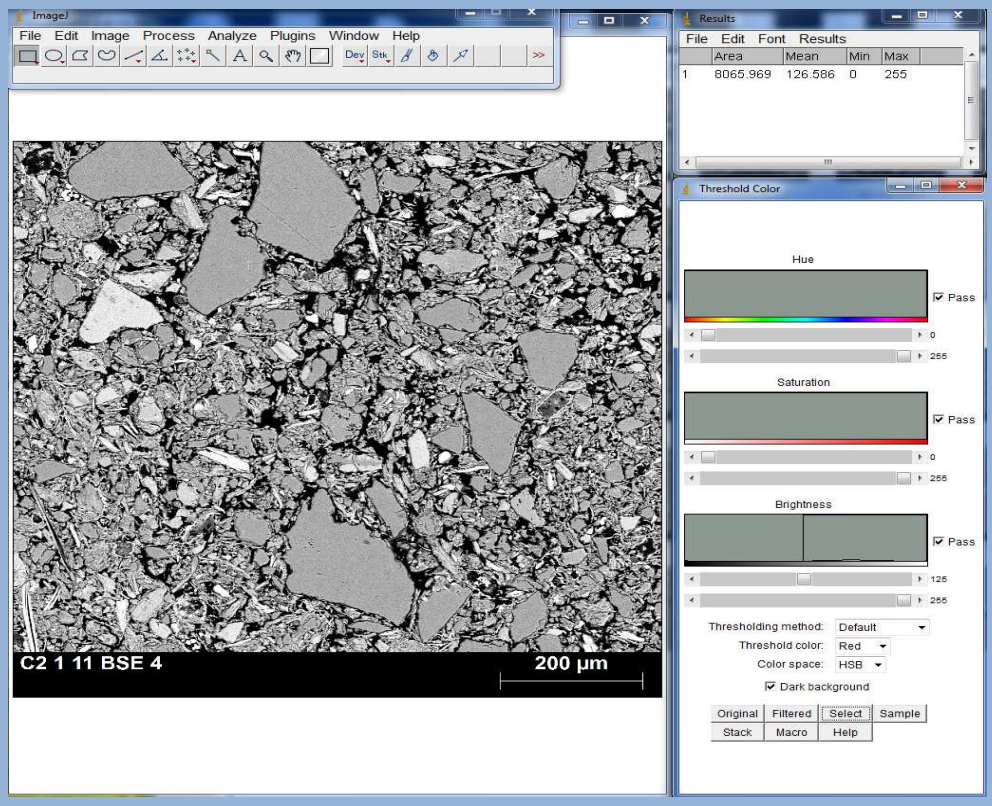


Figura 95. Mostra C2.1.11 original

Font. *Jordi Canal*

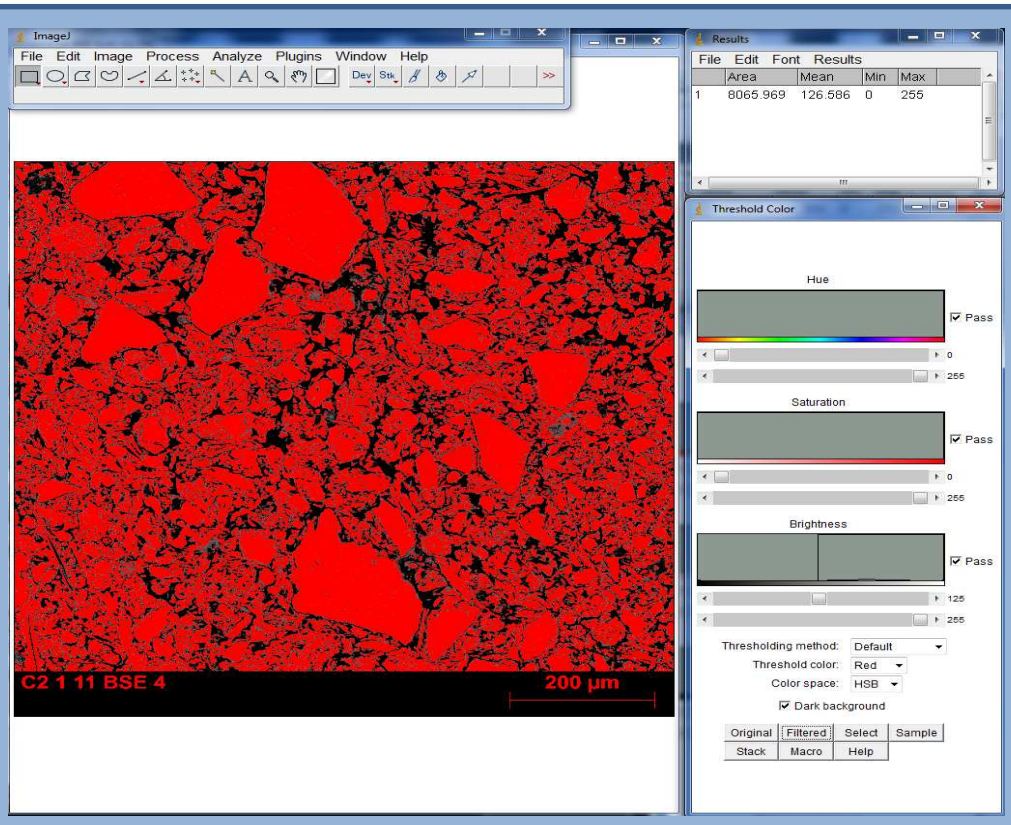


Figura 96. Mostra C2.1.11 amb contrast

Font. *Jordi Canal*

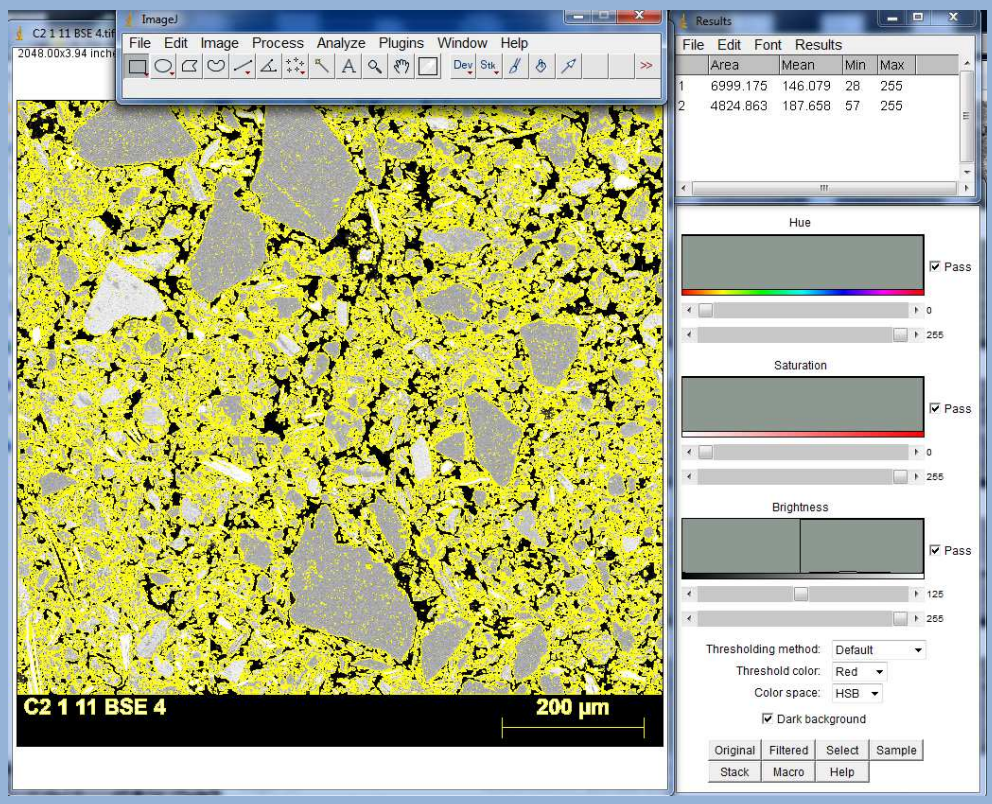


Figura 97. Mostra C2.1.11 amb selecció de contrast

Font. *Jordi Canal*

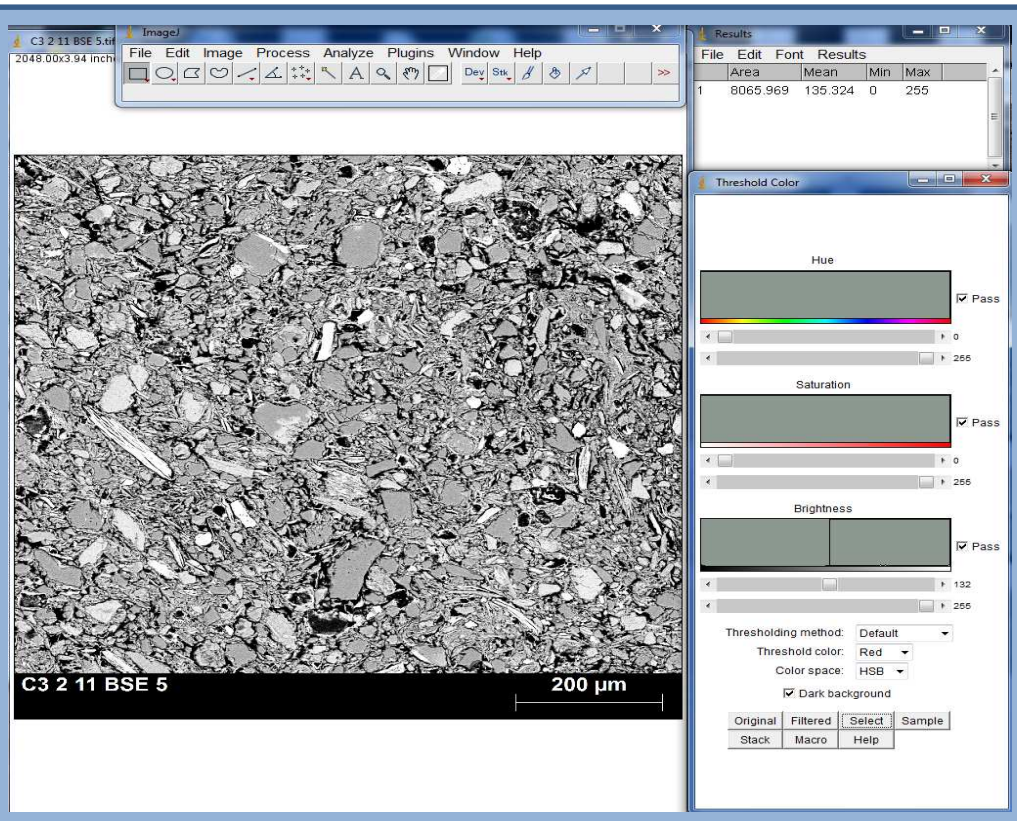


Figura 98. Mostra C3.2.11 original

Font. *Jordi Canal*

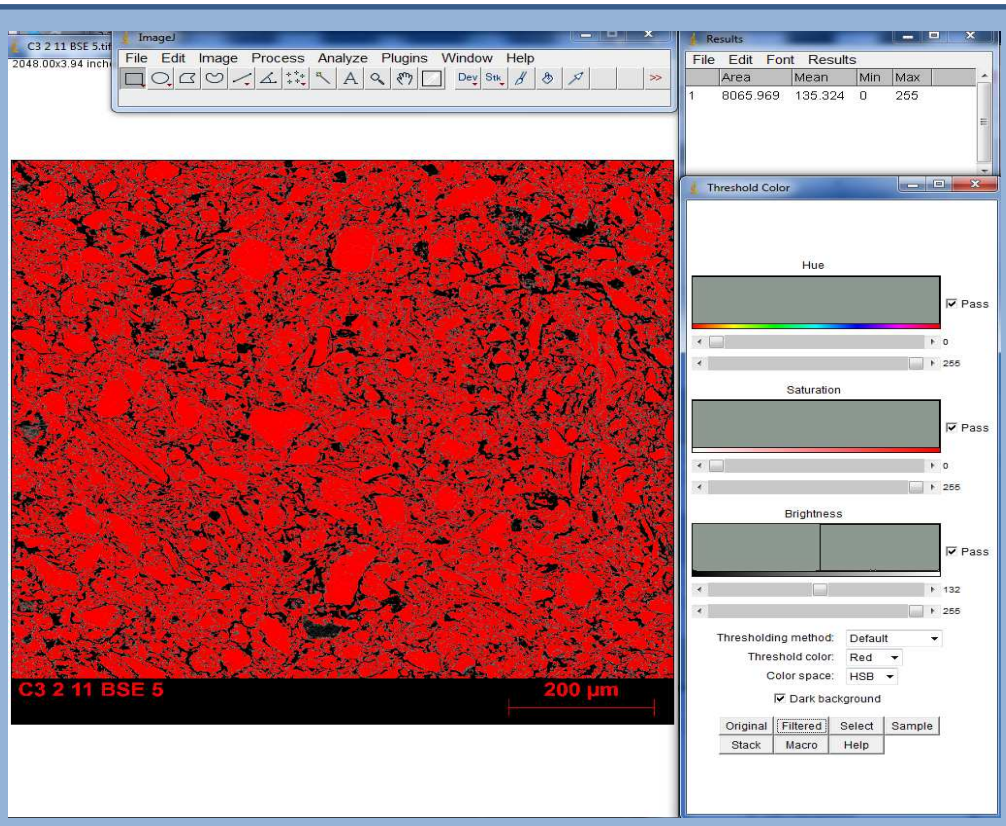


Figura 99. Mostra C3.2.11 amb contrast

Font. *Jordi Canal*

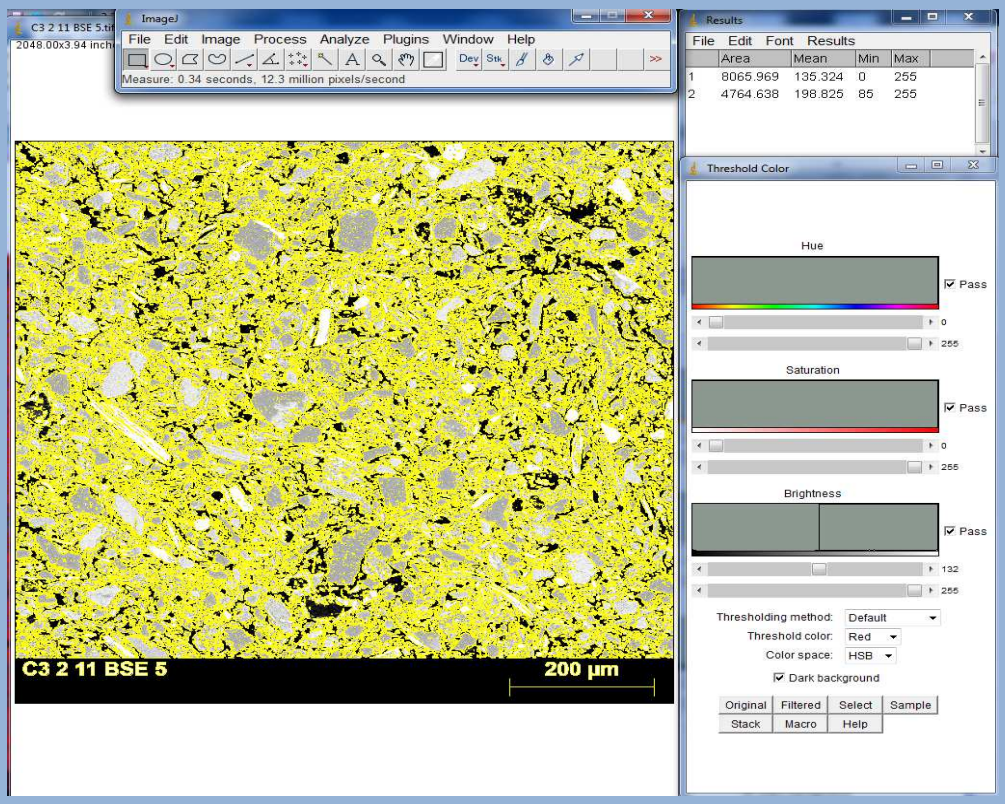


Figura 100. Mostra C3.2.11 amb contrast

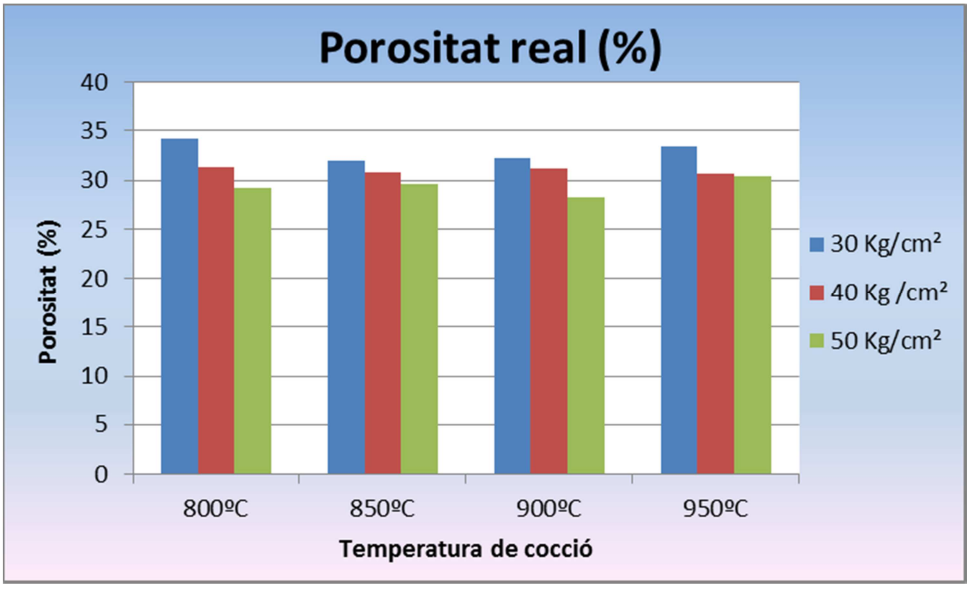
Font. *Jordi Canal*

Resultats

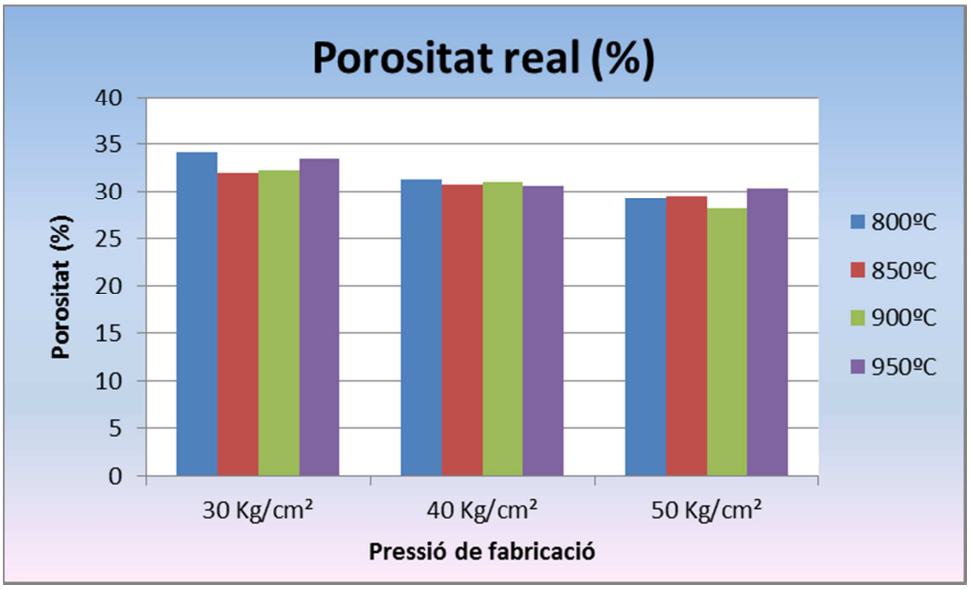
El sistema de calcular la porositat real mitjançant el sistema de contrast d'imatge ha significat uns resultats semblants als calculats en l'apartat de porositat de l'assaig de densitat. En aquest cas només s'ha observat i calculat la proveta num.11 de cada amassada i de la mateixa proveta hi ha diferents imatges donant diferents resultats en una mateixa peça.

Mostra	Porsoritat (%)	Mitjana	Mostra	Porsoritat (%)	Mitjana	Mostra	Porsoritat (%)	Mitjana
C1.1.11 BSE1	33,07		C2.1.11 BSE1	30,59		C3.1.11 BSE1	30,66	
C1.1.11 BSE2	33,65		C2.1.11 BSE2	31,98		C3.1.11 BSE2	25,07	
C1.1.11 BSE3	31,81	34,24	C2.1.11 BSE3	31,19	31,36	C3.1.11 BSE3	30,34	29,28
C1.1.11 BSE4	35,22		C2.1.11 BSE4	31,78		C3.1.11 BSE4	29,55	
C1.1.11 BSE5	37,43		C2.1.11 BSE5	31,25		C3.1.11 BSE5	30,80	
C1.2.11 BSE1	32,28		C2.2.11 BSE1	31,23		C3.2.11 BSE1	29,25	
C1.2.11 BSE2	31,51		C2.2.11 BSE2	30,93		C3.2.11 BSE2	27,79	
C1.2.11 BSE3	31,23	32,00	C2.2.11 BSE3	31,04	30,77	C3.2.11 BSE3	30,91	29,61
C1.2.11 BSE4	31,53		C2.2.11 BSE4	30,16		C3.2.11 BSE4	31,17	
C1.2.11 BSE5	33,42		C2.2.11 BSE5	30,47		C3.2.11 BSE5	28,95	
C1.3.11 BSE1	29,15		C2.3.11 BSE1	30,65		C3.3.11 BSE1	29,32	
C1.3.11 BSE2	32,72		C2.3.11 BSE2	31,49		C3.3.11 BSE2	27,50	
C1.3.11 BSE3	32,92	32,24	C2.3.11 BSE3	29,98	31,13	C3.3.11 BSE3	28,44	28,22
C1.3.11 BSE4	33,62		C2.3.11 BSE4	30,72		C3.3.11 BSE4	25,61	
C1.3.11 BSE5	32,79		C2.3.11 BSE5	32,82		C3.3.11 BSE5	30,23	
C1.4.11 BSE1	35,86		C2.4.11 BSE1	31,62		C3.4.11 BSE1	31,42	
C1.4.11 BSE2	32,85		C2.4.11 BSE2	25,98		C3.4.11 BSE2	30,99	
C1.4.11 BSE3	34,77	33,46	C2.4.11 BSE3	32,25	30,66	C3.4.11 BSE3	31,34	30,46
C1.4.11 BSE4	34,47		C2.4.11 BSE4	30,98		C3.4.11 BSE4	28,25	
C1.4.11 BSE5	29,35		C2.4.11 BSE5	32,46		C3.4.11 BSE5	30,31	

Pressió de fabricació	Temperatura de cocció			
	800ºC	850ºC	900ºC	950ºC
30 Kg/cm²	34,24	32	32,24	33,46
40 Kg/cm²	31,36	30,77	31,13	30,66
50 Kg/cm²	29,28	29,61	28,22	30,46



Gràfica 25. *Porositat real*



Gràfica 26. *Porositat real*

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.

Les temperatures de cocció no son influents en augmentar o disminuir la porositat de les imatges, com també passa amb els resultats obtinguts amb l'assaig de densitats.

Cal dir que la intenció d'aquest anàlisis també era per distingir i saber els materials exactes estaven compostos químicament les provetes ja que totes les provetes han estat fetes amb els mateixos materials però en els processos de cocció es poden produir variacions alteracions o transformacions del compost. S'ha fet impossible fer aquest anàlisis de materials per falta de temps.

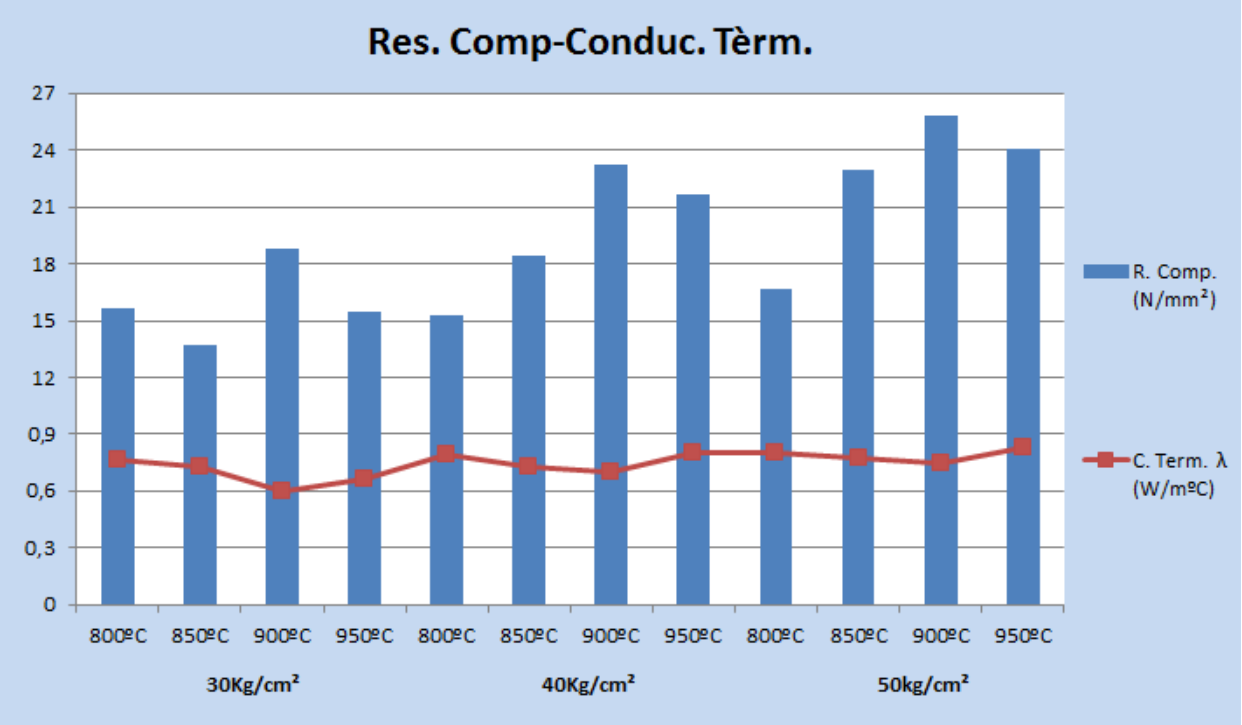
8. Conclusions finals

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.



Gràfica 27. *Relació Resistència a compressió amb conductivitat tèrmica*

9. Propostes de futur

Un cop realitzat aquest projecte final de grau i haver tret conclusions es realitzen una sèrie de propostes que es creuen convivents que serien per millorar alguns possibles aspectes que no s'han tingut en compte o no s'han valorat.

Com s'ha pogut observar que la temperatura de cocció més adequada és de 900ºC i els intervals han sigut de 50ºC respecte les altres temperatures de cocció seria convenient realitzar altres assajos significatius per comprovar la solidesa d'aquest projecte així com fer intervals més petits i més propers a 900ºC.

Seria interesant realitzar una caixa tèrmica on no només hi càpigues una peça d'algun material sinó que es pogués posar un metre quadrat de paret amb les juntes de morter corresponents per comprovar els canvis de temperatura que pot patir un mur de façana suggerint un cas real.

Una altre via d'investigació seria la de realitzar nous tipus de peces ceràmiques compostes amb materials aïllants i comprovar les seves conductivitats tèrmiques si tenen millores significatives respecte les fetes amb fangs procedents de centrals d'àrids.

10. Referències Bibliogràfiques

Articles

- M. Vazquez , J.Jiménez-Millán,*(2003) Materias primas ricas en arcilla de las Capas Rojas Tríasicas para fabricar materiales de construcción.Departamento de Geologia, facultad de ciències Experimetales Universidad de Jaén 5-20*
- Galán-Arboledas R.J., Merino A., Bueno S. (2012) *Utilización de nuevas materias primas y residuos industriales para mejorar las posibilidades de uso de los materiales cerámicos del área de Bailén (Jaén). Fundacion Innovarcilla (Centro Tecnológico de la cerámica de Andalucia) 553-568*
- Demir, I. (2008). *Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks.* Waste Management 28, 622-627.
- Monteiro, S., Alexandre, J., Margem, J.I., Sánchez, R., Vieira, C.M.F. (200). *Incorporation of sludge waste from water treatment plant into red ceramic*. Construction and Building Materials 22, 1281-1287.
- Pérez-Villarejo, L., Corpas-Iglesias, F.A., Martínez-Martínez, S., Artiaga, R., Pascual-Cosp, J. (2012). *Manufacturing new ceramic materials from clay and red mud derived from the aluminium industry*. Construction and Building Materials 35, 656-665.
- Crespo, R., Jiménez, R. (2011). *Utilización de lodos procedentes del lavado de áridos naturales en la producción de materiales de construcción*. IX Congreso cubano de geología.
- Kadir, A., Mohajerani, A. (2011). *Bricks: an exellent building material for recycling wastes – a review*. Proceedings of the LASTED Internacional Conference.

TFG/treballs

- Oliver Graells, I. (2001). *Estudi de l'aprofitament de subproductes industrials procedents del tractament d'àrids com matèria primera ceràmica.* Programa PROFIT número FIT-050000-2001-50R)

- Berthelsen Erik Molist, B., Janer Adrian, F.X. *Reaprofitament dels fangs sobrants d'una central d'àrids per a la seva aplicació a la construcció* [Informe]: Projecte Final de Carrera / Arquitectura i Enginyeria de la Construcció; Universitat de Girona: 2012. Tutor: Pareta Marjadenas, Maria Mercè.

- Vergeli Valeros, M. *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*. [Informe]: Treball final de grau / Arquitectura i Enginyeria de la Construcció; Universitat de Girona: 2014. Tutor: Pareta Marjadenas, Maria Mercè.
-
- Lozano A., Cortals J. Influencia dels fangs sobrants d'una central d'a`rids per la eva aplicació en la construcció [Informe]: Projecte final de carrera Arquitectura técnica i Enginyeria de l'Edificació, Universitat de Girona 2015. Tutor: Miquel Angel Chamorro

Normativa

- UNE-EN 8990. *Determinación de las propiedades de transmisión térmica en régimen estacionario. Métodos de la caja caliente guardada y calibrada*.

- UNE 103-301-94. *Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostàtica*.
-
- UNE 103-105-93. *Determinación de la densidad mínima de una arena*.

- UNE-EN 772-16. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones*.

- UNE-EN 772-1. *Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resisténcia a compresión*.

- Documento Basico HE, CTE DB HE Codigo tecnico de la edificación

- Catalogo de elementos constructives del CTE, DB HE y HR Codigo tecnico de la edificación

Pagines Web i altres

- Argiles colades S.A. http://www.argilescolades.com/
- Ceràmiques Piera: http://www.pieraecoceramica.com/es/
- ImageJ programa per analitzar imatges: http://www.ipb.csic.es/servicios/Microscopia/image-j.html
- Àrea Tèrmica-Laboratori de control de qualitat en l'edificació Vitoria http://www.garraioak.ejgv.euskadi.eus/r41-19380/es/contenidos/informacion/area_termica/es_atlcce/contacto.html

11. Agraïments

Molt agraït a tots els que han fet possible aquest treball final de grau:

Especialment al tutor Miquel Angel Chamorro Trenado, per guiar-me i ajudar-me en l'elaboració del treball i en moments de dubtes i dificultats

També als companys de carrera amb els que he compartit laboratori i sobretot en Josep Cortals que m'ha guiat en alguns aspectes del projecte.

Agrahir de tot cor en Pere Bellvehí Casadella, la persona que ha estat tots els dies que he estat allà, ajudant-me guiant-me i escoltant els problemes i solucionant els dubtes. La seva experiència ha sigut molt important i gratificant.

Agrahir també l'ajuda d'Argiles Colades S.A. per el subministrament de l'argila per l'elaboració del treball. En especial en Jordi, que m'ha ensenyat com s'extreia l'argila i es prestar a donar tota la informació necessària.

Donar les gràcies a en Jordi Blavia i Bergós del parc Científic i Tecnològic de la Universitat de Girona per haver pogut fer la anàlisis de les mostres ceràmiques a l'últim moment quant tenien tanta feina.

I per últim donar les gracies als familiars i amics que sempre donen suport en els moments difícils.

12. Annexes

Mesures, volums, pesos i densitats aparents de les provetes (Desemmotllat-dessecat-cocció)

Pressió 30Kg/cm2, cocció 800ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1274	72,27	145,34	55,59	583,90	2,18
2	1259,9	71,94	145,52	55,37	579,65	2,17
3	1126,8	71,65	145,04	50,98	529,79	2,13
4	1213	72,16	145,44	54,06	567,36	2,14
5	1277,5	72,14	145,83	56,12	590,39	2,16
6	1252,1	71,46	145,17	56,13	582,28	2,15
7	1276,8	72,25	145,77	56,37	593,68	2,15
8	1250	73,52	146,31	53,68	577,42	2,16
9	1299,8	71,6	145,05	58,59	608,49	2,14
10	1283,5	71,8	145,75	57,07	597,23	2,15
11	1272,1	72,27	145,03	57,95	607,39	2,09
12	1221,8	72,21	145,65	54,51	573,30	2,13

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1157,2	71,68	144,21	55,4	572,67	2,02
2	1144	71,46	144,33	54,88	566,02	2,02
3	1023	71,26	143,85	50,3	515,61	1,98
4	1101,7	72,12	144,3	53,59	557,71	1,98
5	1159,8	71,59	144,5	55,52	574,34	2,02
6	1137,3	71,35	143,82	55,62	570,75	1,99
7	1161	72,44	144,75	55,94	586,57	1,98
8	1138,2	73,12	145,15	53,22	564,84	2,02
9	1183,5	71,17	144,07	58,07	595,42	1,99
10	1168,4	71,95	144,47	56,36	585,84	1,99
11	1160,5	71,95	144,02	57,37	594,48	1,95
12	1110,7	72,8	144,42	53,87	566,38	1,96

Cuites

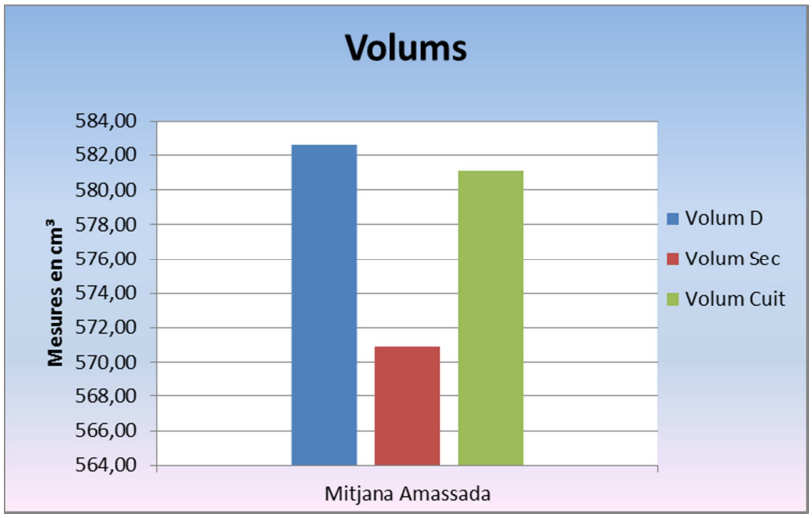
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1078,8	72,15	145,01	55,57	581,40	1,86
2	1064,5	72,35	145,4	55,05	579,11	1,84
3	951,8	71,72	144,6	50,76	526,42	1,81
4	1025,5	72,57	145,42	54,04	570,29	1,80
5	1081,3	72,17	145,27	55,8	585,01	1,85
6	1063,5	71,67	144,8	55,93	580,43	1,83
7	1082,5	72,23	145,55	56,31	591,99	1,83
8	1061,2	73,72	145,85	53,48	575,02	1,85
9	1103,2	71,71	144,76	58,28	604,99	1,82
10	1089,8	72,4	145,17	56,66	595,51	1,83
11	1084,1	72,47	144,82	57,66	605,15	1,79
12	1035,3	72,91	145,25	54,55	577,69	1,79

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
583,90	572,67	581,40	-1,92	1,52
579,65	566,02	579,11	-2,35	2,31
529,79	515,61	526,42	-2,68	2,10
567,36	557,71	570,29	-1,70	2,26
590,39	574,34	585,01	-2,72	1,86
582,28	570,75	580,43	-1,98	1,70
593,68	586,57	591,99	-1,20	0,92
577,42	564,84	575,02	-2,18	1,80
608,49	595,42	604,99	-2,15	1,61
597,23	585,84	595,51	-1,91	1,65
607,39	594,48	605,15	-2,13	1,79
573,30	566,38	577,69	-1,21	2,00
Mitjana				
582,57	570,89	581,09	-2,01	1,79

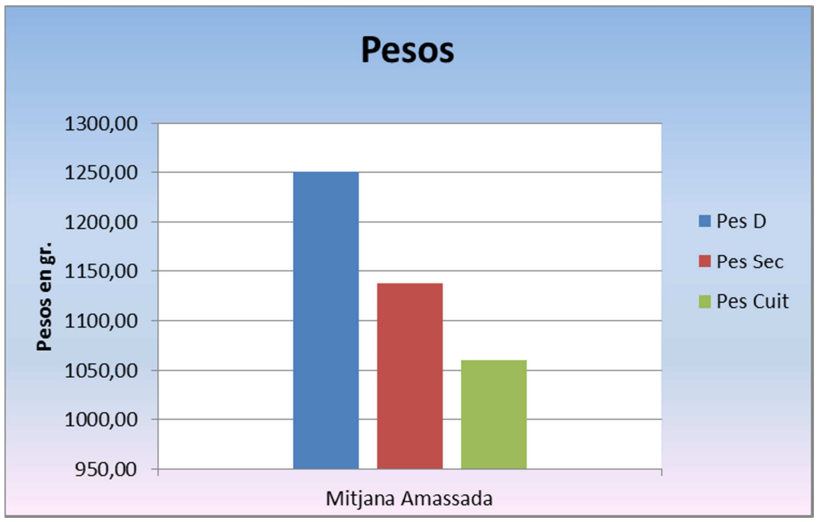
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1274,00	1157,20	1078,80	-9,17	-6,77
1259,90	1144,00	1064,50	-9,20	-6,95
1126,80	1023,00	951,80	-9,21	-6,96
1213,00	1101,70	1025,50	-9,18	-6,92
1277,50	1159,80	1081,30	-9,21	-6,77
1252,10	1137,30	1063,50	-9,17	-6,49
1276,80	1161,00	1082,50	-9,07	-6,76
1250,00	1138,20	1061,20	-8,94	-6,77
1299,80	1183,50	1103,20	-8,95	-6,78
1283,50	1168,40	1089,80	-8,97	-6,73
1272,10	1160,50	1084,10	-8,77	-6,58
1221,80	1110,70	1035,30	-9,09	-6,79
Mitjana				
1250,61	1137,11	1060,13	-9,08	-6,77

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,18	2,02	1,86	-7,39	-8,17
2,17	2,02	1,84	-7,01	-9,05
2,13	1,98	1,81	-6,72	-8,87
2,14	1,98	1,80	-7,60	-8,97
2,16	2,02	1,85	-6,68	-8,47
2,15	1,99	1,83	-7,33	-8,05
2,15	1,98	1,83	-7,97	-7,62
2,16	2,02	1,85	-6,92	-8,42
2,14	1,99	1,82	-6,95	-8,26
2,15	1,99	1,83	-7,20	-8,24
2,09	1,95	1,79	-6,79	-8,23
2,13	1,96	1,79	-7,98	-8,61
Mitjana				
2,15	1,99	1,82	-7,21	-8,41

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,43	-15,32	-14,96
-0,09	-15,51	-15,43
-0,64	-15,53	-14,99
0,52	-15,46	-15,89
-0,91	-15,36	-14,58
-0,32	-15,06	-14,79
-0,28	-15,22	-14,98
-0,42	-15,10	-14,75
-0,58	-15,13	-14,63
-0,29	-15,09	-14,85
-0,37	-14,78	-14,46
0,77	-15,26	-15,91
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-0,25	-15,24	-15,02



Gràfica 28. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 800Cº*



Gràfica 29. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 800Cº*

Pressió 30Kg/cm2, cocció 850ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1218	73,23	145,75	56,02	597,92	2,04
2	1199,7	72,41	145,52	56,07	590,82	2,03
3	1153,1	71,86	145,14	54,55	568,94	2,03
4	1173,5	72,72	145,61	54,25	574,44	2,04
5	1146,5	72,18	145	55,16	577,31	1,99
6	1177,5	72,74	145,77	53,99	572,47	2,06
7	1135,3	73,06	145,56	53,38	567,68	2,00
8	1117,9	72,84	144,94	52,03	549,30	2,04
9	1144,9	73,2	145,61	54	575,57	1,99
10	1118,6	72,5	145,61	53,5	564,78	1,98
11	1125,4	72,38	145,16	55,08	578,71	1,94
12	1221,4	73,62	145,64	57,88	620,59	1,97

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1118,3	72,57	144,85	55,78	586,35	1,91
2	1100,1	71,87	144,83	55,52	577,90	1,90
3	1058	71,66	144,14	54,1	558,80	1,89
4	1078,8	71,96	144,6	53,8	559,81	1,93
5	1052,9	71,81	144,09	54,8	567,02	1,86
6	1082,8	72,72	144,72	53,4	561,98	1,93
7	1045,4	72,85	144,8	52,83	557,29	1,88
8	1030,6	72,33	144,2	51,68	539,02	1,91
9	1058,6	72,64	144,78	53,61	563,81	1,88
10	1034,7	72,3	144,53	52,99	553,72	1,87
11	1040,6	71,91	144,34	54,85	569,31	1,83
12	1122,7	72,62	144,9	57,4	604,00	1,86

Cuites

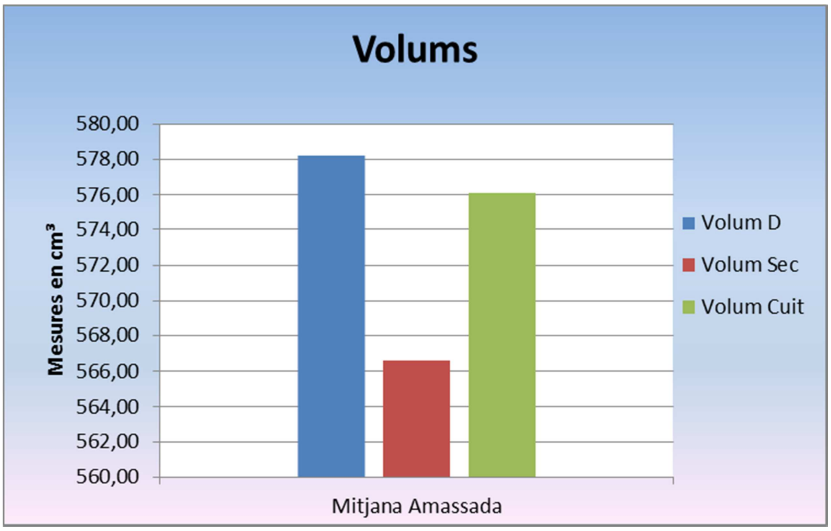
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1045,3	73,15	145,75	55,88	595,77	1,75
2	1027,4	72,27	145,99	55,8	588,73	1,75
3	985,9	71,97	144,85	54,14	564,40	1,75
4	1005,7	72,67	145,77	54,23	574,46	1,75
5	982,3	72,4	145,01	54,9	576,38	1,70
6	1009,2	72,86	145,46	53,78	569,97	1,77
7	976	72,9	145,48	53,66	569,09	1,72
8	960,5	72,49	144,97	52,18	548,35	1,75
9	986,7	72,91	145,92	53,7	571,32	1,73
10	964,8	72,45	145,52	53,6	565,10	1,71
11	971	72,09	145,02	55,16	576,67	1,68
12	1050,6	73,07	145,59	57,59	612,66	1,71

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
597,92	586,35	595,77	-1,94	1,61
590,82	577,90	588,73	-2,19	1,87
568,94	558,80	564,40	-1,78	1,00
574,44	559,81	574,46	-2,55	2,62
577,31	567,02	576,38	-1,78	1,65
572,47	561,98	569,97	-1,83	1,42
567,68	557,29	569,09	-1,83	2,12
549,30	539,02	548,35	-1,87	1,73
575,57	563,81	571,32	-2,04	1,33
564,78	553,72	565,10	-1,96	2,06
578,71	569,31	576,67	-1,62	1,29
620,59	604,00	612,66	-2,67	1,43
Mitjana				
578,21	566,58	576,08	-2,01	1,68

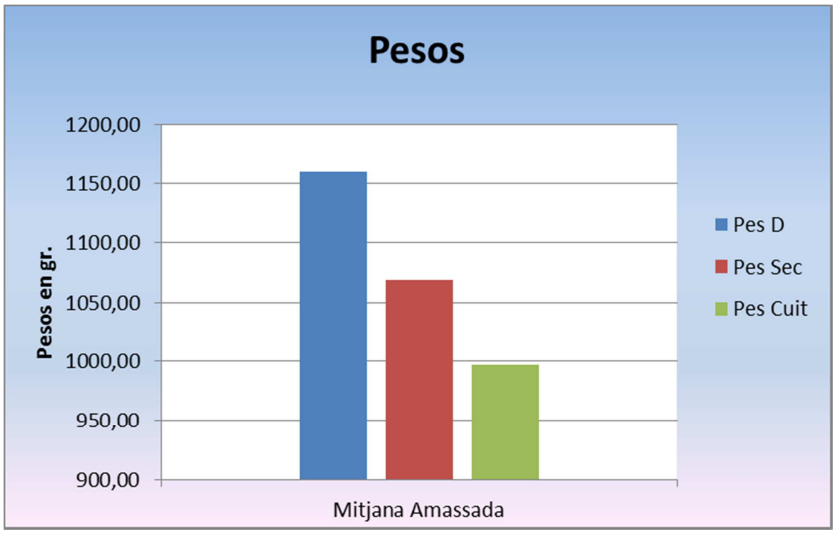
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1218,00	1118,30	1045,30	-8,19	-6,53
1199,70	1100,10	1027,40	-8,30	-6,61
1153,10	1058,00	985,90	-8,25	-6,81
1173,50	1078,80	1005,70	-8,07	-6,78
1146,50	1052,90	982,30	-8,16	-6,71
1177,50	1082,80	1009,20	-8,04	-6,80
1135,30	1045,40	976,00	-7,92	-6,64
1117,90	1030,60	960,50	-7,81	-6,80
1144,90	1058,60	986,70	-7,54	-6,79
1118,60	1034,70	964,80	-7,50	-6,76
1125,40	1040,60	971,00	-7,54	-6,69
1221,40	1122,70	1050,60	-8,08	-6,42
Mitjana				
1160,98	1068,63	997,12	-7,96	-6,69

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,04	1,91	1,75	-6,37	-8,01
2,03	1,90	1,75	-6,25	-8,33
2,03	1,89	1,75	-6,58	-7,74
2,04	1,93	1,75	-5,67	-9,15
1,99	1,86	1,70	-6,50	-8,22
2,06	1,93	1,77	-6,33	-8,10
2,00	1,88	1,72	-6,20	-8,58
2,04	1,91	1,75	-6,05	-8,39
1,99	1,88	1,73	-5,61	-8,02
1,98	1,87	1,71	-5,65	-8,63
1,94	1,83	1,68	-6,01	-7,88
1,97	1,86	1,71	-5,56	-7,74
Mitjana				
2,01	1,89	1,73	-6,07	-8,23

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,36	-14,18	-13,87
-0,35	-14,36	-14,06
-0,80	-14,50	-13,81
0,00	-14,30	-14,30
-0,16	-14,32	-14,18
-0,44	-14,29	-13,92
0,25	-14,03	-14,25
-0,17	-14,08	-13,93
-0,74	-13,82	-13,18
0,06	-13,75	-13,80
-0,35	-13,72	-13,41
-1,28	-13,98	-12,87
Mitjana		
-0,36	-14,11	-13,80



Gràfica 30. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 850Cº*



Gràfica 31. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 850Cº*

Pressió 30Kg/cm2, cocció 900ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1147,4	71,57	145,06	54,68	567,68	2,02
2	1189	71,79	145,37	57,53	600,39	1,98
3	1175	72,65	145,79	52,12	552,04	2,13
4	1133,8	71,72	145,15	52,75	549,14	2,06
5	1211,4	72,39	145,66	53,38	562,86	2,15
6	1110,8	72,13	145,23	51,63	540,85	2,05
7	1125,2	72,35	145,35	51,63	542,94	2,07
8	1000,2	71,69	145,02	46,52	483,64	2,07
9	1187,8	72,42	146,12	52,24	552,80	2,15
10	1138,5	72,48	145,36	50,96	536,90	2,12
11	1146,2	72,69	145,07	52,3	551,51	2,08
12	1106,4	72,21	145,55	50,31	528,77	2,09

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1048,5	71,87	144,19	54,12	560,84	1,87
2	1087,5	71,34	144,75	57,5	593,77	1,83
3	1076,4	72,56	144,67	51,68	542,50	1,98
4	1038,1	71,14	143,92	51,99	532,30	1,95
5	1112,6	72,2	144,7	52,9	552,66	2,01
6	1019,3	71,81	144,41	50,96	528,46	1,93
7	1029,5	71,8	144,46	51,44	533,55	1,93
8	914,2	71,27	143,93	45,91	470,94	1,94
9	1087,8	71,9	145,3	51,75	540,64	2,01
10	1041,7	72,2	144,5	50,65	528,43	1,97
11	1049	71,29	144,1	52,05	534,70	1,96
12	1011,5	71,66	144,8	49,7	515,71	1,96

Cuites

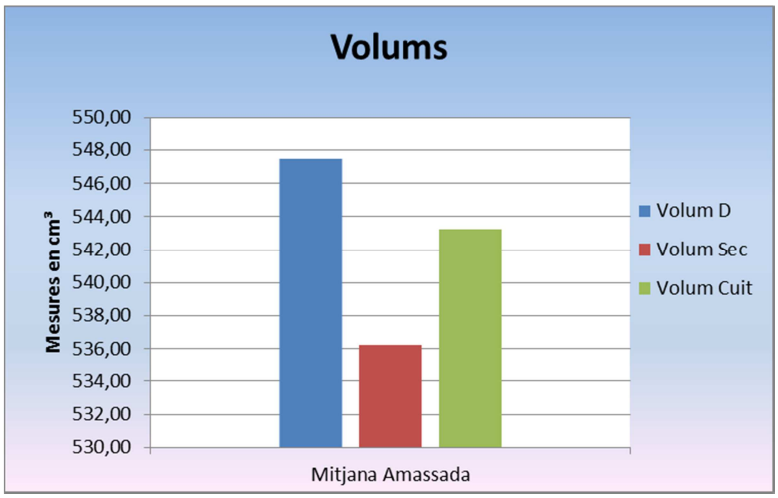
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	976,5	71,28	144,76	54,59	563,29	1,73
2	1013,3	71,63	145,6	56,94	593,85	1,71
3	1001,5	73,09	145,85	52,03	554,65	1,81
4	966,2	71,39	145,13	52,2	540,84	1,79
5	1033,6	72,81	145,38	53,25	563,66	1,83
6	950,1	72,08	145,01	51,4	537,25	1,77
7	959,3	72,03	145,95	51,64	542,88	1,77
8	852,4	71,79	144,49	45,95	476,64	1,79
9	1012,4	72,52	145,83	52,16	551,62	1,84
10	969,9	72,27	144,86	50,87	532,56	1,82
11	975,8	71,28	144,73	52,53	541,92	1,80
12	940,7	72,05	145,23	49,7	520,05	1,81

Volum D	Volum Sec	Volum cuit	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
567,68	560,84	563,29	-1,21	0,44
600,39	593,77	593,85	-1,10	0,01
552,04	542,50	554,65	-1,73	2,24
549,14	532,30	540,84	-3,07	1,60
562,86	552,66	563,66	-1,81	1,99
540,85	528,46	537,25	-2,29	1,66
542,94	533,55	542,88	-1,73	1,75
483,64	470,94	476,64	-2,63	1,21
552,80	540,64	551,62	-2,20	2,03
536,90	528,43	532,56	-1,58	0,78
551,51	534,70	541,92	-3,05	1,35
528,77	515,71	520,05	-2,47	0,84
Mitjana				
547,46	536,21	543,27	-2,06	1,32

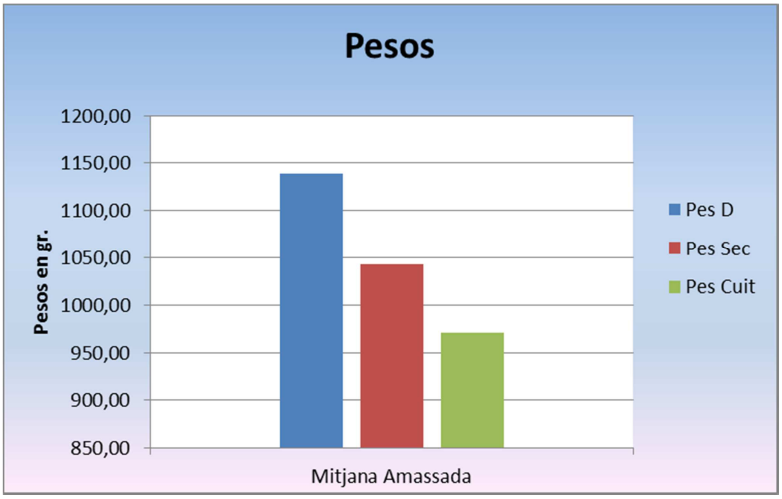
Pes D	Pes Sec	Pes cuit	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1147,40	1048,50	976,50	-8,62	-6,87
1189,00	1087,50	1013,30	-8,54	-6,82
1175,00	1076,40	1001,50	-8,39	-6,96
1133,80	1038,10	966,20	-8,44	-6,93
1211,40	1112,60	1033,60	-8,16	-7,10
1110,80	1019,30	950,10	-8,24	-6,79
1125,20	1029,50	959,30	-8,51	-6,82
1000,20	914,20	852,40	-8,60	-6,76
1187,80	1087,80	1012,40	-8,42	-6,93
1138,50	1041,70	969,90	-8,50	-6,89
1146,20	1049,00	975,80	-8,48	-6,98
1106,40	1011,50	940,70	-8,58	-7,00
Mitjana				
1139,31	1043,01	970,98	-8,45	-6,91

Densitat D	Densitat Sec	Densitat cuit	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,02	1,87	1,73	-7,50	-7,27
1,98	1,83	1,71	-7,52	-6,83
2,13	1,98	1,81	-6,78	-9,00
2,06	1,95	1,79	-5,54	-8,40
2,15	2,01	1,83	-6,46	-8,91
2,05	1,93	1,77	-6,09	-8,31
2,07	1,93	1,77	-6,89	-8,42
2,07	1,94	1,79	-6,13	-7,87
2,15	2,01	1,84	-6,36	-8,79
2,12	1,97	1,82	-7,04	-7,62
2,08	1,96	1,80	-5,60	-8,22
2,09	1,96	1,81	-6,26	-7,78
Mitjana				
2,08	1,95	1,79	-6,51	-8,13

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,77	-14,89	-14,23
-1,09	-14,78	-13,84
0,47	-14,77	-15,17
-1,51	-14,78	-13,47
0,14	-14,68	-14,80
-0,67	-14,47	-13,89
-0,01	-14,74	-14,73
-1,45	-14,78	-13,52
-0,21	-14,77	-14,58
-0,81	-14,81	-14,11
-1,74	-14,87	-13,36
-1,65	-14,98	-13,55
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-0,77	-14,78	-14,11



Gràfica 32. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 900Cº*



Gràfica 33. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 900Cº*

Pressió 30Kg/cm2, cocció 950ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1160	72,84	145,73	51,36	545,19	2,13
2	1096,8	72,36	145,58	51,43	541,77	2,02
3	1114,7	72,28	144,93	52,05	545,25	2,04
4	1140,5	72,34	145,64	52,55	553,65	2,06
5	1137,1	72,62	145,36	53,74	567,28	2,00
6	1118,2	72,79	145,37	52,26	552,99	2,02
7	1099,1	73,4	145,8	51,46	550,71	2,00
8	1015,5	72,84	145,37	48,2	510,38	1,99
9	1053,4	72,37	145,13	50,22	527,46	2,00
10	1078,9	73,1	145,9	50,32	536,68	2,01
11	1062,3	72,51	145,34	50,45	531,67	2,00
12	1095,8	72,08	144,97	52,51	548,70	2,00

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1020,7	72,15	145,09	50,85	532,31	1,92
2	1001,6	72,15	144,92	50,9	532,21	1,88
3	1018,5	71,84	144,36	51,52	534,30	1,91
4	1043,3	72,51	144,85	52,08	547,00	1,91
5	1040,3	72,3	144,75	53,35	558,33	1,86
6	1023,2	72,21	144,53	51,8	540,61	1,89
7	1007,2	73,38	145,36	50,73	541,11	1,86
8	932,2	72,38	144,81	47,75	500,48	1,86
9	968,1	71,64	145,18	49,78	517,75	1,87
10	990,3	72,23	145,2	49,9	523,34	1,89
11	974,9	72	144,56	50	520,42	1,87
12	1005,4	71,55	144,55	52,02	538,02	1,87

Cuites

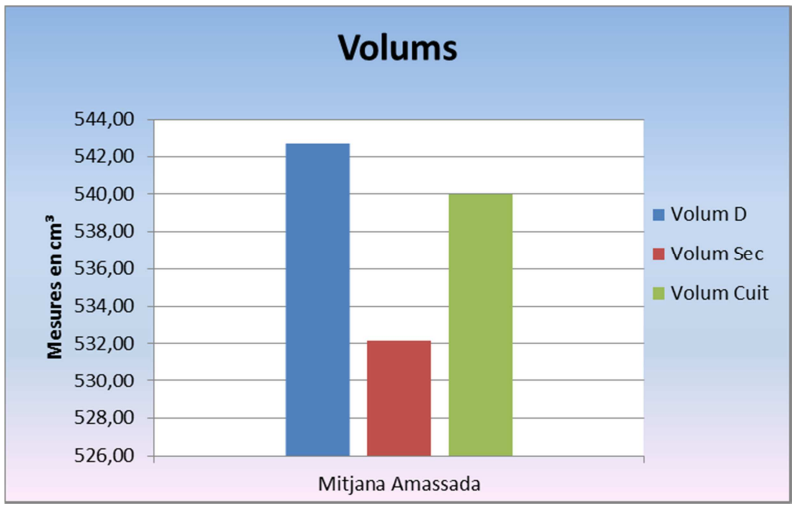
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	955,4	72,71	145,36	51,16	540,72	1,77
2	938,8	72,35	145,07	51,14	536,76	1,75
3	954,4	72,24	145,03	51,76	542,29	1,76
4	977,4	72,65	146,06	52,47	556,77	1,76
5	974,2	72,37	144,98	53,49	561,23	1,74
6	959,3	72,45	146,32	52,18	553,15	1,73
7	942,7	73,66	145,52	51,07	547,42	1,72
8	872,6	72,7	146,44	48,07	511,76	1,71
9	905,6	72,18	144,91	50,01	523,08	1,73
10	926,7	73	145,84	50,07	533,06	1,74
11	912,3	72,64	145,07	50,2	529,00	1,72
12	941,4	71,8	144,97	52,32	544,59	1,73

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
545,19	532,31	540,72	-2,36	1,58
541,77	532,21	536,76	-1,77	0,85
545,25	534,30	542,29	-2,01	1,49
553,65	547,00	556,77	-1,20	1,79
567,28	558,33	561,23	-1,58	0,52
552,99	540,61	553,15	-2,24	2,32
550,71	541,11	547,42	-1,74	1,17
510,38	500,48	511,76	-1,94	2,25
527,46	517,75	523,08	-1,84	1,03
536,68	523,34	533,06	-2,48	1,86
531,67	520,42	529,00	-2,12	1,65
548,70	538,02	544,59	-1,95	1,22
Mitjana				
542,64	532,16	539,99	-1,93	1,47

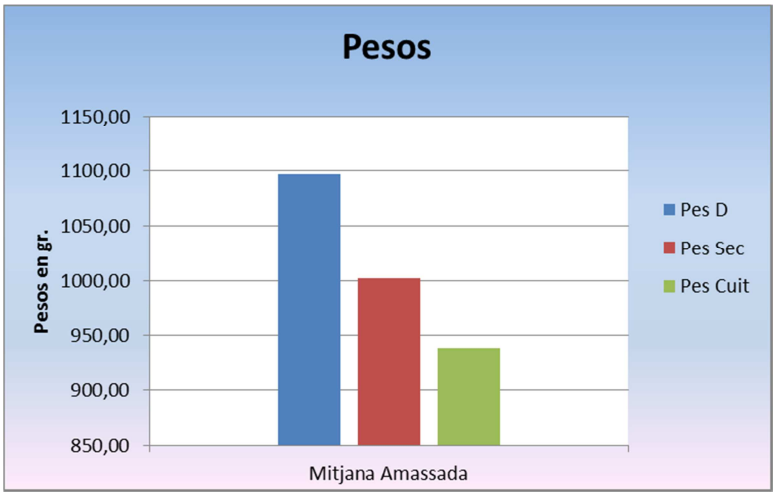
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1160,00	1020,70	955,40	-12,01	-6,40
1096,80	1001,60	938,80	-8,68	-6,27
1114,70	1018,50	954,40	-8,63	-6,29
1140,50	1043,30	977,40	-8,52	-6,32
1137,10	1040,30	974,20	-8,51	-6,35
1118,20	1023,20	959,30	-8,50	-6,25
1099,10	1007,20	942,70	-8,36	-6,40
1015,50	932,20	872,60	-8,20	-6,39
1053,40	968,10	905,60	-8,10	-6,46
1078,90	990,30	926,70	-8,21	-6,42
1062,30	974,90	912,30	-8,23	-6,42
1095,80	1005,40	941,40	-8,25	-6,37
Mitjana				
1097,69	1002,14	938,40	-8,70	-6,36

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,13	1,92	1,77	-9,88	-7,85
2,02	1,88	1,75	-7,04	-7,06
2,04	1,91	1,76	-6,76	-7,67
2,06	1,91	1,76	-7,41	-7,96
2,00	1,86	1,74	-7,05	-6,84
2,02	1,89	1,73	-6,40	-8,37
2,00	1,86	1,72	-6,74	-7,48
1,99	1,86	1,71	-6,39	-8,46
2,00	1,87	1,73	-6,37	-7,41
2,01	1,89	1,74	-5,87	-8,13
2,00	1,87	1,72	-6,24	-7,94
2,00	1,87	1,73	-6,43	-7,50
Mitjana				
2,02	1,88	1,74	-6,90	-7,72

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,82	-17,64	-16,96
-0,93	-14,41	-13,61
-0,54	-14,38	-13,91
0,56	-14,30	-14,78
-1,07	-14,33	-13,40
0,03	-14,21	-14,24
-0,60	-14,23	-13,71
0,27	-14,07	-14,30
-0,83	-14,03	-13,31
-0,67	-14,11	-13,52
-0,50	-14,12	-13,69
-0,75	-14,09	-13,44
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-0,49	-14,49	-14,07



Gràfica 34. *Comportament del volum de les provetes 30kg/cm2 950Cº*



Gràfica 35. *Comportament dels pesos de les provetes 30kg/cm2 950Cº*

Pressió 40Kg/cm2, cocció 800ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1197,9	72,05	145,45	54,37	569,78	2,10
2	1182	72,4	145,01	54,5	572,18	2,07
3	1190,7	71,82	145,15	55,02	573,57	2,08
4	1195,8	72,87	145,53	54,34	576,26	2,08
5	1184,3	71,82	145,02	53,61	558,37	2,12
6	1232	72,05	145,04	56,33	588,66	2,09
7	1200,7	73,14	145,67	54,13	576,72	2,08
8	1178,4	72,02	144,82	54,16	564,89	2,09
9	1227	72,24	145,4	55,72	585,27	2,10
10	1276,5	72,97	145,59	57,37	609,48	2,09
11	1177,4	72,04	144,99	53,8	561,95	2,10
12	1198	72,2	145,03	55,38	579,89	2,07

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1097,2	71,63	144,74	53,82	557,99	1,97
2	1082,7	72,02	144,82	53,74	560,50	1,93
3	1090,5	71,4	144,44	54,42	561,23	1,94
4	1100,4	72,53	144,97	53,69	564,53	1,95
5	1088,2	71,38	144,32	53,45	550,62	1,98
6	1127,3	71,61	144,55	55,97	579,36	1,95
7	1098,7	72,8	145,15	53,58	566,18	1,94
8	1077,8	71,57	144,3	53,7	554,59	1,94
9	1121,2	71,91	145,15	55,07	574,81	1,95
10	1167,4	72,72	144,79	56,71	597,11	1,96
11	1074,2	71,66	143,98	53,18	548,69	1,96
12	1091,9	71,8	144,02	55,25	571,32	1,91

Cuites

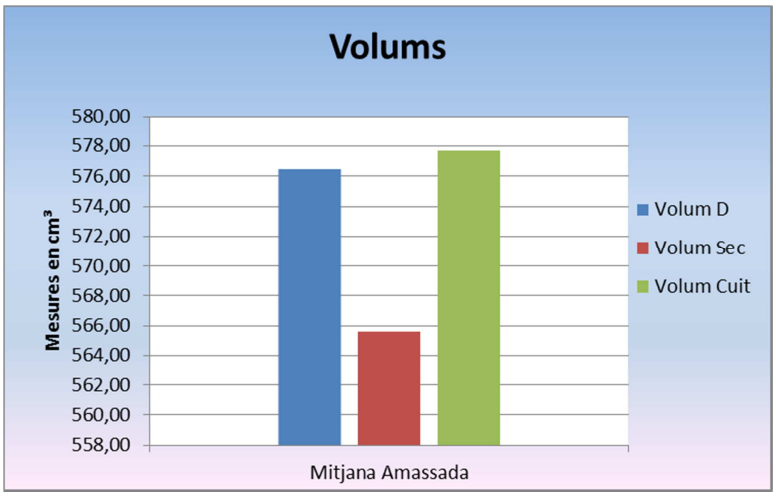
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1024,6	72,2	145,24	54,11	567,42	1,81
2	1010	72,61	145,05	55,05	579,79	1,74
3	1017,5	71,75	145,38	55,09	574,64	1,77
4	1023,4	72,91	145,61	54,11	574,45	1,78
5	1013,2	71,91	145,03	53,69	559,94	1,81
6	1051,6	72,2	145,3	56,32	590,83	1,78
7	1024,5	73,3	145,7	53,89	575,53	1,78
8	1004,3	72,23	144,84	54,24	567,45	1,77
9	1045,7	72,2	145,85	55,71	586,65	1,78
10	1099,4	73,13	146,36	57,06	610,73	1,80
11	1022,6	72,15	144,86	53,77	561,99	1,82
12	1020,1	72,45	144,83	55,55	582,88	1,75

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
569,78	557,99	567,42	-2,07	1,69
572,18	560,50	579,79	-2,04	3,44
573,57	561,23	574,64	-2,15	2,39
576,26	564,53	574,45	-2,04	1,76
558,37	550,62	559,94	-1,39	1,69
588,66	579,36	590,83	-1,58	1,98
576,72	566,18	575,53	-1,83	1,65
564,89	554,59	567,45	-1,82	2,32
585,27	574,81	586,65	-1,79	2,06
609,48	597,11	610,73	-2,03	2,28
561,95	548,69	561,99	-2,36	2,42
579,89	571,32	582,88	-1,48	2,02
Mitjana				
576,42	565,58	577,69	-1,88	2,14

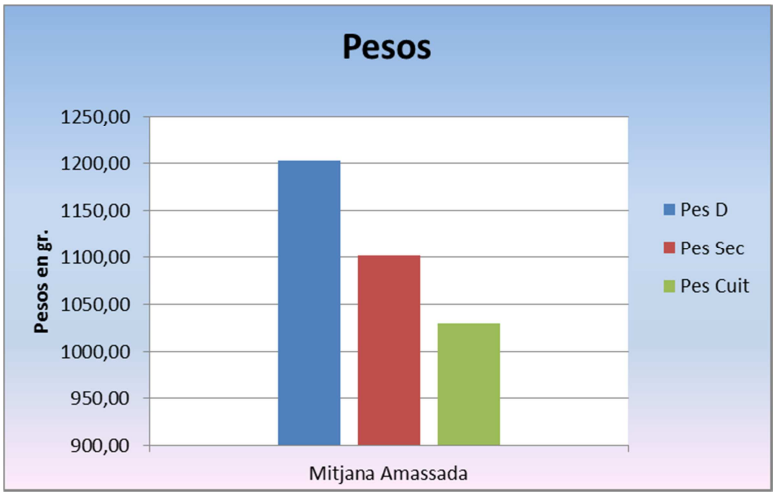
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1197,90	1097,20	1024,60	-8,41	-6,62
1182,00	1082,70	1010,00	-8,40	-6,71
1190,70	1090,50	1017,50	-8,42	-6,69
1195,80	1100,40	1023,40	-7,98	-7,00
1184,30	1088,20	1013,20	-8,11	-6,89
1232,00	1127,30	1051,60	-8,50	-6,72
1200,70	1098,70	1024,50	-8,50	-6,75
1178,40	1077,80	1004,30	-8,54	-6,82
1227,00	1121,20	1045,70	-8,62	-6,73
1276,50	1167,40	1099,40	-8,55	-5,82
1177,40	1074,20	1022,60	-8,77	-4,80
1198,00	1091,90	1020,10	-8,86	-6,58
Mitjana				
1203,39	1101,46	1029,74	-8,47	-6,51

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,10	1,97	1,81	-6,47	-8,17
2,07	1,93	1,74	-6,49	-9,82
2,08	1,94	1,77	-6,40	-8,87
2,08	1,95	1,78	-6,07	-8,60
2,12	1,98	1,81	-6,82	-8,44
2,09	1,95	1,78	-7,03	-8,53
2,08	1,94	1,78	-6,79	-8,27
2,09	1,94	1,77	-6,84	-8,93
2,10	1,95	1,78	-6,96	-8,62
2,09	1,96	1,80	-6,65	-7,93
2,10	1,96	1,82	-6,56	-7,06
2,07	1,91	1,75	-7,49	-8,43
Mitjana				
2,09	1,95	1,78	-6,71	-8,47

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,41	-14,47	-14,11
1,33	-14,55	-15,67
0,19	-14,55	-14,71
-0,31	-14,42	-14,15
0,28	-14,45	-14,69
0,37	-14,64	-14,96
-0,21	-14,67	-14,50
0,45	-14,77	-15,16
0,24	-14,78	-14,98
0,20	-13,87	-14,05
0,01	-13,15	-13,15
0,52	-14,85	-15,29
Mitjana	Mitjana	Mitjana
0,22	-14,43	-14,62



Gràfica 36. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 800Cº*



Gràfica 37. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 800Cº*

Pressió 40Kg/cm2, cocció 850ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1222,2	71,85	145,26	55,38	578,00	2,11
2	1220,7	71,64	144,94	55,23	573,48	2,13
3	1136	71,99	145,46	51,82	542,64	2,09
4	1183,2	71,74	145,04	53,85	560,32	2,11
5	1162,7	72,48	145,45	53,48	563,80	2,06
6	1147,9	71,82	145,01	52,7	548,85	2,09
7	1133,9	71,62	144,89	52	539,61	2,10
8	1106,5	72,38	145,62	49,77	524,57	2,11
9	1155,6	71,81	145,41	52,72	550,50	2,10
10	1091,6	71,45	145,06	50,11	519,37	2,10
11	1067,9	71,88	145,37	48,83	510,23	2,09
12	1176,1	71,86	144,93	54,75	570,20	2,06

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1114,1	71,71	144,5	55,3	573,02	1,94
2	1107,8	71,84	144,25	54,72	567,06	1,95
3	1033,3	71,86	144,74	51,35	534,09	1,93
4	1079,5	71,82	144,34	53,64	556,06	1,94
5	1061,2	72,35	144,74	53,23	557,42	1,90
6	1046,4	71,77	144,29	52,31	541,71	1,93
7	1034,4	71,3	144,26	52,03	535,17	1,93
8	1007,7	72,01	144,57	49,57	516,05	1,95
9	1049,9	71,69	144,66	52,3	542,39	1,94
10	994,3	71,67	144,15	49,95	516,04	1,93
11	974,8	71,81	144,71	48,62	505,24	1,93
12	1072,1	71,74	144,73	54,17	562,44	1,91

Cuites

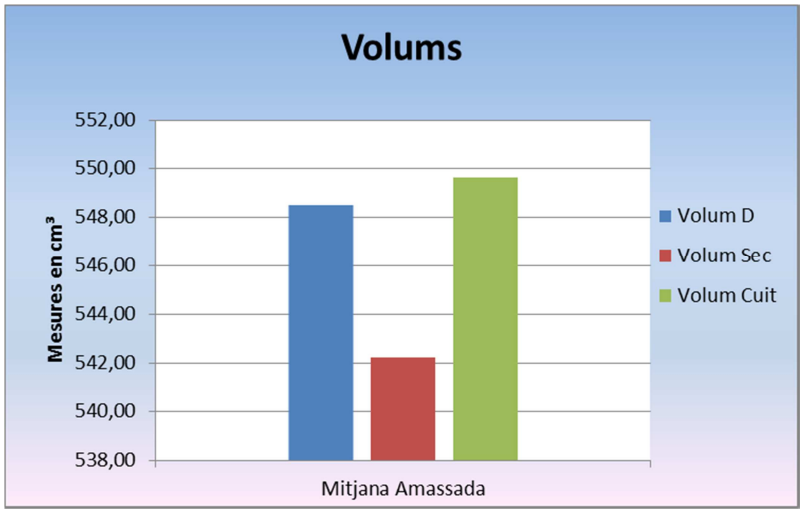
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1044,6	71,93	145,16	55,44	578,87	1,80
2	1038	71,8	144,91	54,98	572,04	1,81
3	967	72,15	145,47	51,66	542,21	1,78
4	1010,2	72,28	145,22	53,84	565,13	1,79
5	994,2	72,82	145,39	53,88	570,44	1,74
6	980,4	72,07	145,04	52,64	550,25	1,78
7	968,8	71,84	144,94	51,94	540,82	1,79
8	943,5	72,69	145,48	49,82	526,84	1,79
9	982,8	71,95	145,13	52,56	548,84	1,79
10	931,1	71,67	144,83	50,04	519,41	1,79
11	912,9	71,98	145,48	48,77	510,70	1,79
12	1004,2	71,92	145,26	54,53	569,68	1,76

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
578,00	573,02	578,87	-0,86	1,02
573,48	567,06	572,04	-1,12	0,88
542,64	534,09	542,21	-1,58	1,52
560,32	556,06	565,13	-0,76	1,63
563,80	557,42	570,44	-1,13	2,34
548,85	541,71	550,25	-1,30	1,58
539,61	535,17	540,82	-0,82	1,06
524,57	516,05	526,84	-1,63	2,09
550,50	542,39	548,84	-1,47	1,19
519,37	516,04	519,41	-0,64	0,65
510,23	505,24	510,70	-0,98	1,08
570,20	562,44	569,68	-1,36	1,29
Mitjana				
548,46	542,22	549,60	-1,14	1,36

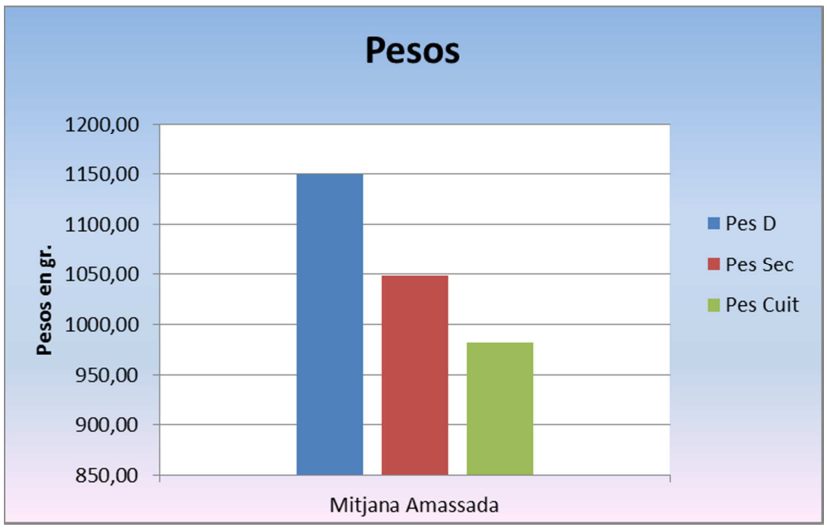
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1222,20	1114,10	1044,60	-8,84	-6,24
1220,70	1107,80	1038,00	-9,25	-6,30
1136,00	1033,30	967,00	-9,04	-6,42
1183,20	1079,50	1010,20	-8,76	-6,42
1162,70	1061,20	994,20	-8,73	-6,31
1147,90	1046,40	980,40	-8,84	-6,31
1133,90	1034,40	968,80	-8,78	-6,34
1106,50	1007,70	943,50	-8,93	-6,37
1155,60	1049,90	982,80	-9,15	-6,39
1091,60	994,30	931,10	-8,91	-6,36
1067,90	974,80	912,90	-8,72	-6,35
1176,10	1072,10	1004,20	-8,84	-6,33
Mitjana				
1150,36	1047,96	981,48	-8,90	-6,34

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,11	1,94	1,80	-8,05	-7,18
2,13	1,95	1,81	-8,22	-7,12
2,09	1,93	1,78	-7,58	-7,82
2,11	1,94	1,79	-8,07	-7,92
2,06	1,90	1,74	-7,69	-8,45
2,09	1,93	1,78	-7,64	-7,76
2,10	1,93	1,79	-8,02	-7,32
2,11	1,95	1,79	-7,42	-8,29
2,10	1,94	1,79	-7,79	-7,49
2,10	1,93	1,79	-8,33	-6,96
2,09	1,93	1,79	-7,82	-7,35
2,06	1,91	1,76	-7,59	-7,52
Mitjana				
2,10	1,93	1,79	-7,85	-7,60

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
0,15	-14,53	-14,66
-0,25	-14,97	-14,75
-0,08	-14,88	-14,81
0,86	-14,62	-15,35
1,18	-14,49	-15,49
0,25	-14,59	-14,81
0,23	-14,56	-14,75
0,43	-14,73	-15,10
-0,30	-14,95	-14,70
0,01	-14,70	-14,71
0,09	-14,51	-14,59
-0,09	-14,62	-14,54
Mitjana	Mitjana	Mitjana
0,21	-14,68	-14,85



Gràfica 38. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 850Cº*



Gràfica 39. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 850Cº*

Pressió 40Kg/cm2, cocció 900ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1228,3	71,93	145,2	54,64	570,67	2,15
2	1229,5	72	145,43	54,43	569,93	2,16
3	1204,1	71,78	145	54,74	569,74	2,11
4	1176,4	71,62	145,24	52,8	549,23	2,14
5	1207,5	73,2	145,62	54,3	578,80	2,09
6	1199,1	71,79	145,19	53,85	561,29	2,14
7	1176,3	71,61	144,94	52,92	549,26	2,14
8	1208,5	72,15	145,97	54,04	569,13	2,12
9	1179,4	72,07	145,21	53,13	556,02	2,12
10	1159,9	71,43	145	52,19	540,55	2,15
11	1215,1	72,85	145,49	53,58	567,89	2,14
12	1170,3	71,81	144,96	52,57	547,23	2,14

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1122,9	71,4	144,18	54,08	556,72	2,02
2	1126,1	71,59	144,47	54,26	561,19	2,01
3	1104,9	71,41	144,05	54,09	556,40	1,99
4	1079	71,32	144,34	52,15	536,85	2,01
5	1106,6	73,05	144,51	53,77	567,62	1,95
6	1097,3	71,47	144,33	53,38	550,63	1,99
7	1077,3	71,2	143,92	52,13	534,18	2,02
8	1108,5	71,95	144,47	53,4	555,07	2,00
9	1081,2	71,73	144,12	52,48	542,52	1,99
10	1062,8	71,15	144	51,54	528,06	2,01
11	1111,4	72,39	144,52	53	554,48	2,00
12	1073	71,33	144,16	52,18	536,56	2,00

Cuites

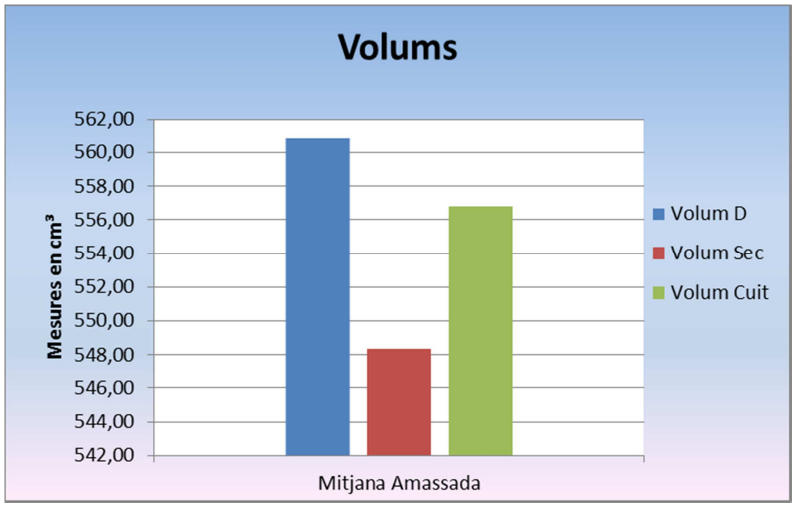
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1043,1	71,73	144,62	54,39	564,22	1,85
2	1045,2	71,79	145,06	54,15	563,91	1,85
3	1025,4	71,83	144,57	54,6	566,99	1,81
4	1001,3	71,58	144,66	52,61	544,76	1,84
5	1027,3	73,62	145,07	54,3	579,93	1,77
6	1022,6	71,59	144,85	53,91	559,04	1,83
7	1002,1	71,61	144,5	52,43	542,53	1,85
8	1029,8	72,1	144,99	53,8	562,41	1,83
9	1004,2	72,26	144,68	53,05	554,62	1,81
10	986,8	71,37	144,57	52,03	536,84	1,84
11	1036,7	72,97	145,05	53,23	563,40	1,84
12	997,8	71,76	144,53	52,34	542,84	1,84

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
570,67	556,72	564,22	-2,44	1,35
569,93	561,19	563,91	-1,53	0,48
569,74	556,40	566,99	-2,34	1,90
549,23	536,85	544,76	-2,25	1,47
578,80	567,62	579,93	-1,93	2,17
561,29	550,63	559,04	-1,90	1,53
549,26	534,18	542,53	-2,75	1,56
569,13	555,07	562,41	-2,47	1,32
556,02	542,52	554,62	-2,43	2,23
540,55	528,06	536,84	-2,31	1,66
567,89	554,48	563,40	-2,36	1,61
547,23	536,56	542,84	-1,95	1,17
Mitjana				
560,81	548,36	556,79	-2,22	1,54

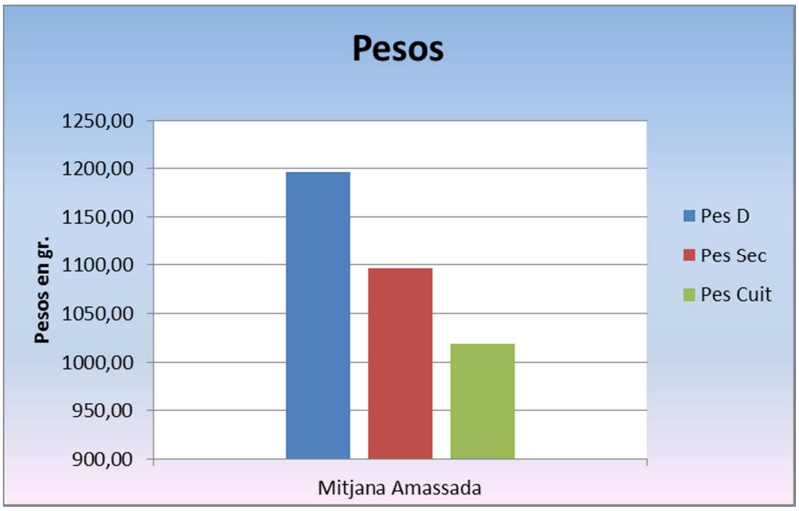
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1228,30	1122,90	1043,10	-8,58	-7,11
1229,50	1126,10	1045,20	-8,41	-7,18
1204,10	1104,90	1025,40	-8,24	-7,20
1176,40	1079,00	1001,30	-8,28	-7,20
1207,50	1106,60	1027,30	-8,36	-7,17
1199,10	1097,30	1022,60	-8,49	-6,81
1176,30	1077,30	1002,10	-8,42	-6,98
1208,50	1108,50	1029,80	-8,27	-7,10
1179,40	1081,20	1004,20	-8,33	-7,12
1159,90	1062,80	986,80	-8,37	-7,15
1215,10	1111,40	1036,70	-8,53	-6,72
1170,30	1073,00	997,80	-8,31	-7,01
Mitjana				
1196,20	1095,92	1018,53	-8,38	-7,06

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,15	2,02	1,85	-6,29	-8,34
2,16	2,01	1,85	-6,98	-7,63
2,11	1,99	1,81	-6,04	-8,93
2,14	2,01	1,84	-6,16	-8,55
2,09	1,95	1,77	-6,55	-9,14
2,14	1,99	1,83	-6,72	-8,21
2,14	2,02	1,85	-5,83	-8,41
2,12	2,00	1,83	-5,95	-8,31
2,12	1,99	1,81	-6,05	-9,15
2,15	2,01	1,84	-6,20	-8,67
2,14	2,00	1,84	-6,32	-8,20
2,14	2,00	1,84	-6,49	-8,08
Mitjana				
2,13	2,00	1,83	-6,30	-8,47

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-1,13	-15,08	-14,11
-1,06	-14,99	-14,08
-0,48	-14,84	-14,43
-0,81	-14,88	-14,19
0,19	-14,92	-15,09
-0,40	-14,72	-14,38
-1,23	-14,81	-13,75
-1,18	-14,79	-13,77
-0,25	-14,86	-14,64
-0,69	-14,92	-14,34
-0,79	-14,68	-14,00
-0,80	-14,74	-14,05
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-0,72	-14,85	-14,23



Gràfica 40. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 900Cº*



Gràfica 41. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 900Cº*

Pressió 40Kg/cm2, cocció 950ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1187,2	71,93	145,18	53,35	557,12	2,13
2	1171,9	72,3	145,35	52,52	551,92	2,12
3	1144,6	72,08	144,9	52,7	550,42	2,08
4	1203,3	71,84	145,15	54,42	567,47	2,12
5	1221,9	72,9	145,6	55,05	584,31	2,09
6	1239,9	72,42	144,83	56,08	588,20	2,11
7	1257,5	72,39	145,48	56,46	594,60	2,11
8	1191,2	73,78	145,53	53,24	571,65	2,08
9	1172,3	71,83	145,04	52,83	550,39	2,13
10	1186,7	72,96	145,7	53,8	571,91	2,07
11	1213,7	72,32	145,4	54,61	574,24	2,11
12	1180,9	72,08	145,19	53,94	564,50	2,09

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1079,2	71,4	144,22	52,55	541,12	1,99
2	1066,9	71,88	144,2	51,73	536,19	1,99
3	1041,7	71,27	143,83	51,69	529,86	1,97
4	1095,1	71,44	144,02	53,76	553,13	1,98
5	1115,7	72,44	144,72	54,43	570,62	1,96
6	1130,4	71,82	143,85	55,51	573,49	1,97
7	1146,5	72,18	144,35	55,8	581,39	1,97
8	1086,4	73,37	146,36	52,71	566,02	1,92
9	1067,5	71,4	143,98	52,21	536,73	1,99
10	1081,7	72,33	144,64	53,25	557,09	1,94
11	1102,1	72,1	144,27	53,67	558,27	1,97
12	1077,6	71,51	144,19	53,17	548,24	1,97

Cuites

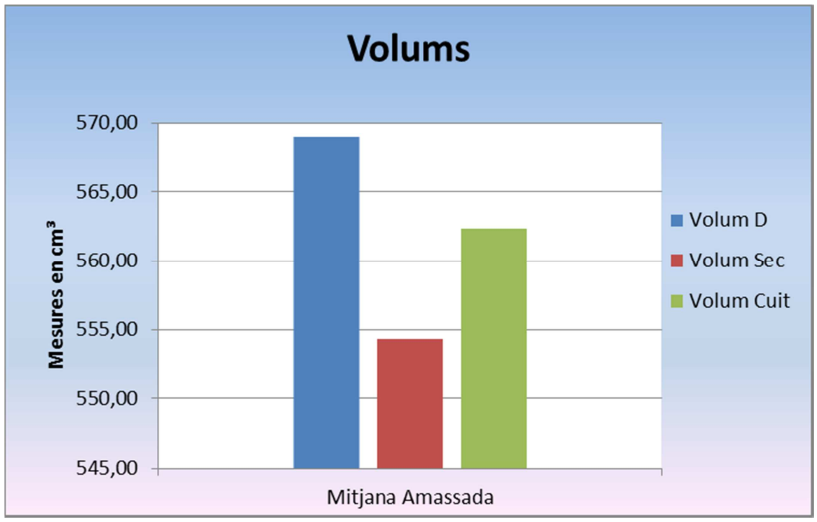
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1007,2	71,62	144,78	52,95	549,05	1,83
2	994,5	72,42	144,76	52,05	545,67	1,82
3	971	71,82	144,4	51,88	538,04	1,80
4	1021,1	71,74	144,58	54,35	563,73	1,81
5	1041,5	72,68	145,17	54,84	578,61	1,80
6	1054,9	72,26	144,44	56,01	584,59	1,80
7	1069,5	72,38	144,94	55,98	587,27	1,82
8	1014	73,65	145,03	53,04	566,54	1,79
9	995,9	71,69	144,52	52,51	544,04	1,83
10	1009,1	72,81	145,16	53,66	567,14	1,78
11	1028,2	72,28	144,86	54,05	565,93	1,82
12	1005,6	71,79	145,02	53,52	557,20	1,80

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
557,12	541,12	549,05	-2,87	1,46
551,92	536,19	545,67	-2,85	1,77
550,42	529,86	538,04	-3,73	1,54
567,47	553,13	563,73	-2,53	1,92
584,31	570,62	578,61	-2,34	1,40
588,20	573,49	584,59	-2,50	1,94
594,60	581,39	587,27	-2,22	1,01
571,65	566,02	566,54	-0,98	0,09
550,39	536,73	544,04	-2,48	1,36
571,91	557,09	567,14	-2,59	1,80
574,24	558,27	565,93	-2,78	1,37
564,50	548,24	557,20	-2,88	1,63
Mitjana				
568,89	554,35	562,32	-2,56	1,44

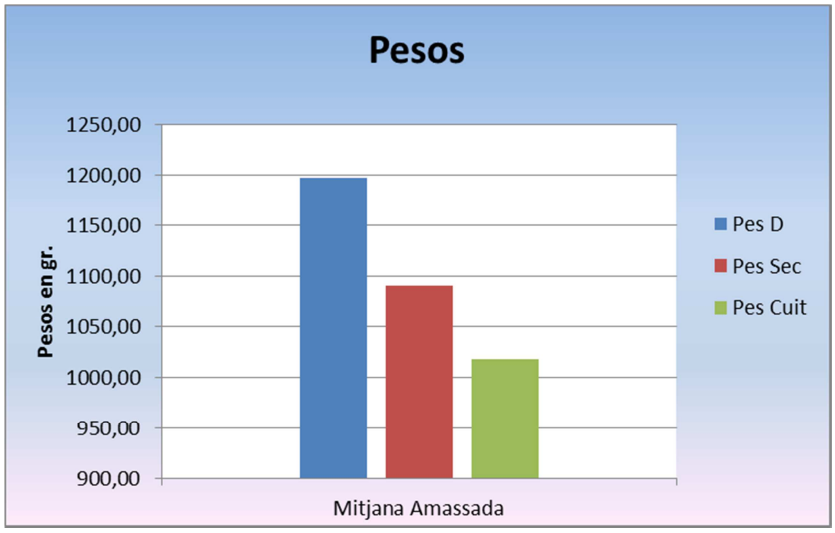
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1187,20	1079,20	1007,20	-9,10	-6,67
1171,90	1066,90	994,50	-8,96	-6,79
1144,60	1041,70	971,00	-8,99	-6,79
1203,30	1095,10	1021,10	-8,99	-6,76
1221,90	1115,70	1041,50	-8,69	-6,65
1239,90	1130,40	1054,90	-8,83	-6,68
1257,50	1146,50	1069,50	-8,83	-6,72
1191,20	1086,40	1014,00	-8,80	-6,66
1172,30	1067,50	995,90	-8,94	-6,71
1186,70	1081,70	1009,10	-8,85	-6,71
1213,70	1102,10	1028,20	-9,20	-6,71
1180,90	1077,60	1005,60	-8,75	-6,68
Mitjana				
1197,59	1090,90	1017,71	-8,91	-6,71

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,13	1,99	1,83	-6,41	-8,02
2,12	1,99	1,82	-6,29	-8,41
2,08	1,97	1,80	-5,46	-8,20
2,12	1,98	1,81	-6,63	-8,51
2,09	1,96	1,80	-6,50	-7,94
2,11	1,97	1,80	-6,49	-8,45
2,11	1,97	1,82	-6,76	-7,65
2,08	1,92	1,79	-7,89	-6,75
2,13	1,99	1,83	-6,62	-7,96
2,07	1,94	1,78	-6,42	-8,36
2,11	1,97	1,82	-6,60	-7,97
2,09	1,97	1,80	-6,04	-8,18
Mitjana				
2,11	1,97	1,81	-6,51	-8,04

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-1,45	-15,16	-13,91
-1,13	-15,14	-14,16
-2,25	-15,17	-13,21
-0,66	-15,14	-14,58
-0,98	-14,76	-13,92
-0,61	-14,92	-14,40
-1,23	-14,95	-13,89
-0,89	-14,88	-14,11
-1,16	-15,05	-14,05
-0,83	-14,97	-14,25
-1,45	-15,28	-14,04
-1,29	-14,84	-13,73
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-1,16	-15,02	-14,02



Gràfica 42. *Comportament del volum de les provetes 40kg/cm2 950Cº*



Gràfica 43. *Comportament dels pesos de les provetes 40kg/cm2 950Cº*

Pressió 50Kg/cm2, cocció 800ºC

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1183,1	72,33	145,25	51,95	545,78	2,17
2	1288,3	71,7	145,19	57,96	603,37	2,14
3	1134,5	72,09	145,19	51,9	543,22	2,09
4	1251,4	72,45	145,27	55,81	587,39	2,13
5	1272,4	72,31	145,31	57,17	600,71	2,12
6	1257,9	72,35	145,43	55,44	583,33	2,16
7	1227,5	71,7	145,16	54,84	570,77	2,15
8	1262,7	72,41	145,38	56,12	590,77	2,14
9	1224,1	72,4	145,5	54,31	572,11	2,14
10	1244	72,48	145,53	55,69	587,42	2,12
11	1287	73,34	145,67	58,02	619,85	2,08
12	1204,1	72,86	144,96	54,65	577,20	2,09

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1084	71,84	144,07	51,49	532,92	2,03
2	1181,1	71,15	144,01	57,25	586,60	2,01
3	1038,5	71,72	144,12	51,51	532,42	1,95
4	1147	71,92	144,2	55,23	572,78	2,00
5	1166,4	71,59	144,23	56,24	580,70	2,01
6	1153,3	71,98	144,43	54,71	568,77	2,03
7	1124,9	71,63	144,13	54,22	559,77	2,01
8	1159,1	72,07	144,47	55,19	574,64	2,02
9	1123,4	71,99	144,47	53,53	556,73	2,02
10	1140	72,11	144,48	54,98	572,81	1,99
11	1177,7	72,97	144,51	57,29	604,12	1,95
12	1102,1	72,04	143,86	54,09	560,57	1,97

Cuites

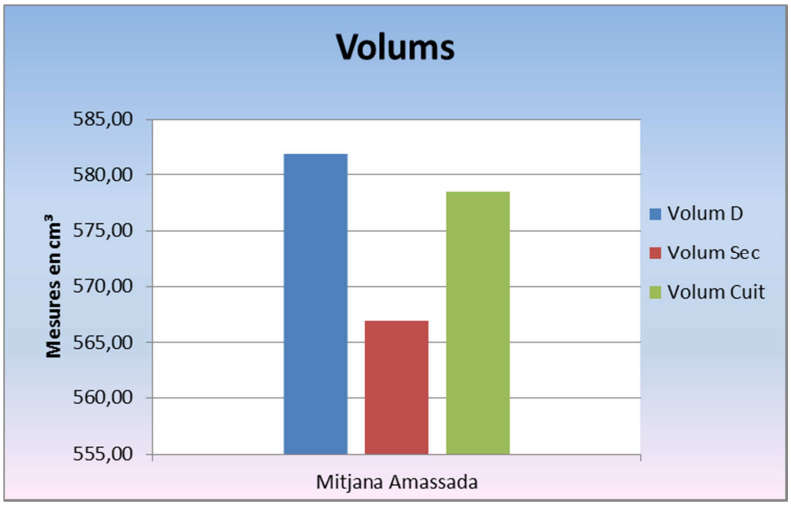
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1012,5	72,31	145,21	51,84	544,33	1,86
2	1101,4	71,82	145,18	57,74	602,05	1,83
3	968,4	72,01	145	51,5	537,73	1,80
4	1068,2	72,47	145,22	55,47	583,77	1,83
5	1087,3	72,08	145,06	56,79	593,79	1,83
6	1075,8	72,44	145,57	55,11	581,14	1,85
7	1049,2	71,75	145,3	54,59	569,12	1,84
8	1080,1	72,41	145,32	55,63	585,37	1,85
9	1047,1	72,52	145,47	53,96	569,25	1,84
10	1064,4	72,62	145,23	55,4	584,28	1,82
11	1097,4	73,25	145,78	57,84	617,64	1,78
12	1027	72,6	145,7	54,24	573,74	1,79

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
545,78	532,92	544,33	-2,36	2,14
603,37	586,60	602,05	-2,78	2,63
543,22	532,42	537,73	-1,99	1,00
587,39	572,78	583,77	-2,49	1,92
600,71	580,70	593,79	-3,33	2,25
583,33	568,77	581,14	-2,50	2,18
570,77	559,77	569,12	-1,93	1,67
590,77	574,64	585,37	-2,73	1,87
572,11	556,73	569,25	-2,69	2,25
587,42	572,81	584,28	-2,49	2,00
619,85	604,12	617,64	-2,54	2,24
577,20	560,57	573,74	-2,88	2,35
Mitjana				
581,83	566,90	578,52	-2,57	2,05

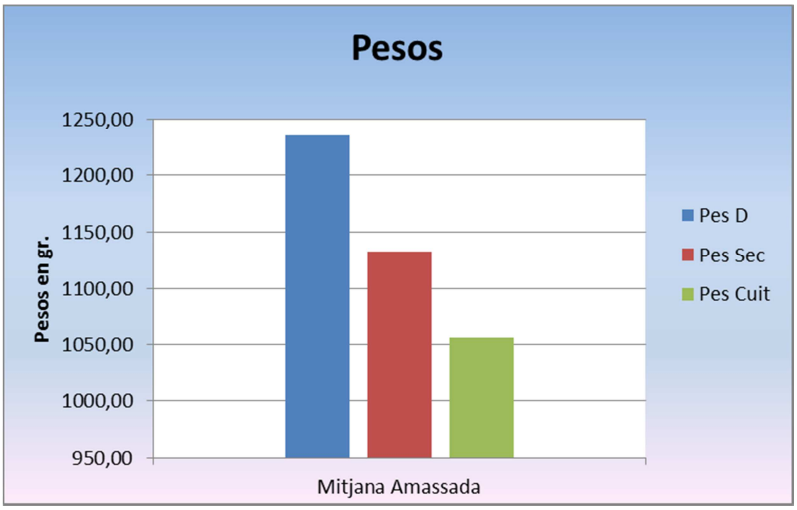
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1183,10	1084,00	1012,50	-8,38	-6,60
1288,30	1181,10	1101,40	-8,32	-6,75
1134,50	1038,50	968,40	-8,46	-6,75
1251,40	1147,00	1068,20	-8,34	-6,87
1272,40	1166,40	1087,30	-8,33	-6,78
1257,90	1153,30	1075,80	-8,32	-6,72
1227,50	1124,90	1049,20	-8,36	-6,73
1262,70	1159,10	1080,10	-8,20	-6,82
1224,10	1123,40	1047,10	-8,23	-6,79
1244,00	1140,00	1064,40	-8,36	-6,63
1287,00	1177,70	1097,40	-8,49	-6,82
1204,10	1102,10	1027,00	-8,47	-6,81
Mitjana				
1236,42	1133,13	1056,57	-8,35	-6,76

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,17	2,03	1,86	-6,16	-8,55
2,14	2,01	1,83	-5,70	-9,14
2,09	1,95	1,80	-6,60	-7,67
2,13	2,00	1,83	-6,01	-8,62
2,12	2,01	1,83	-5,17	-8,84
2,16	2,03	1,85	-5,97	-8,71
2,15	2,01	1,84	-6,56	-8,26
2,14	2,02	1,85	-5,63	-8,52
2,14	2,02	1,84	-5,69	-8,84
2,12	1,99	1,82	-6,02	-8,47
2,08	1,95	1,78	-6,11	-8,86
2,09	1,97	1,79	-5,76	-8,95
Mitjana				
2,13	2,00	1,83	-5,95	-8,62

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,27	-14,42	-14,19
-0,22	-14,51	-14,32
-1,01	-14,64	-13,77
-0,62	-14,64	-14,11
-1,15	-14,55	-13,55
-0,38	-14,48	-14,15
-0,29	-14,53	-14,28
-0,91	-14,46	-13,67
-0,50	-14,46	-14,03
-0,53	-14,44	-13,98
-0,36	-14,73	-14,43
-0,60	-14,71	-14,19
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-0,57	-14,55	-14,06



Gràfica 44. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 800Cº*



Gràfica 45. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 800Cº*

Pressió 50Kg/cm2, cocció 850ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1236,5	73,25	145,58	54,55	581,71	2,13
2	1241,1	72,9	145,31	54,1	573,09	2,17
3	1235	71,44	145,17	55,65	577,14	2,14
4	1275,6	72,7	145,56	55,61	588,48	2,17
5	1188,6	72,52	145,29	53,31	561,70	2,12
6	1211	71,99	144,83	53,41	556,87	2,17
7	1199,8	72,48	145,28	53,32	561,45	2,14
8	1165,4	71,85	144,88	52,36	545,05	2,14
9	1250,6	72,78	145,44	54,98	581,97	2,15
10	1149,1	72,23	145,18	50,13	525,68	2,19
11	1162,1	71,65	144,88	52,82	548,31	2,12
12	1137,4	72,31	145,34	50	525,48	2,16

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1125,1	72,77	144,47	54,11	568,86	1,98
2	1127,8	72,38	144,31	53,37	557,46	2,02
3	1119,8	71,05	143,81	54,73	559,21	2,00
4	1160,7	72,18	144,37	55,12	574,38	2,02
5	1081,9	72,13	144,3	52,5	546,44	1,98
6	1100,6	71,31	143,78	52,91	542,48	2,03
7	1092,6	71,97	144,23	52,78	547,87	1,99
8	1060,7	71,25	143,87	51,93	532,32	1,99
9	1137,1	72,5	144,95	54,29	570,53	1,99
10	1045,1	71,71	144,2	49,79	514,86	2,03
11	1057,3	71,17	143,99	52,23	535,24	1,98
12	1035,2	71,71	144,34	49,45	511,84	2,02

Cuites

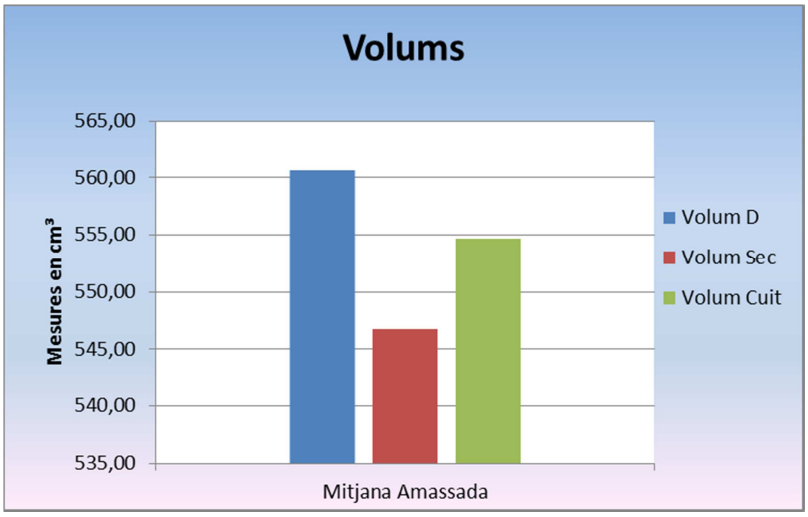
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1054,7	72,94	145,35	54,13	573,88	1,84
2	1056,4	72,9	145	53,64	567,00	1,86
3	1048,9	71,28	144,5	55,17	568,25	1,85
4	1088,1	72,57	145,07	55,17	580,81	1,87
5	1013,8	72,39	145,05	52,88	555,25	1,83
6	1033,4	71,92	144,54	53,09	551,89	1,87
7	1025,4	72,45	144,92	52,91	555,53	1,85
8	995,9	71,81	144,58	52,3	542,99	1,83
9	1066,6	72,6	145,05	54,74	576,45	1,85
10	980,9	72,07	144,94	49,96	521,87	1,88
11	993	71,56	144,63	52,53	543,67	1,83
12	971	72,06	145,08	49,64	518,96	1,87

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
581,71	568,86	573,88	-2,21	0,88
573,09	557,46	567,00	-2,73	1,71
577,14	559,21	568,25	-3,11	1,62
588,48	574,38	580,81	-2,39	1,12
561,70	546,44	555,25	-2,72	1,61
556,87	542,48	551,89	-2,58	1,73
561,45	547,87	555,53	-2,42	1,40
545,05	532,32	542,99	-2,34	2,00
581,97	570,53	576,45	-1,97	1,04
525,68	514,86	521,87	-2,06	1,36
548,31	535,24	543,67	-2,38	1,57
525,48	511,84	518,96	-2,60	1,39
Mitjana				
560,58	546,79	554,71	-2,46	1,45

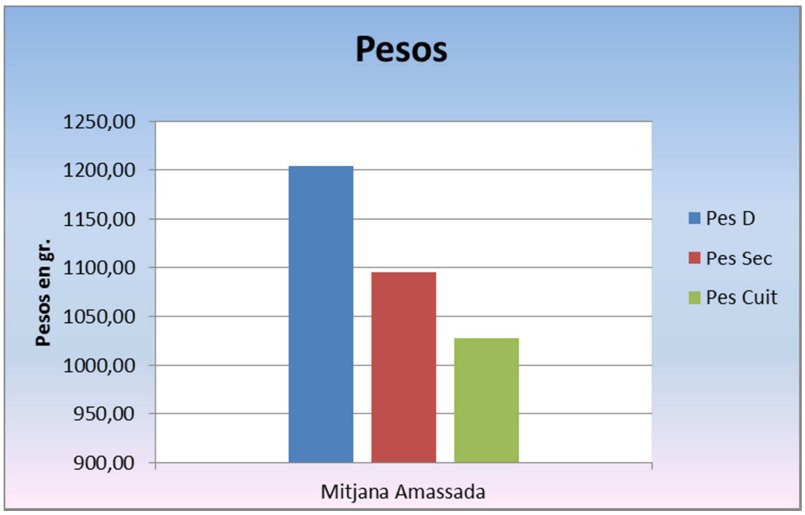
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1236,50	1125,10	1054,70	-9,01	-6,26
1241,10	1127,80	1056,40	-9,13	-6,33
1235,00	1119,80	1048,90	-9,33	-6,33
1275,60	1160,70	1088,10	-9,01	-6,25
1188,60	1081,90	1013,80	-8,98	-6,29
1211,00	1100,60	1033,40	-9,12	-6,11
1199,80	1092,60	1025,40	-8,93	-6,15
1165,40	1060,70	995,90	-8,98	-6,11
1250,60	1137,10	1066,60	-9,08	-6,20
1149,10	1045,10	980,90	-9,05	-6,14
1162,10	1057,30	993,00	-9,02	-6,08
1137,40	1035,20	971,00	-8,99	-6,20
Mitjana				
1204,35	1095,33	1027,34	-9,05	-6,21

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,13	1,98	1,84	-6,95	-7,08
2,17	2,02	1,86	-6,58	-7,91
2,14	2,00	1,85	-6,42	-7,82
2,17	2,02	1,87	-6,78	-7,29
2,12	1,98	1,83	-6,44	-7,78
2,17	2,03	1,87	-6,71	-7,71
2,14	1,99	1,85	-6,68	-7,44
2,14	1,99	1,83	-6,81	-7,95
2,15	1,99	1,85	-7,25	-7,16
2,19	2,03	1,88	-7,14	-7,40
2,12	1,98	1,83	-6,80	-7,54
2,16	2,02	1,87	-6,56	-7,49
Mitjana				
2,15	2,00	1,85	-6,76	-7,55

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-1,35	-14,70	-13,54
-1,06	-14,88	-13,97
-1,54	-15,07	-13,74
-1,30	-14,70	-13,57
-1,15	-14,71	-13,72
-0,89	-14,67	-13,90
-1,06	-14,54	-13,62
-0,38	-14,54	-14,22
-0,95	-14,71	-13,90
-0,72	-14,64	-14,01
-0,85	-14,55	-13,82
-1,24	-14,63	-13,56
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-1,04	-14,69	-13,80



Gràfica 46. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 850Cº*



Gràfica 47. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 850Cº*

Pressió 50Kg/cm2, cocció 900ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1236,5	72,24	145,47	54,38	571,47	2,16
2	1189,3	71,62	145,01	52,33	543,48	2,19
3	1154,7	72,46	145,1	51	536,21	2,15
4	1164,8	71,92	144,85	51,71	538,69	2,16
5	1175,2	72,38	145,5	51,01	537,20	2,19
6	1167,8	72,66	145,31	51,27	541,32	2,16
7	1211,9	72,77	145,21	53,45	564,80	2,15
8	1241,6	73,1	145,45	54,65	581,06	2,14
9	1144,1	71,77	144,87	51,05	530,78	2,16
10	1228	71,92	144,87	54,7	569,92	2,15
11	1217,6	72,72	145,19	53,08	560,43	2,17
12	1104,6	72,69	145,6	48,98	518,39	2,13

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1120	71,76	144,12	53,47	552,99	2,03
2	1077,1	71,17	143,95	51,43	526,90	2,04
3	1050,5	71,91	144,33	50,3	522,05	2,01
4	1057,5	71,29	143,93	50,9	522,27	2,02
5	1068,9	71,75	144,46	50,33	521,67	2,05
6	1059,1	72,02	144,13	50,54	524,62	2,02
7	1101,5	72,18	144,17	52,8	549,45	2,00
8	1128,1	72,85	144,35	54,01	567,96	1,99
9	1039,3	70,98	143,82	50,12	511,64	2,03
10	1115,3	71,27	143,87	54,05	554,21	2,01
11	1107,3	72,09	144,15	52,57	546,30	2,03
12	1003,3	72,33	144,27	48,3	504,01	1,99

Cuites

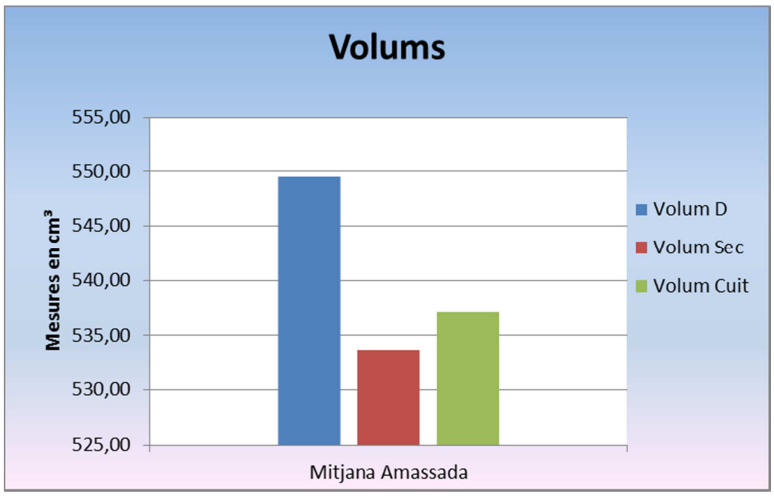
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1047,6	72,08	144,55	53,56	558,05	1,88
2	1007,1	71,37	144,34	51,61	531,66	1,89
3	982,8	71,93	144,65	50,58	526,27	1,87
4	988,6	71,42	144,15	51,06	525,67	1,88
5	1000,1	71,95	144,75	50,34	524,28	1,91
6	990,5	72,07	144,56	50,38	524,88	1,89
7	1030,5	72,31	144,75	52,94	554,12	1,86
8	1055,2	72,62	144,83	54,14	569,42	1,85
9	971,5	71,16	144,34	50,22	515,82	1,88
10	1042,8	71,46	144,24	54,26	559,28	1,86
11	1045,3	72,42	144,69	52,42	549,28	1,90
12	937,6	72,33	144,72	48,37	506,32	1,85

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
571,47	552,99	558,05	-3,23	0,92
543,48	526,90	531,66	-3,05	0,90
536,21	522,05	526,27	-2,64	0,81
538,69	522,27	525,67	-3,05	0,65
537,20	521,67	524,28	-2,89	0,50
541,32	524,62	524,88	-3,09	0,05
564,80	549,45	554,12	-2,72	0,85
581,06	567,96	569,42	-2,25	0,26
530,78	511,64	515,82	-3,61	0,82
569,92	554,21	559,28	-2,76	0,92
560,43	546,30	549,28	-2,52	0,55
518,39	504,01	506,32	-2,77	0,46
Mitjana				
549,48	533,67	537,09	-2,88	0,64

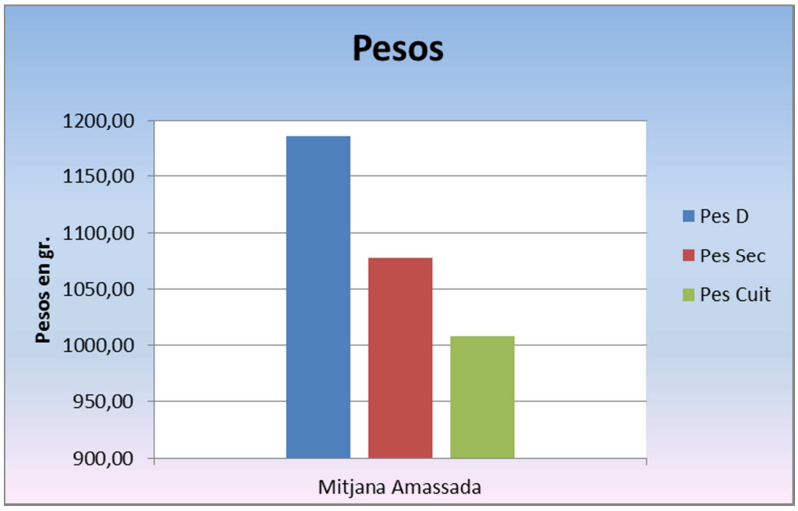
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1236,50	1120,00	1047,60	-9,42	-6,46
1189,30	1077,10	1007,10	-9,43	-6,50
1154,70	1050,50	982,80	-9,02	-6,44
1164,80	1057,50	988,60	-9,21	-6,52
1175,20	1068,90	1000,10	-9,05	-6,44
1167,80	1059,10	990,50	-9,31	-6,48
1211,90	1101,50	1030,50	-9,11	-6,45
1241,60	1128,10	1055,20	-9,14	-6,46
1144,10	1039,30	971,50	-9,16	-6,52
1228,00	1115,30	1042,80	-9,18	-6,50
1217,60	1107,30	1045,30	-9,06	-5,60
1104,60	1003,30	937,60	-9,17	-6,55
Mitjana				
1186,34	1077,33	1008,30	-9,19	-6,41

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,16	2,03	1,88	-6,40	-7,31
2,19	2,04	1,89	-6,58	-7,34
2,15	2,01	1,87	-6,56	-7,19
2,16	2,02	1,88	-6,36	-7,12
2,19	2,05	1,91	-6,34	-6,90
2,16	2,02	1,89	-6,42	-6,52
2,15	2,00	1,86	-6,57	-7,23
2,14	1,99	1,85	-7,05	-6,70
2,16	2,03	1,88	-5,76	-7,28
2,15	2,01	1,86	-6,60	-7,35
2,17	2,03	1,90	-6,71	-6,11
2,13	1,99	1,85	-6,58	-6,97
Mitjana				
2,16	2,02	1,88	-6,49	-7,00

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-2,35	-15,28	-13,24
-2,17	-15,32	-13,44
-1,85	-14,89	-13,28
-2,42	-15,13	-13,02
-2,41	-14,90	-12,80
-3,04	-15,18	-12,53
-1,89	-14,97	-13,33
-2,00	-15,01	-13,28
-2,82	-15,09	-12,62
-1,87	-15,08	-13,47
-1,99	-14,15	-12,41
-2,33	-15,12	-13,10
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-2,26	-15,01	-13,04



Gràfica 48. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 900Cº*



Gràfica 49. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 900Cº*

Pressió 50Kg/cm2, cocció 950ºC

Desenmotllat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1268,4	73,22	145,32	55,53	590,86	2,15
2	1246	71,67	144,63	55,3	573,22	2,17
3	1202,1	71,98	144,84	53,58	558,60	2,15
4	1252	72,48	145,1	55,33	581,90	2,15
5	1202,4	72,05	145,04	53,75	561,69	2,14
6	1230,8	71,55	144,81	54,67	566,44	2,17
7	1250,6	72,75	145,38	55,13	583,08	2,14
8	1126,4	72,04	145,09	50,7	529,93	2,13
9	1225,7	72,26	144,76	54,45	569,57	2,15
10	1168,7	72,22	145,45	52,02	546,44	2,14
11	1211	72,13	145	54,32	568,12	2,13
12	1242,2	72,16	145,39	55,3	580,17	2,14

Sense Humitat

Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1154,1	72,92	144,5	54,79	577,32	2,00
2	1136	71,38	143,8	54,98	564,34	2,01
3	1096,8	71,4	143,94	54,87	563,92	1,94
4	1142,6	71,88	144,22	54,62	566,22	2,02
5	1098	71,68	144,16	53,28	550,56	1,99
6	1123,3	70,97	144,48	53,92	552,88	2,03
7	1141	72,4	144,9	54,49	571,64	2,00
8	1025,5	71,49	144,1	54,16	557,94	1,84
9	1116,5	71,88	144,06	53,91	558,24	2,00
10	1064,8	71,77	144,58	51,58	535,22	1,99
11	1105,2	71,63	144,16	53,7	554,52	1,99
12	1132,9	71,81	144,55	54,7	567,79	2,00

Cuites

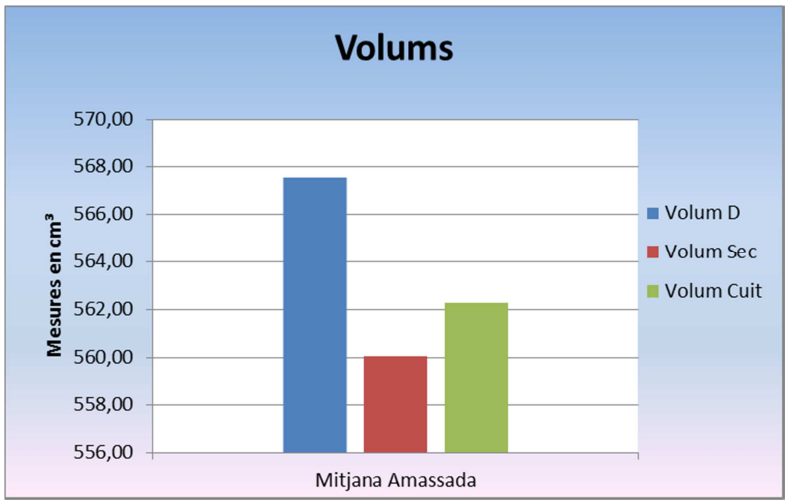
Nº Peça	Pes Gr.	Mesures en mm			Volum cm³	D. aparent g/cm³
		A	B	C		
1	1084,3	73,05	144,89	55,38	586,15	1,85
2	1066,5	71,66	144,38	55,06	569,67	1,87
3	1030,3	71,78	144,52	53,26	552,50	1,86
4	1073,2	72,25	144,74	54,92	574,32	1,87
5	1030,3	71,89	144,74	53,32	554,81	1,86
6	1054,3	71,37	144,49	54,29	559,85	1,88
7	1071,3	72,77	145,03	54,8	578,35	1,85
8	962,7	71,84	144,78	50,29	523,07	1,84
9	1047,4	72,27	144,49	54,36	567,64	1,85
10	1000,4	72,39	145,2	51,68	543,21	1,84
11	1035,2	71,93	144,69	54,14	563,46	1,84
12	1062,5	72,13	145,01	54,9	574,23	1,85

Volum D cm³	Volum Sec cm³	Volum cuit cm³	%Volum D/sec	%Volum Sec/cuit
590,86	577,32	586,15	-2,29	1,53
573,22	564,34	569,67	-1,55	0,94
558,60	563,92	552,50	0,95	-2,02
581,90	566,22	574,32	-2,69	1,43
561,69	550,56	554,81	-1,98	0,77
566,44	552,88	559,85	-2,39	1,26
583,08	571,64	578,35	-1,96	1,17
529,93	557,94	523,07	5,29	-6,25
569,57	558,24	567,64	-1,99	1,68
546,44	535,22	543,21	-2,05	1,49
568,12	554,52	563,46	-2,40	1,61
580,17	567,79	574,23	-2,13	1,13
Mitjana				
567,50	560,05	562,27	-1,31	0,40

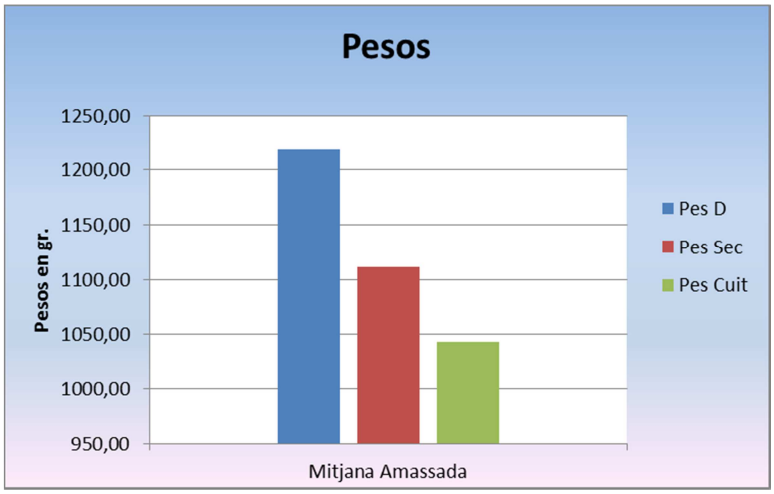
Pes D gr.	Pes Sec gr.	Pes cuit gr.	%Pes D/sec	%Pes Sec/cuit
1268,40	1154,10	1084,30	-9,01	-6,05
1246,00	1136,00	1066,50	-8,83	-6,12
1202,10	1096,80	1030,30	-8,76	-6,06
1252,00	1142,60	1073,20	-8,74	-6,07
1202,40	1098,00	1030,30	-8,68	-6,17
1230,80	1123,30	1054,30	-8,73	-6,14
1250,60	1141,00	1071,30	-8,76	-6,11
1126,40	1025,50	962,70	-8,96	-6,12
1225,70	1116,50	1047,40	-8,91	-6,19
1168,70	1064,80	1000,40	-8,89	-6,05
1211,00	1105,20	1035,20	-8,74	-6,33
1242,20	1132,90	1062,50	-8,80	-6,21
Mitjana				
1218,86	1111,39	1043,20	-8,82	-6,14

Densitat D g/cm³	Densitat Sec g/cm³	Densitat cuit g/cm³	%Densitat D/sec	%Densitat Sec/cuit
2,15	2,00	1,85	-6,88	-7,46
2,17	2,01	1,87	-7,39	-7,00
2,15	1,94	1,86	-9,62	-4,12
2,15	2,02	1,87	-6,21	-7,40
2,14	1,99	1,86	-6,84	-6,88
2,17	2,03	1,88	-6,50	-7,31
2,14	2,00	1,85	-6,94	-7,20
2,13	1,84	1,84	-13,53	0,14
2,15	2,00	1,85	-7,06	-7,74
2,14	1,99	1,84	-6,98	-7,43
2,13	1,99	1,84	-6,50	-7,82
2,14	2,00	1,85	-6,81	-7,27
Mitjana				
2,15	1,98	1,86	-7,60	-6,51

%Volum D-C	%Pes D-C	%Densitat D-C
-0,80	-14,51	-13,83
-0,62	-14,41	-13,87
-1,09	-14,29	-13,35
-1,30	-14,28	-13,15
-1,23	-14,31	-13,25
-1,16	-14,34	-13,33
-0,81	-14,34	-13,64
-1,30	-14,53	-13,41
-0,34	-14,55	-14,26
-0,59	-14,40	-13,89
-0,82	-14,52	-13,81
-1,02	-14,47	-13,58
Mitjana	Mitjana	Mitjana
-0,92	-14,41	-13,61

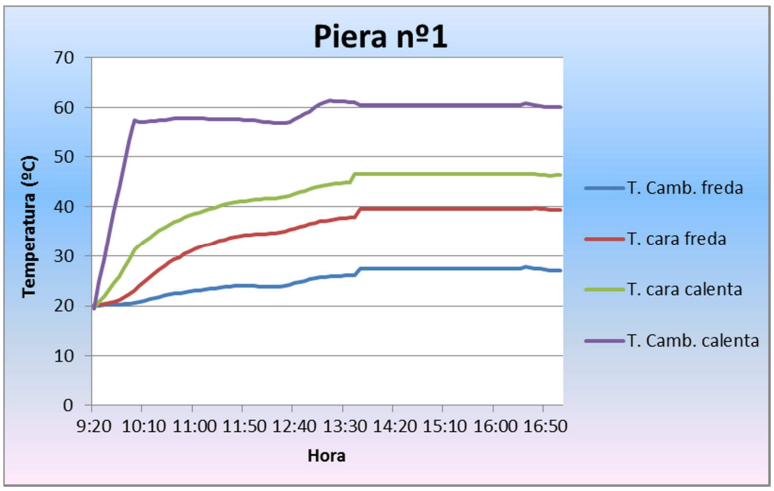


Gràfica 50. *Comportament del volum de les provetes 50kg/cm2 950Cº*

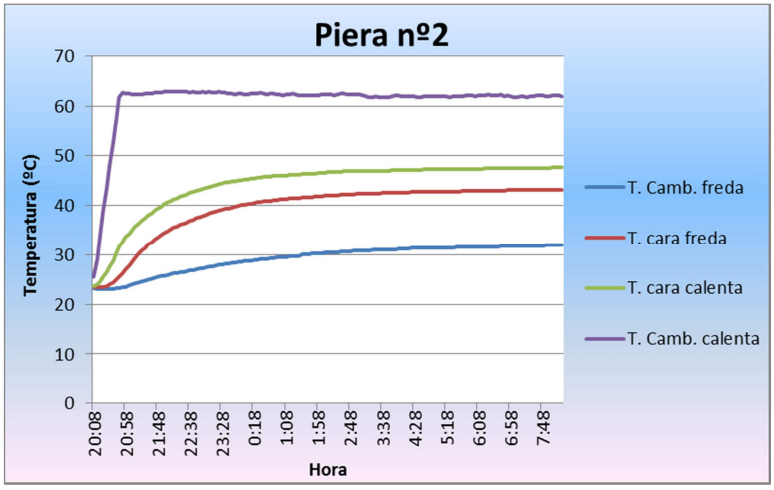


Gràfica 51. *Comportament dels pesos de les provetes 50kg/cm2 950Cº*

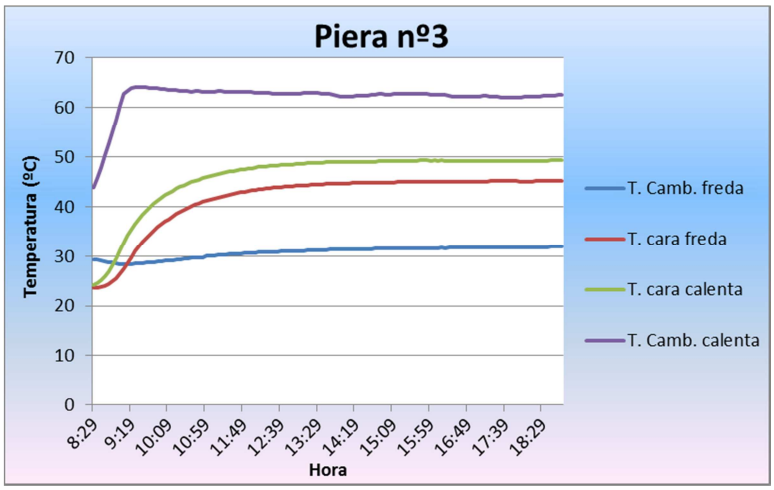
Gràfiques del comportament de la conductivitat tèrmica mitjançant la caixa calenta



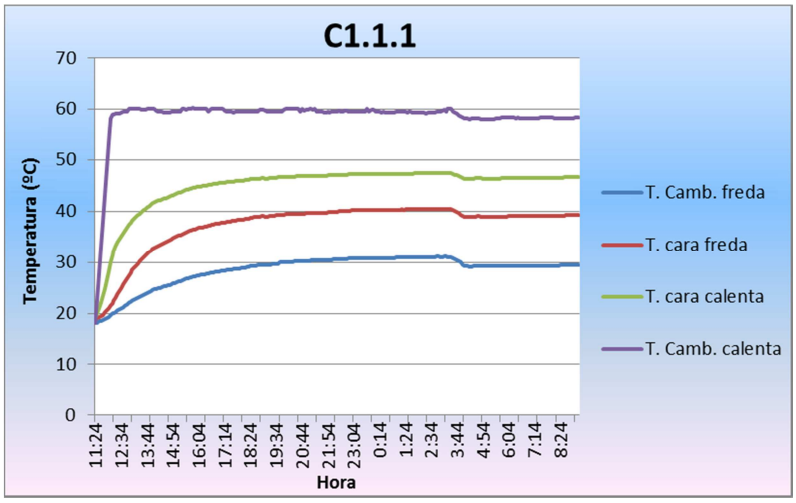
Gràfica 52. *Cicle de la caixa calenta proveta Piera 1*



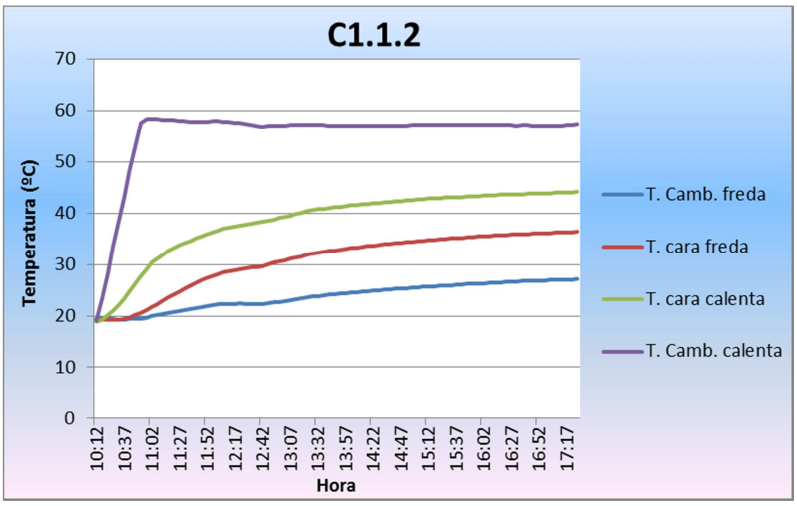
Gràfica 53. *Cicle de la caixa calenta proveta Piera 2*



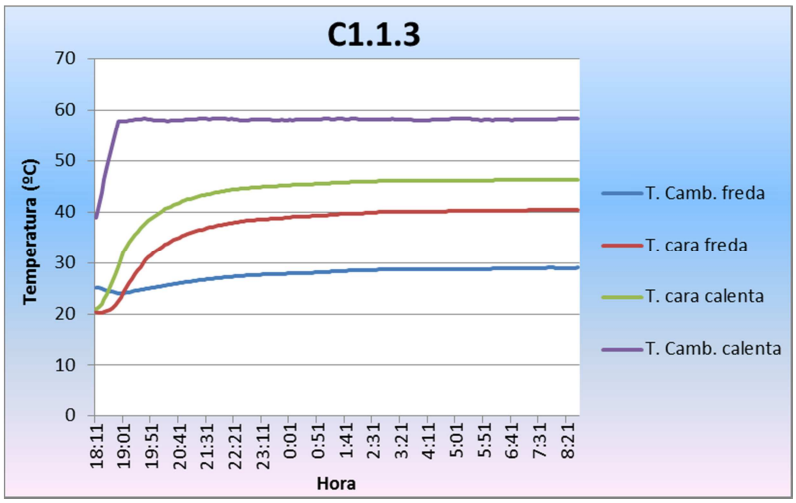
Gràfica 54. *Cicle de la caixa calenta proveta Piera 3*



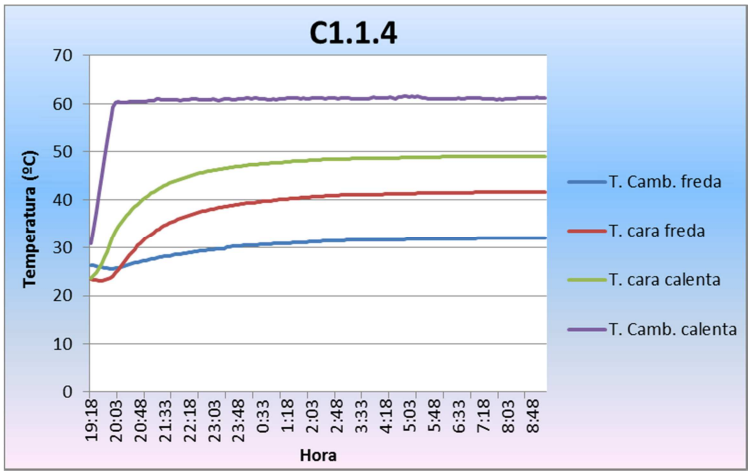
Gràfica 55. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.1*



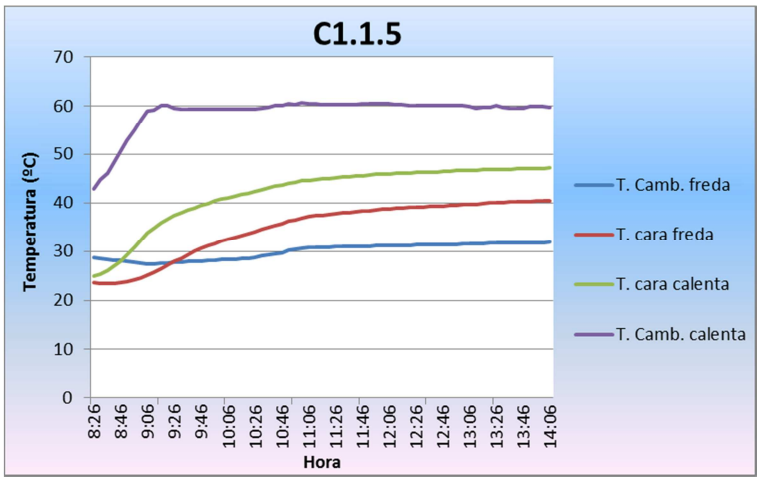
Gràfica 56. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.2*



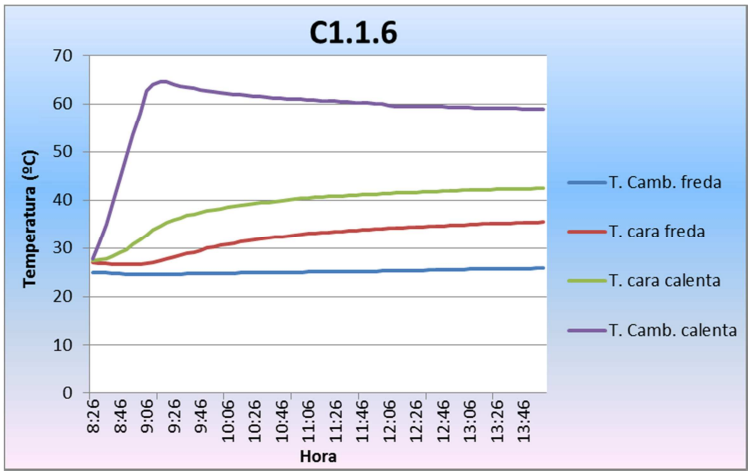
Gràfica 57. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.3*



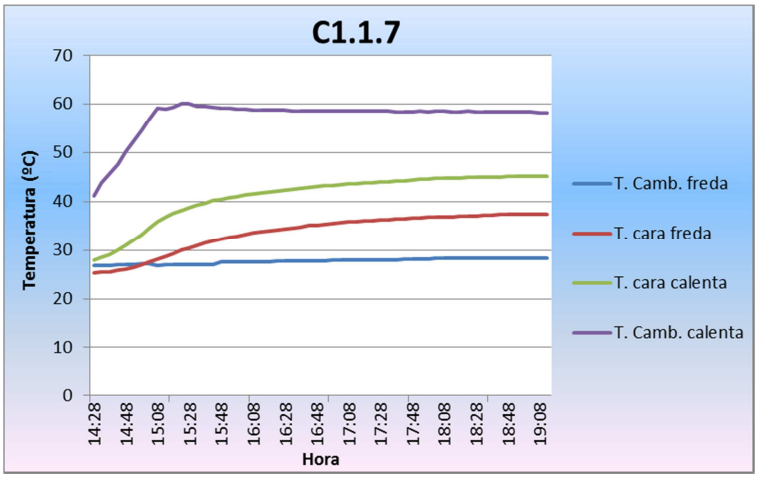
Gràfica 58. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.4*



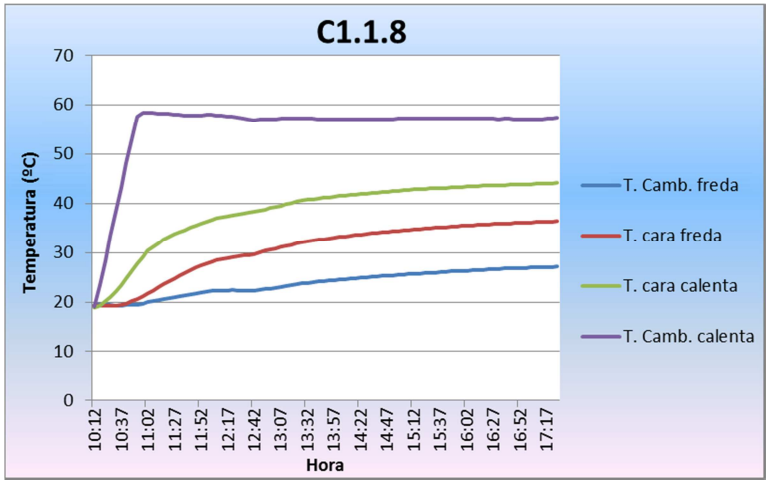
Gràfica 59. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.5*



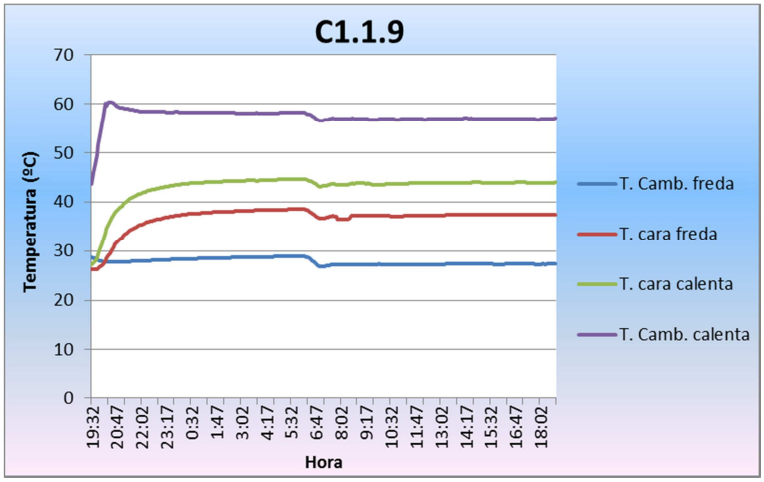
Gràfica 60. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.6*



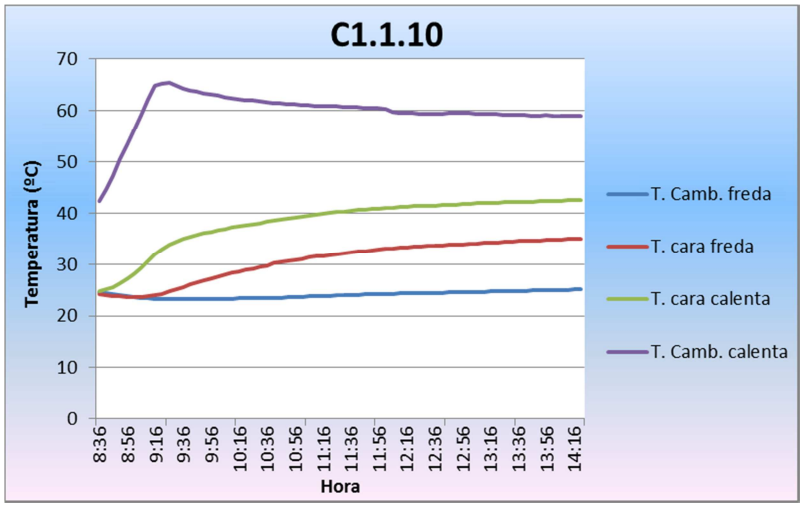
Gràfica 61. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.7*



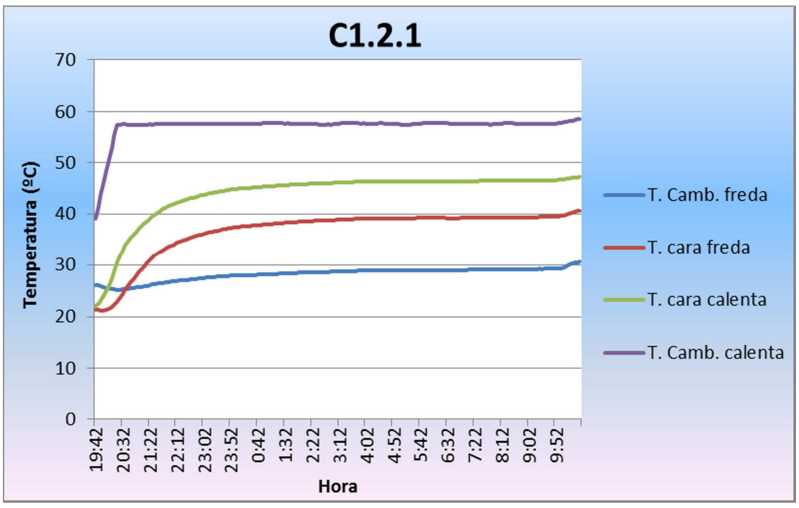
Gràfica 62. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.8*



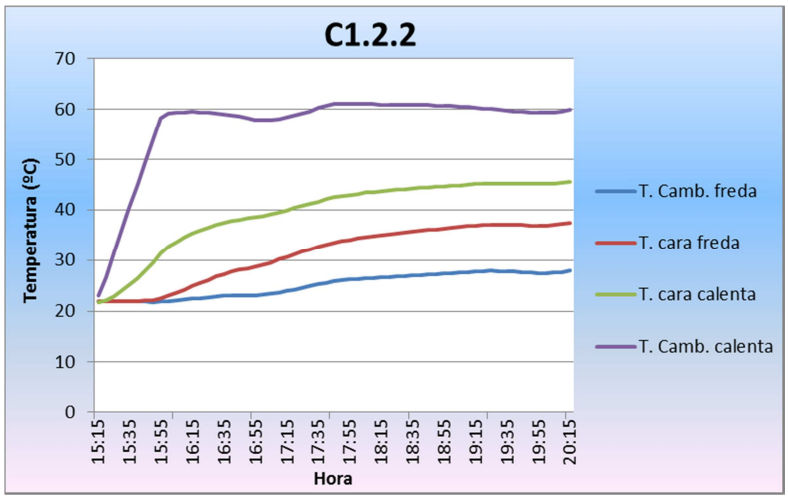
Gràfica 63. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.9*



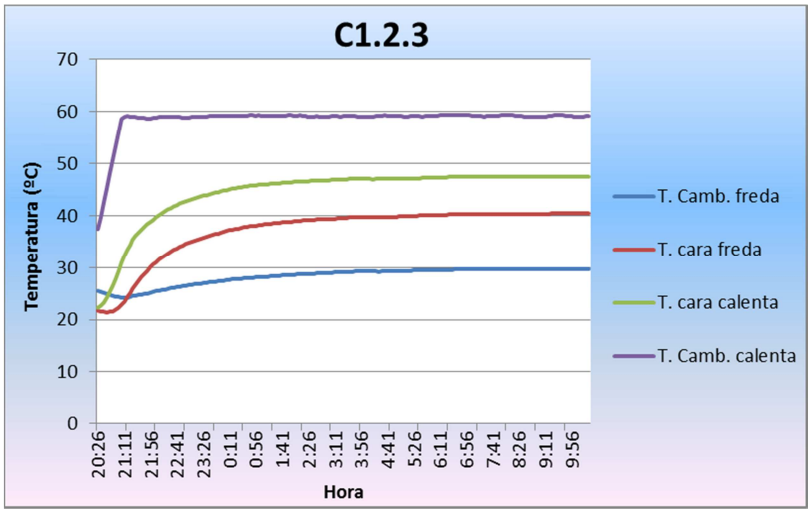
Gràfica 64. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.1.10*



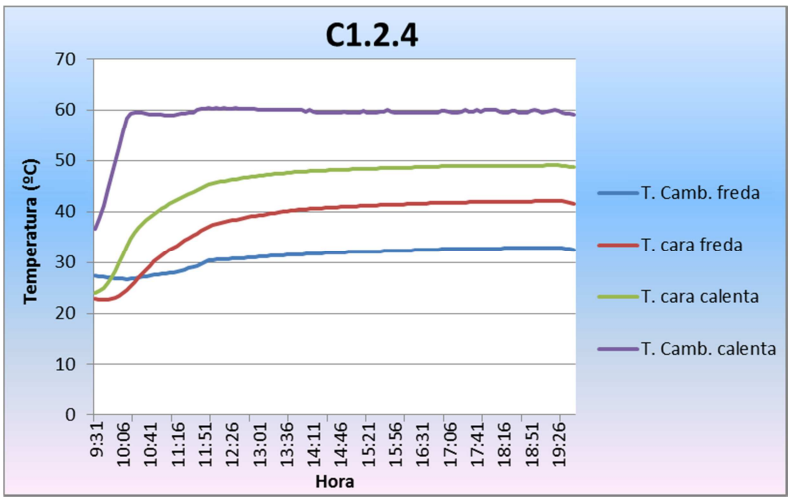
Gràfica 65. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.1*



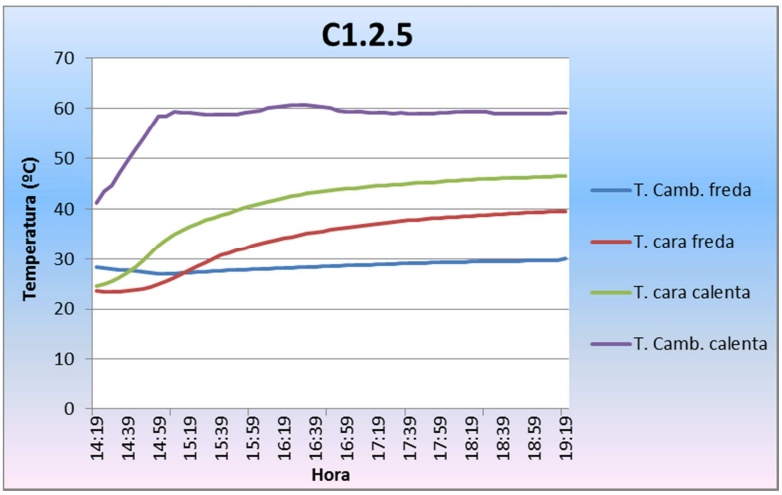
Gràfica 66. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.2*



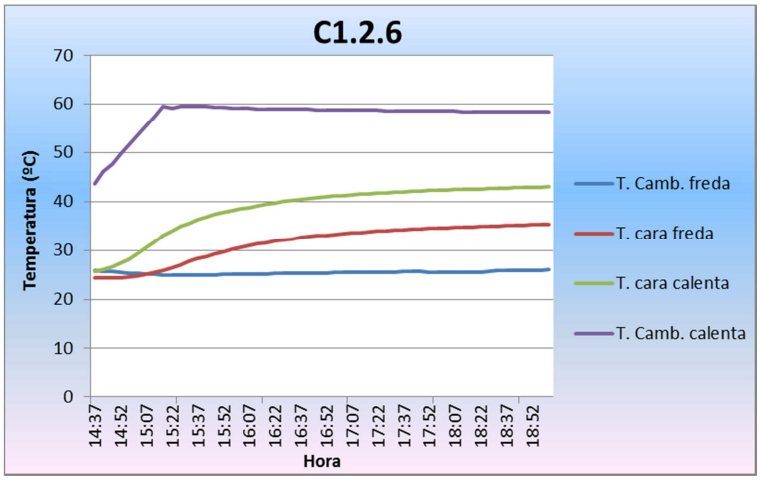
Gràfica 67. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.3*



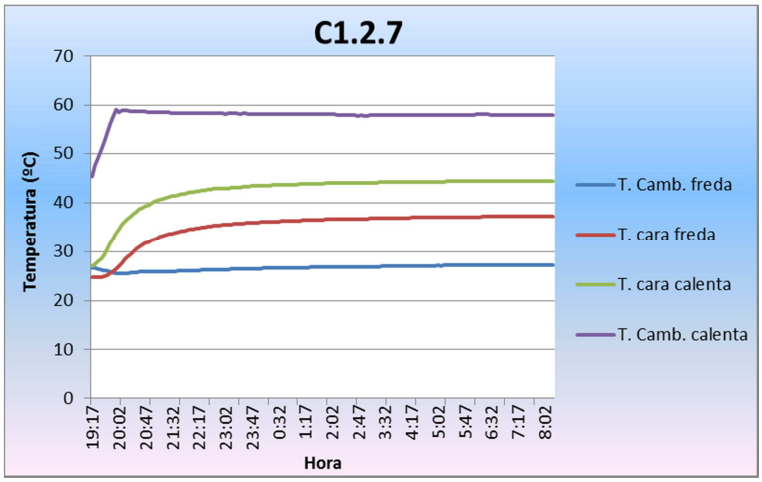
Gràfica 68. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.4*



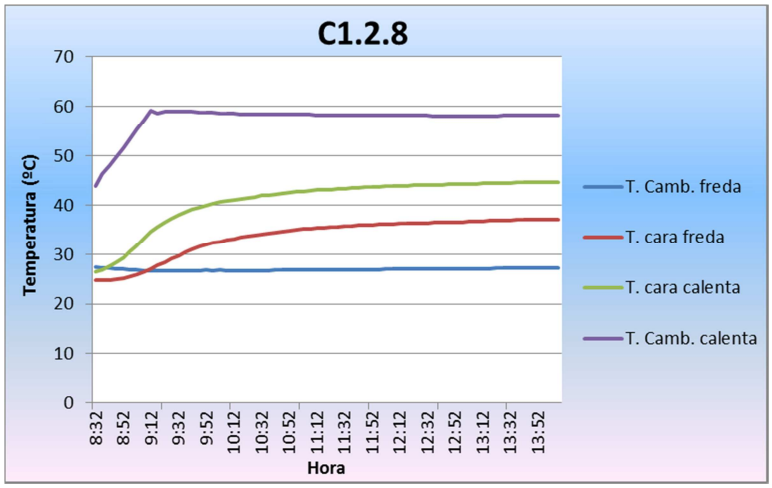
Gràfica 69. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.5*



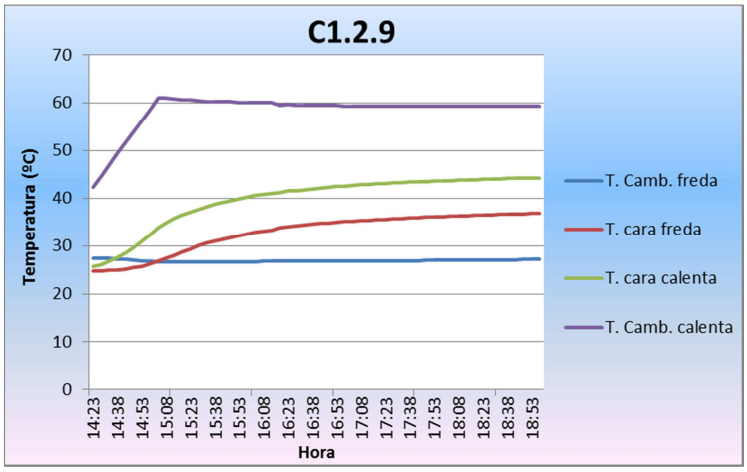
Gràfica 70. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.6*



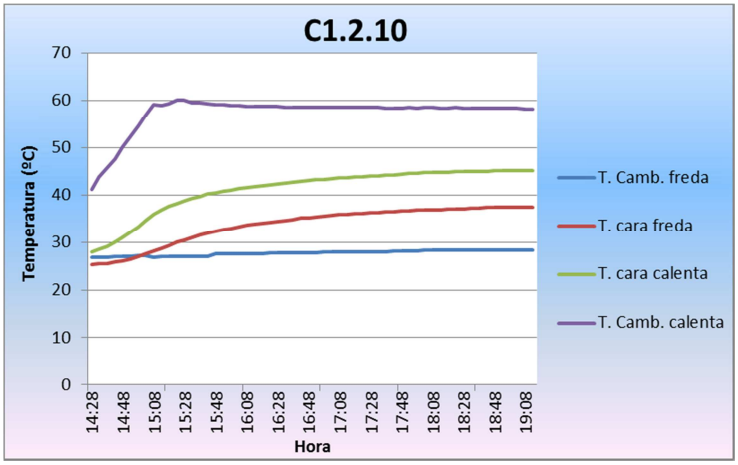
Gràfica 71. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.7*



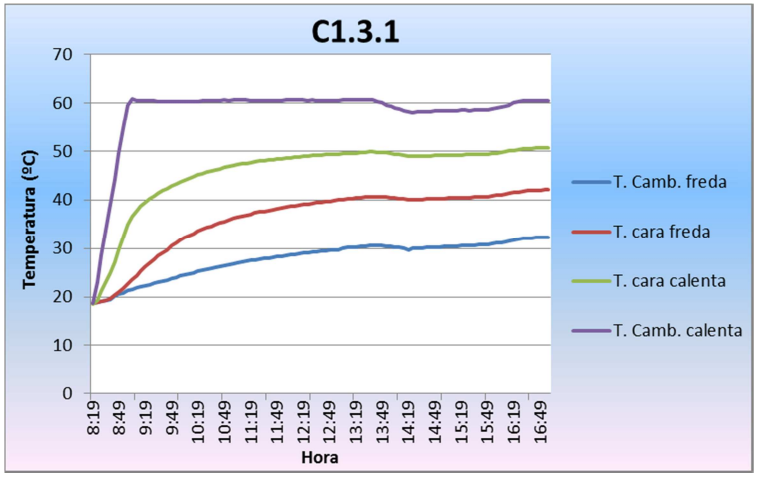
Gràfica 72. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.8*



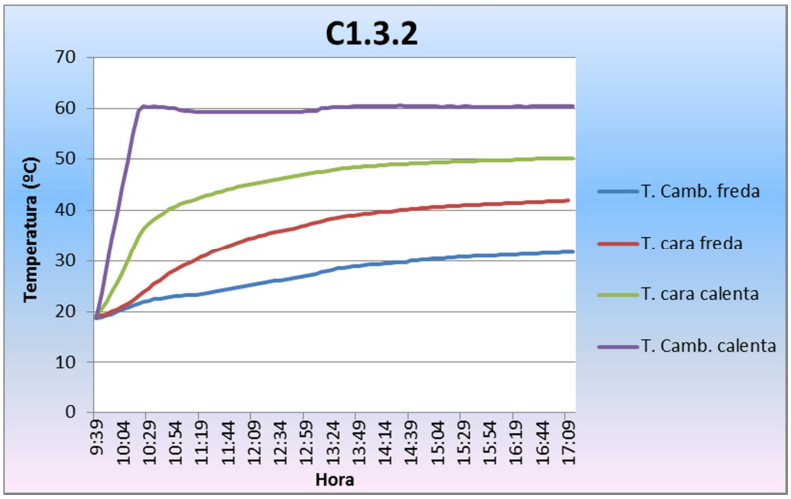
Gràfica 73. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.9*



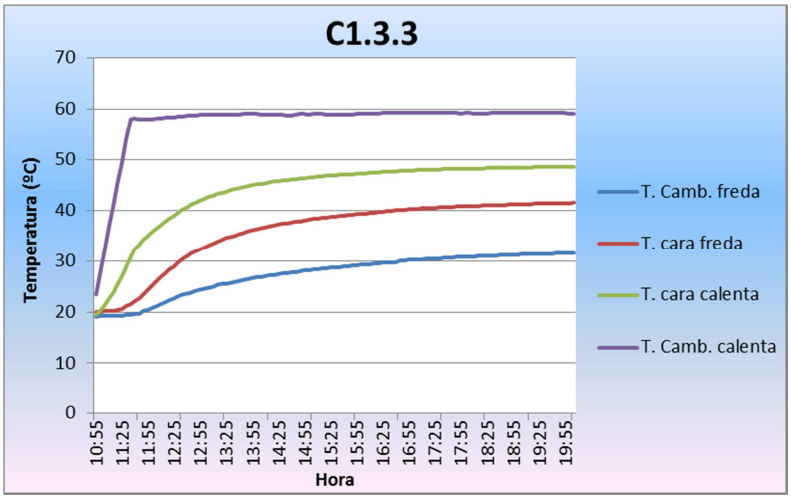
Gràfica 74. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.2.10*



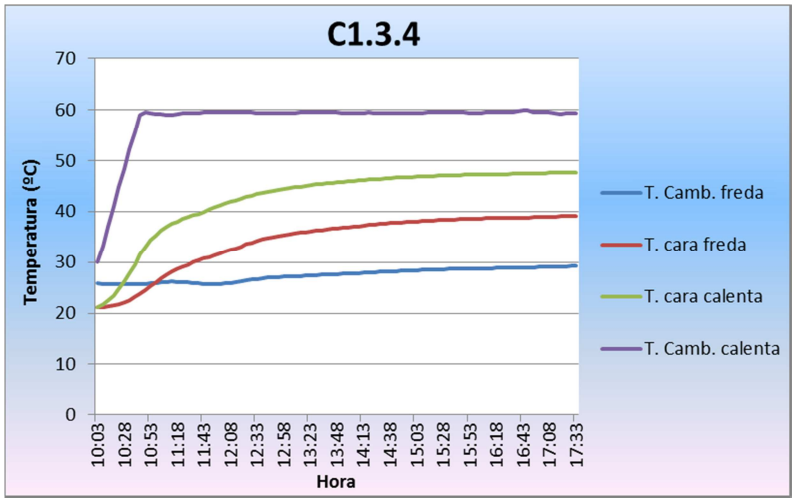
Gràfica 75. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.1*



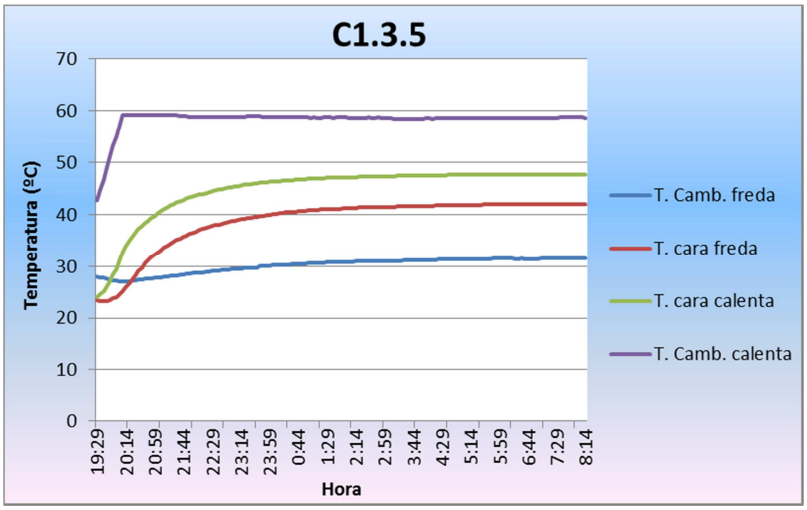
Gràfica 76. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.2*



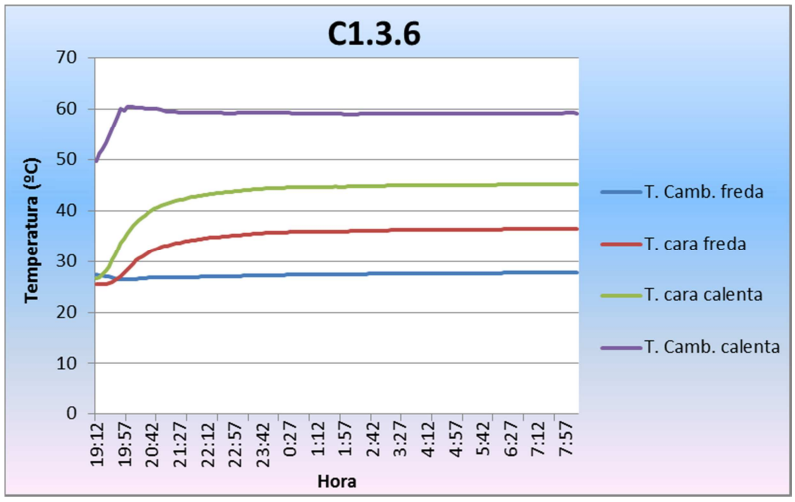
Gràfica 77. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.3*



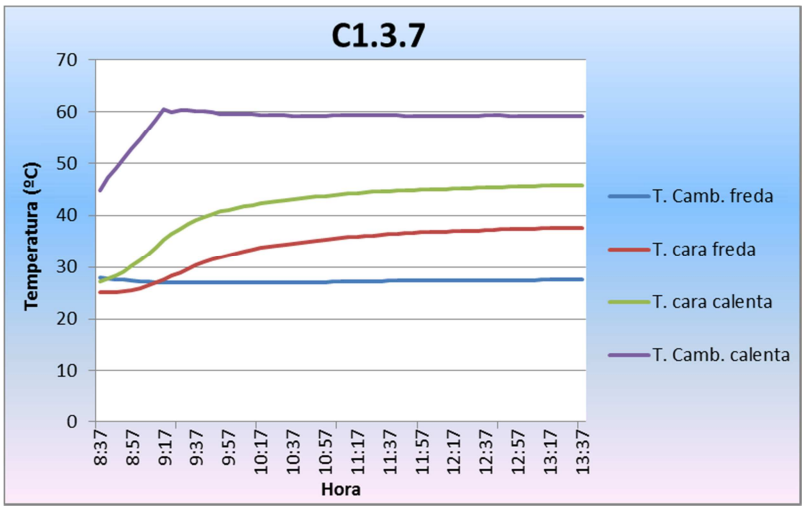
Gràfica 78. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.4*



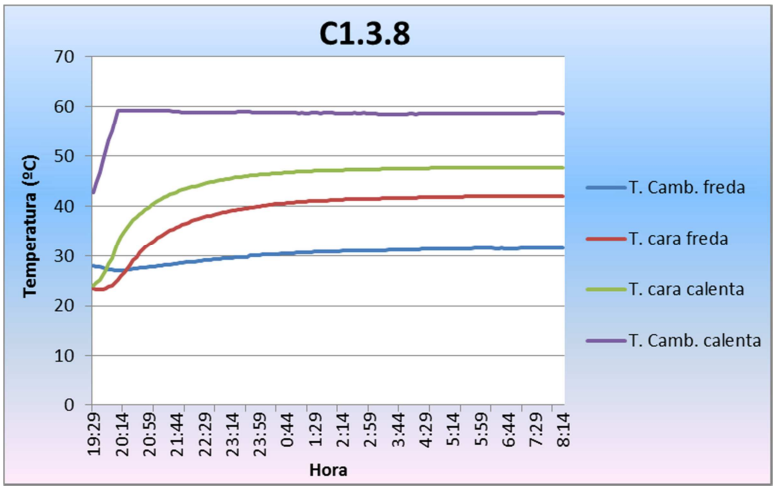
Gràfica 79. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.5*



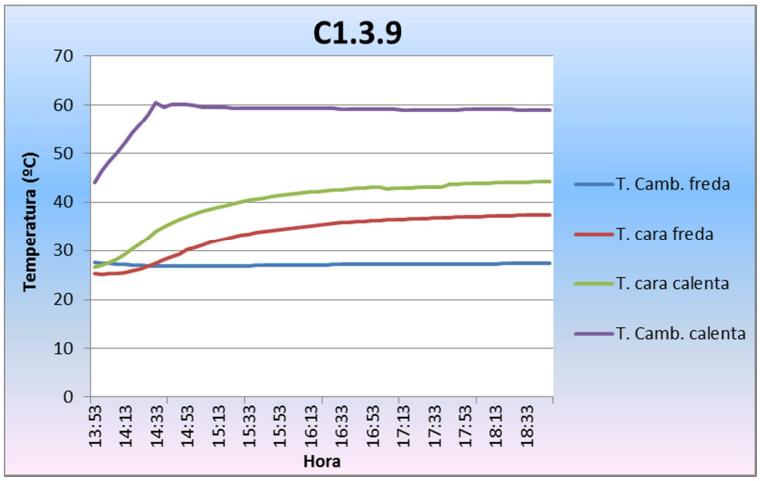
Gràfica 80. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.6*



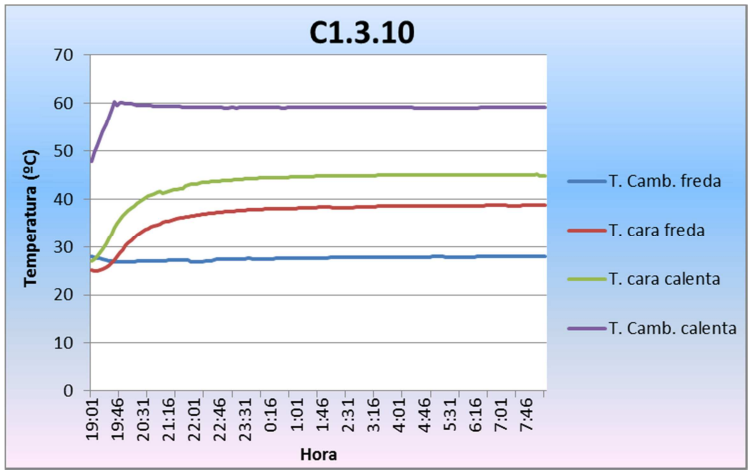
Gràfica 81. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.7*



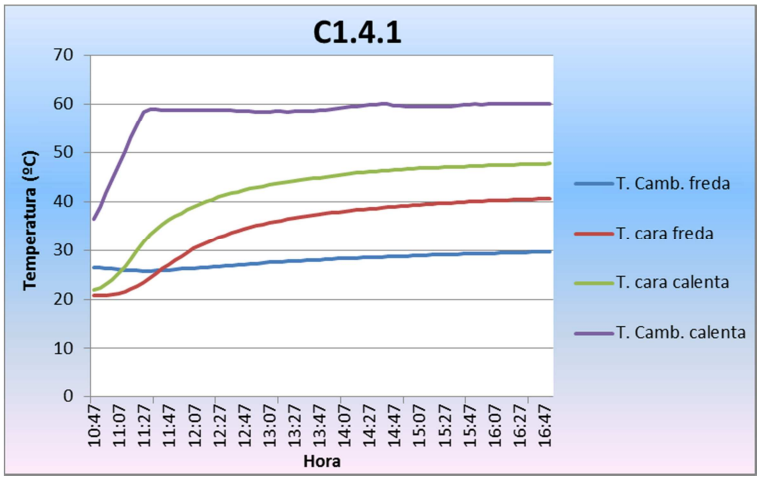
Gràfica 82. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.8*



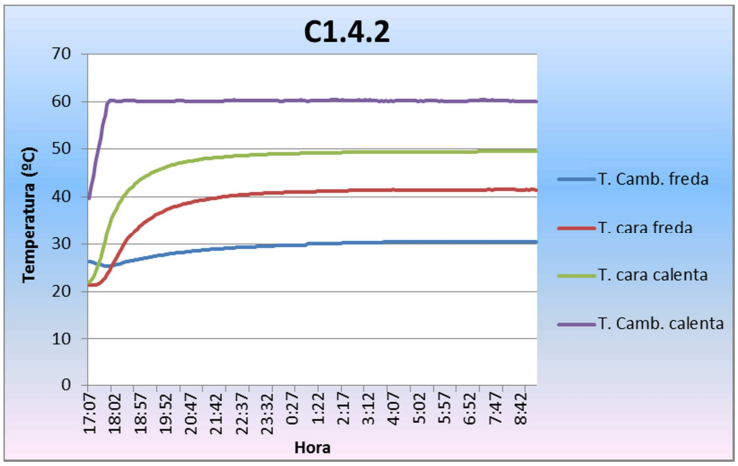
Gràfica 83. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.9*



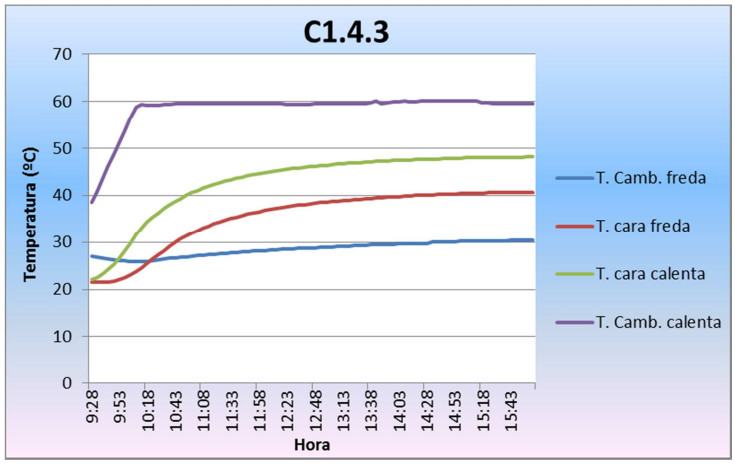
Gràfica 84. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.3.10*



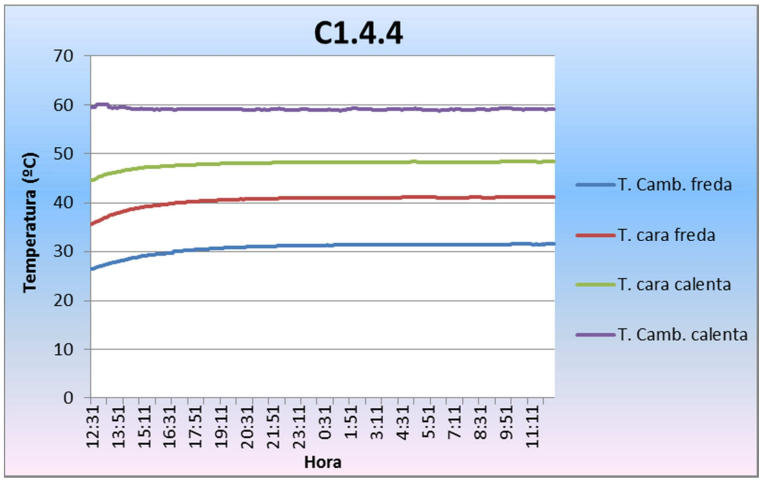
Gràfica 85. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.1*



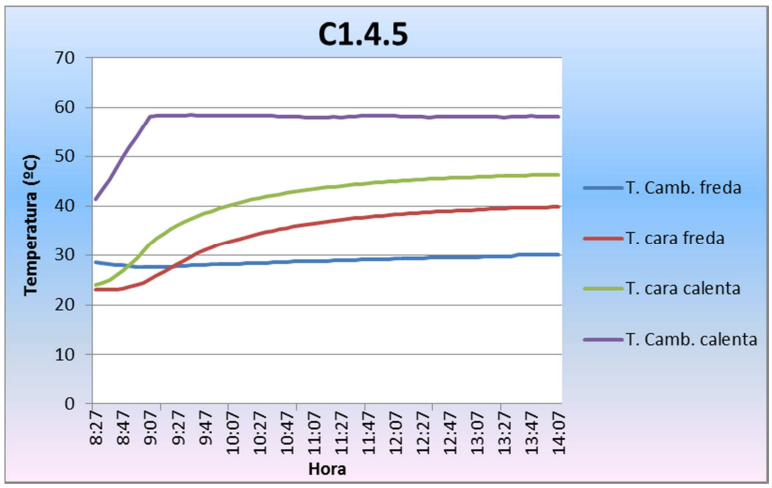
Gràfica 86. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.2*



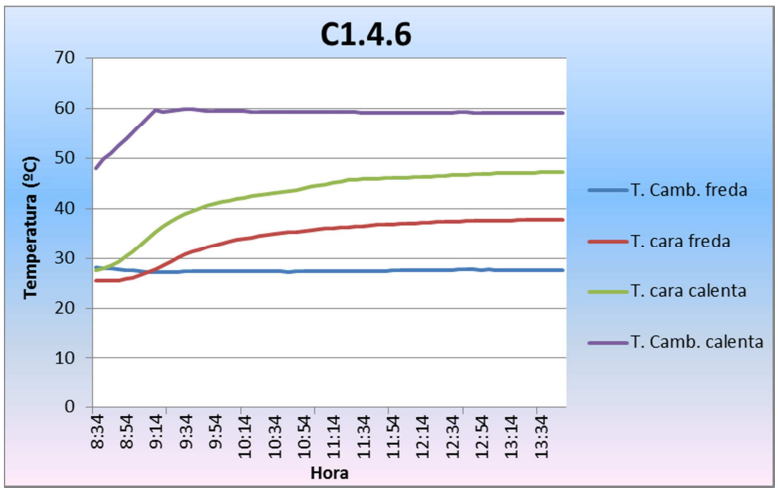
Gràfica 87. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.3*



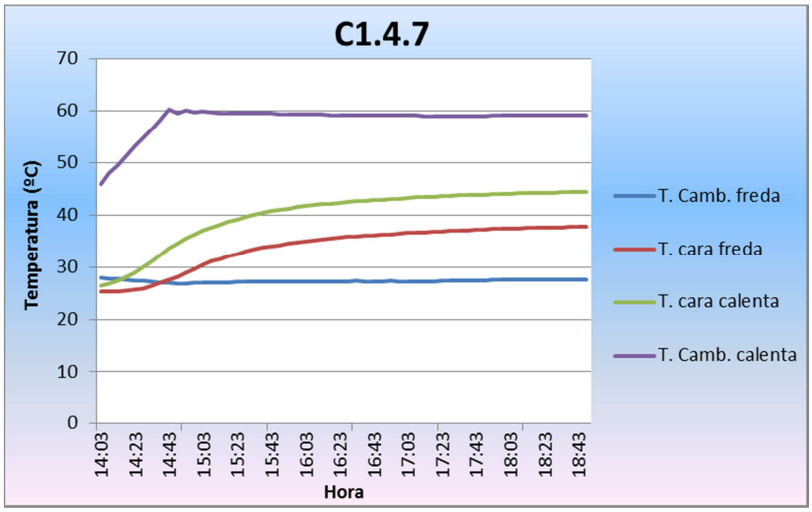
Gràfica 88. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.4*



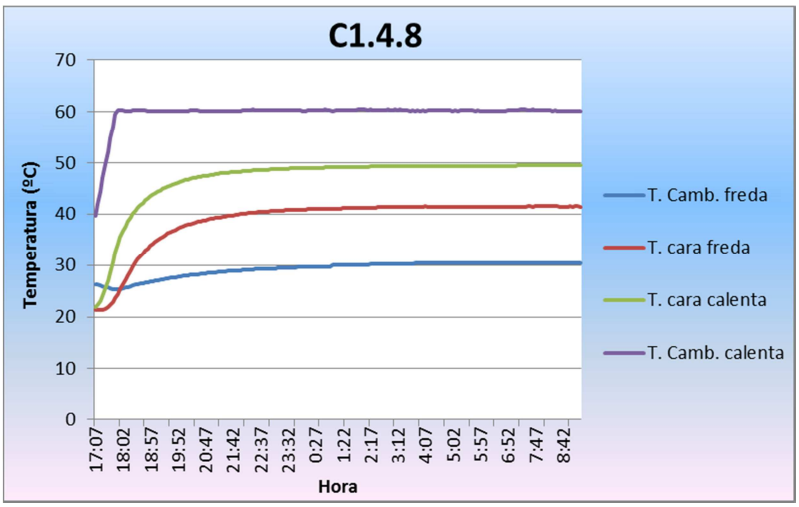
Gràfica 89. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.5*



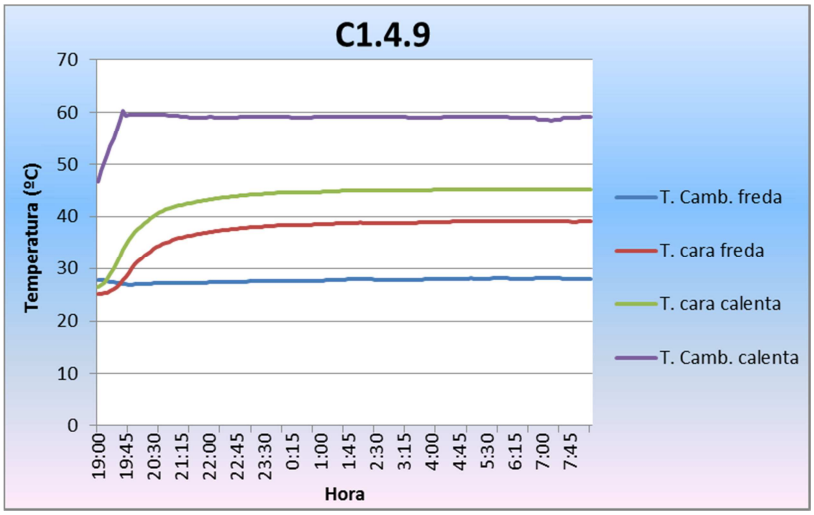
Gràfica 90. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.6*



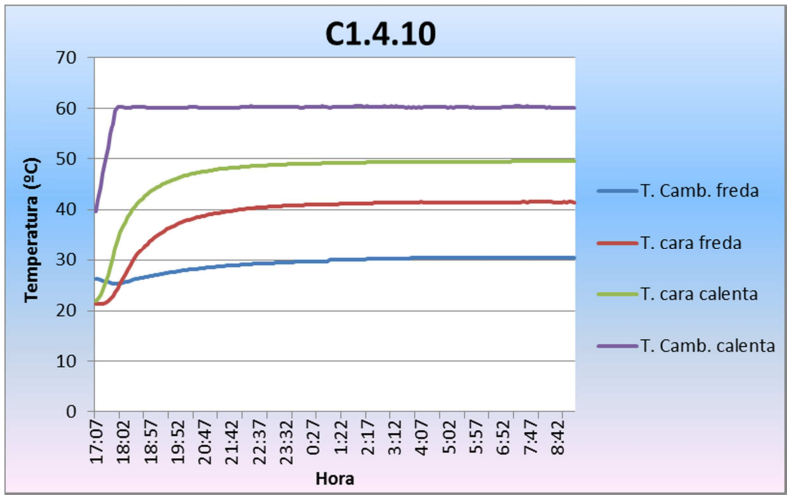
Gràfica 91. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.7*



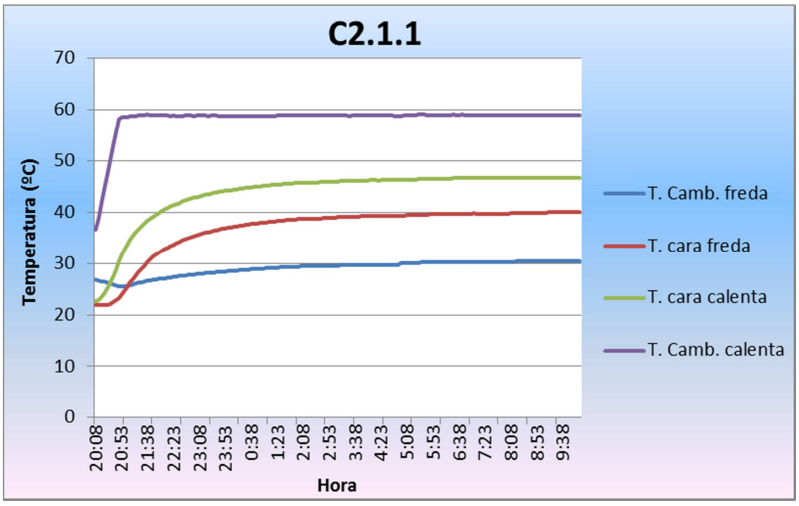
Gràfica 92. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.8*



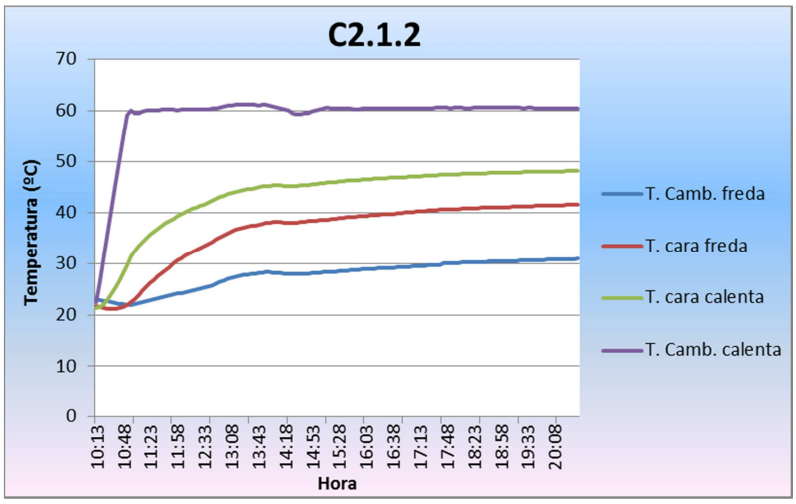
Gràfica 93. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.9*



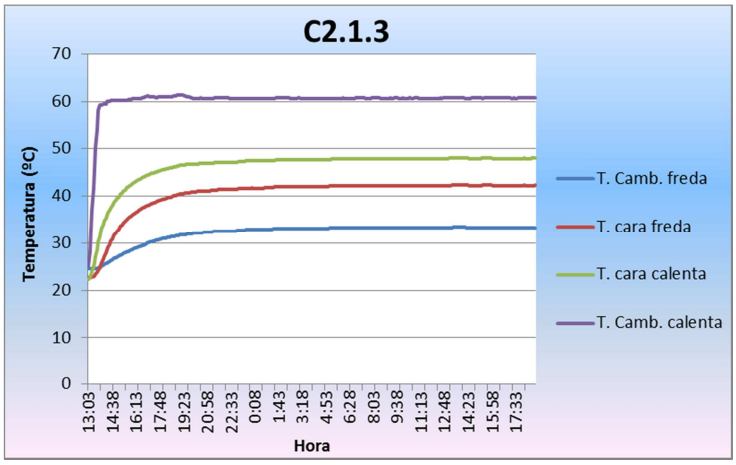
Gràfica 94. *Cicle de la caixa calenta proveta C1.4.10*



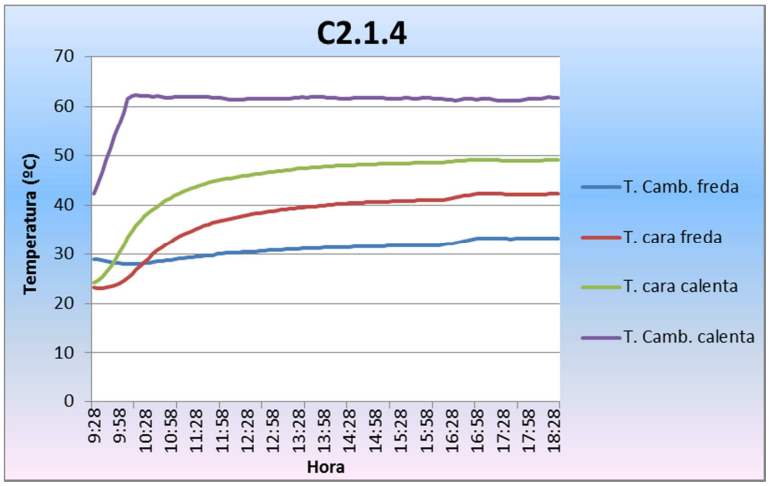
Gràfica 95. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.1*



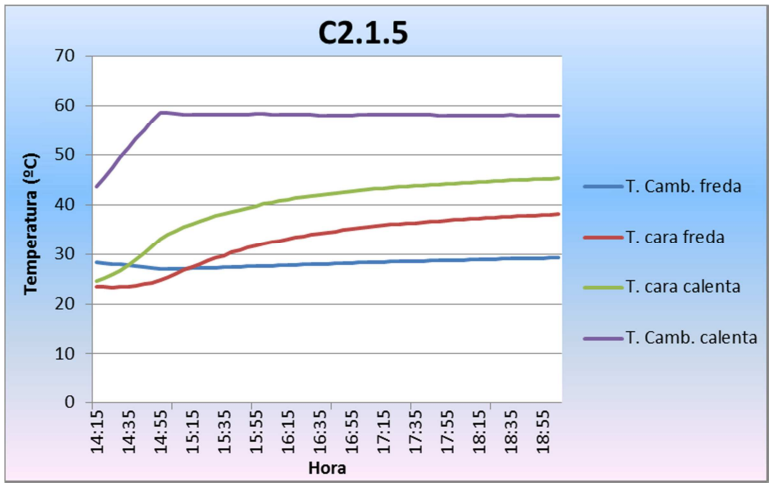
Gràfica 96. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.2*



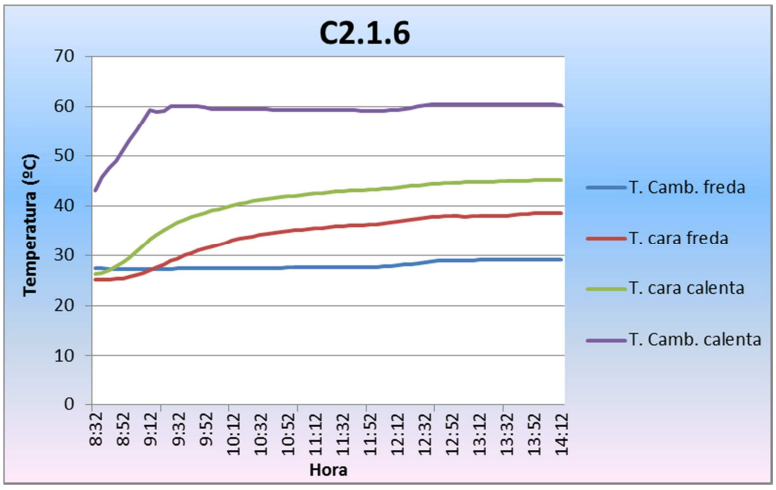
Gràfica 97. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.3*



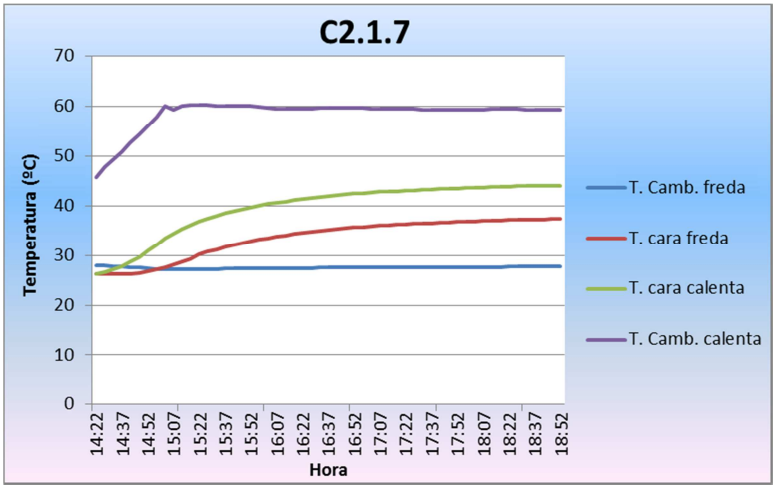
Gràfica 98. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.4*



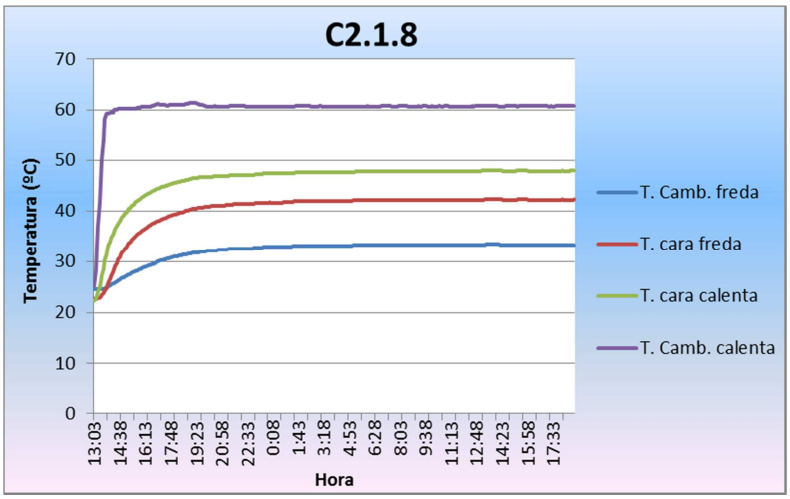
Gràfica 99. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.5*



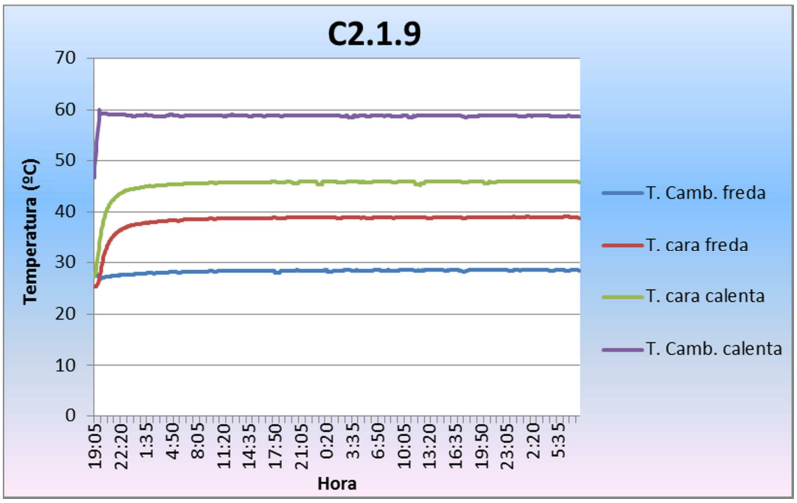
Gràfica 100. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.6*



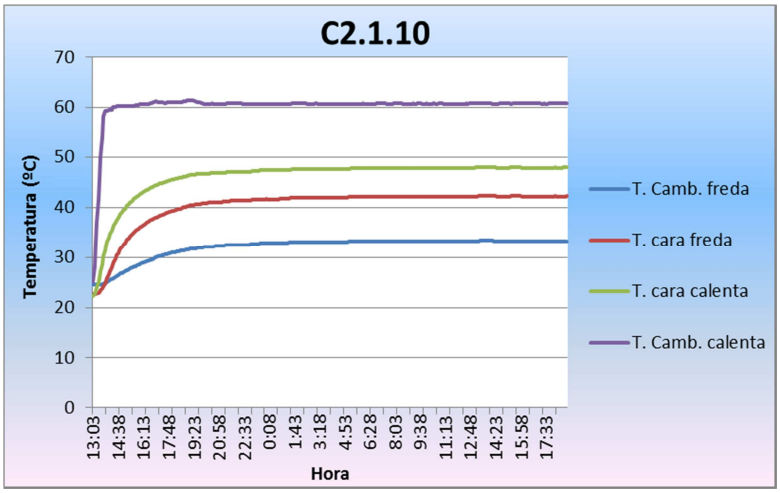
Gràfica 101. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.7*



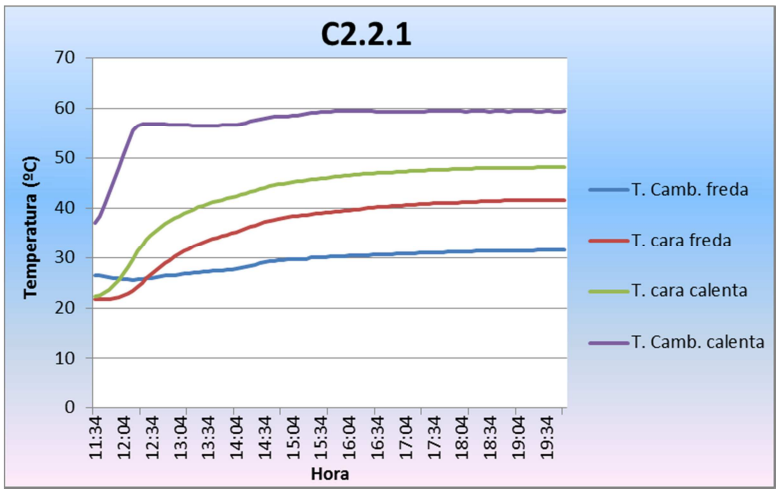
Gràfica 102. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.8*



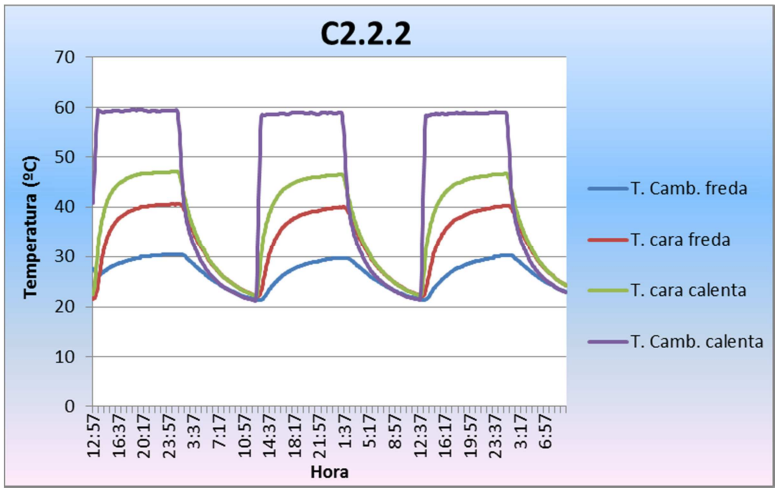
Gràfica 103. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.9*



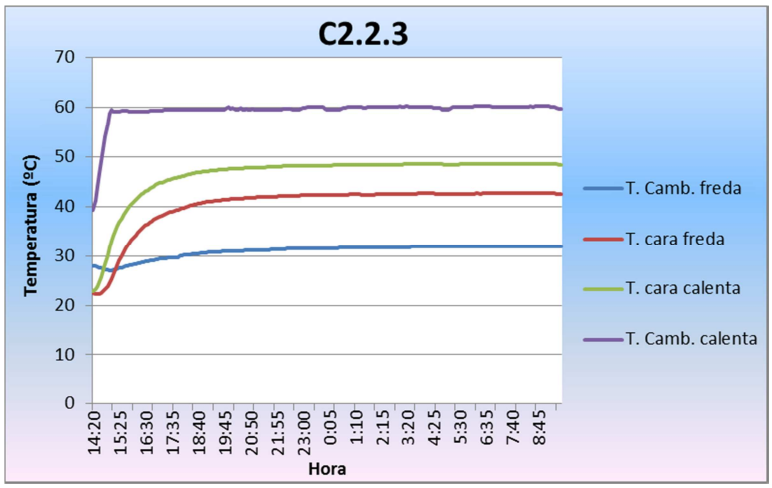
Gràfica 104. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.1.10*



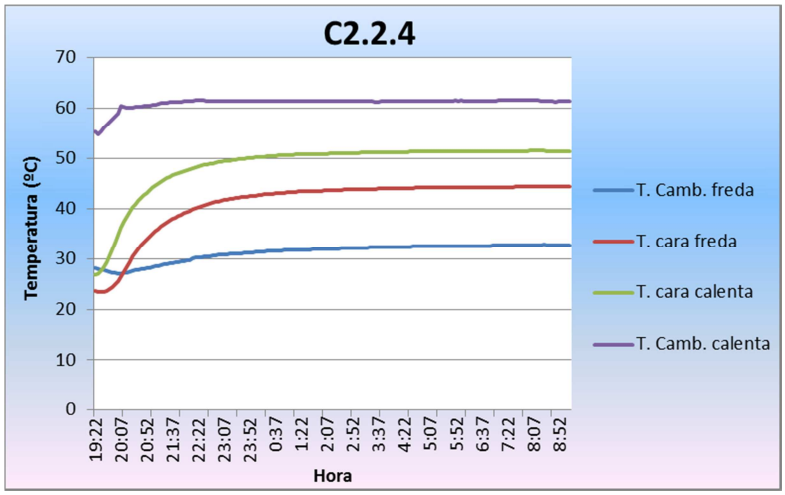
Gràfica 105. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.1*



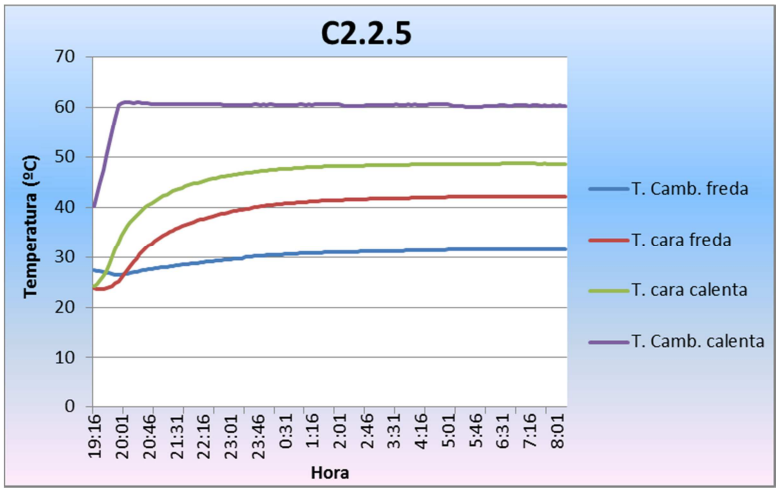
Gràfica 106. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.2*



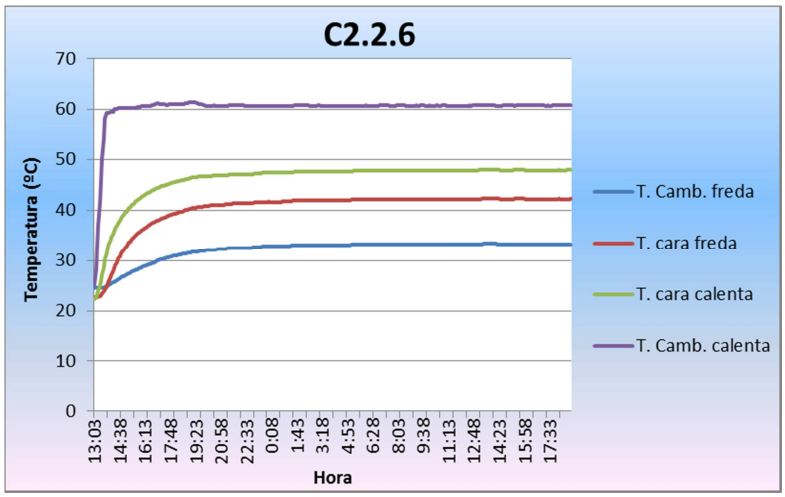
Gràfica 107. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.3*



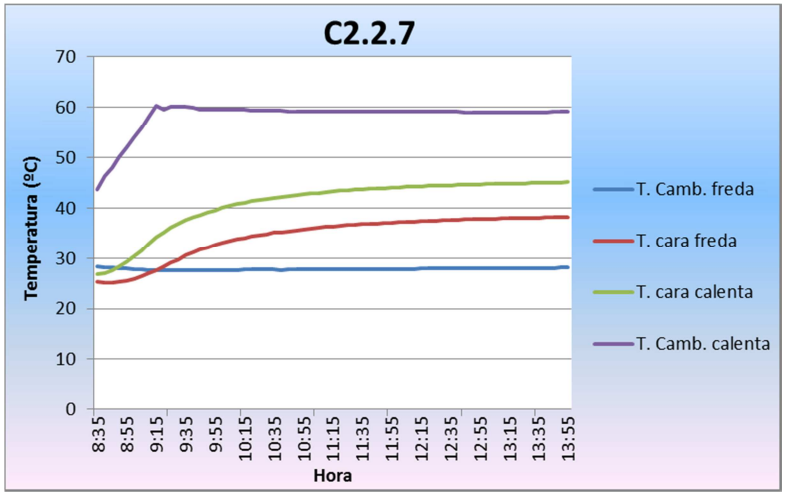
Gràfica 108. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.4*



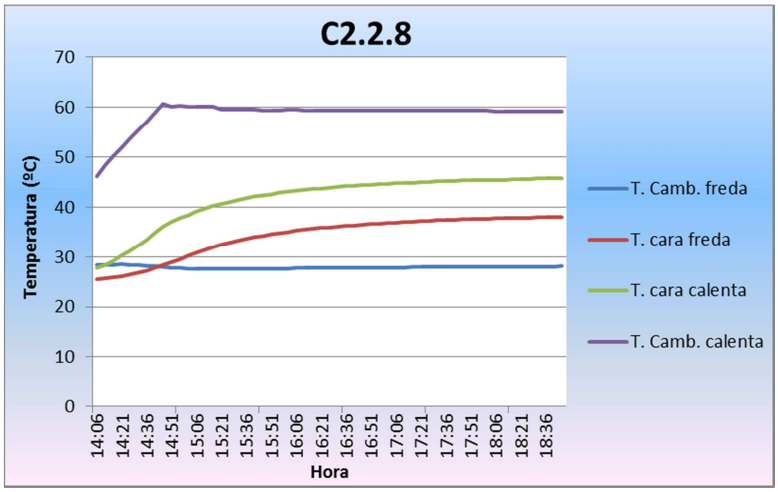
Gràfica 109. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.5*



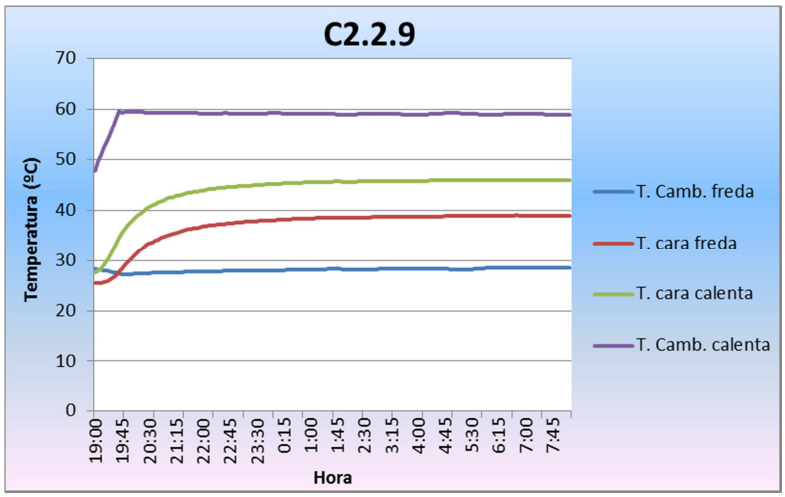
Gràfica 110. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.6*



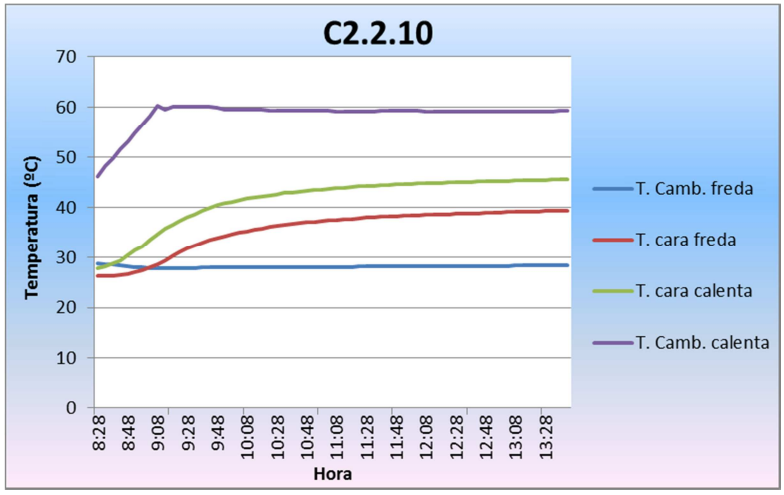
Gràfica 111. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.7*



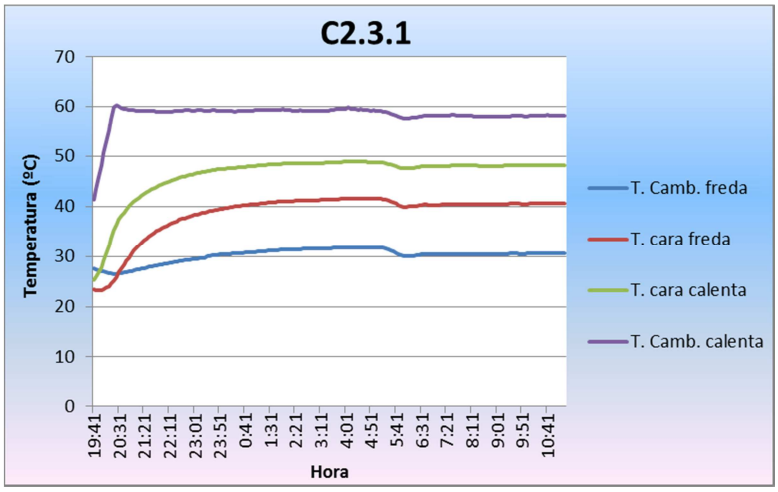
Gràfica 112. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.8*



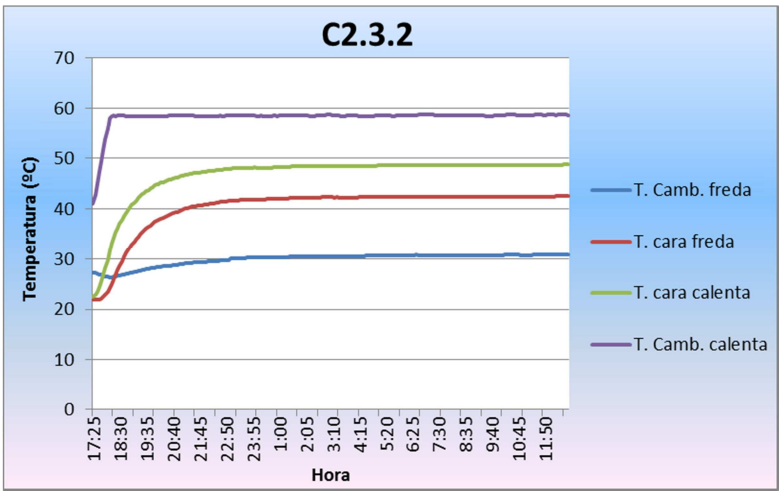
Gràfica 113. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.9*



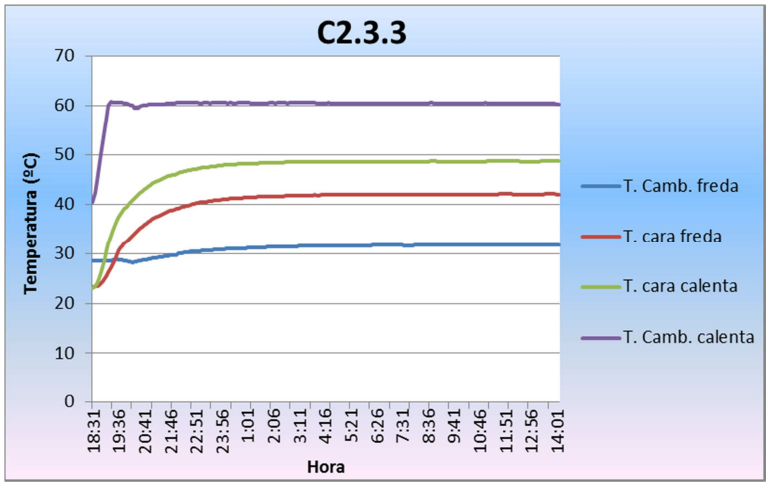
Gràfica 114. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.2.10*



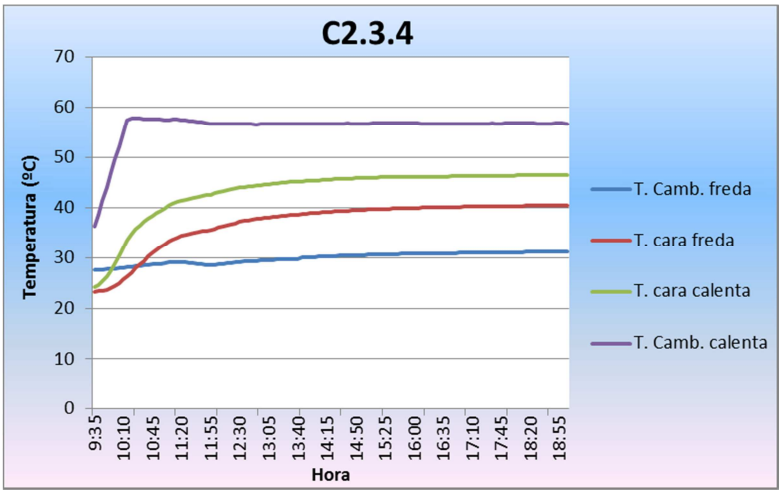
Gràfica 115. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.1*



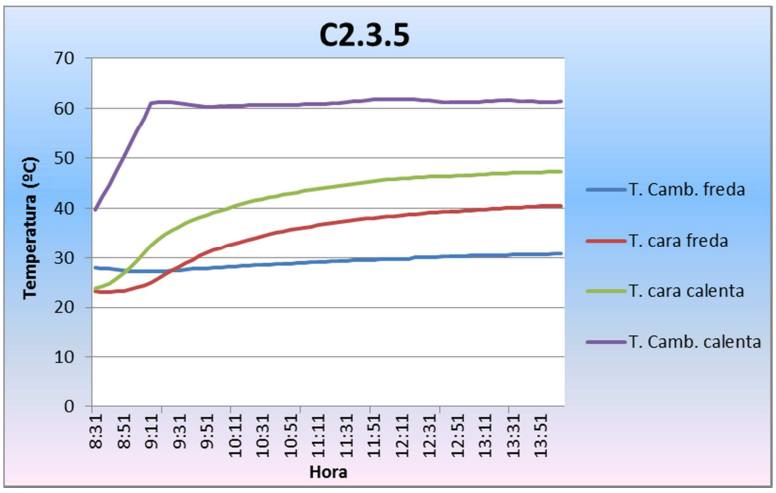
Gràfica 116. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.2*



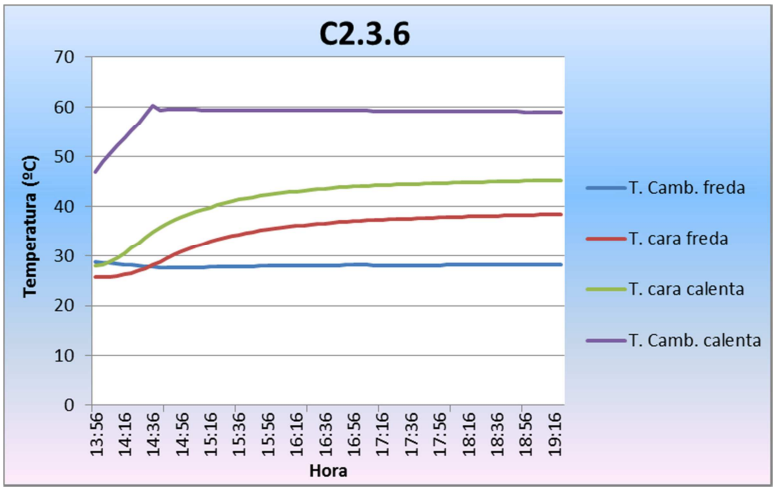
Gràfica 117. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.3*



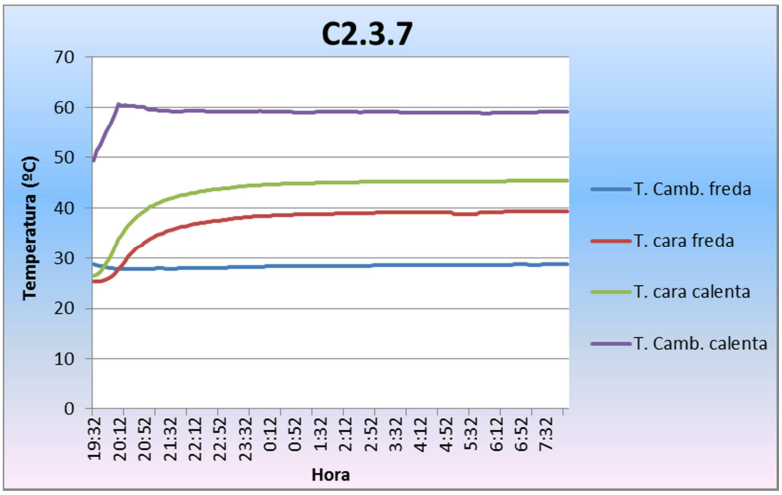
Gràfica 118. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.4*



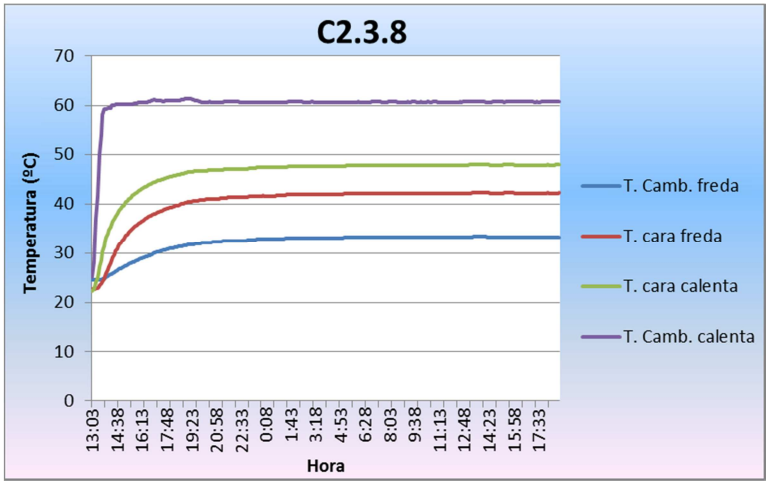
Gràfica 119. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.5*



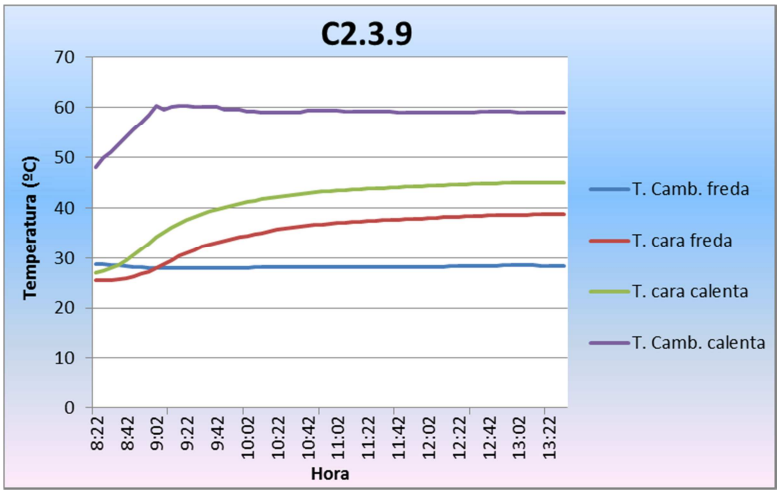
Gràfica 120. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.6*



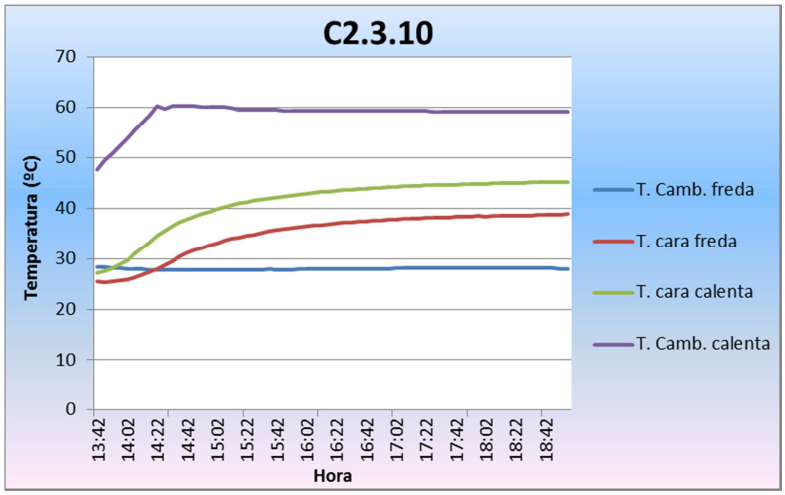
Gràfica 121. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.7*



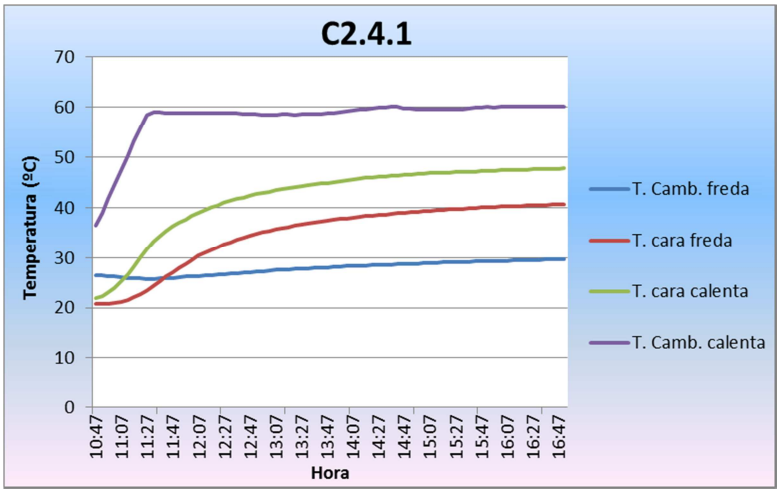
Gràfica 122. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.8*



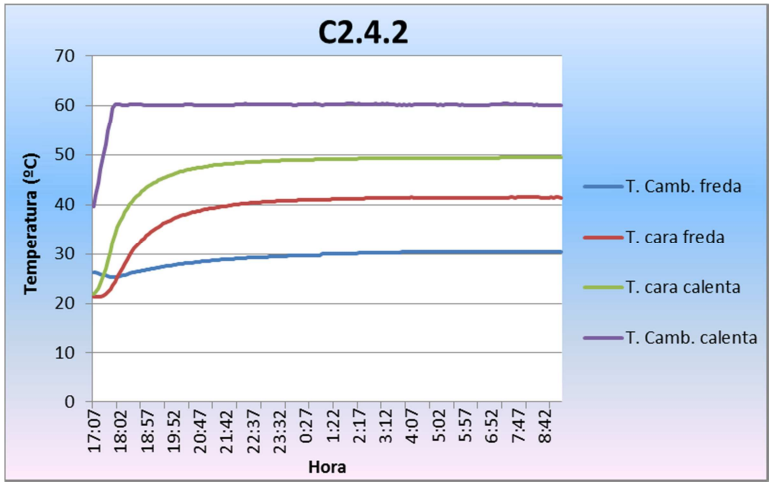
Gràfica 123. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.9*



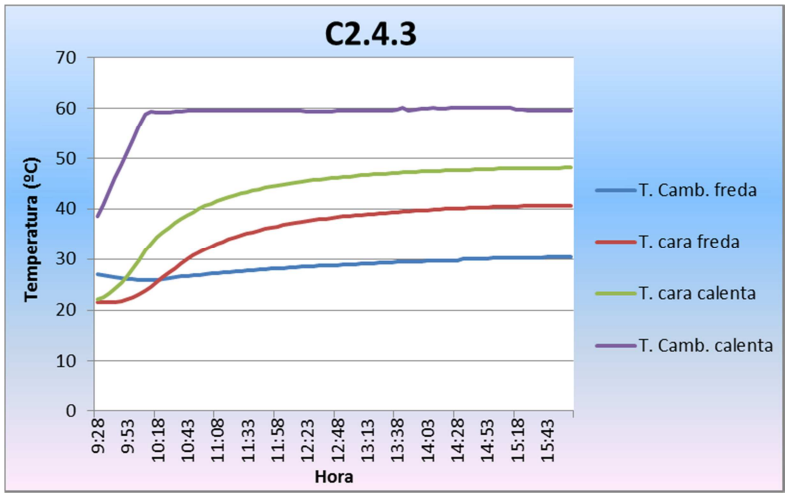
Gràfica 124. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.3.10*



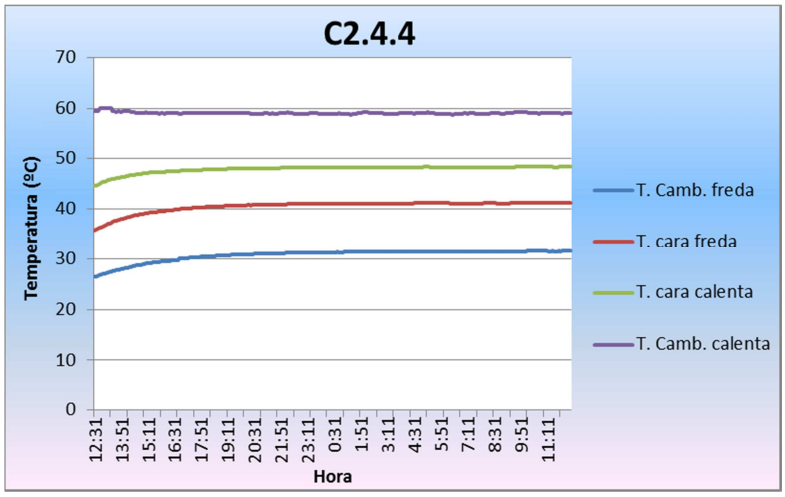
Gràfica 125. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.1*



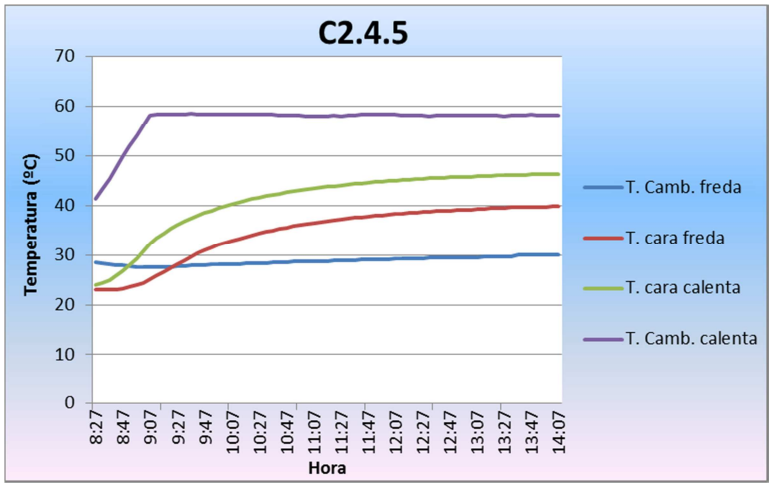
Gràfica 126. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.2*



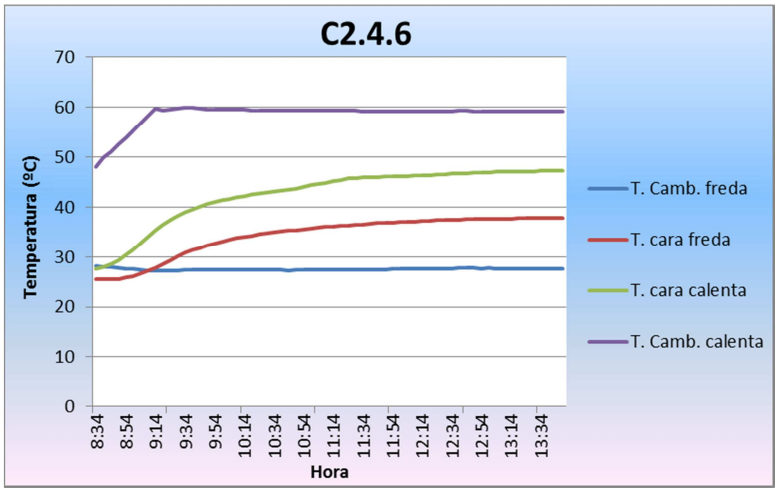
Gràfica 127. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.3*



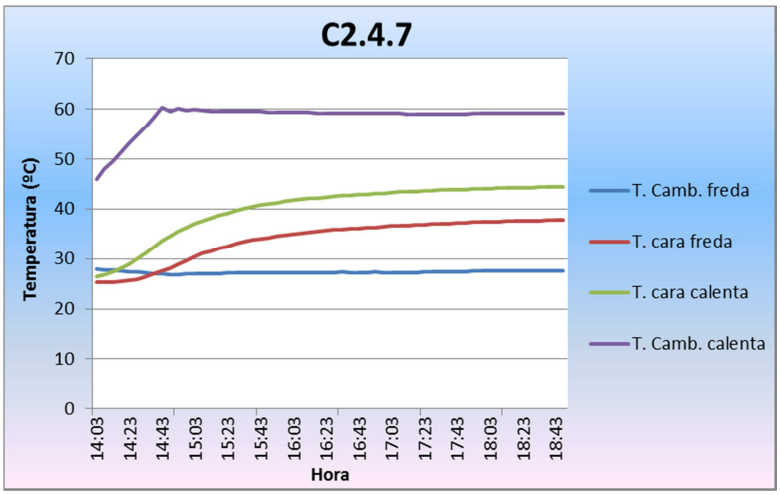
Gràfica 128. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.4*



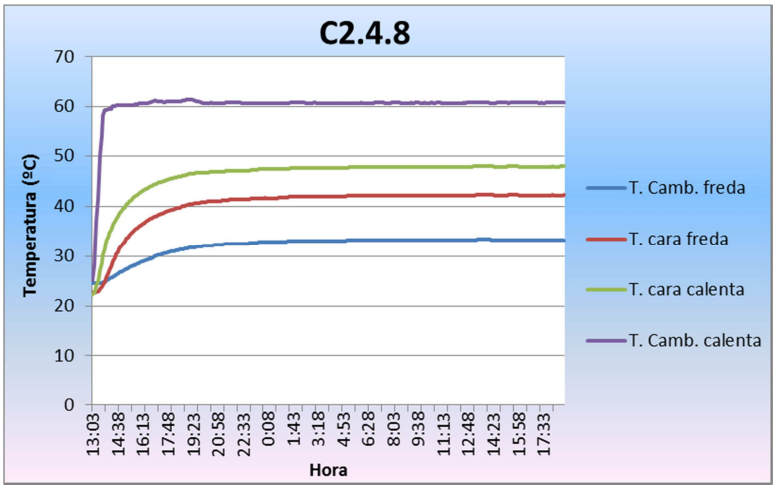
Gràfica 129. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.5*



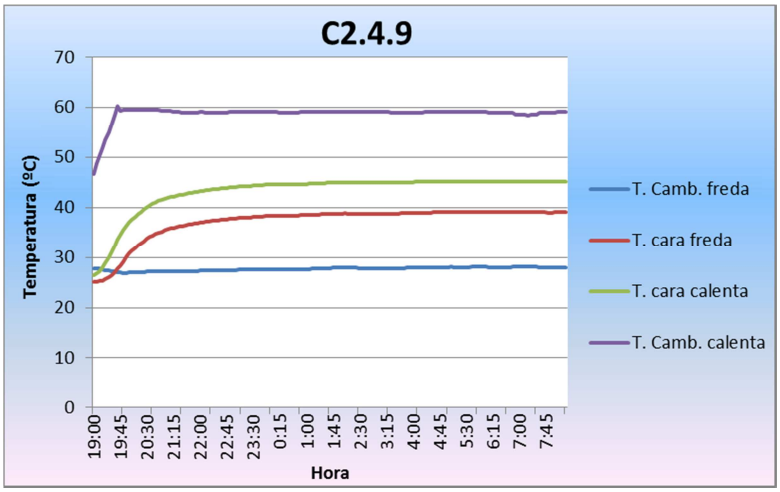
Gràfica 130. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.6*



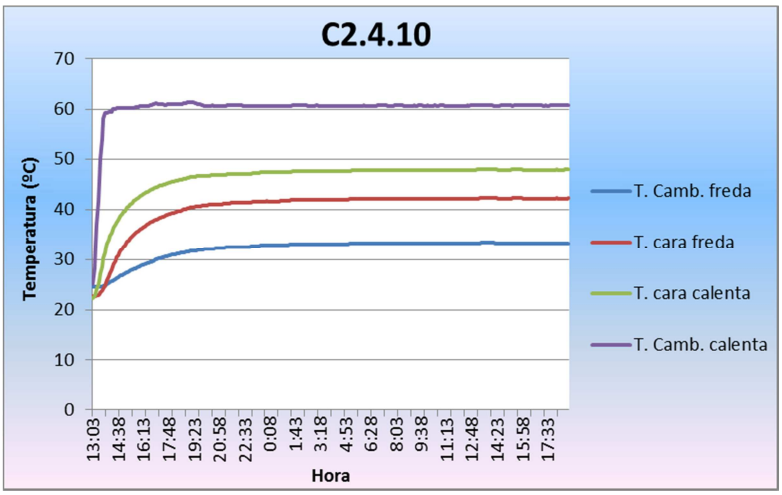
Gràfica 131. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.7*



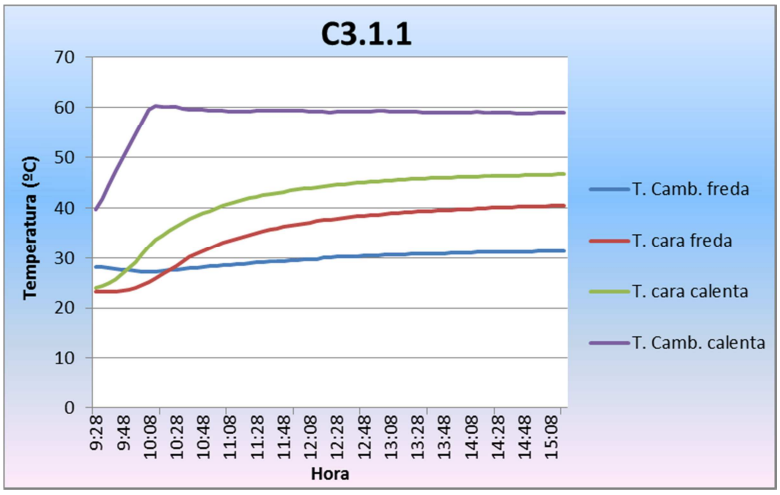
Gràfica 132. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.8*



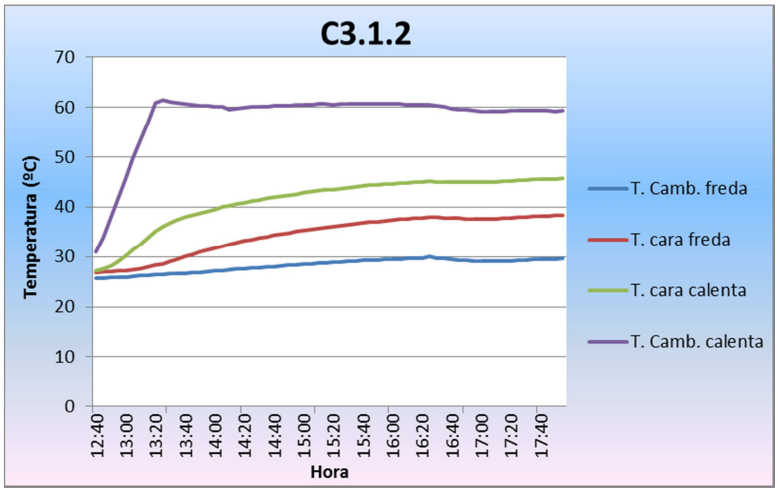
Gràfica 133. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.9*



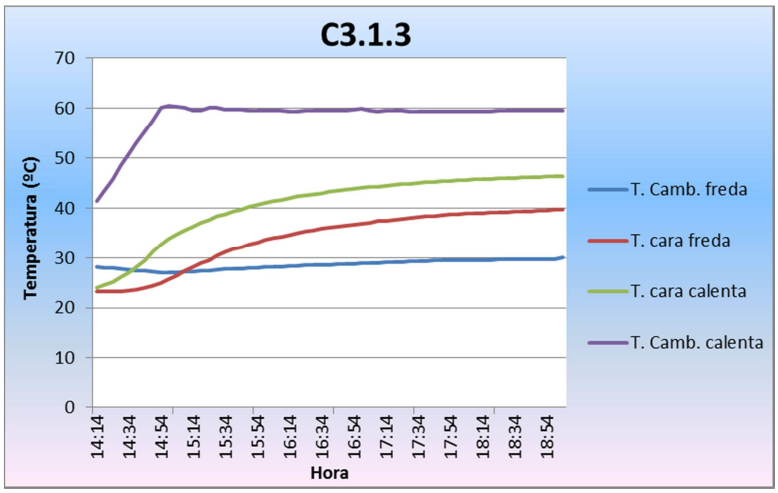
Gràfica 134. *Cicle de la caixa calenta proveta C2.4.10*



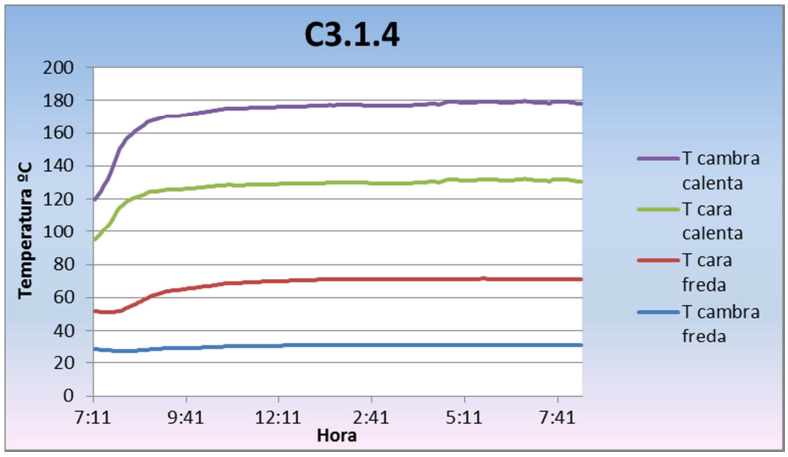
Gràfica 135. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.1*



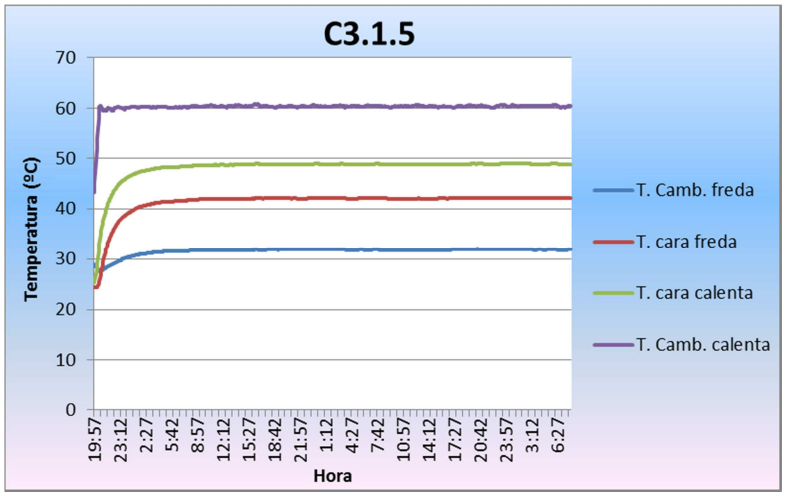
Gràfica 136. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.2*



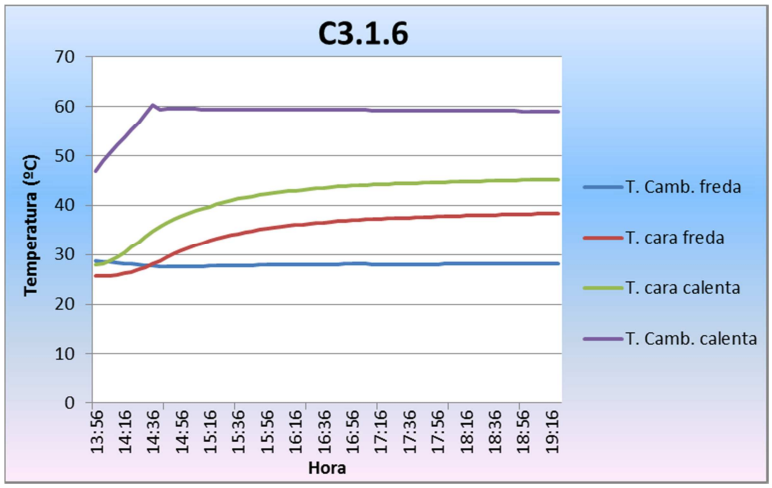
Gràfica 137. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.3*



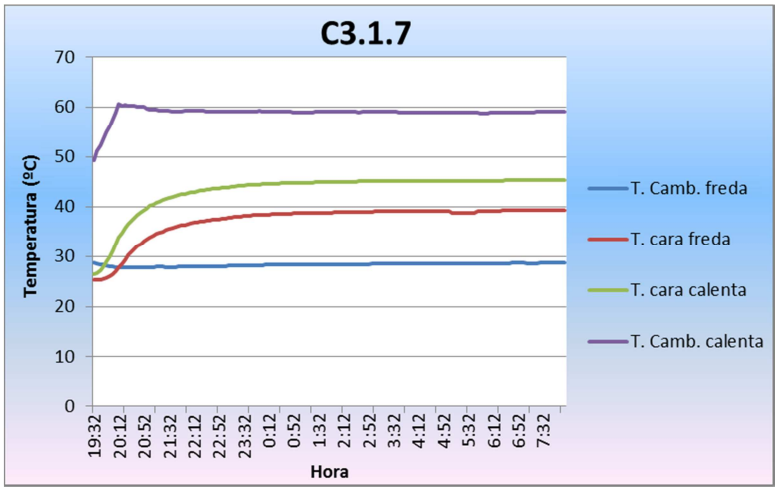
Gràfica 138. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.4*



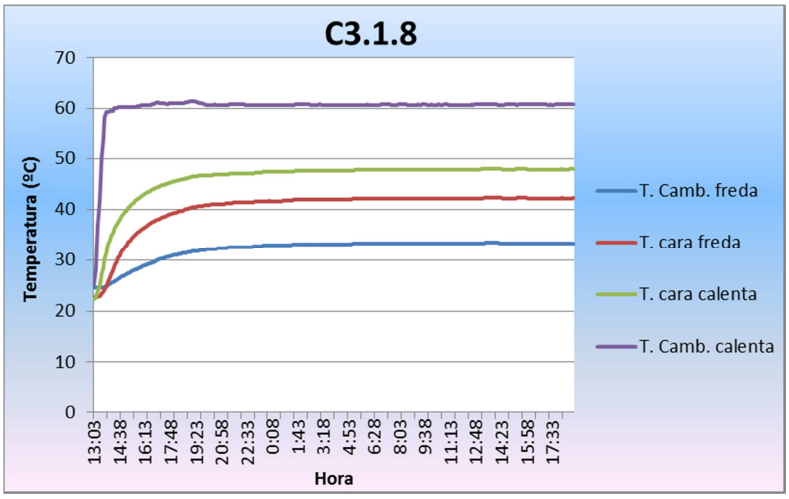
Gràfica 139. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.5*



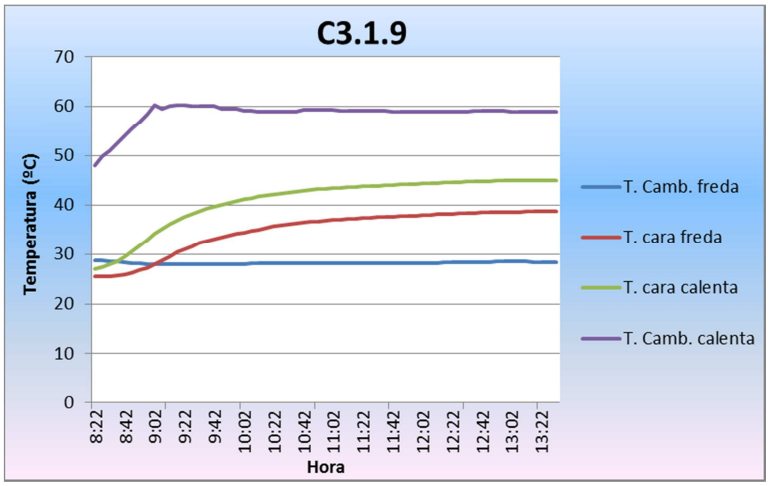
Gràfica 140. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.6*



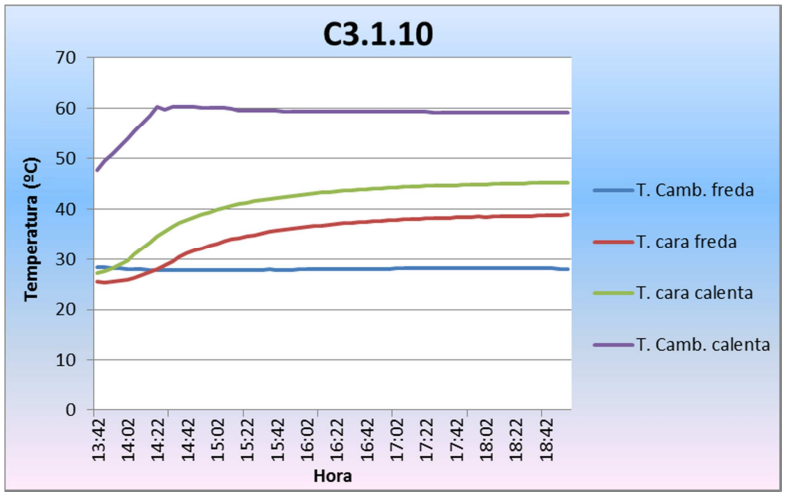
Gràfica 141. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.7*



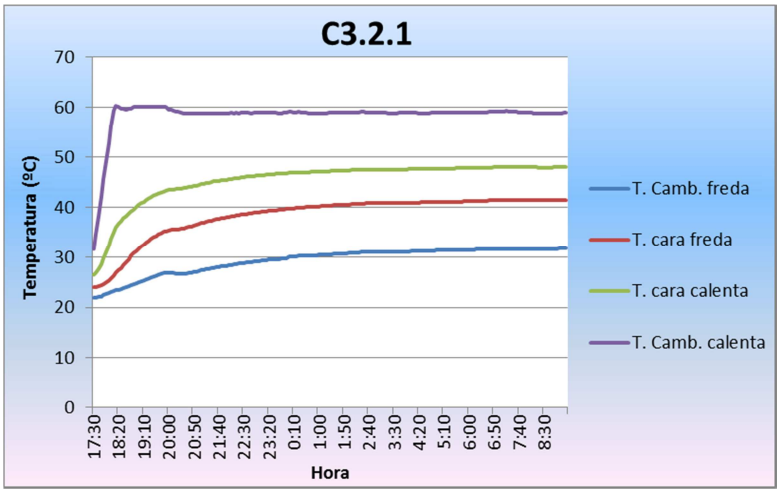
Gràfica 142. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.8*



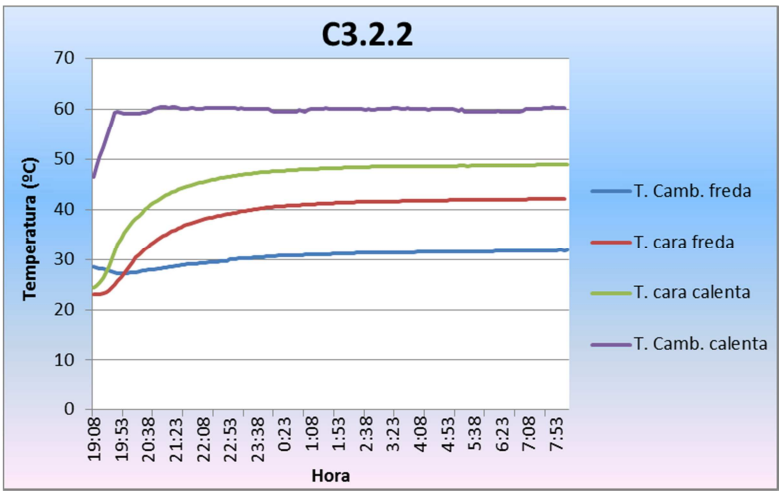
Gràfica 143. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.9*



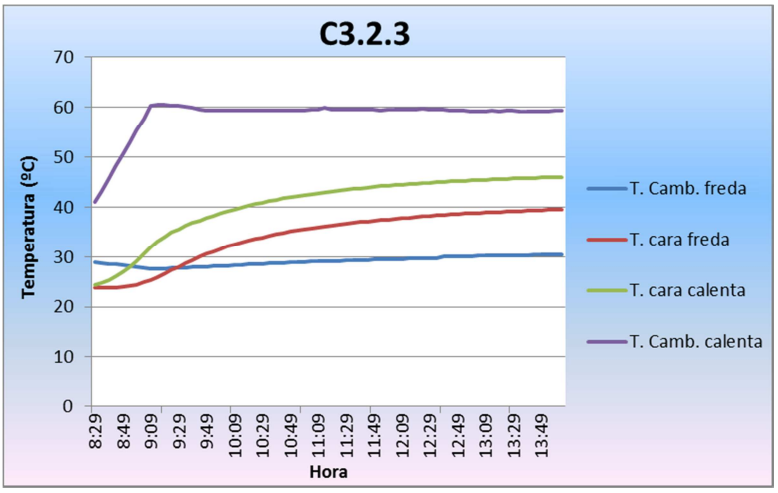
Gràfica 144. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.1.10*



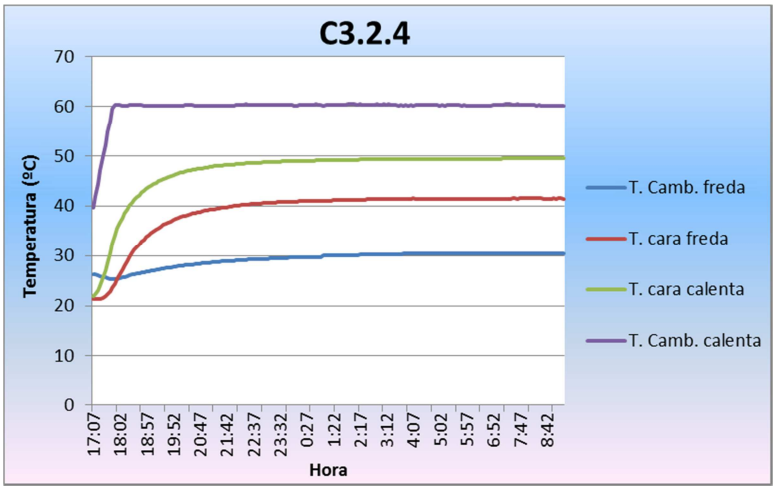
Gràfica 145. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.1*



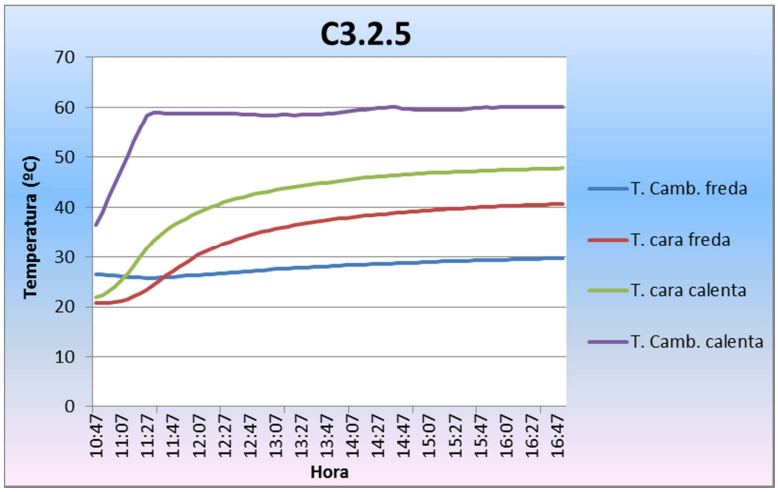
Gràfica 146. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.2*



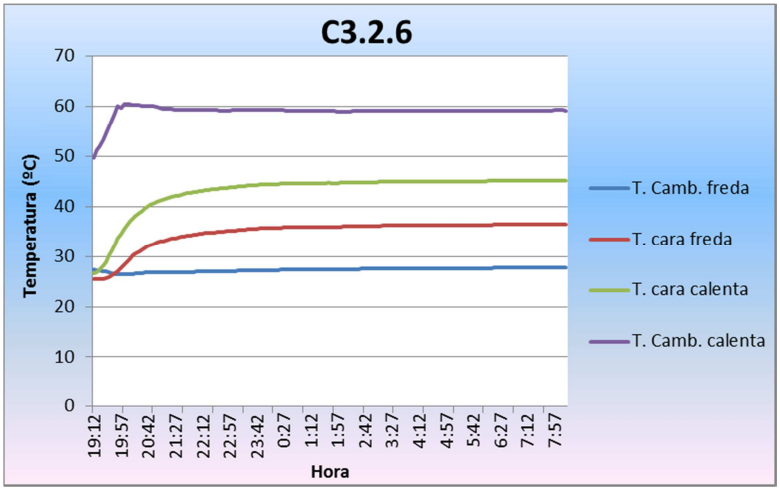
Gràfica 147. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.3*



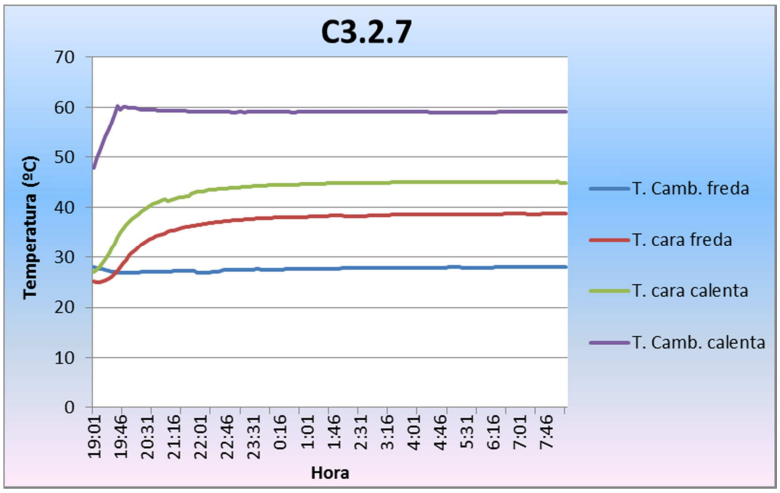
Gràfica 148. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.4*



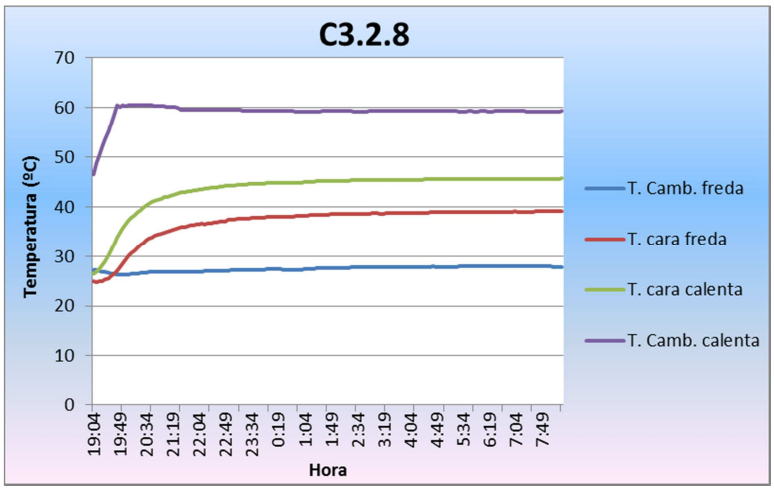
Gràfica 149. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.5*



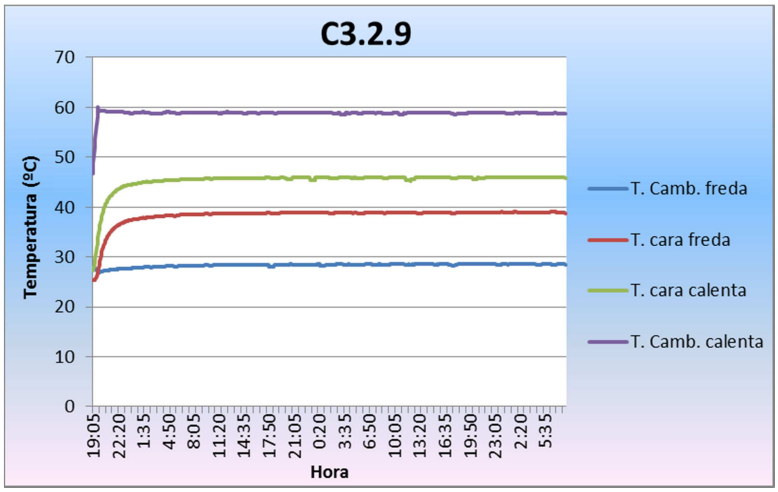
Gràfica 150. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.6*



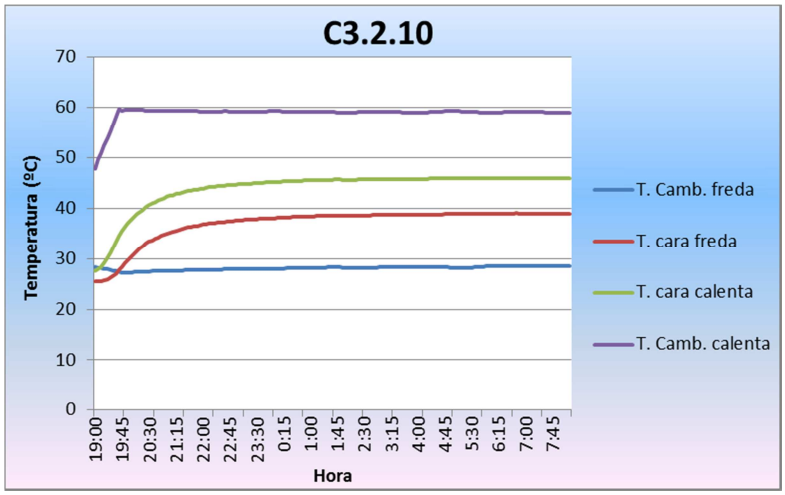
Gràfica 151. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.7*



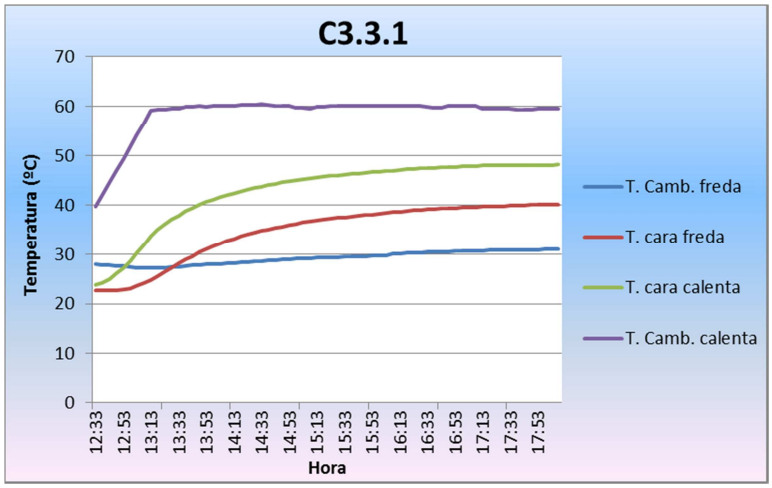
Gràfica 152. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.8*



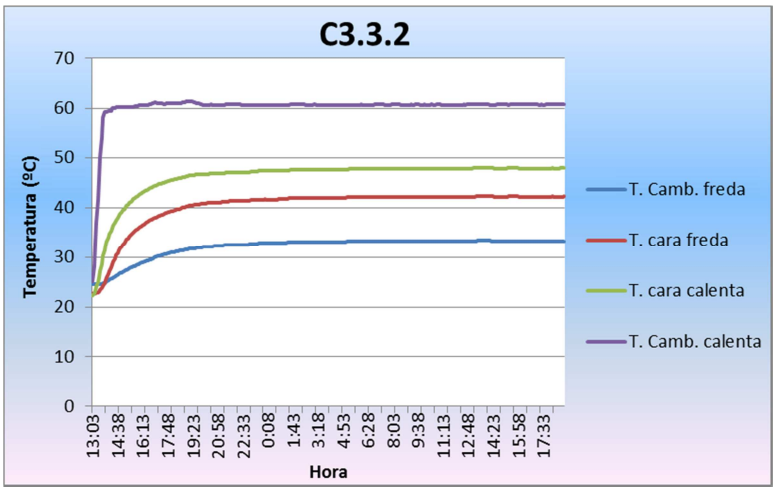
Gràfica 153. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.9*



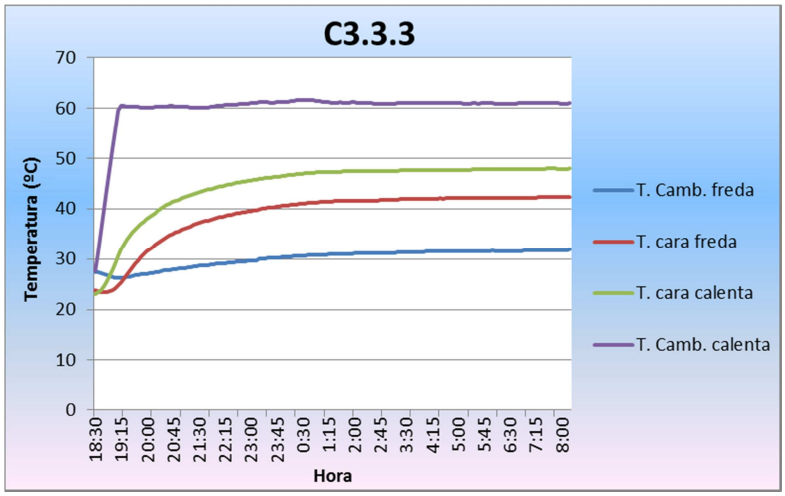
Gràfica 154. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.2.10*



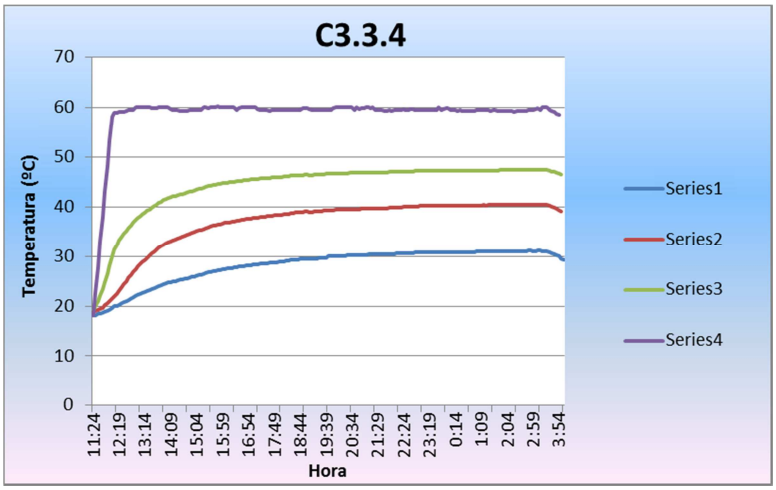
Gràfica 155. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.1*



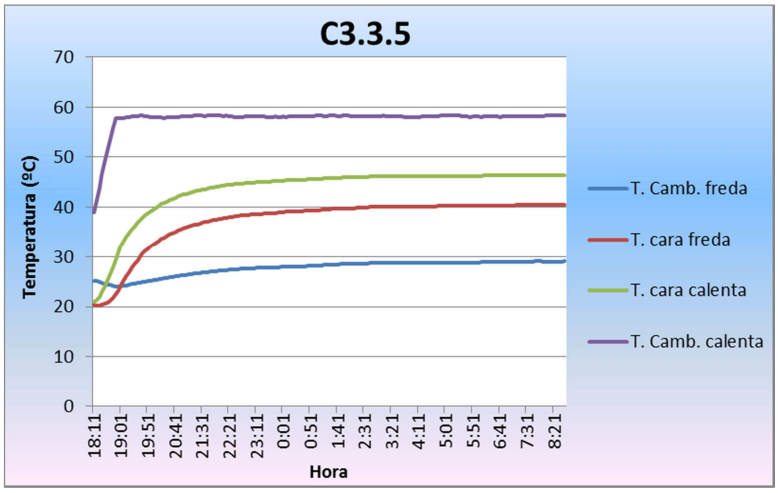
Gràfica 156. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.2*



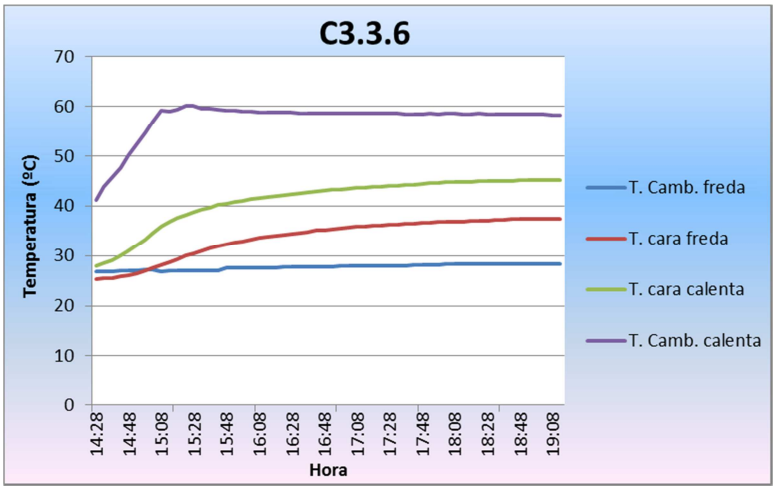
Gràfica 157. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.3*



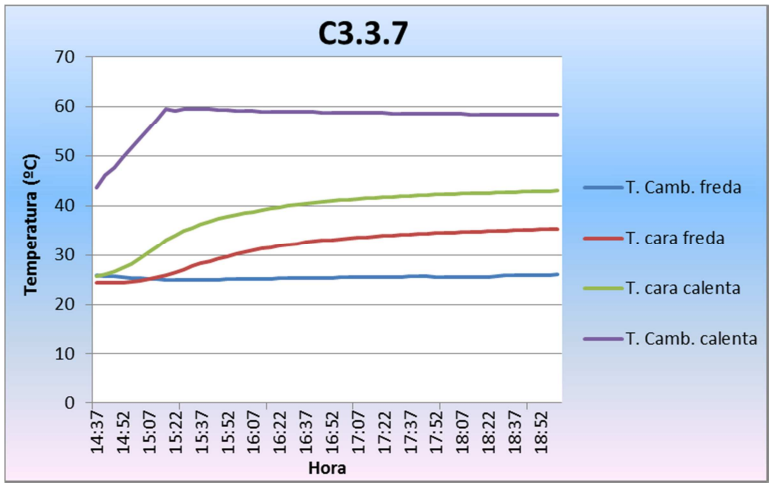
Gràfica 158. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.4*



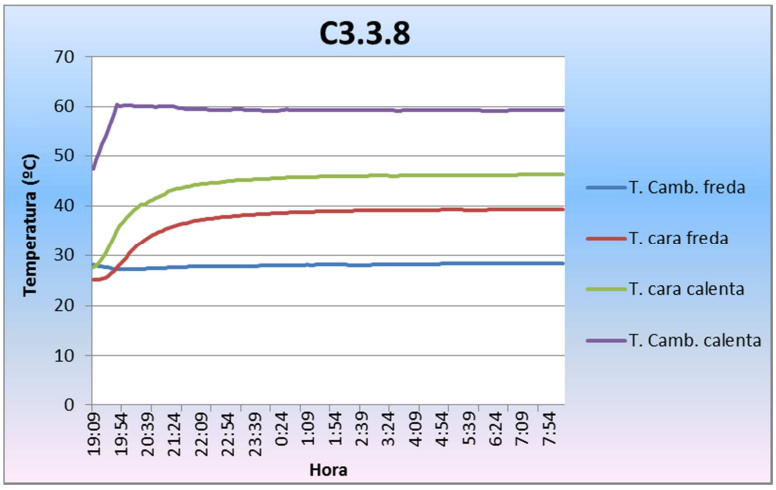
Gràfica 159. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.5*



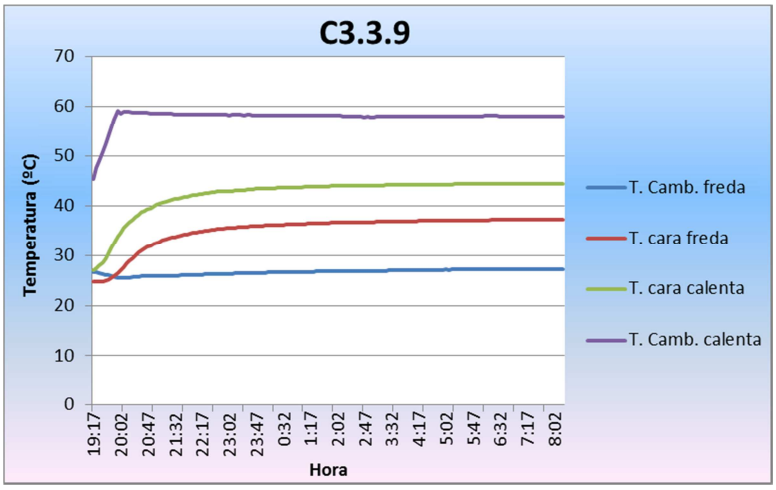
Gràfica 160. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.6*



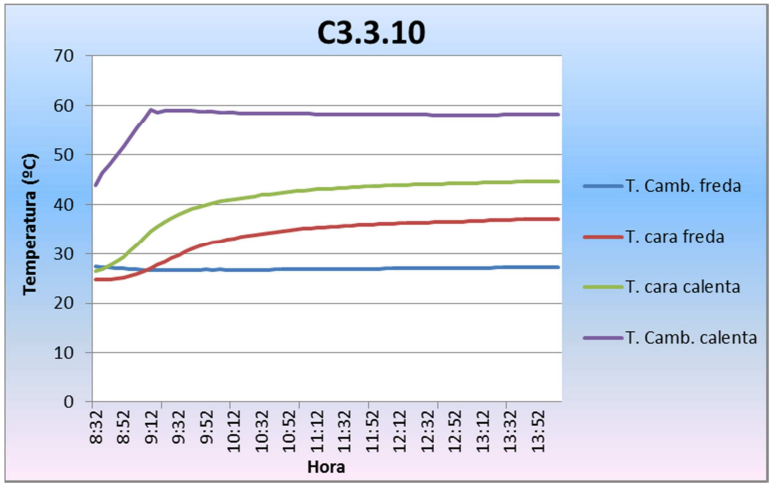
Gràfica 161. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.7*



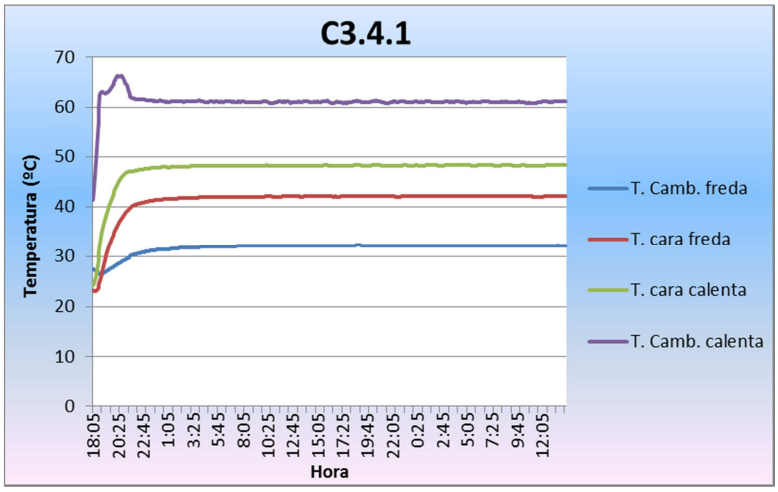
Gràfica 162. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.8*



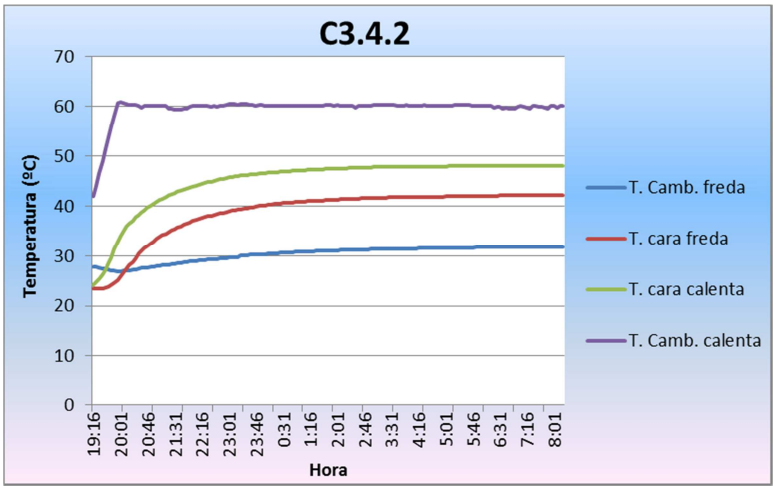
Gràfica 163. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.9*



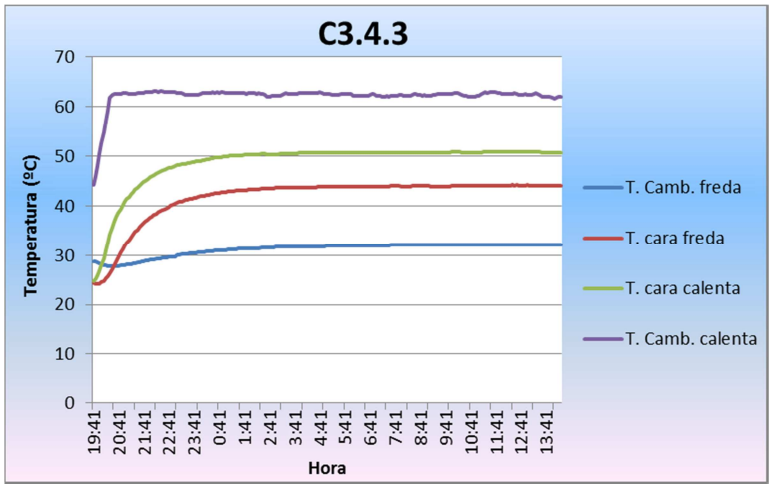
Gràfica 164. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.3.10*



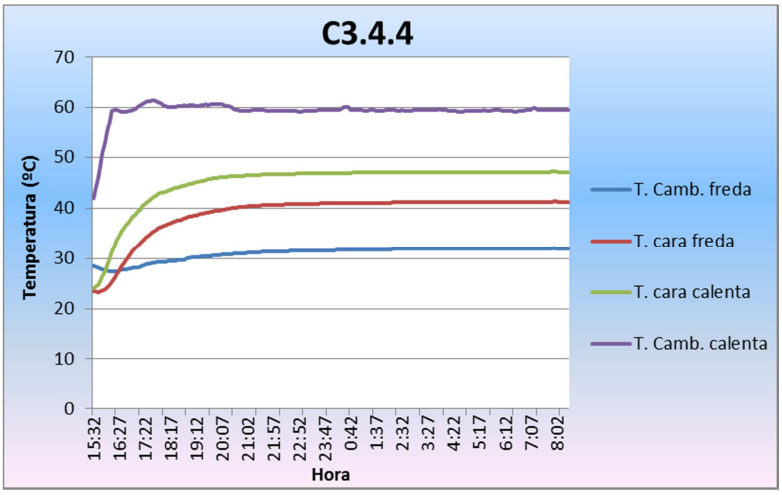
Gràfica 165. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.1*



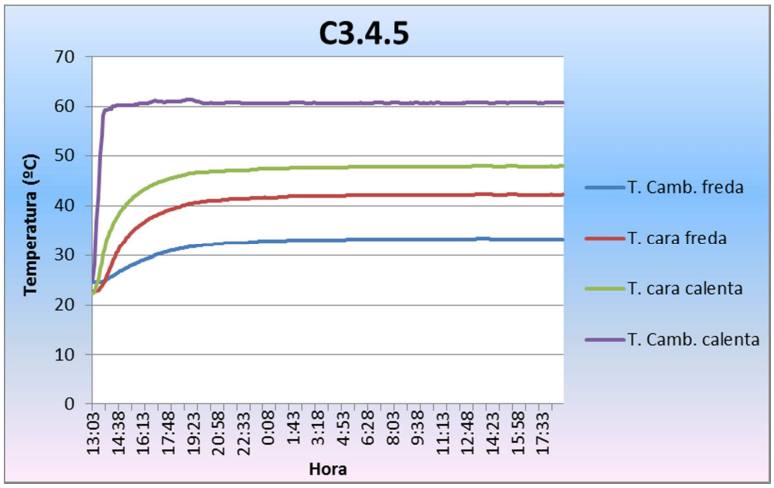
Gràfica 166. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.2*



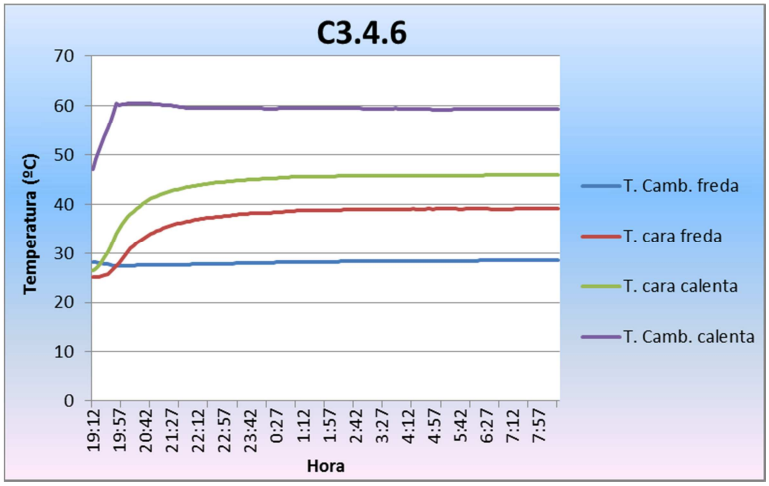
Gràfica 167. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.3*



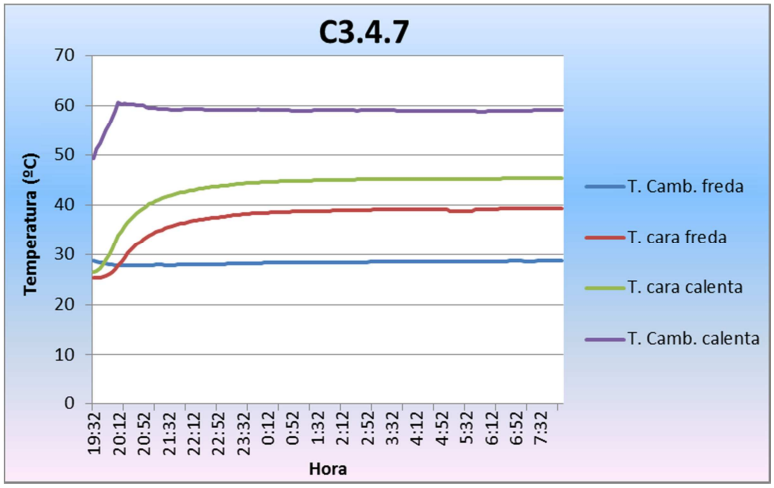
Gràfica 168. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.4*



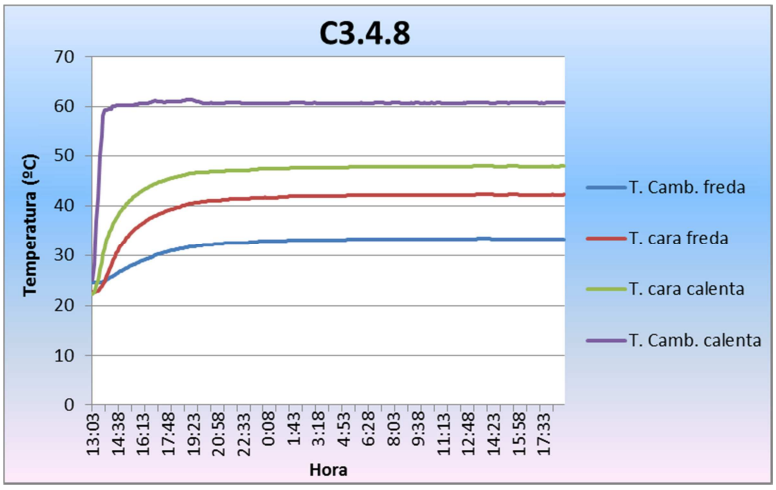
Gràfica 169. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.5*



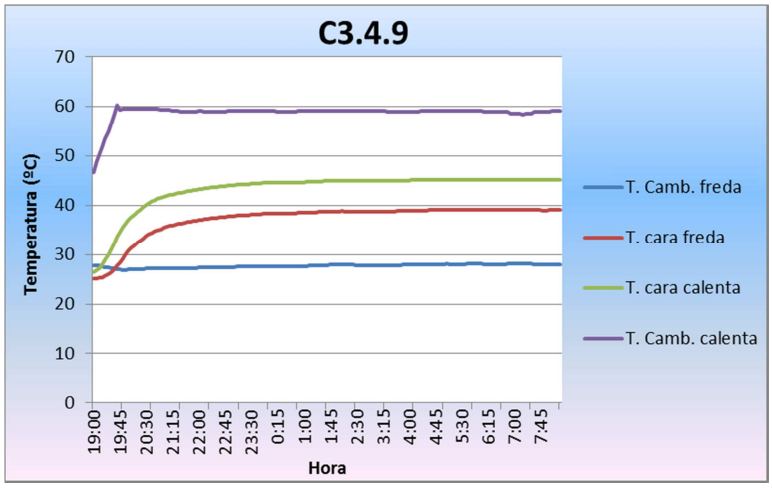
Gràfica 170. *Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.6*



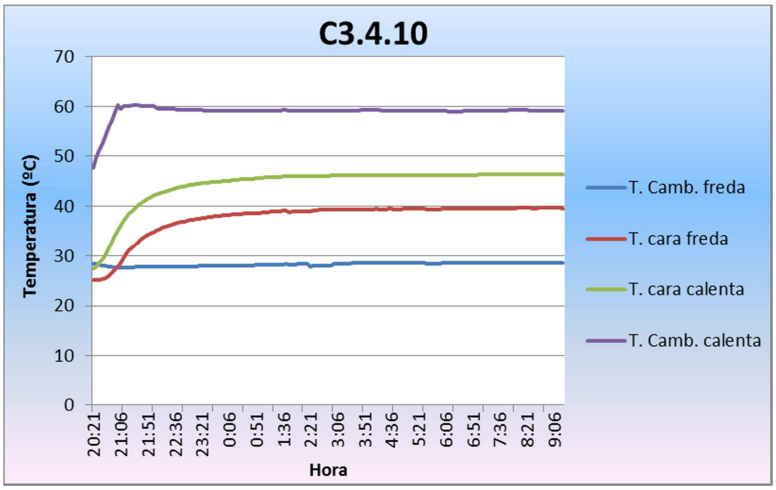
Gràfica 171. Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.7



Gràfica 172. Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.8

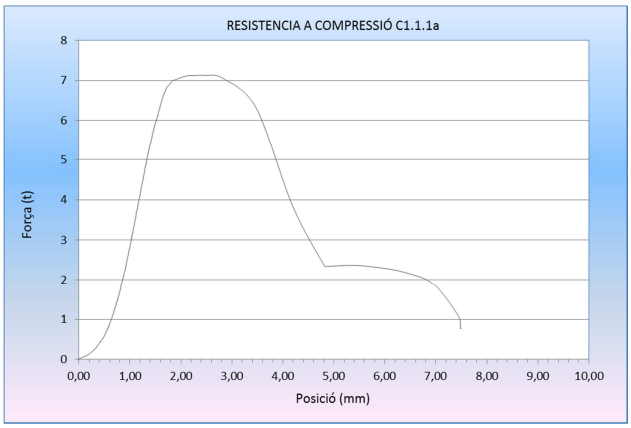


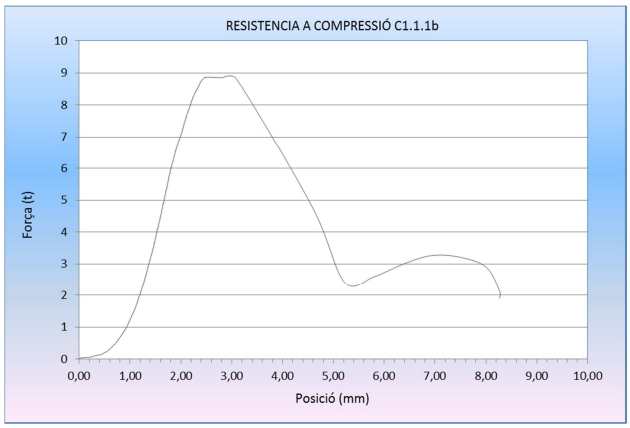
Gràfica 173. Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.9

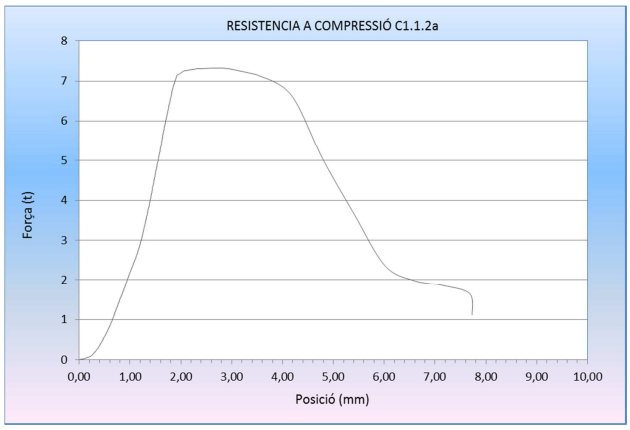


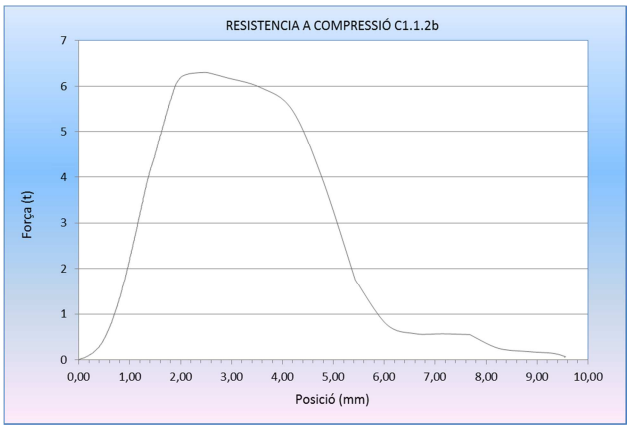
Gràfica 174. Cicle de la caixa calenta proveta C3.4.10

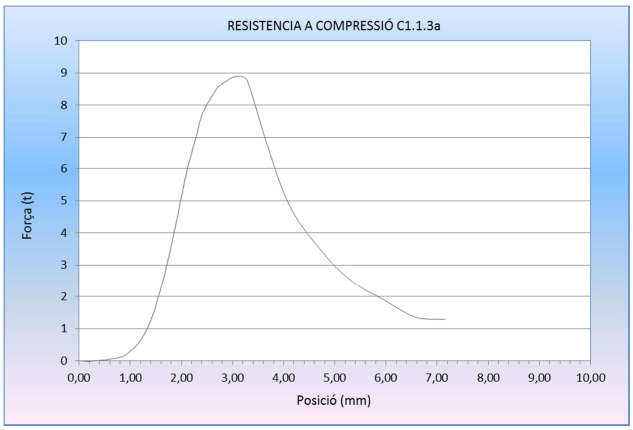
Gràfiques força desplaçament, assaig resistència a compressió

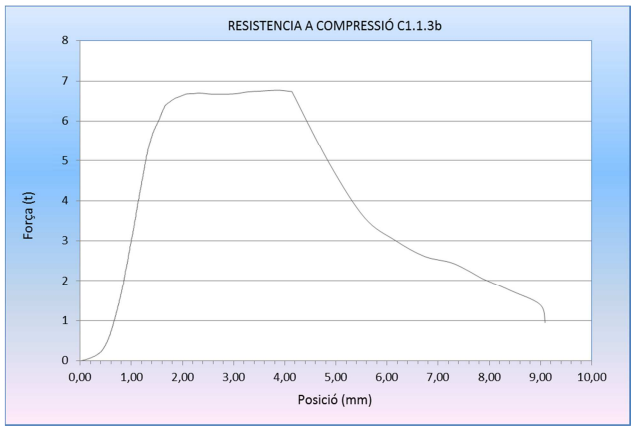


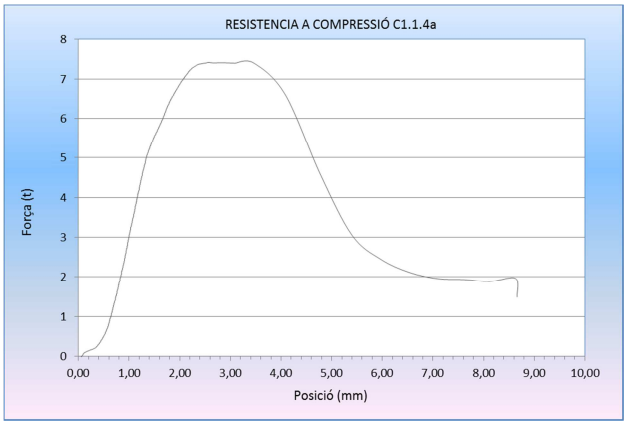


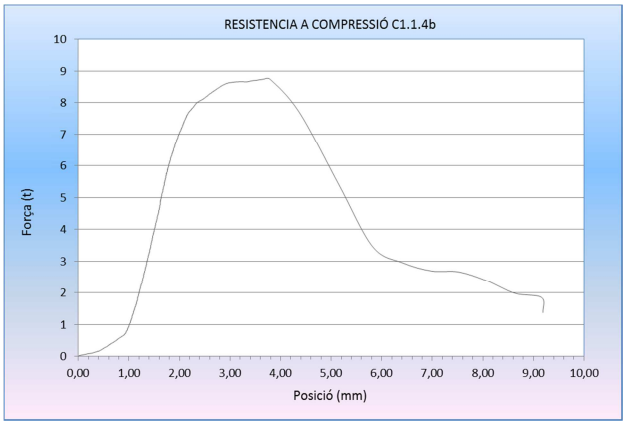


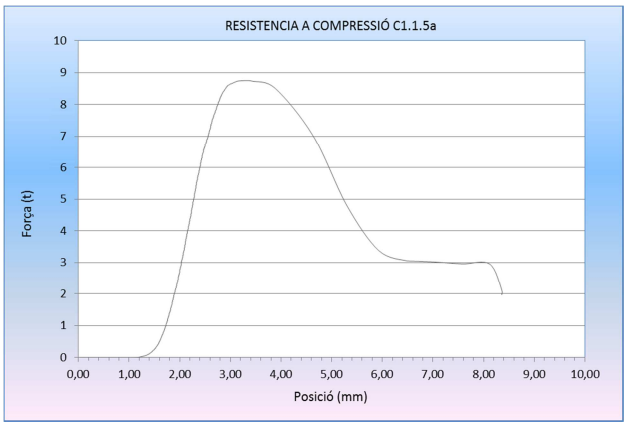


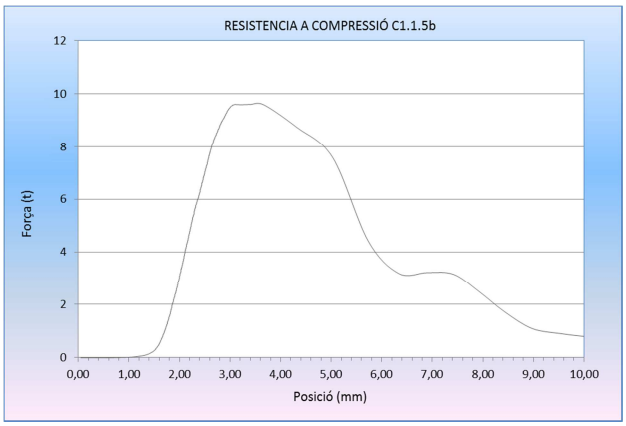


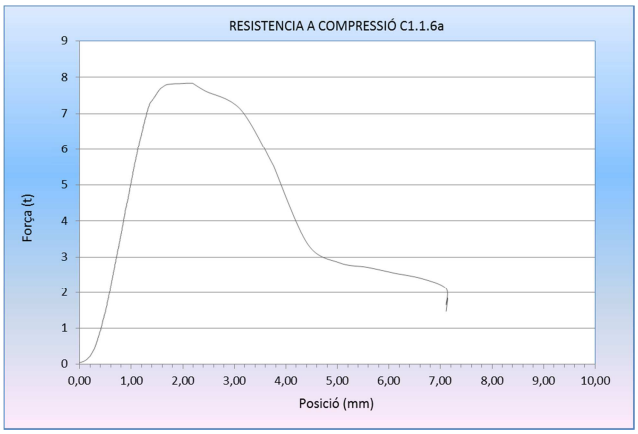


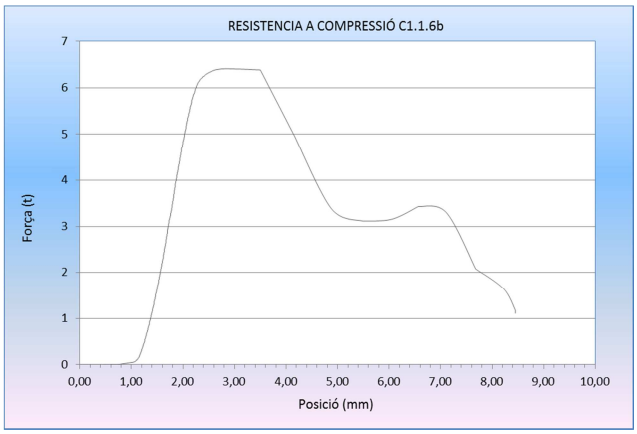

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.4a
Força (t)
Posició (mm)

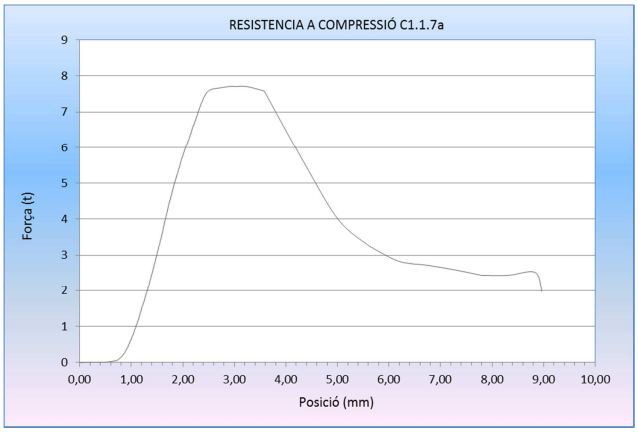

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.4b
Força (t)
Posició (mm)

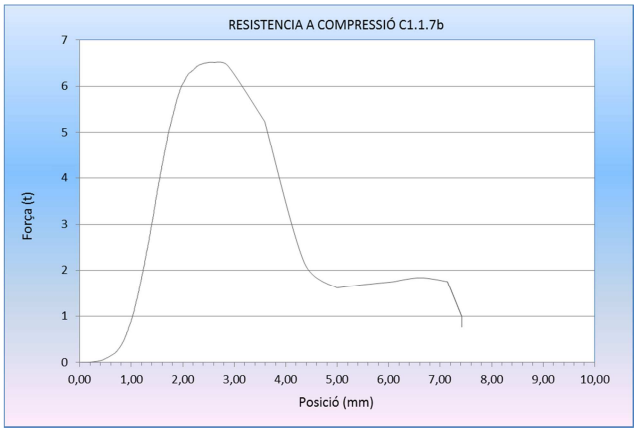

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.5a
Força (t)
Posició (mm)

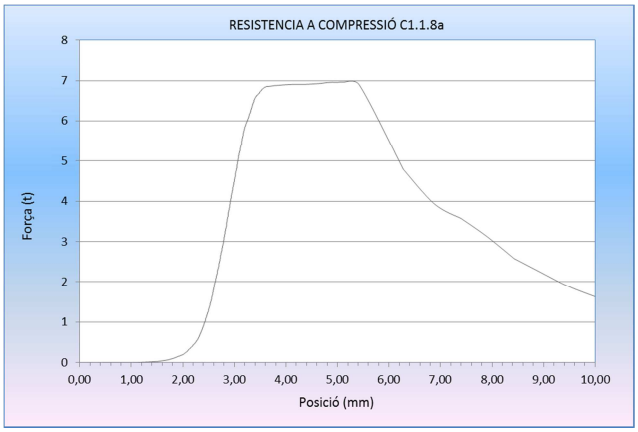

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.5b
Força (t)
Posició (mm)

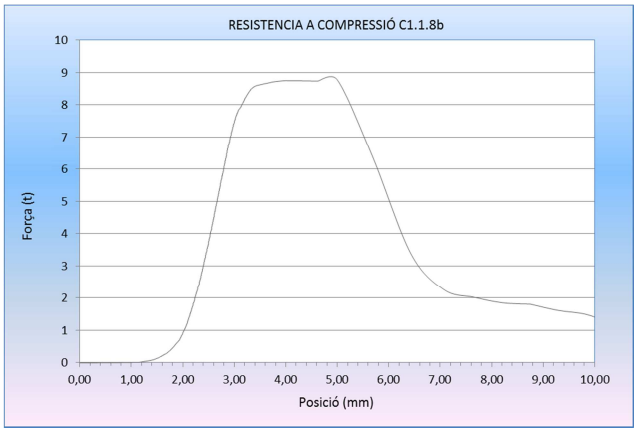

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.6a
Força (t)
Posició (mm)

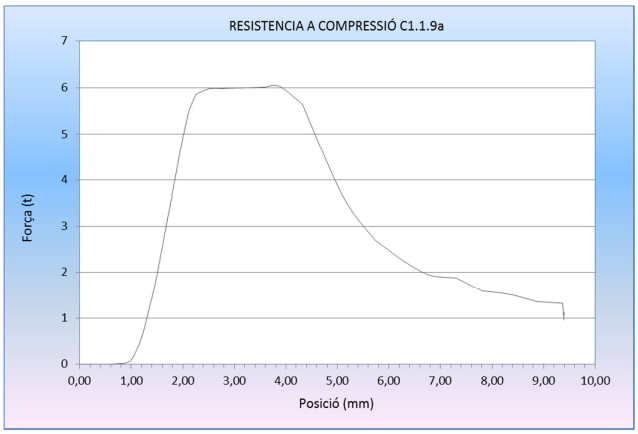

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.6b
Força (t)
Posició (mm)

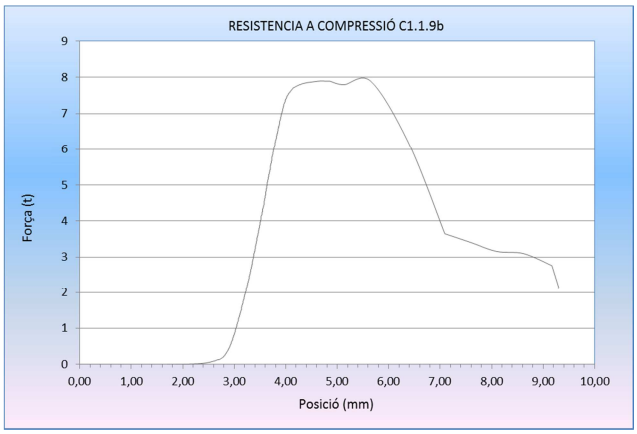

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.7a
Força (t)
Posició (mm)

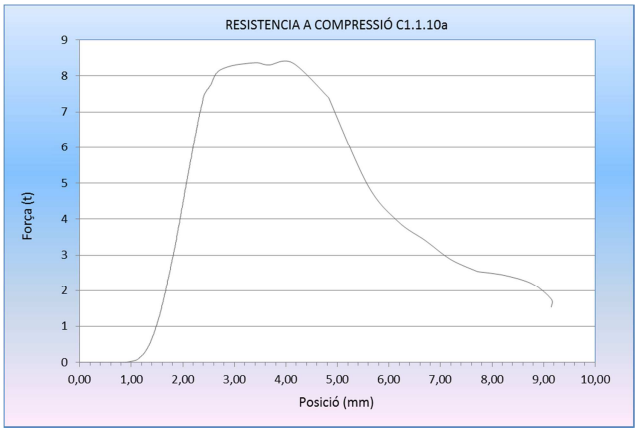

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.7b
Força (t)
Posició (mm)

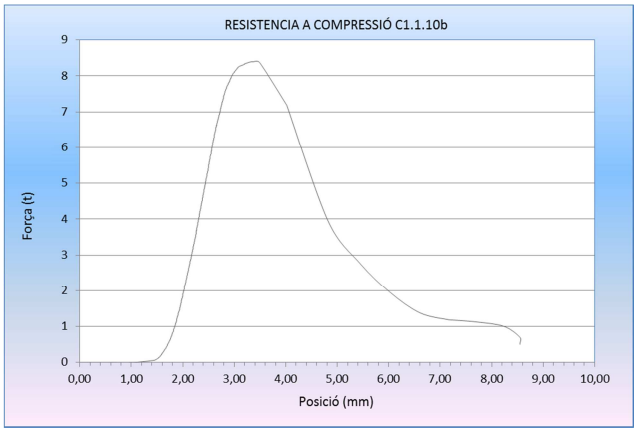

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.8a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.8b
Força (t)
Posició (mm)

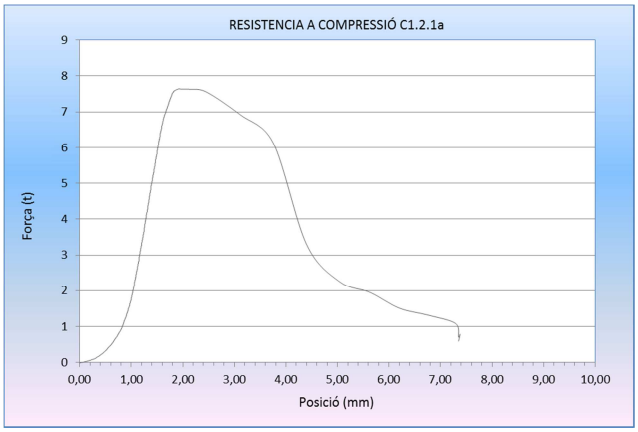

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.9a
Força (t)
Posició (mm)

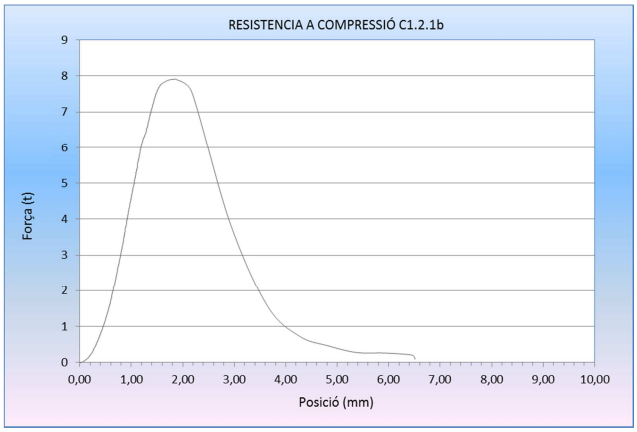

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.1.9b
Força (t)
Posició (mm)

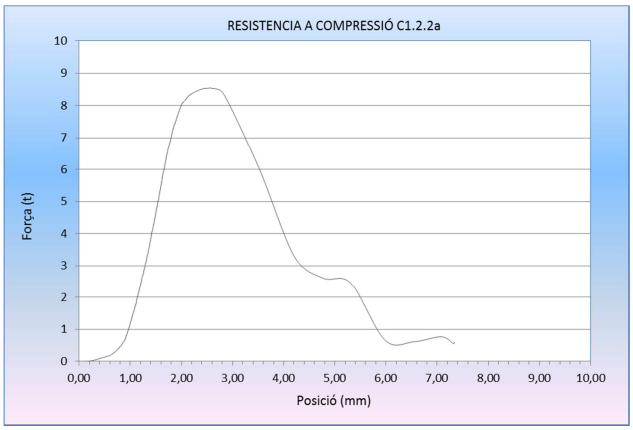


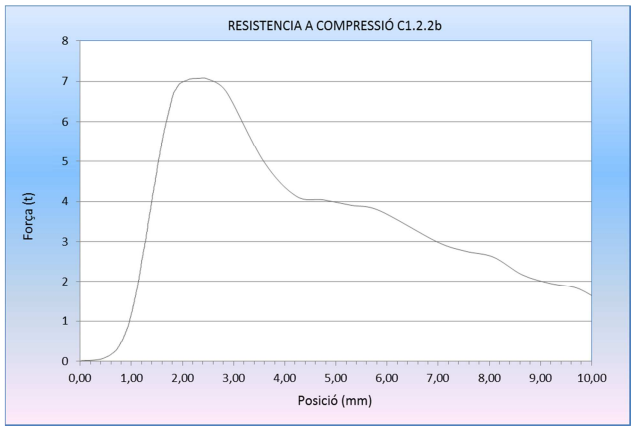


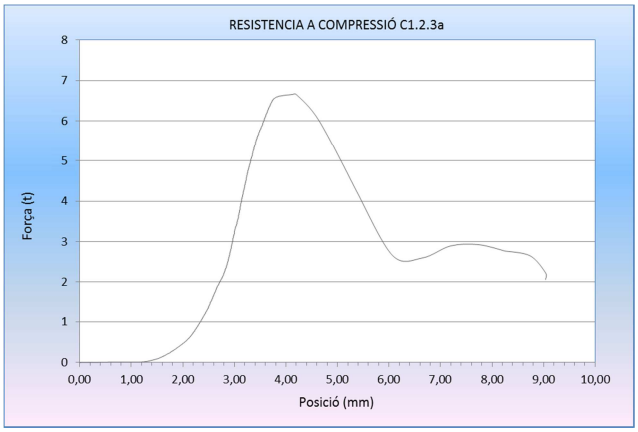
Gràfica 175. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.1(1-10a i b)

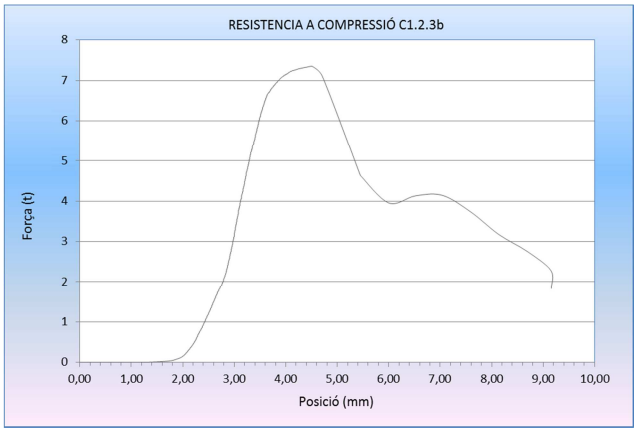


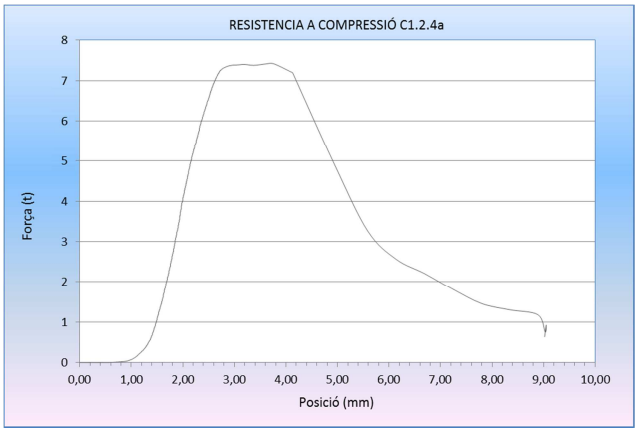


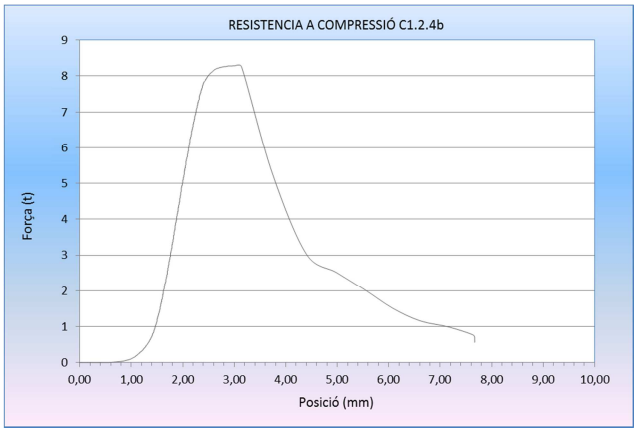


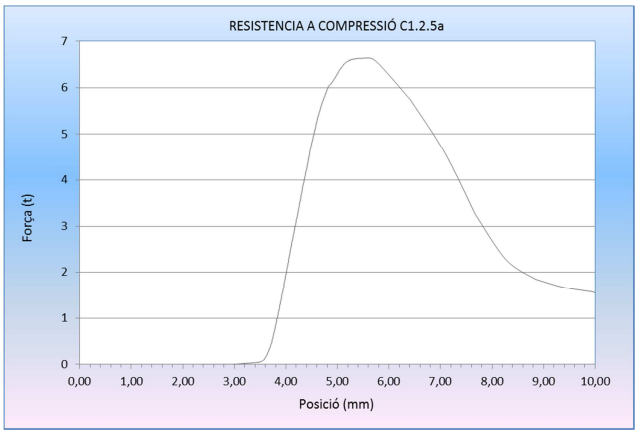


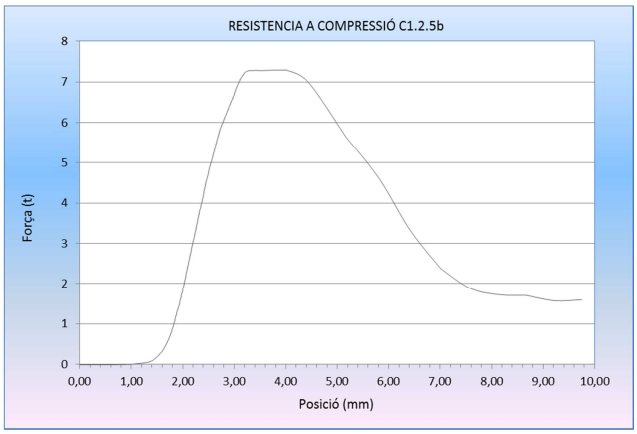

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.3a
Força (t)
Posició (mm)

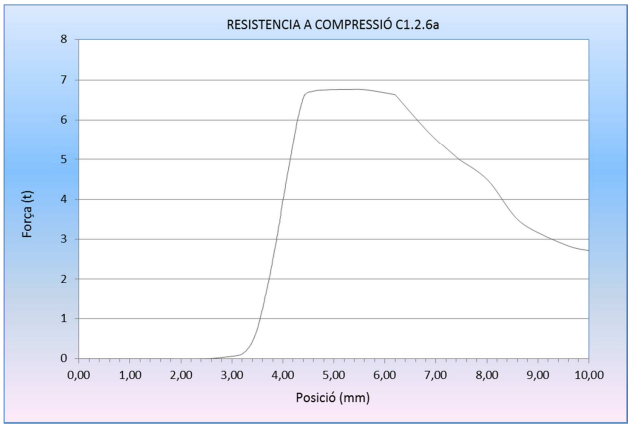

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.3b
Força (t)
Posició (mm)

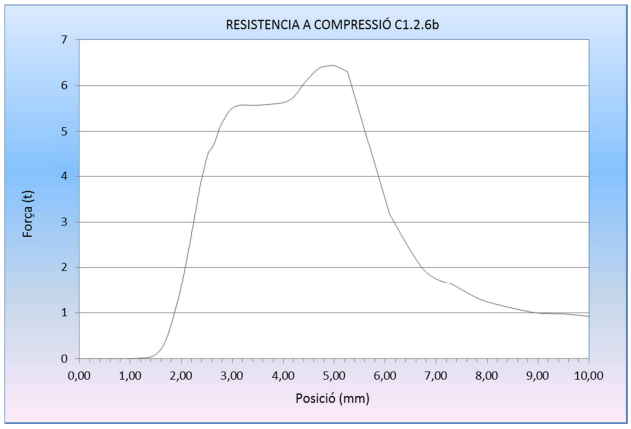

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.4a
Força (t)
Posició (mm)

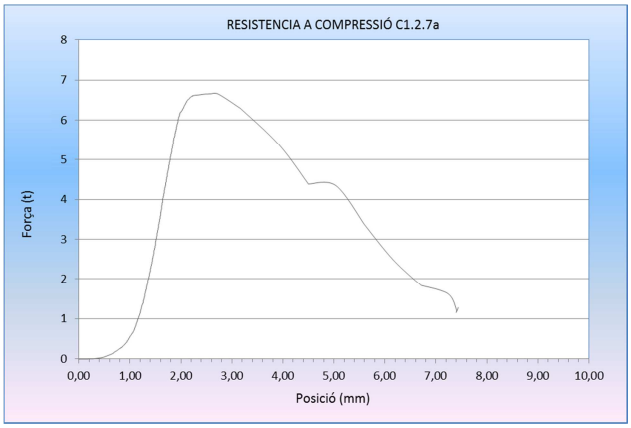

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.4b
Força (t)
Posició (mm)

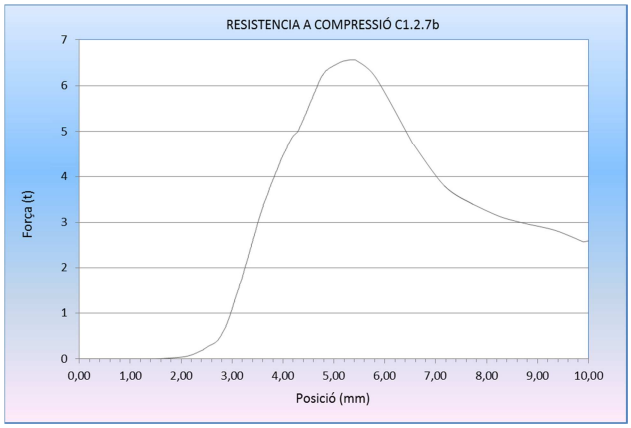

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.5a
Força (t)
Posició (mm)

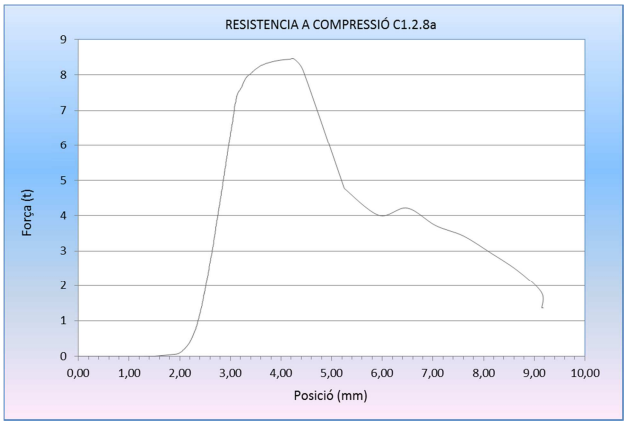

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.5b
Força (t)
Posició (mm)

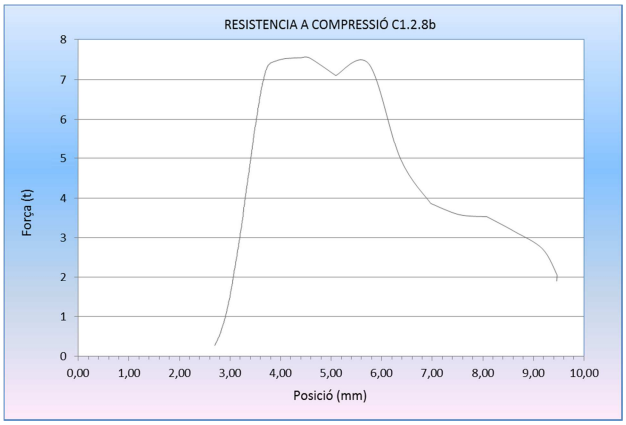

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.6a
Força (t)
Posició (mm)

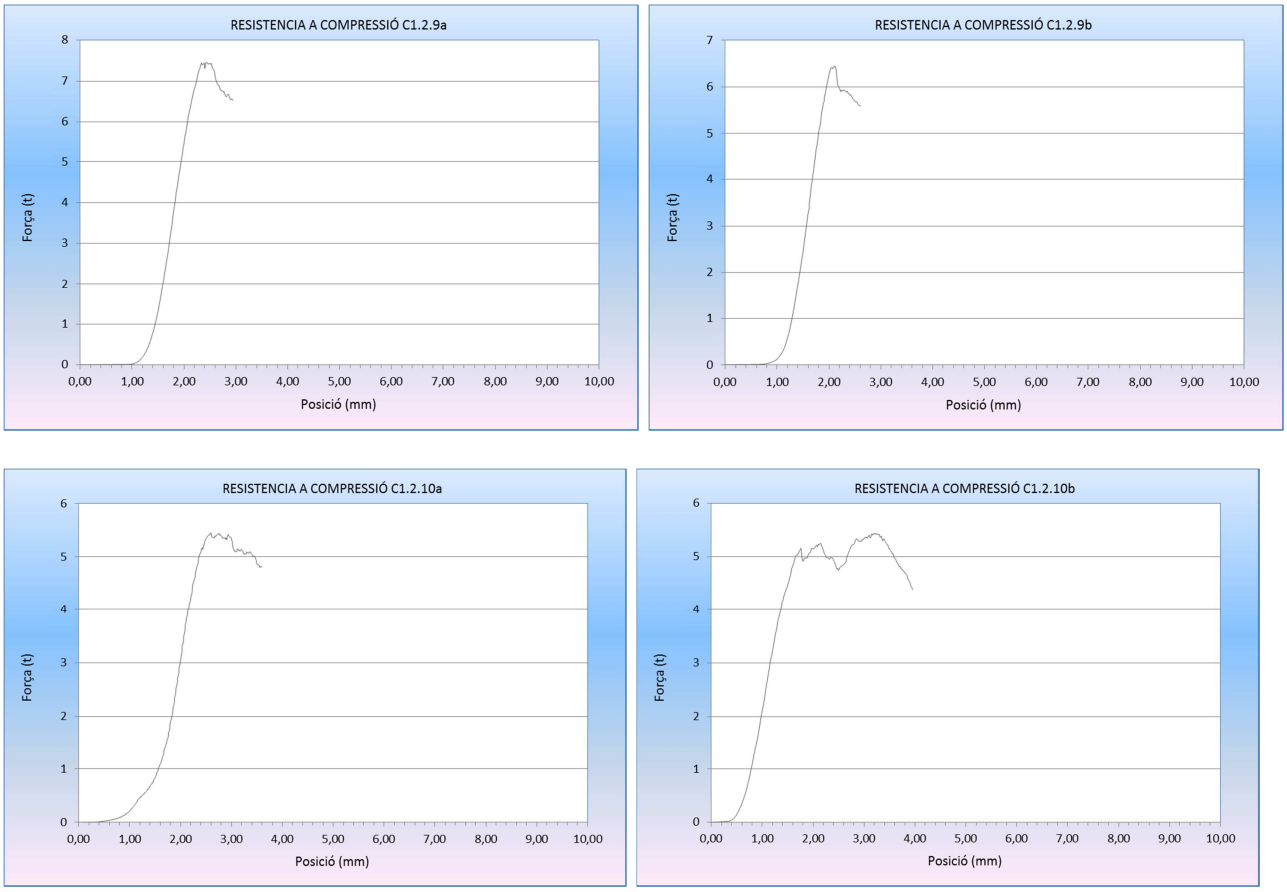

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.6b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.7a
Força (t)
Posició (mm)

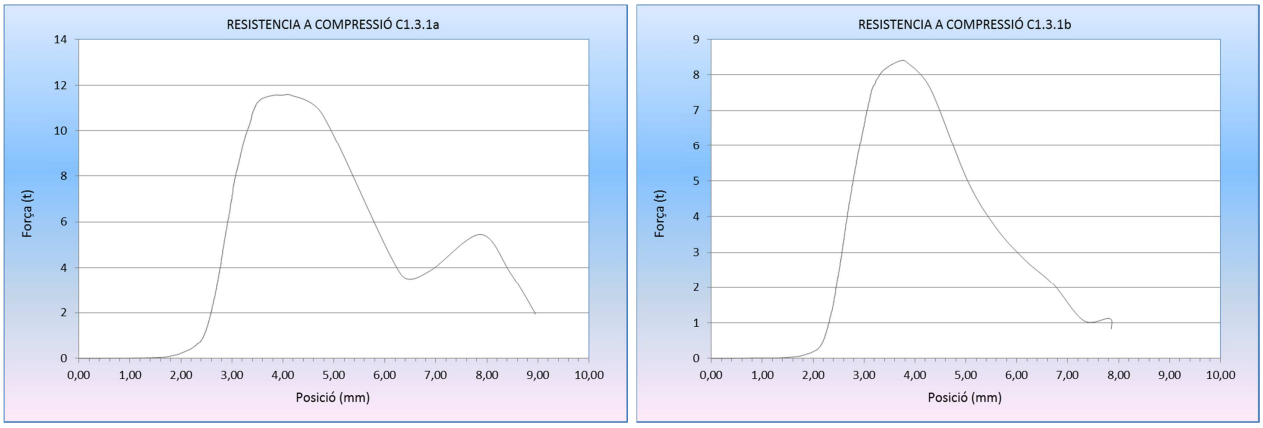

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.7b
Força (t)
Posició (mm)

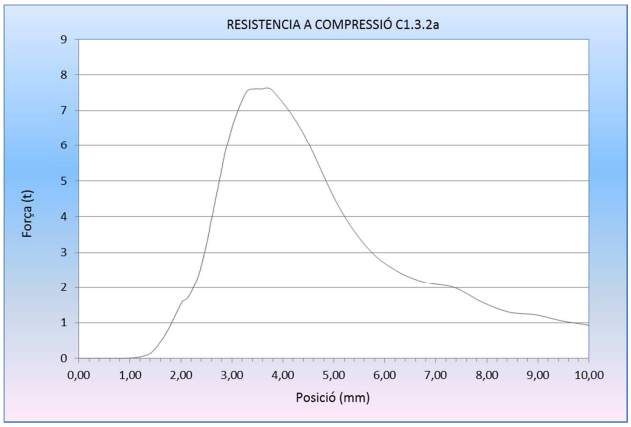

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.8a
Força (t)
Posició (mm)

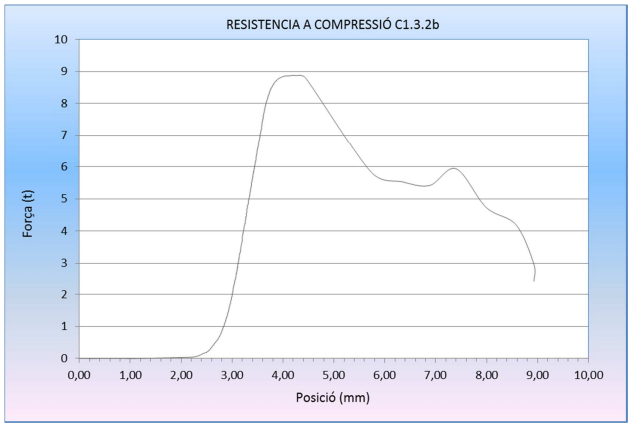

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.2.8b
Força (t)
Posició (mm)

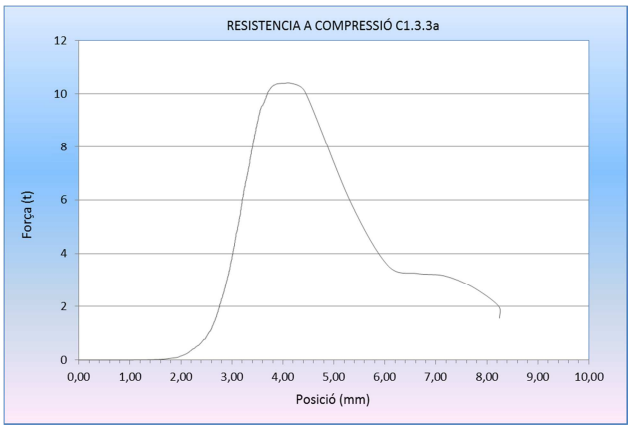


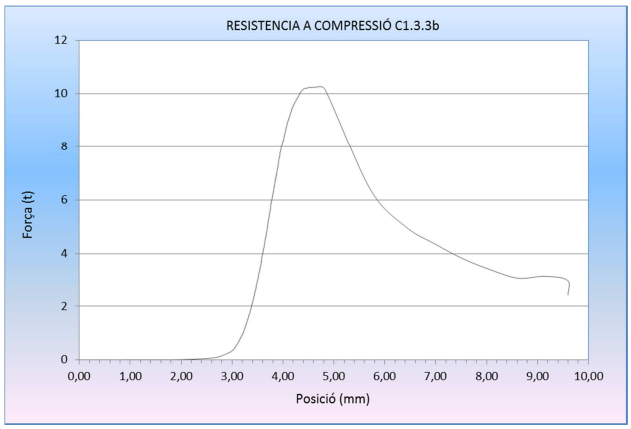
Gràfica 176. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.2(1-10a i b)

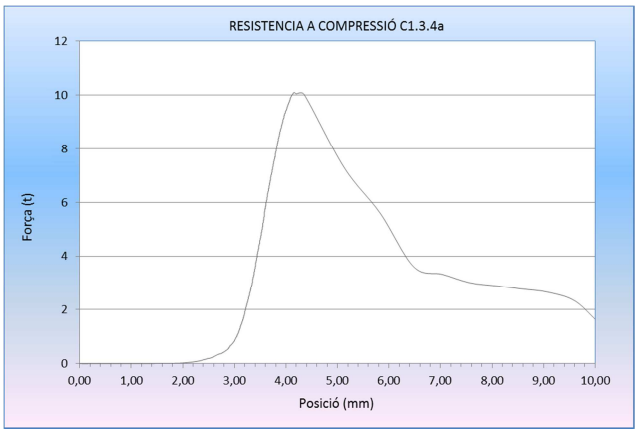


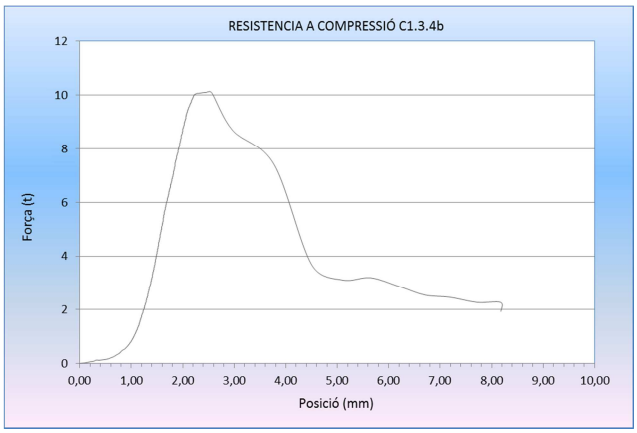

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.2a
Força (t)
Posició (mm)

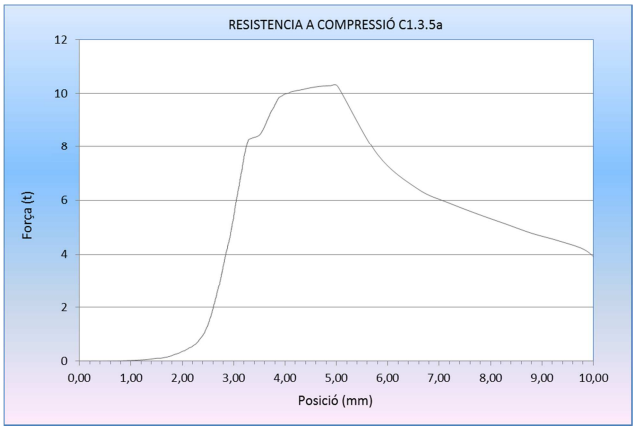

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.2b
Força (t)
Posició (mm)

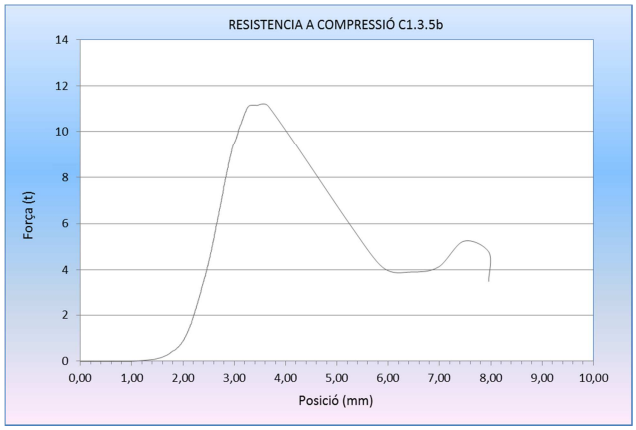

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.3a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.3b
Força (t)
Posició (mm)

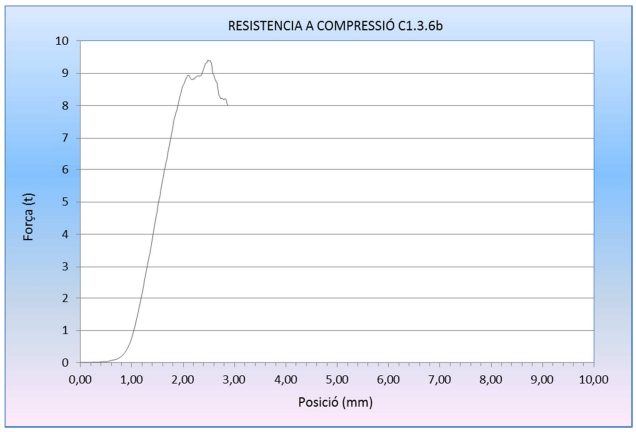

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.4a
Força (t)
Posició (mm)

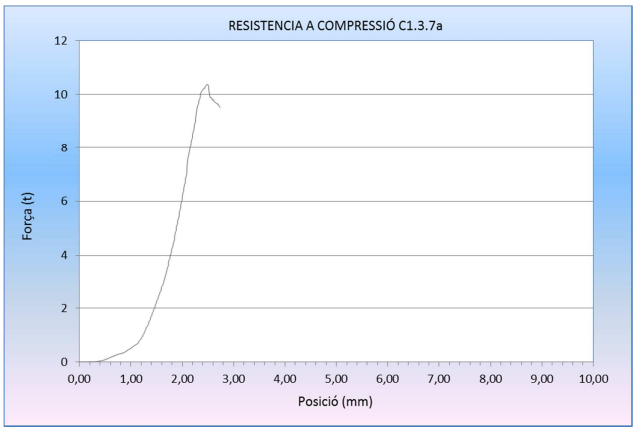

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.4b
Força (t)
Posició (mm)

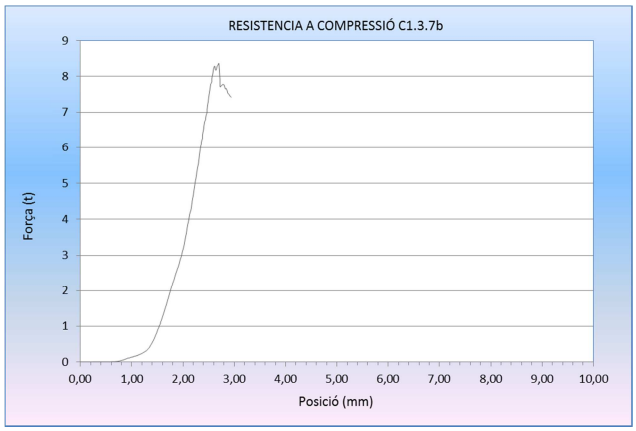

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.5a
Força (t)
Posició (mm)

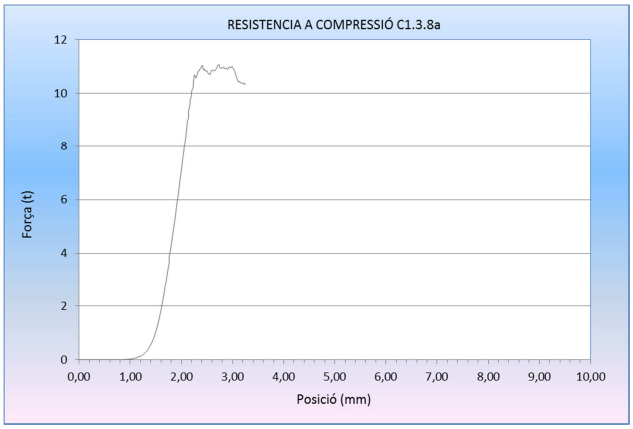

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.5b
Força (t)
Posició (mm)

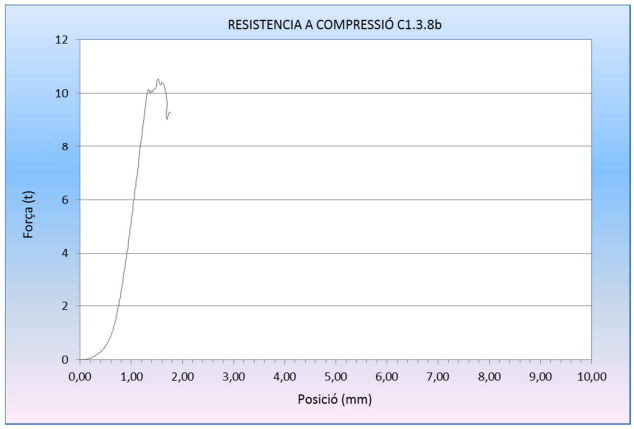
RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.6a
Força (t)
Posició (mm)

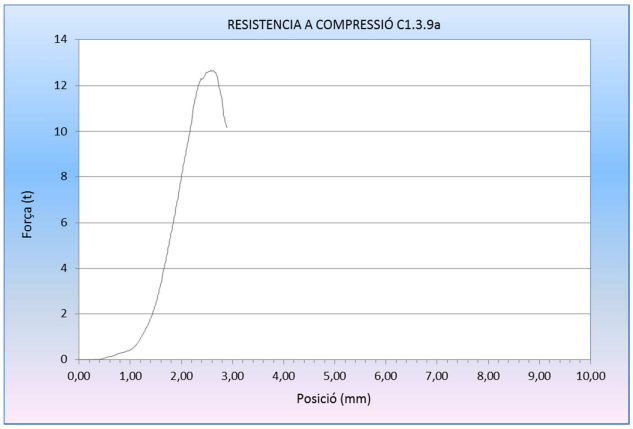

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.6b
Força (t)
Posició (mm)

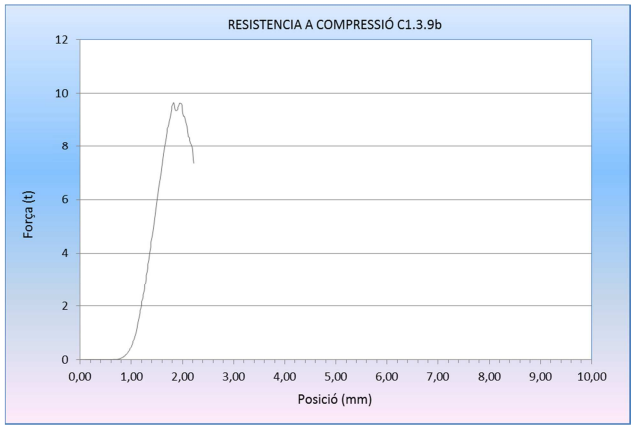

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.7a
Força (t)
Posició (mm)

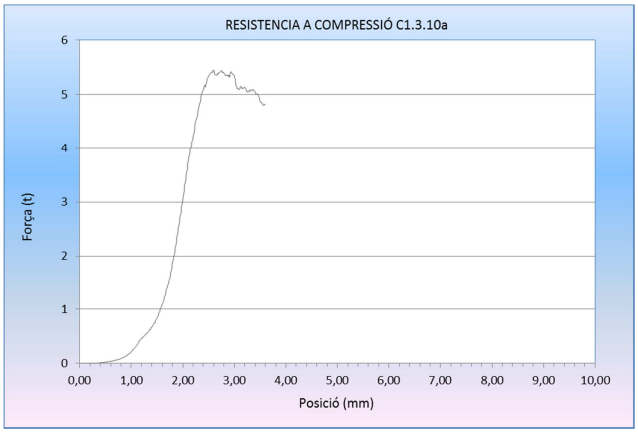

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.3.7b
Força (t)
Posició (mm)

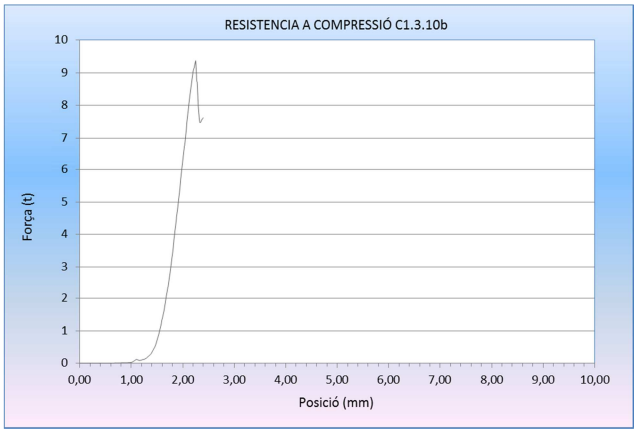




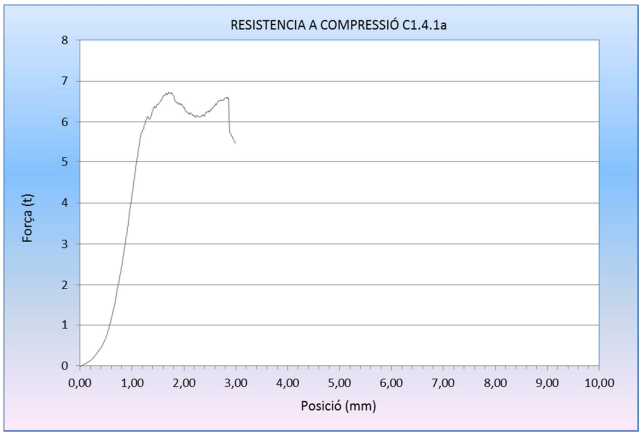


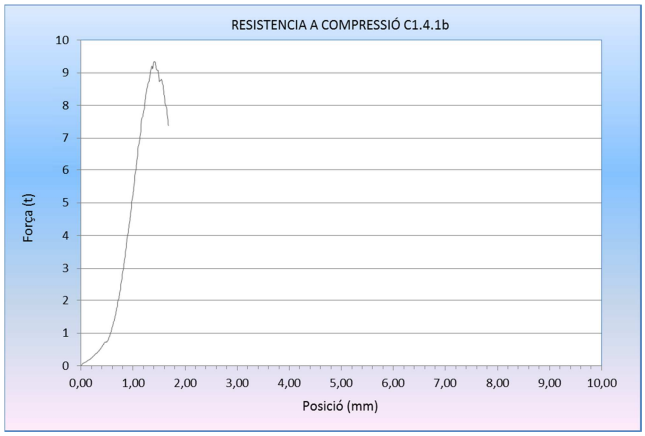


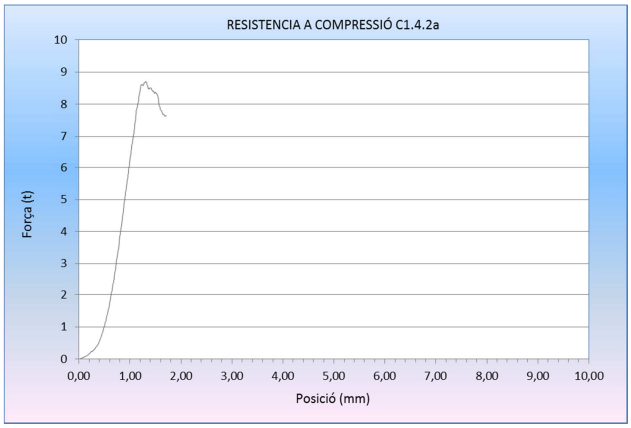


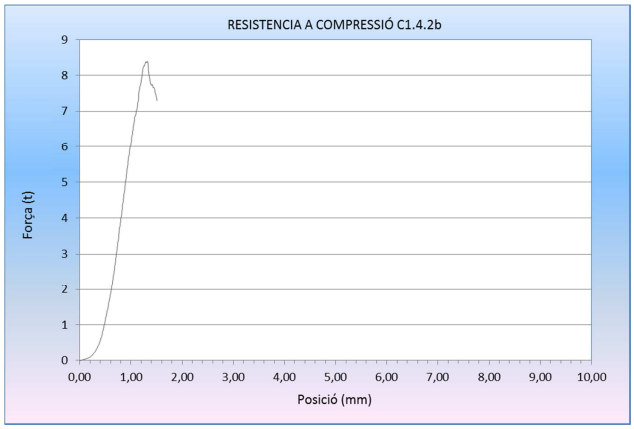


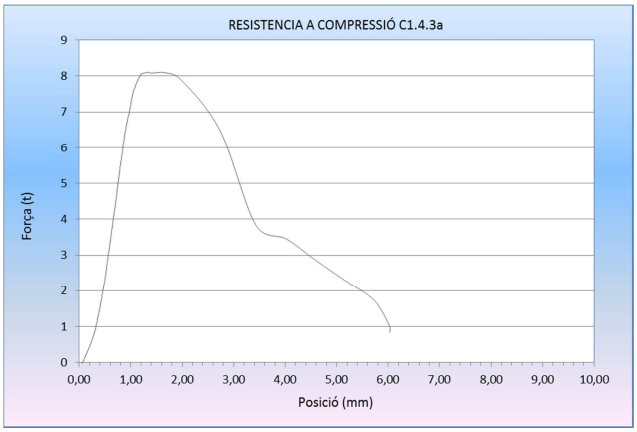
Gràfica 177. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.3(1-10a i b)

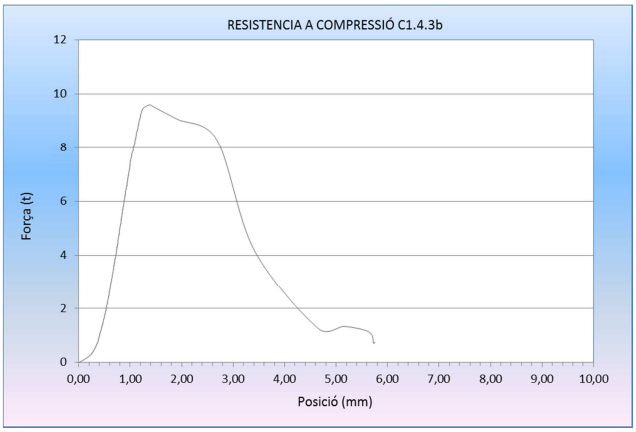

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.1a
Força (t)
Posició (mm)

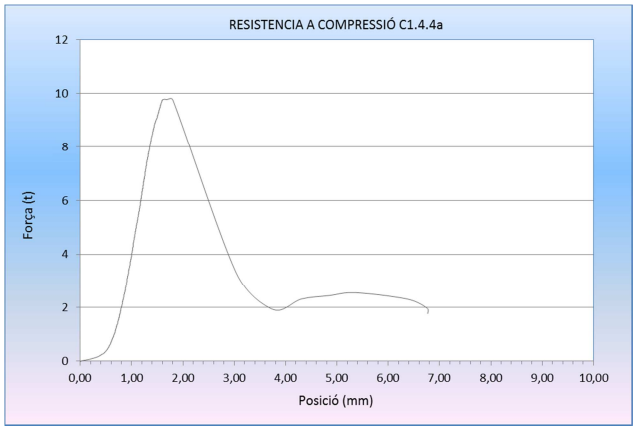

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.1b
Força (t)
Posició (mm)

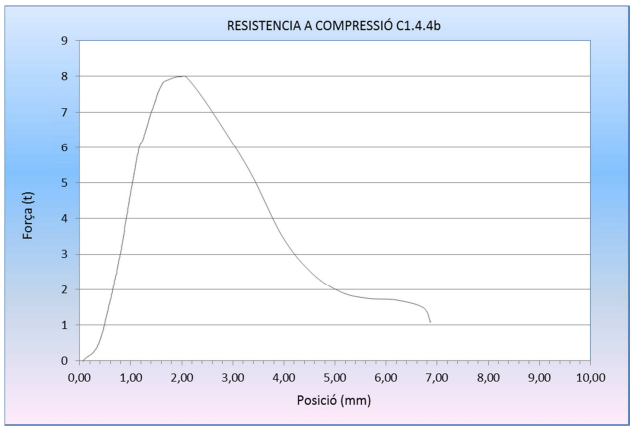

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.2a
Força (t)
Posició (mm)

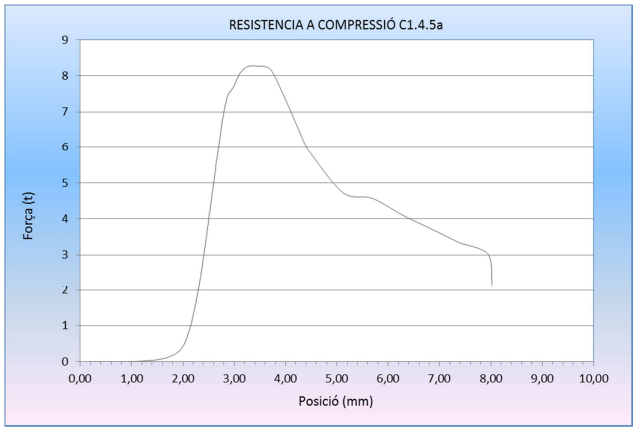

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.2b
Força (t)
Posició (mm)

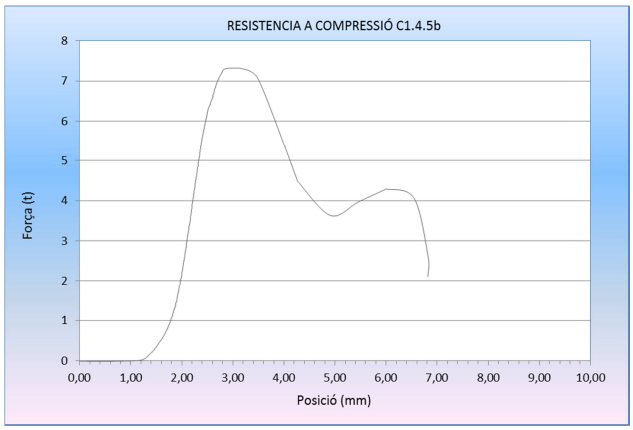

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.3a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.3b
Força (t)
Posició (mm)

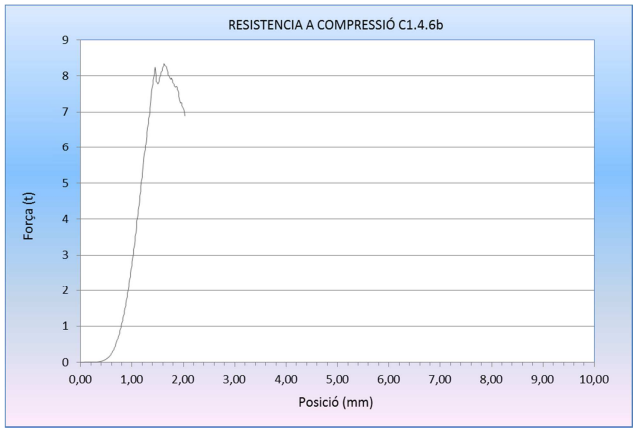

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.4a
Força (t)
Posició (mm)

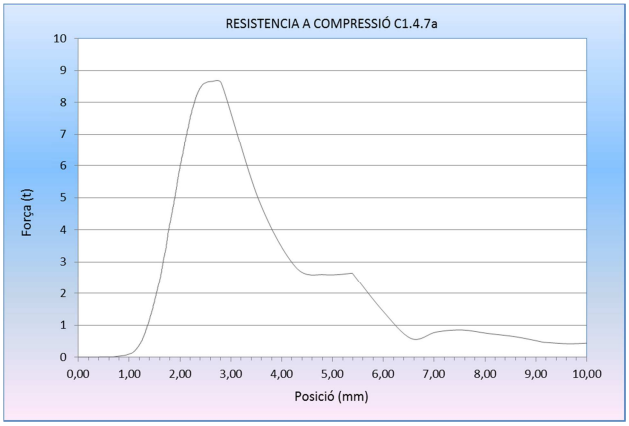

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.4b
Força (t)
Posició (mm)

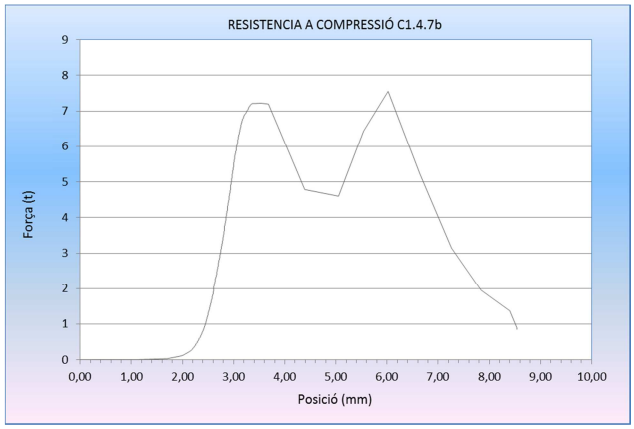

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.5a
Força (t)
Posició (mm)

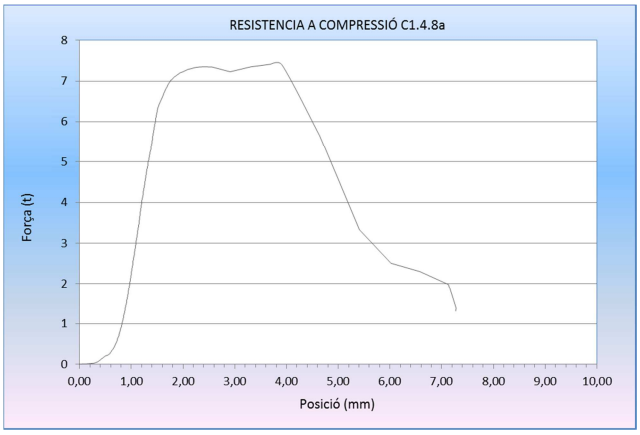

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.5b
Força (t)
Posició (mm)

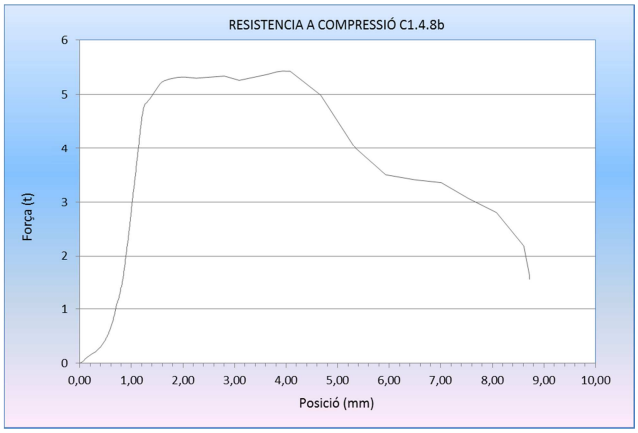
RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.6a
Força (t)
Posició (mm)

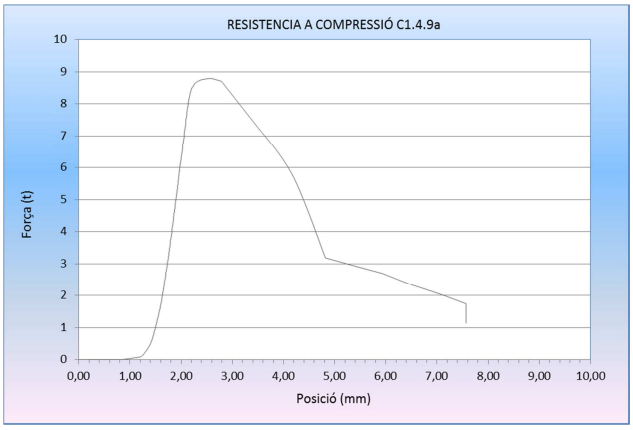

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.6b
Força (t)
Posició (mm)

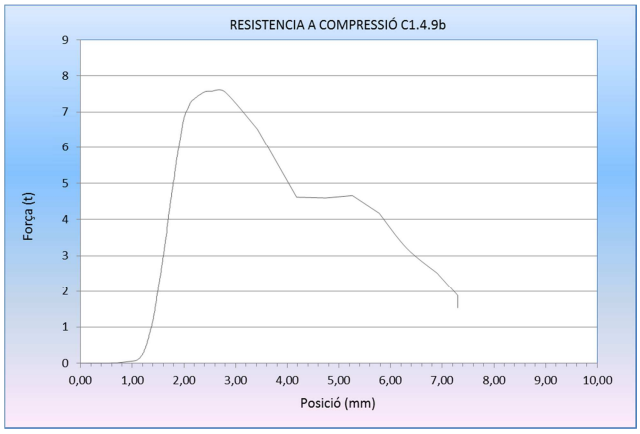

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.7a
Força (t)
Posició (mm)

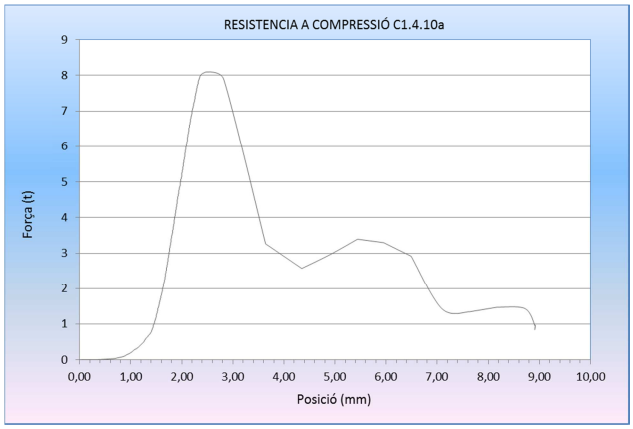

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.7b
Força (t)
Posició (mm)

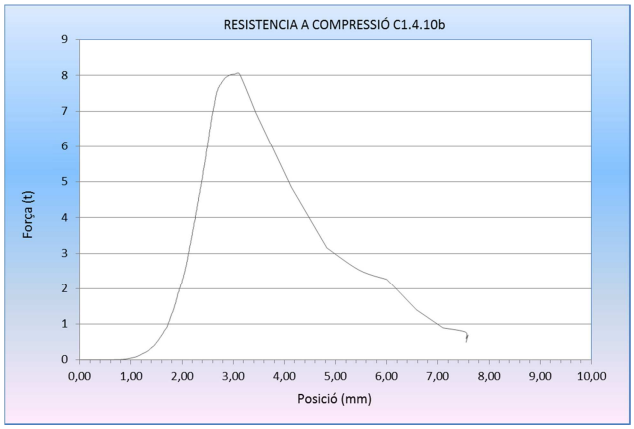

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.8a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.8b
Força (t)
Posició (mm)

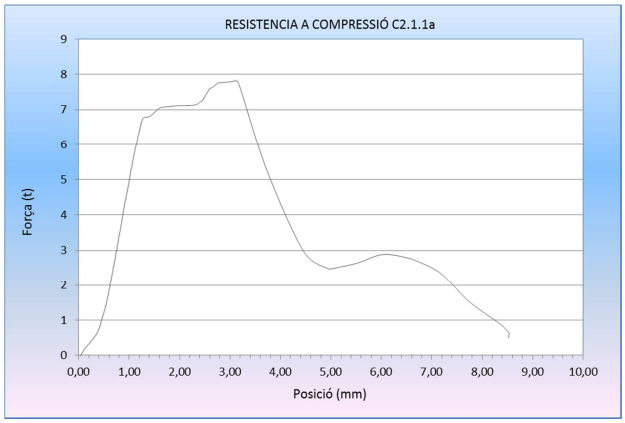

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.9a
Força (t)
Posició (mm)

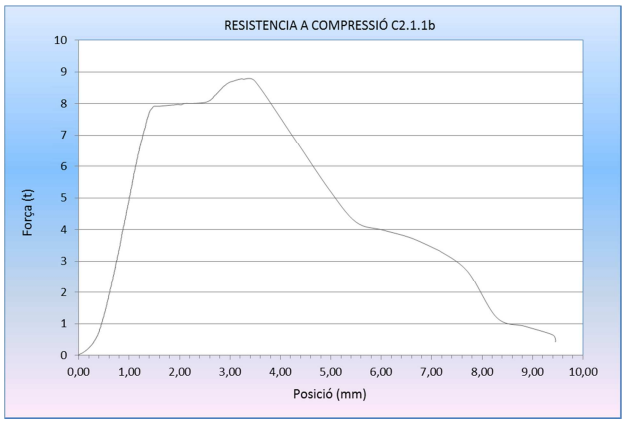

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C1.4.9b
Força (t)
Posició (mm)

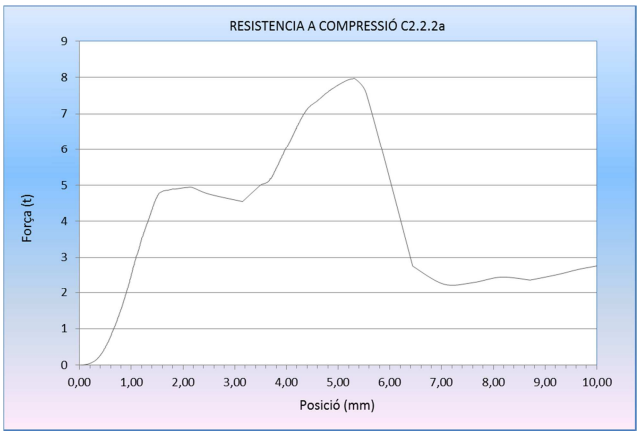


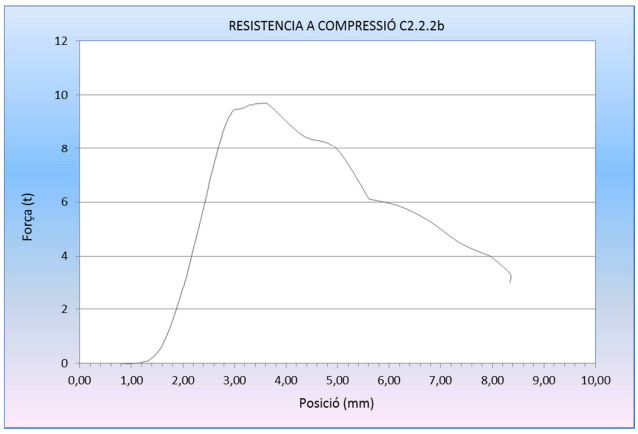


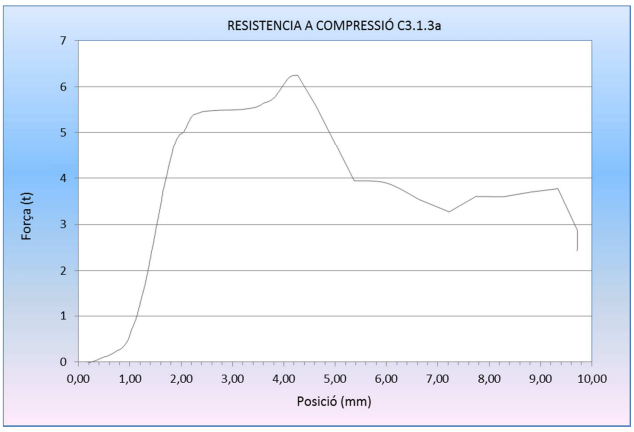
Gràfica 178. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C1.4(1-10a i b)

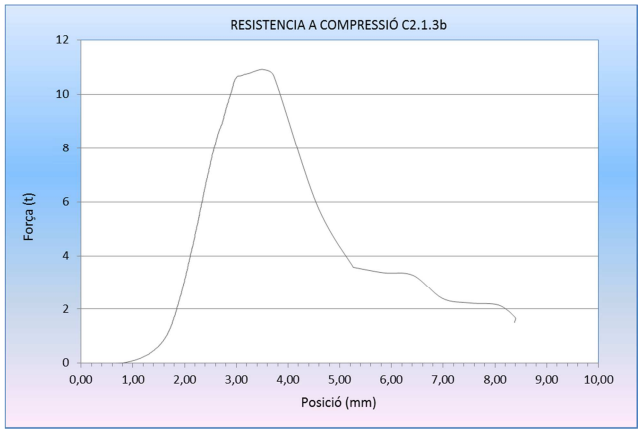




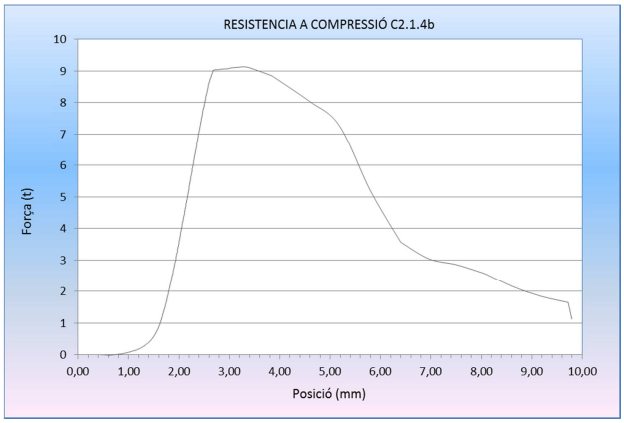


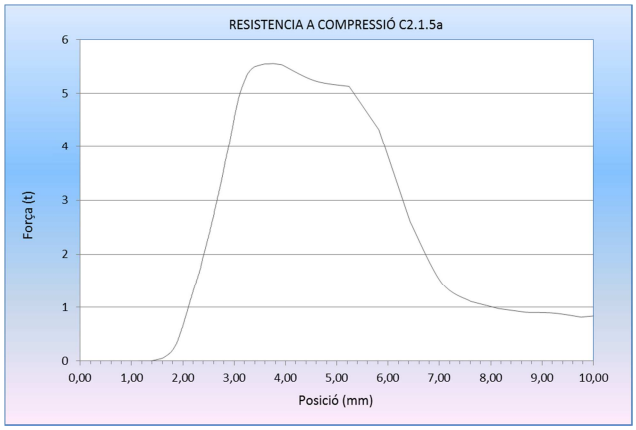


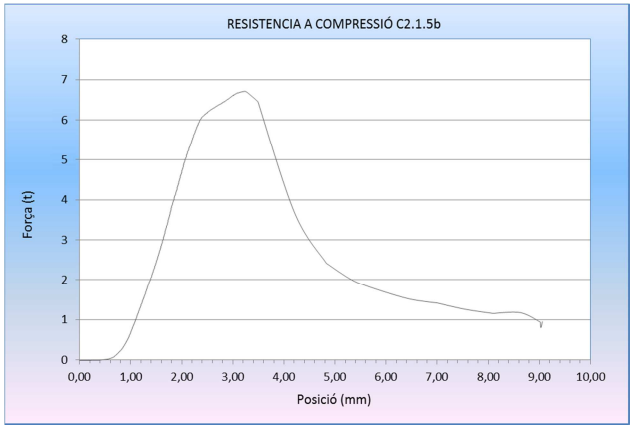

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.3a
Força (t)
Posició (mm)

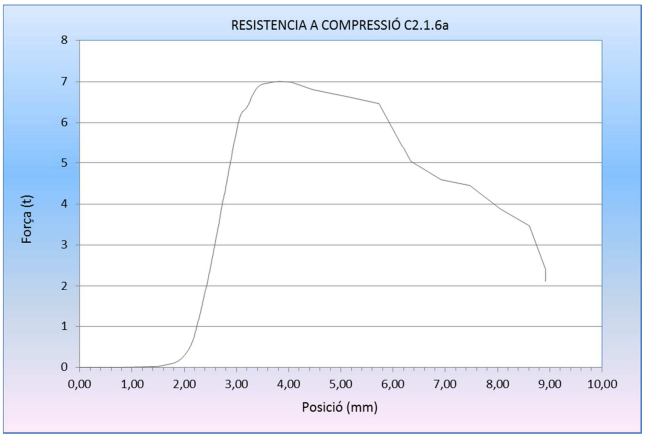

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.3b
Força (t)
Posició (mm)

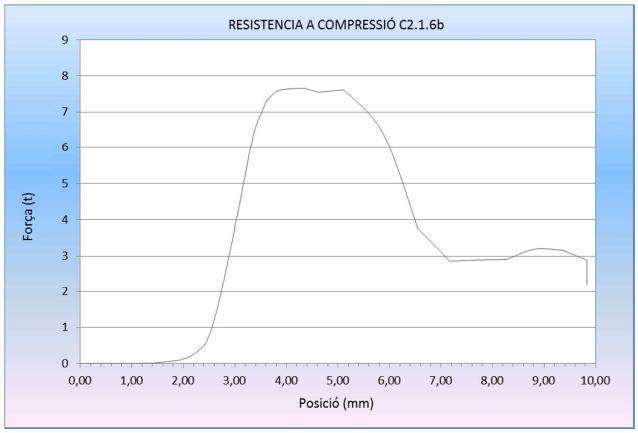
RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.4a
Força (t)
Posició (mm)

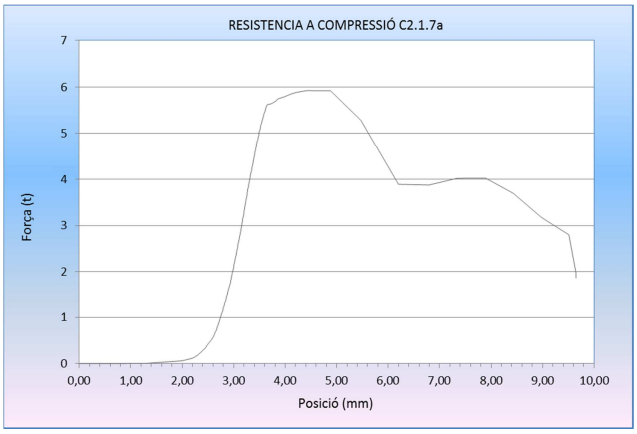

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.4b
Força (t)
Posició (mm)

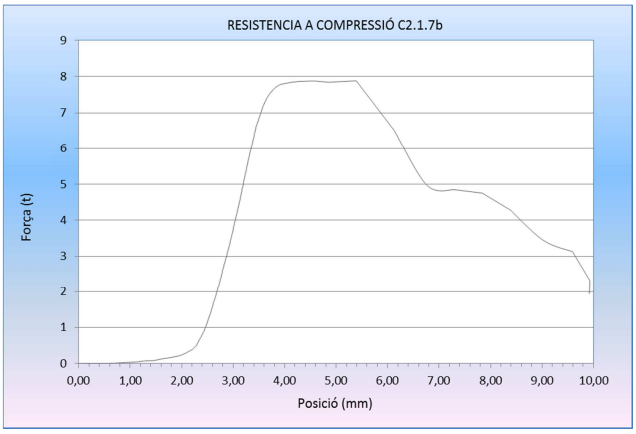

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.5a
Força (t)
Posició (mm)

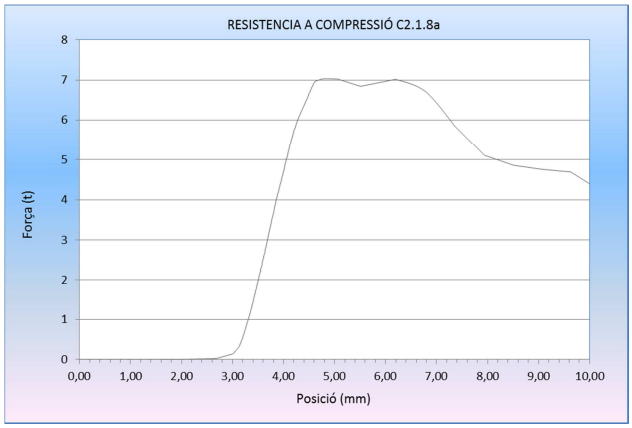

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.5b
Força (t)
Posició (mm)

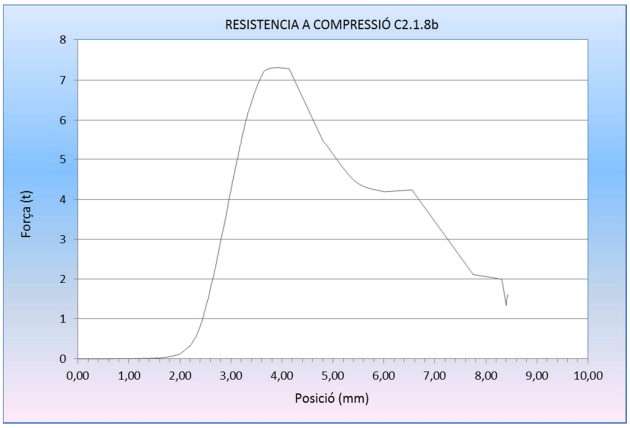

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.6a
Força (t)
Posició (mm)

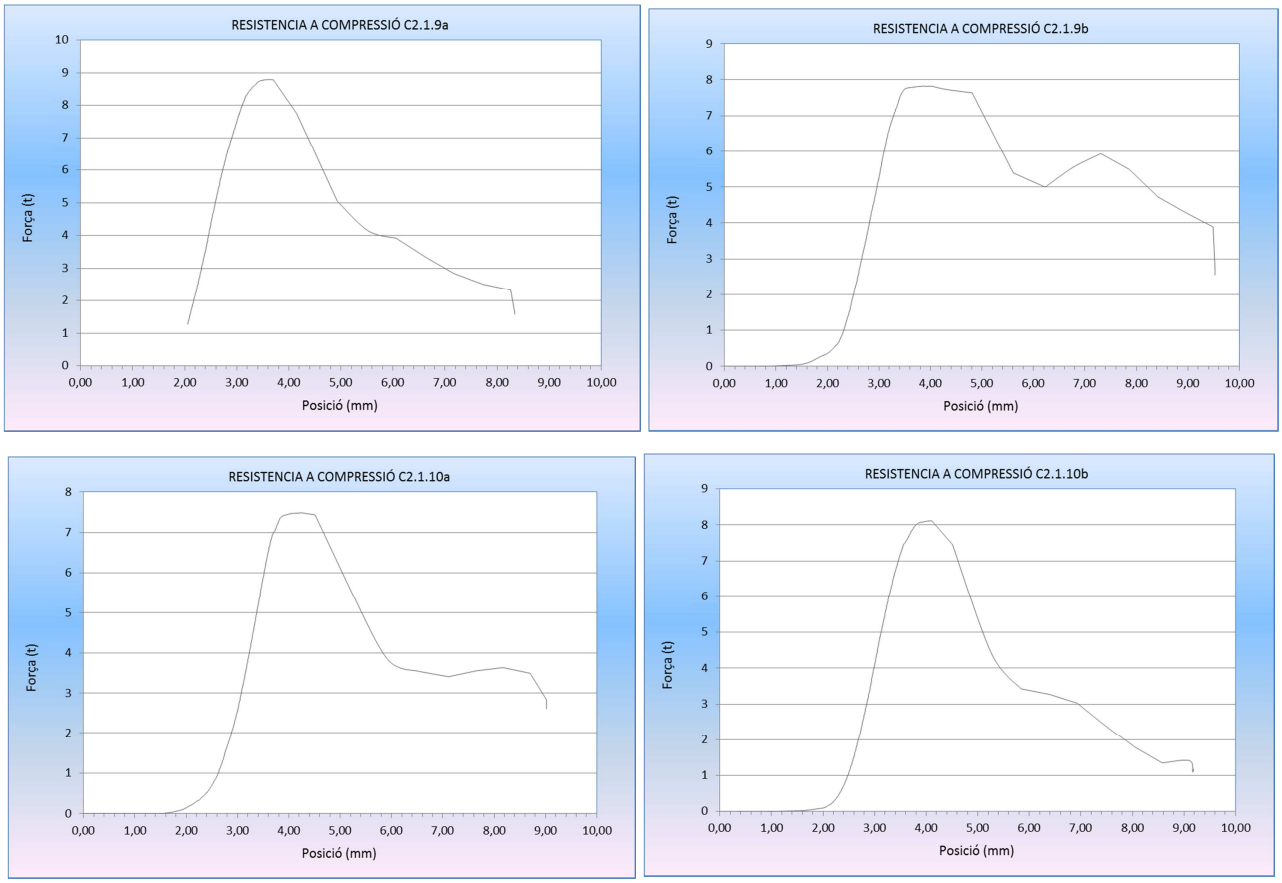

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.6b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.7a
Força (t)
Posició (mm)

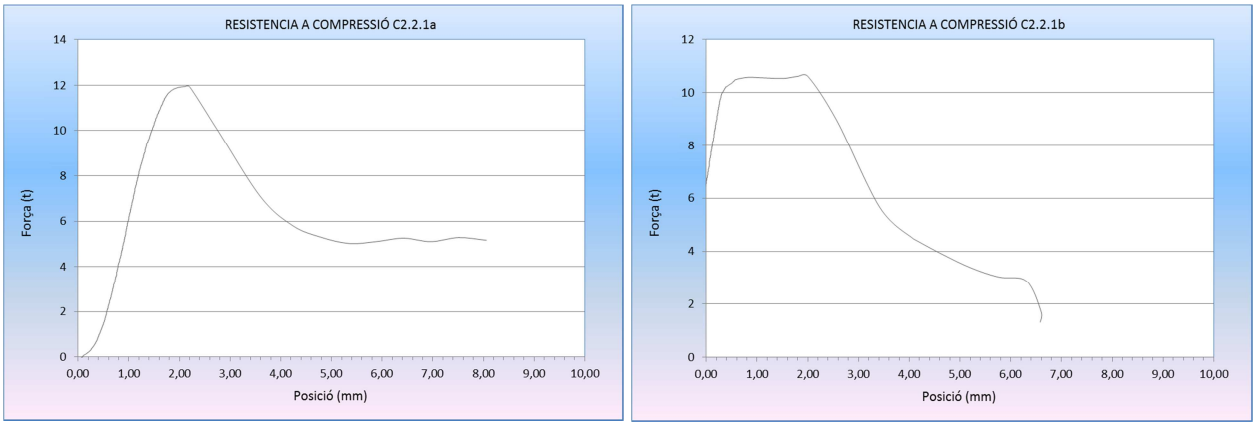

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.7b
Força (t)
Posició (mm)

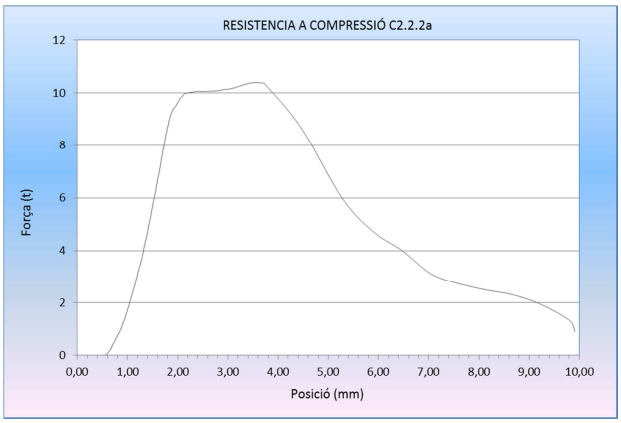

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.8a
Força (t)
Posició (mm)

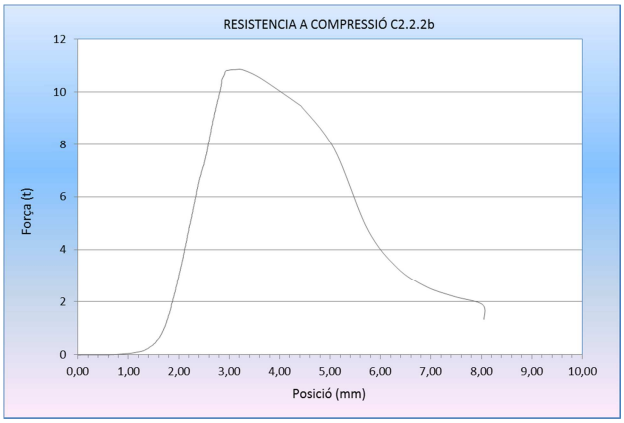

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.1.8b
Força (t)
Posició (mm)

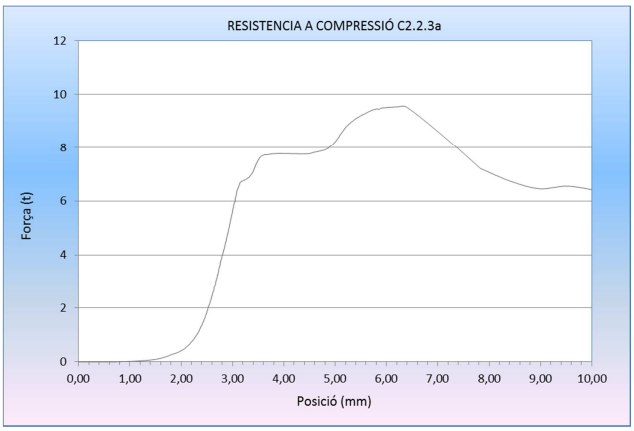


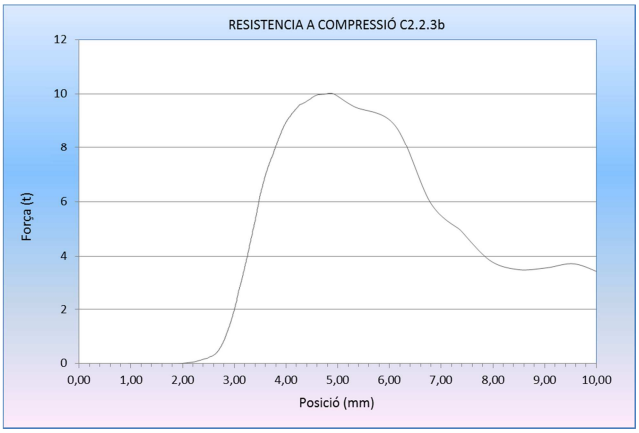
Gràfica 179. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.1(1-10a i b)

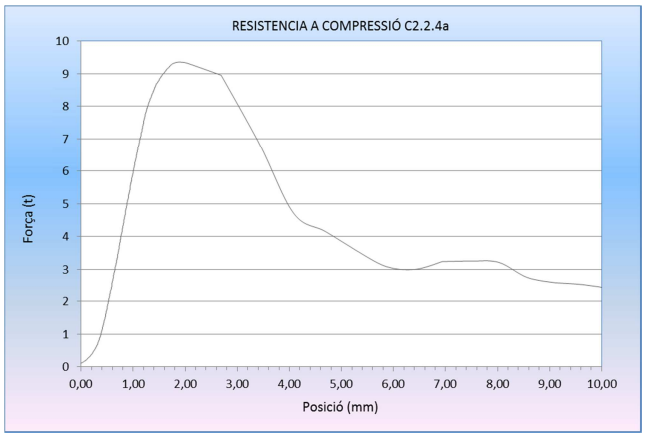


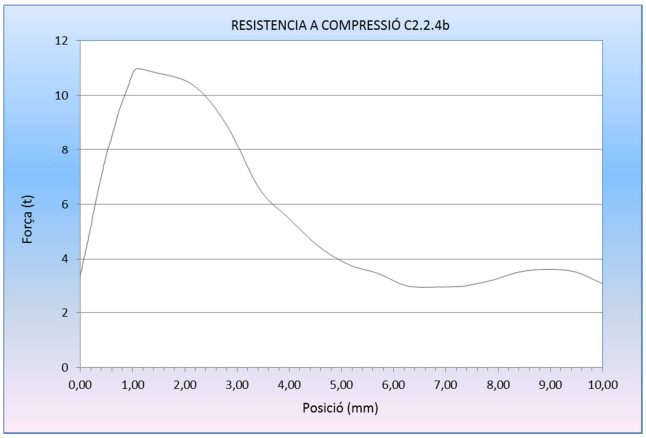

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.2a
Força (t)
Posició (mm)

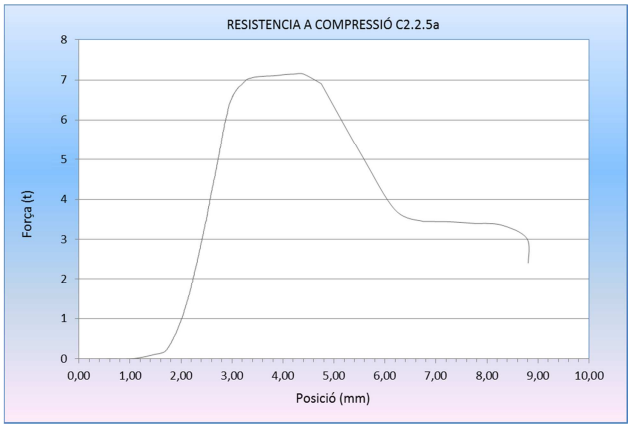

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.2b
Força (t)
Posició (mm)

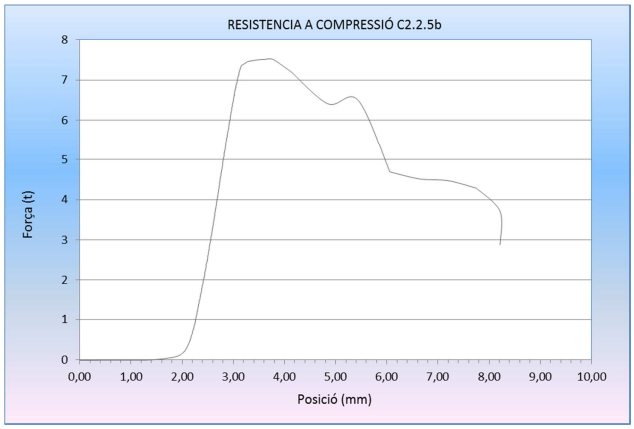

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.3a
Força (t)
Posició (mm)

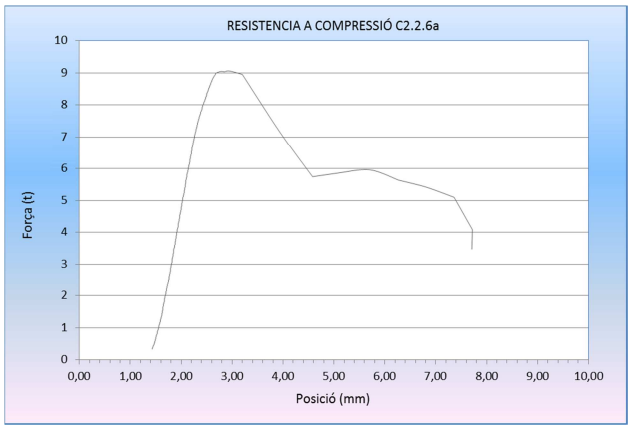

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.3b
Força (t)
Posició (mm)

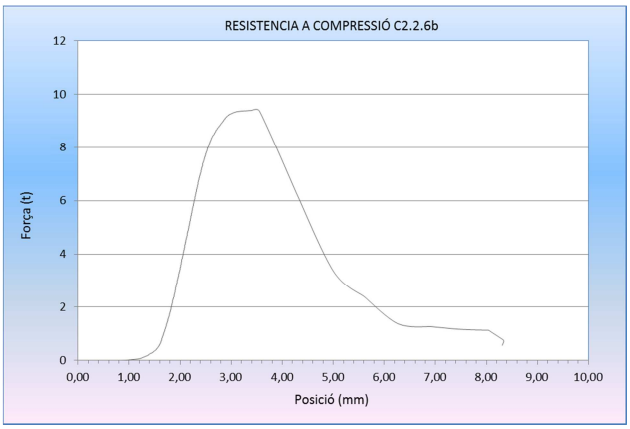

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.4a
Força (t)
Posició (mm)

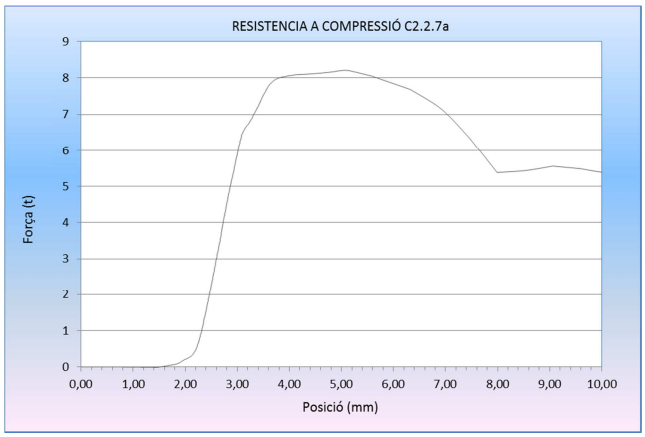

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.4b
Força (t)
Posició (mm)

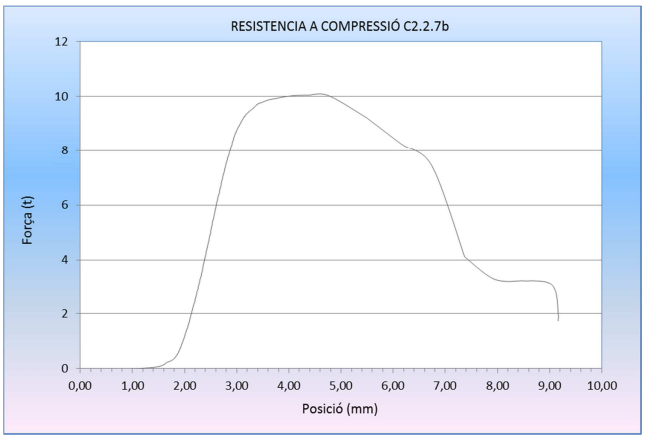

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.5a
Força (t)
Posició (mm)

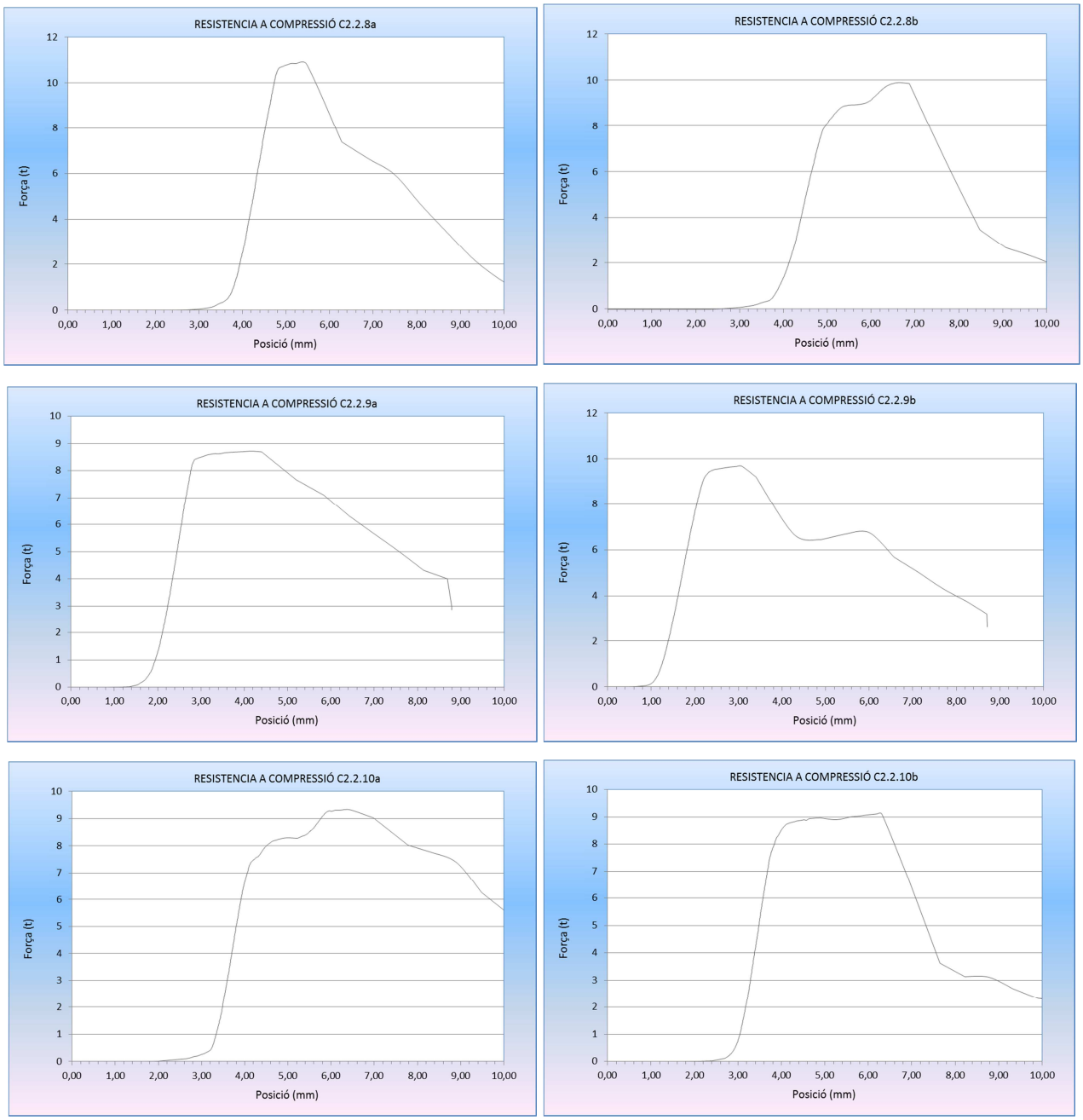

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.5b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.6a
Força (t)
Posició (mm)

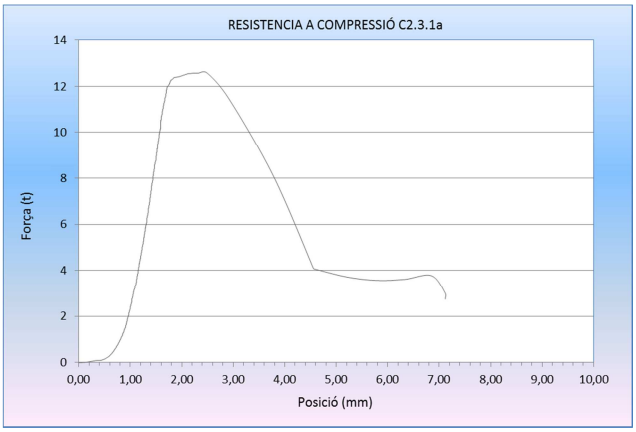

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.6b
Força (t)
Posició (mm)

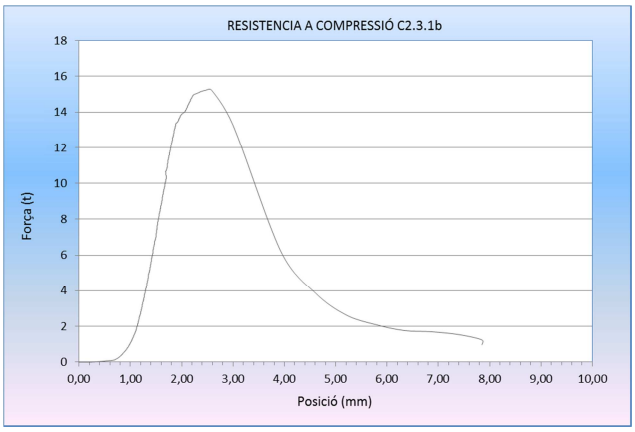

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.7a
Força (t)
Posició (mm)

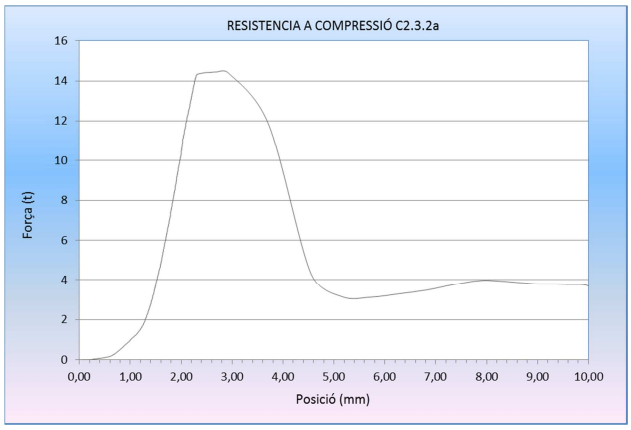

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.2.7b
Força (t)
Posició (mm)

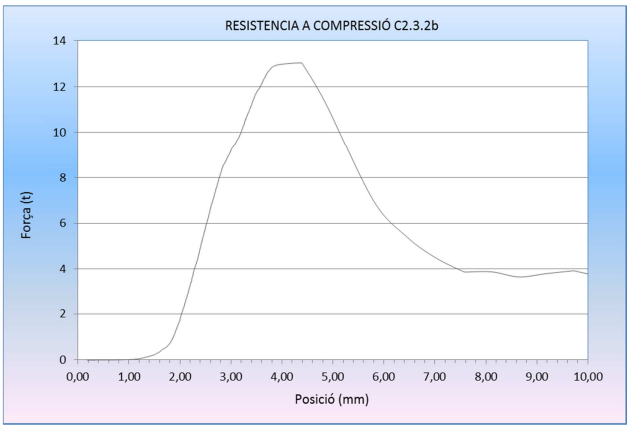


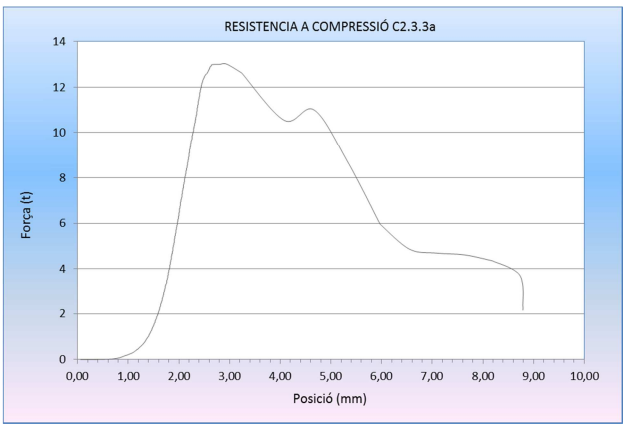
Gràfica 180. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.2(1-10a i b)

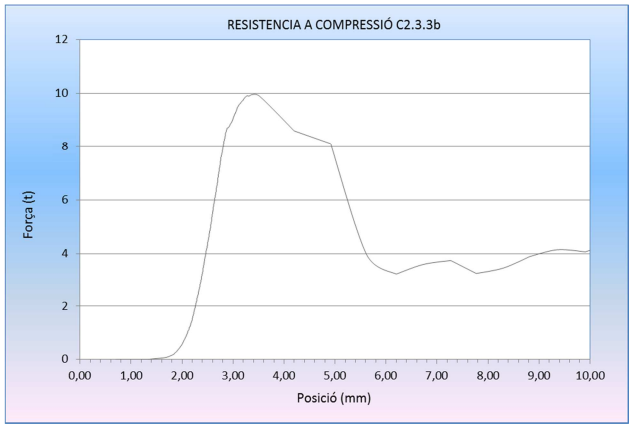

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.1a
Força (t)
Posició (mm)

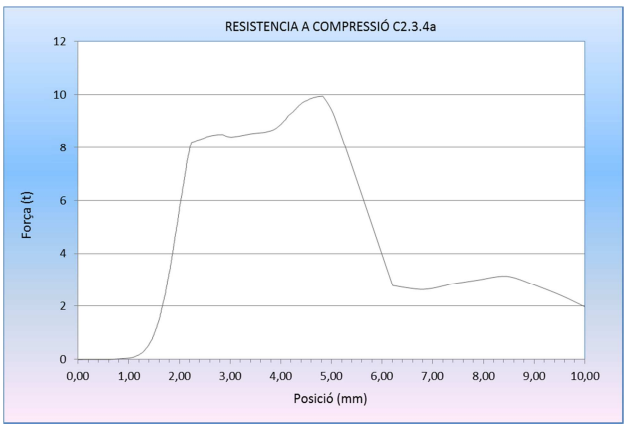

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.1b
Força (t)
Posició (mm)

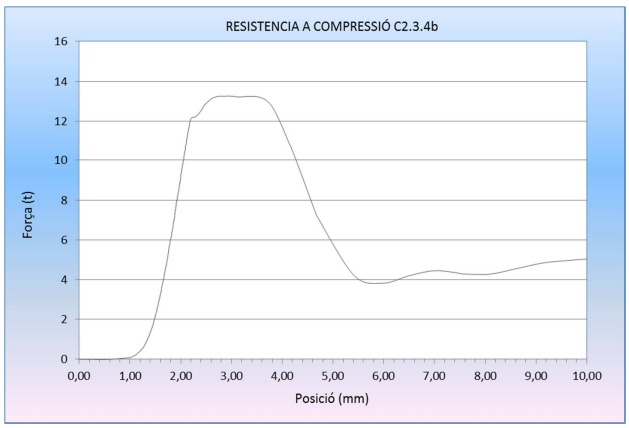

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.2a
Força (t)
Posició (mm)

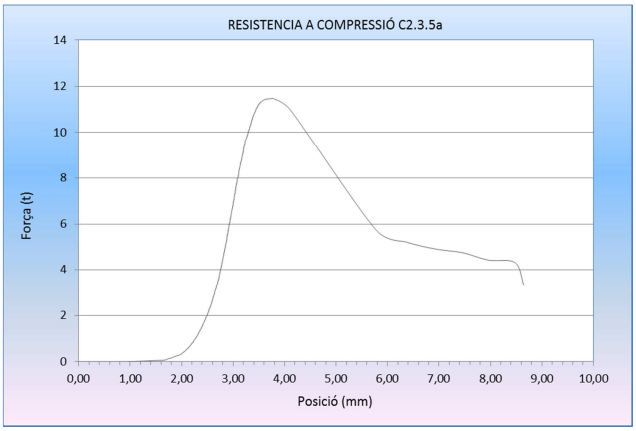

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.2b
Força (t)
Posició (mm)

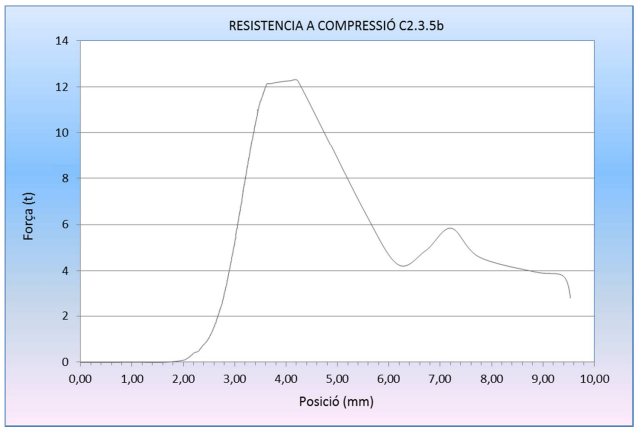

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.3a
Força (t)
Posició (mm)

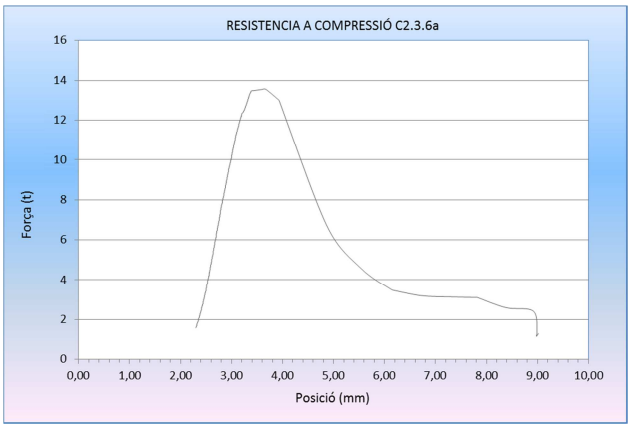

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.3b
Força (t)
Posició (mm)

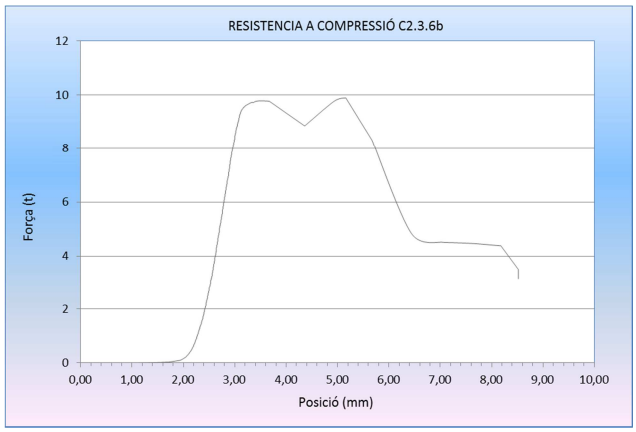

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.4a
Força (t)
Posició (mm)

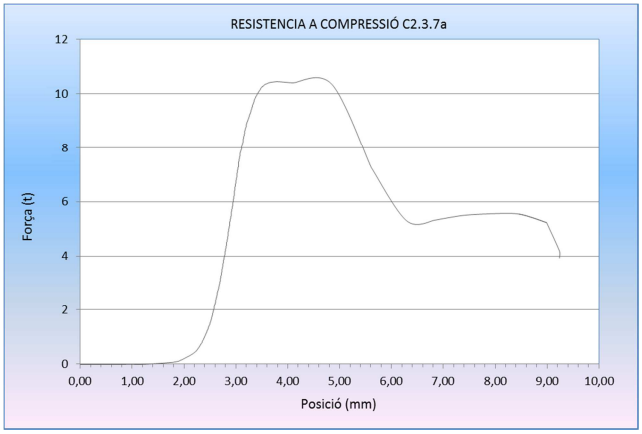

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.4b
Força (t)
Posició (mm)

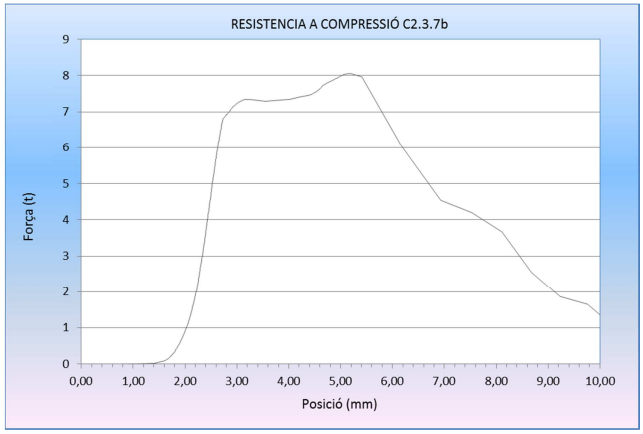

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.5a
Força (t)
Posició (mm)

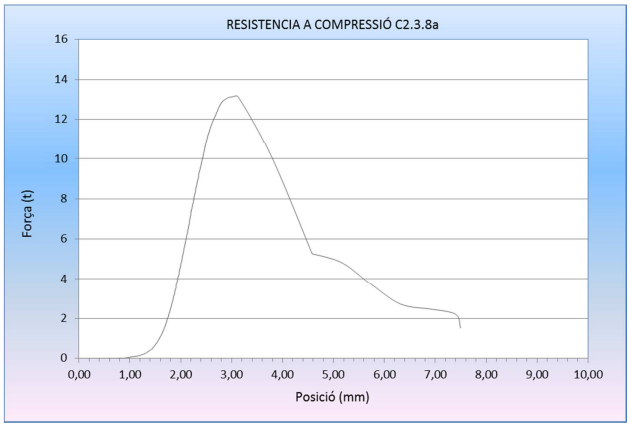

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.5b
Força (t)
Posició (mm)

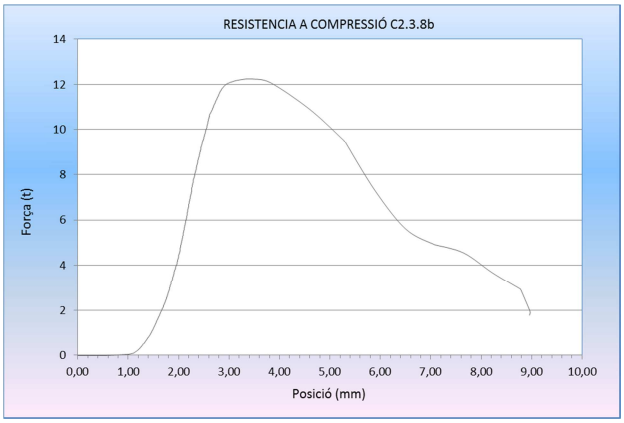

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.6a
Força (t)
Posició (mm)

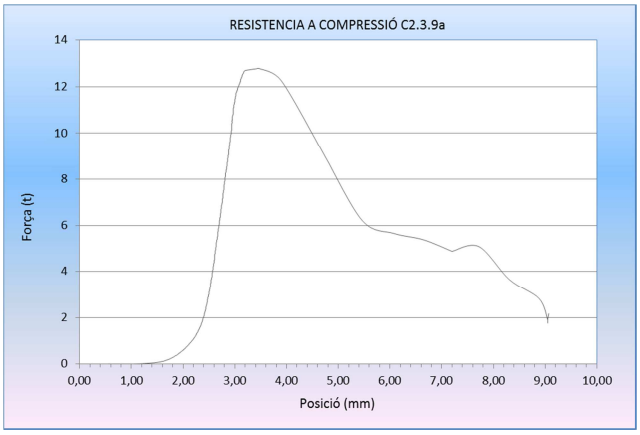

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.6b
Força (t)
Posició (mm)

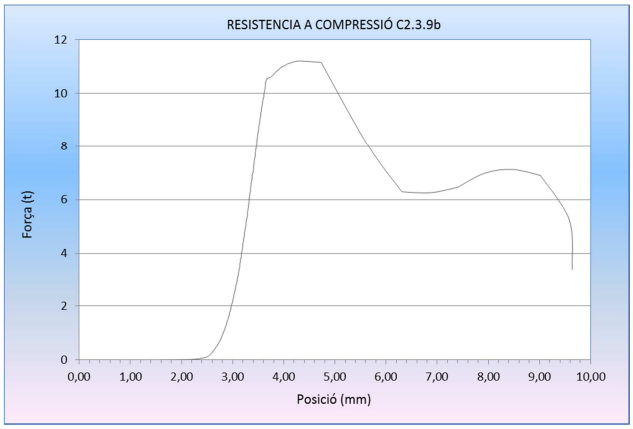

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.7a
Força (t)
Posició (mm)

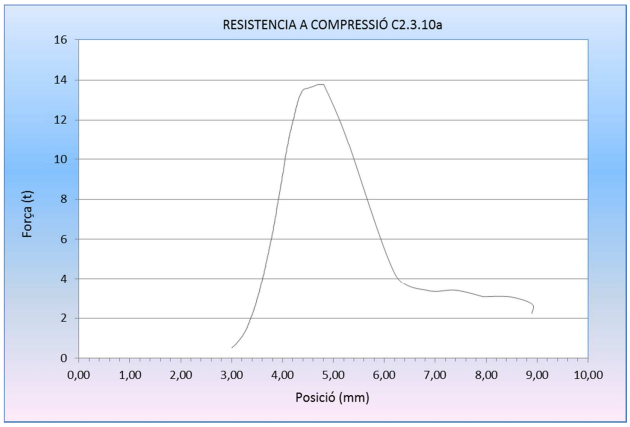

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.3.7b
Força (t)
Posició (mm)

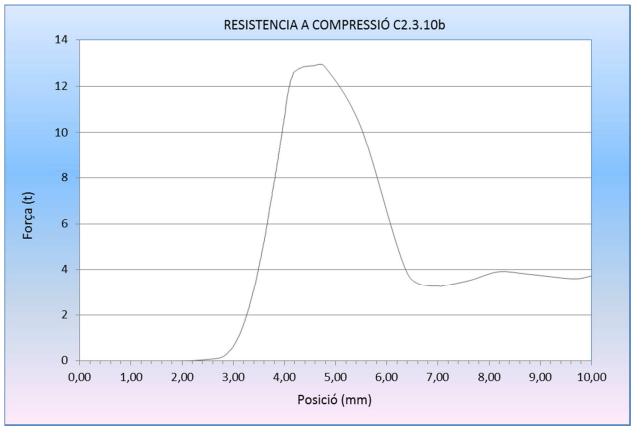




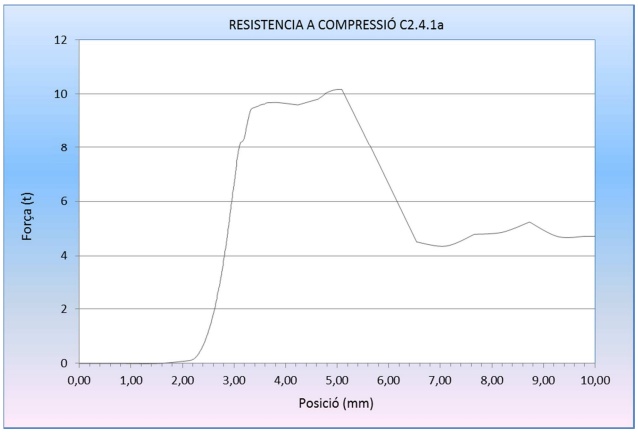


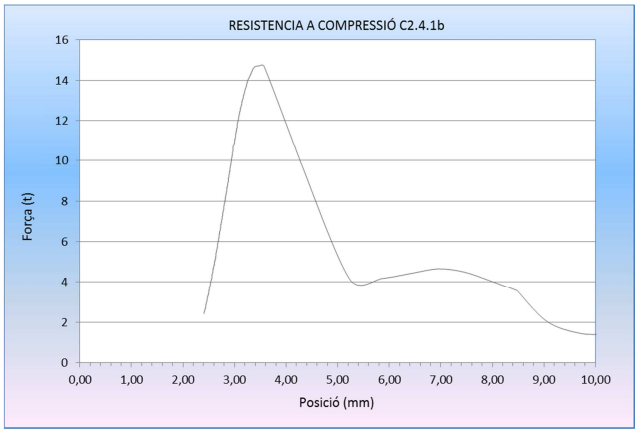


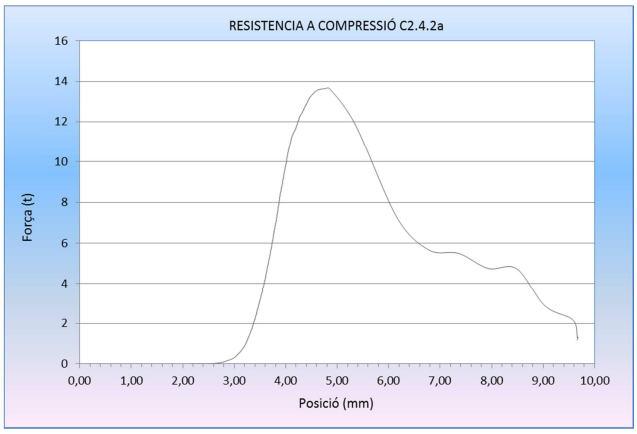


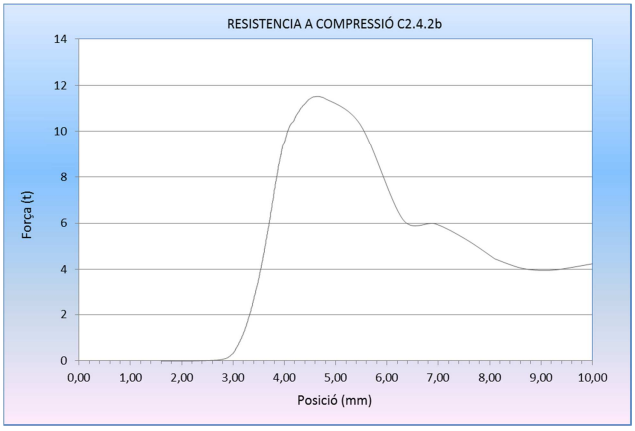


Gràfica 181. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.3(1-10a i b)

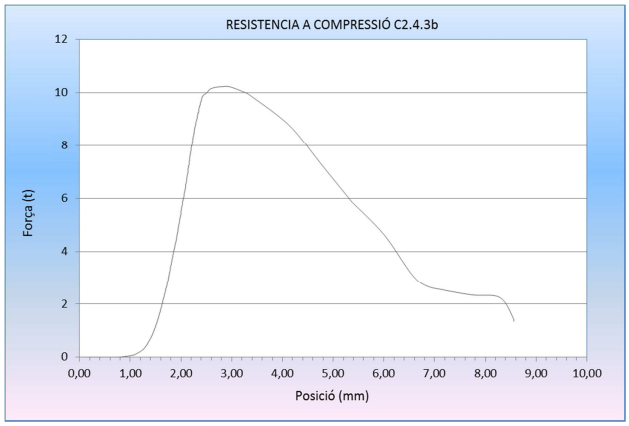

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.1a
Força (t)
Posició (mm)

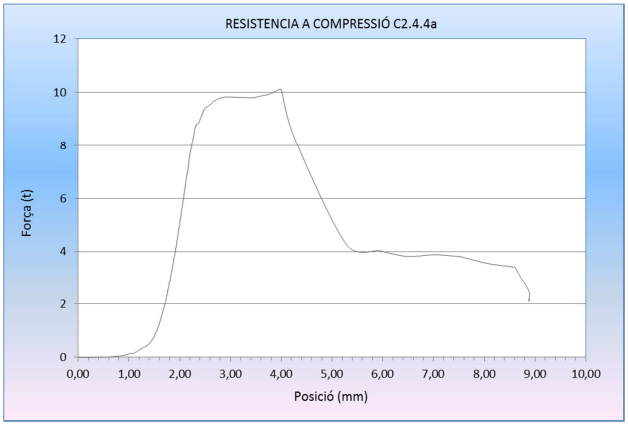

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.1b
Força (t)
Posició (mm)

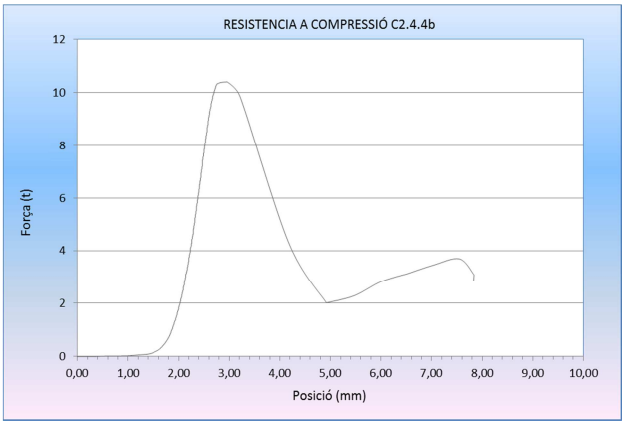

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.2a
Força (t)
Posició (mm)

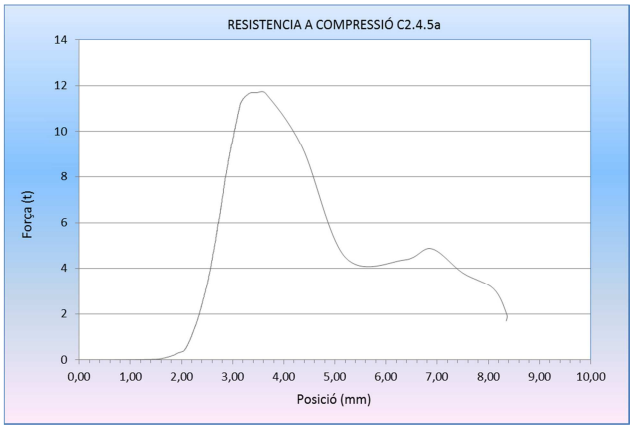

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.2b
Força (t)
Posició (mm)

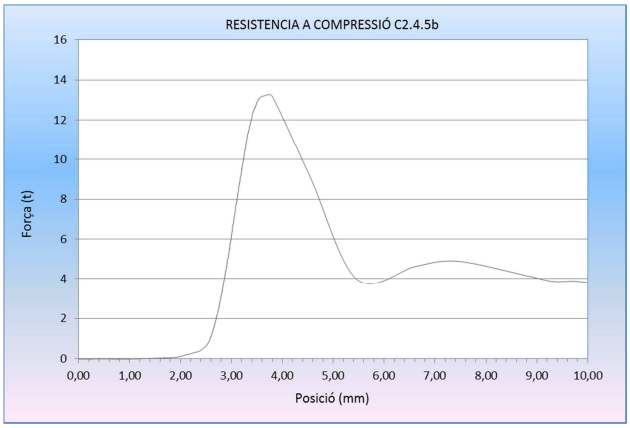
RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.3a
Força (t)
Posició (mm)

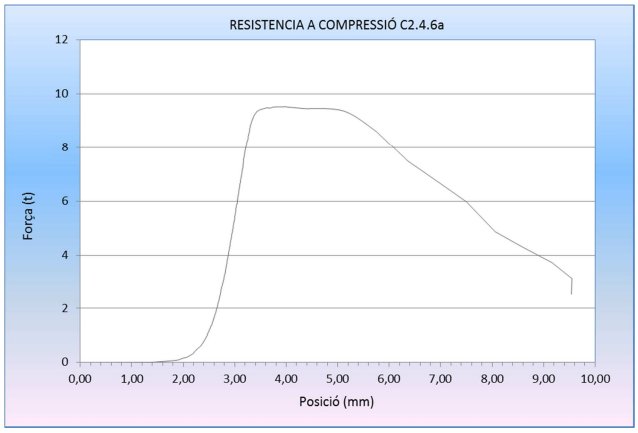

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.3b
Força (t)
Posició (mm)

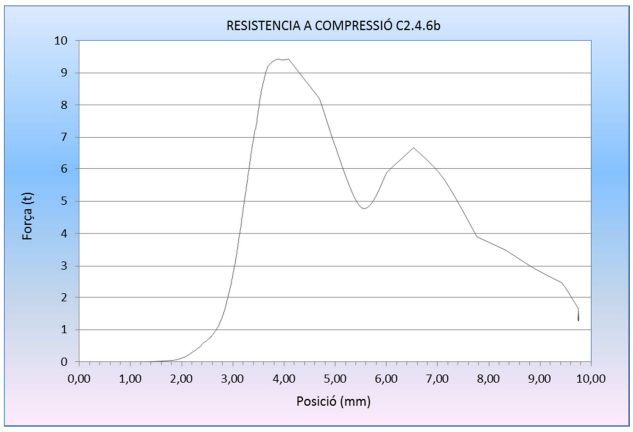

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.4a
Força (t)
Posició (mm)

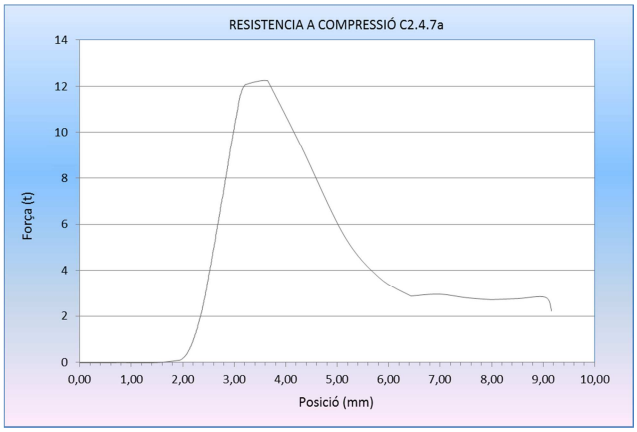

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.4b
Força (t)
Posició (mm)

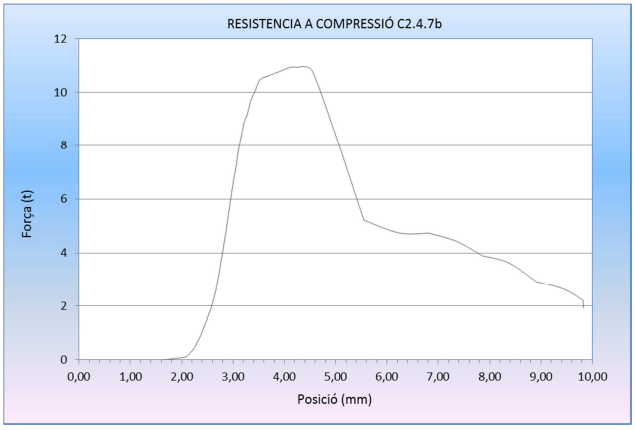

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.5a
Força (t)
Posició (mm)

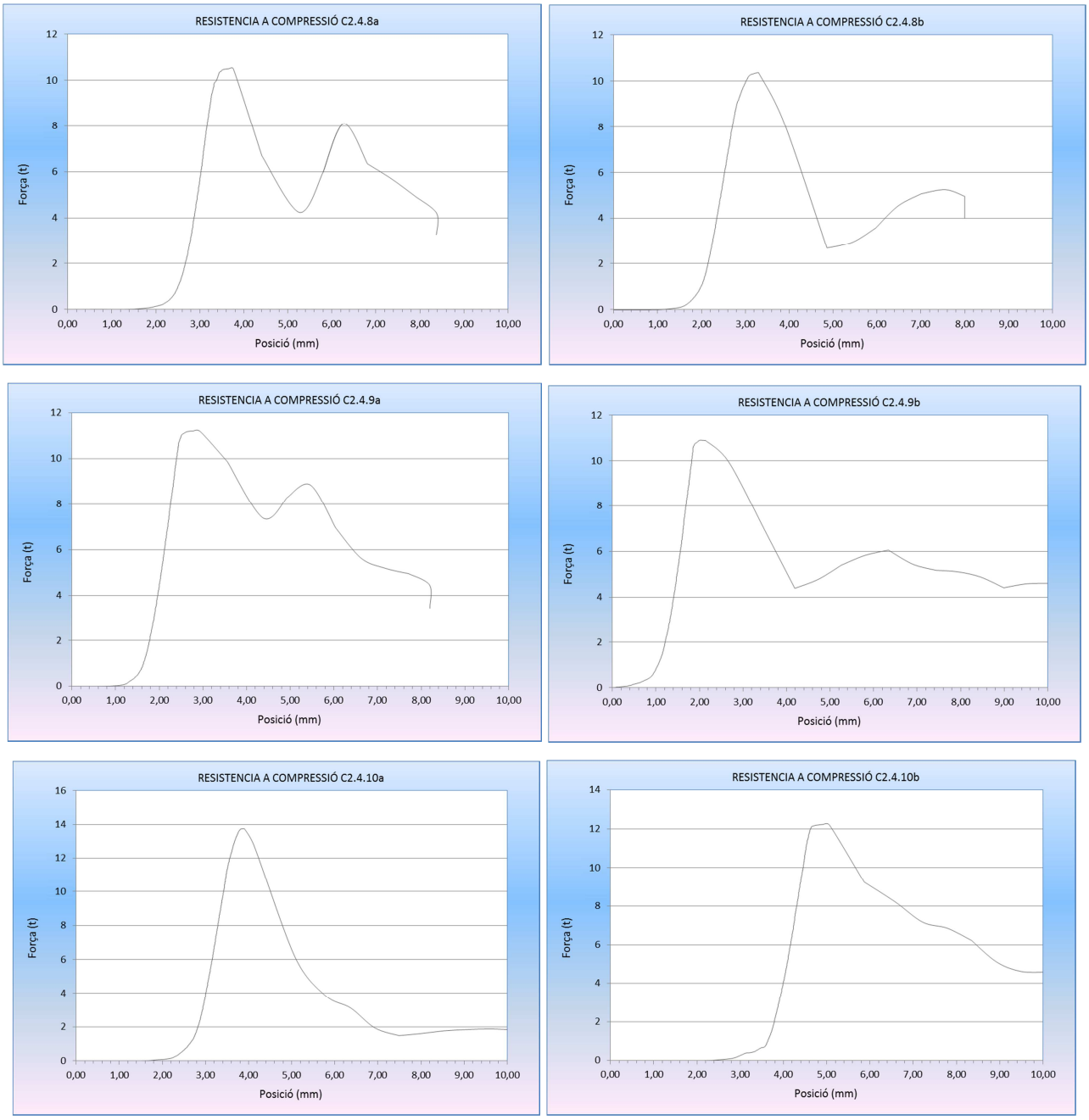

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.5b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.6a
Força (t)
Posició (mm)

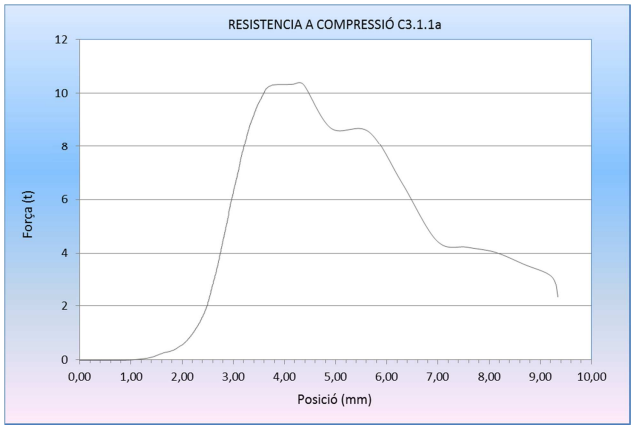

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.6b
Força (t)
Posició (mm)

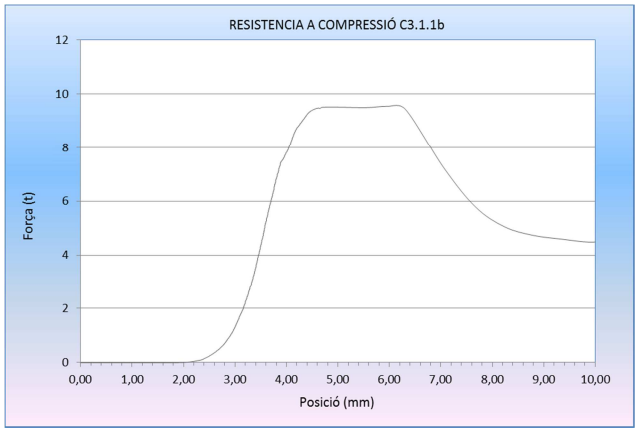

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.7a
Força (t)
Posició (mm)

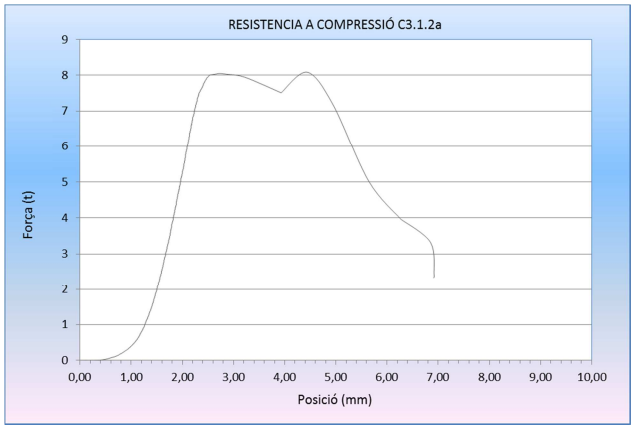

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C2.4.7b
Força (t)
Posició (mm)

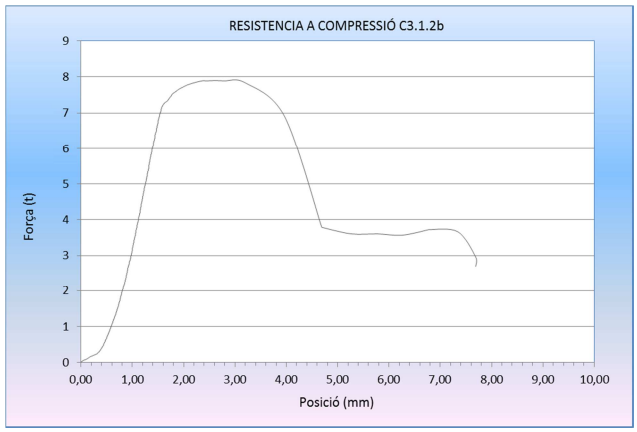


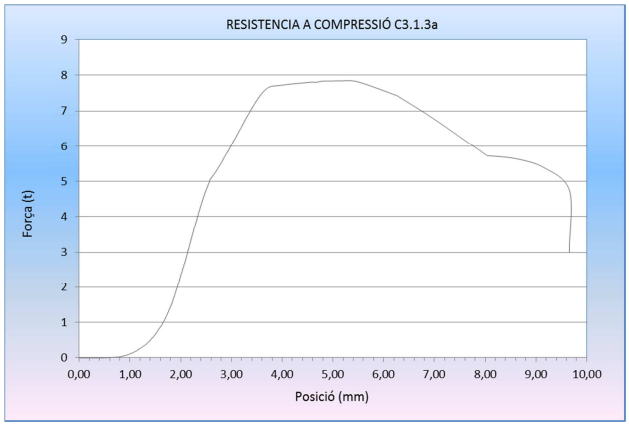
Gràfica 182. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C2.4(1-10a i b)

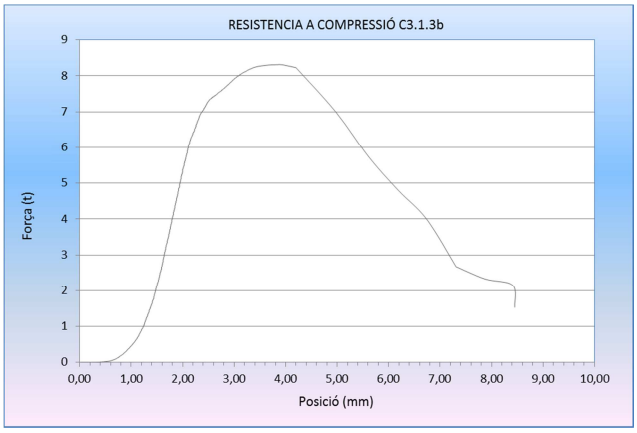

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.1a
Força (t)
Posició (mm)

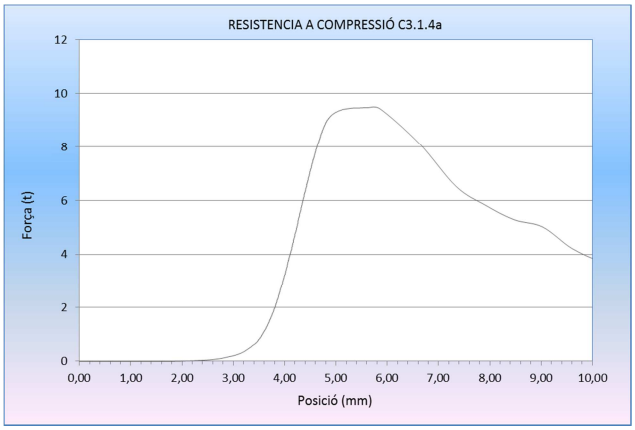

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.1b
Força (t)
Posició (mm)

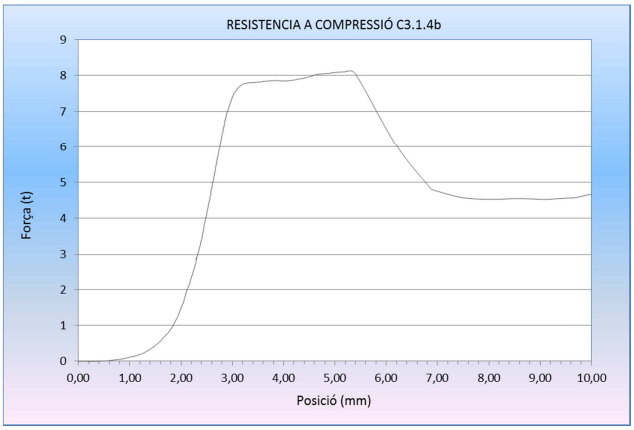

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.2a
Força (t)
Posició (mm)

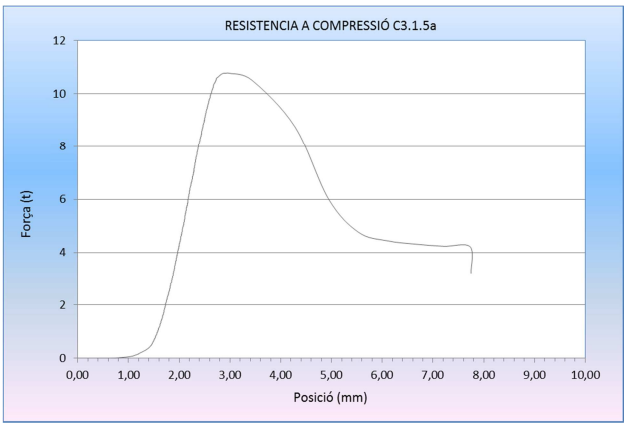

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.2b
Força (t)
Posició (mm)

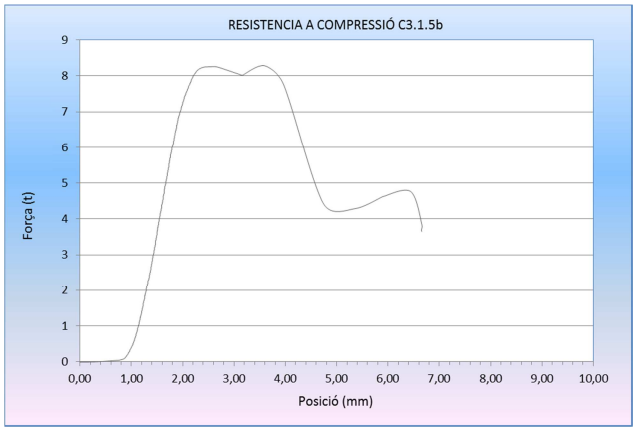

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.3a
Força (t)
Posició (mm)

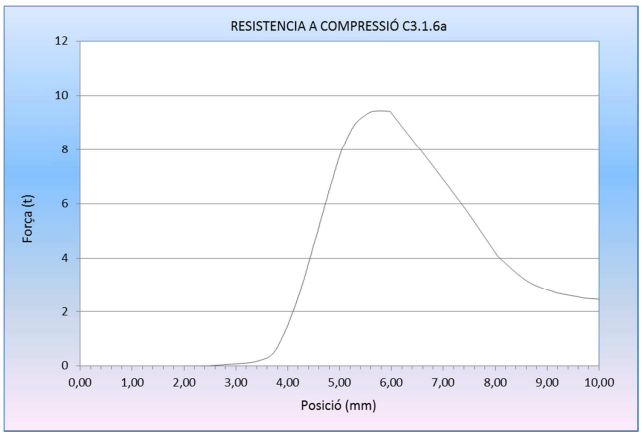

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.3b
Força (t)
Posició (mm)

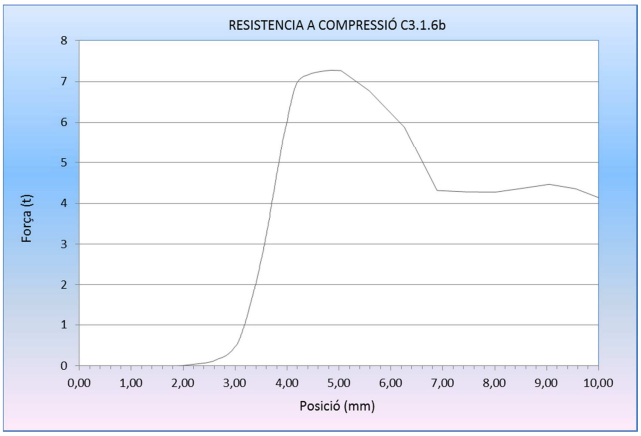

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.4a
Força (t)
Posició (mm)

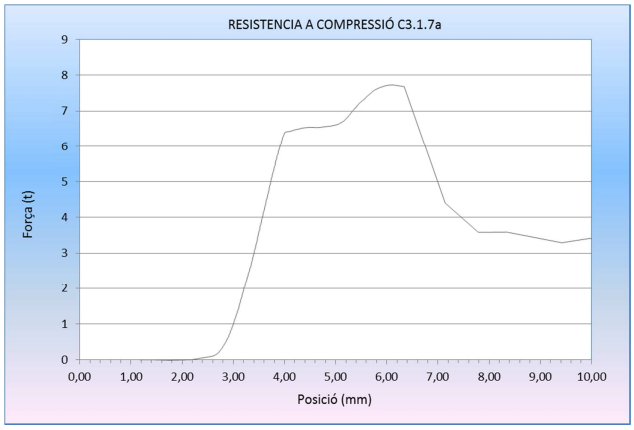

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.4b
Força (t)
Posició (mm)

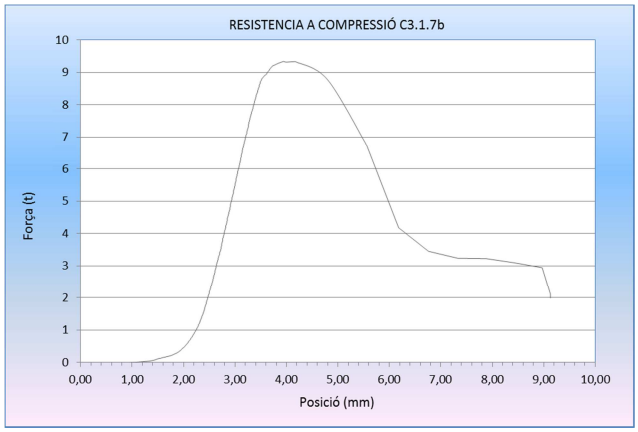

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.5a
Força (t)
Posició (mm)

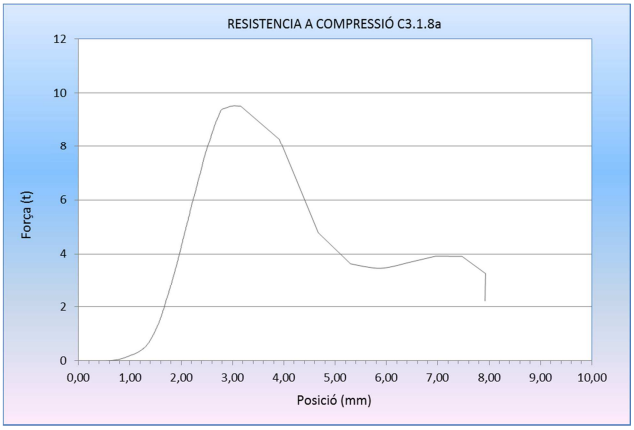

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.5b
Força (t)
Posició (mm)

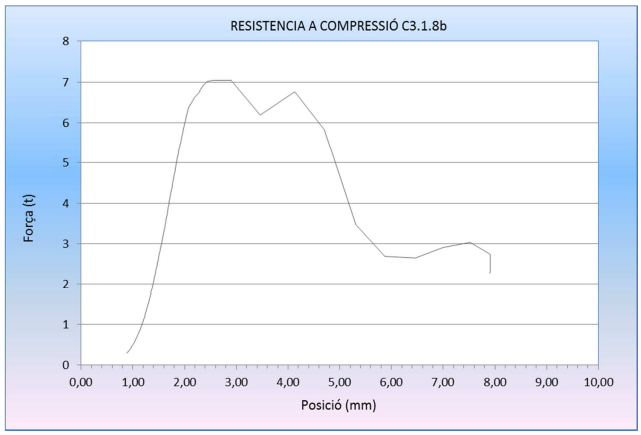

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.6a
Força (t)
Posició (mm)

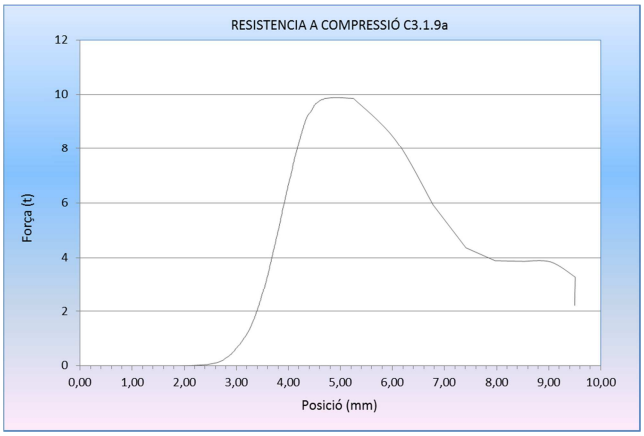

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.6b
Força (t)
Posició (mm)

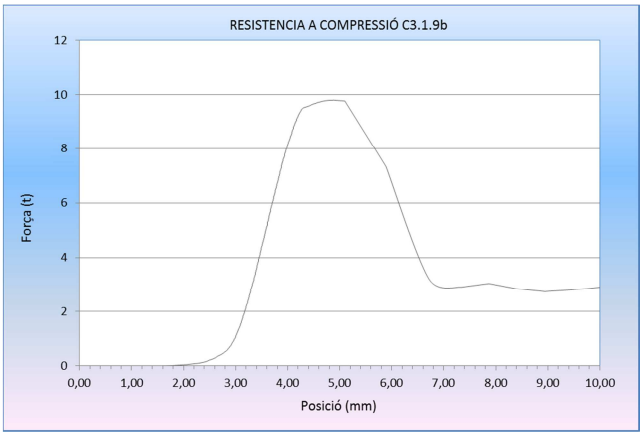

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.7a
Força (t)
Posició (mm)

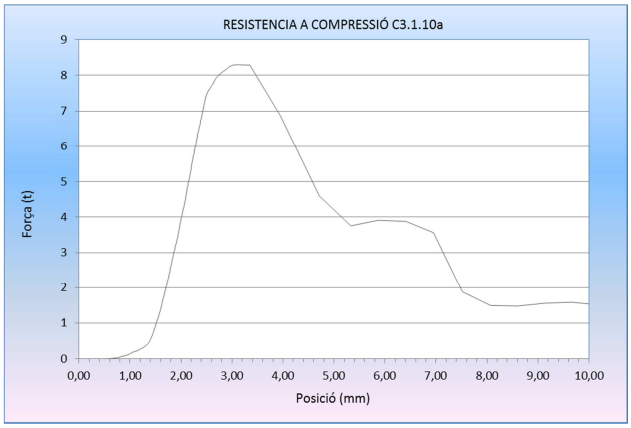

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.7b
Força (t)
Posició (mm)

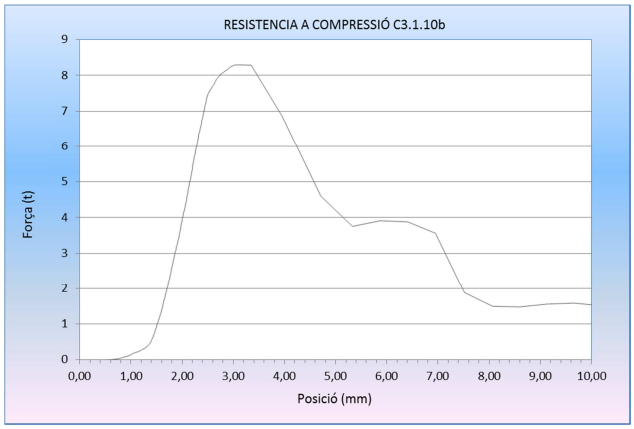

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.8a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.8b
Força (t)
Posició (mm)

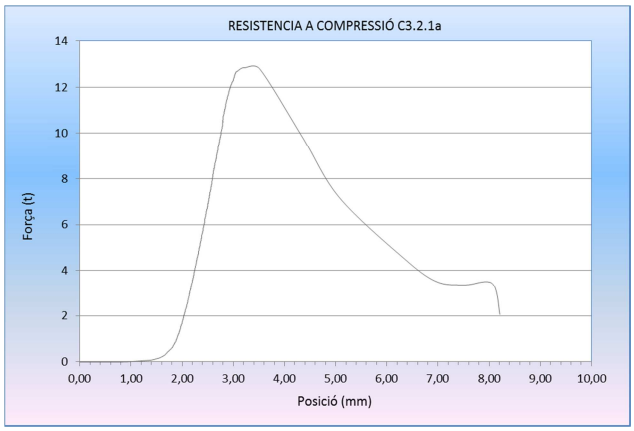

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.9a
Força (t)
Posició (mm)

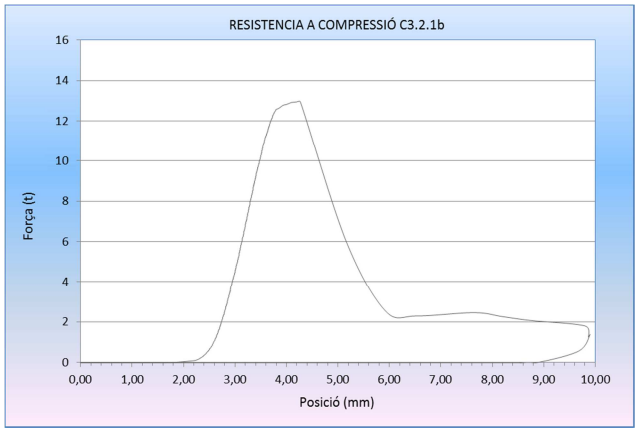

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.1.9b
Força (t)
Posició (mm)

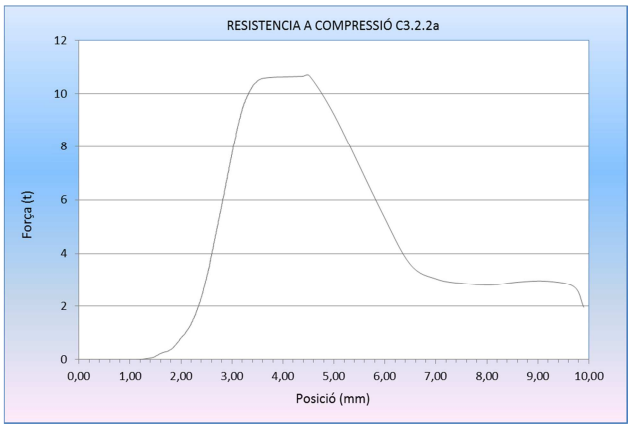


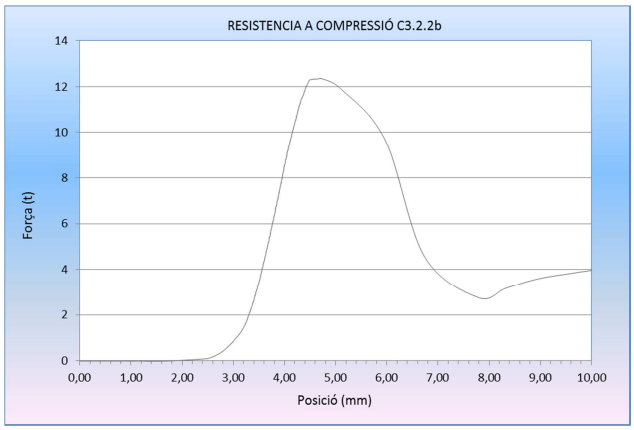


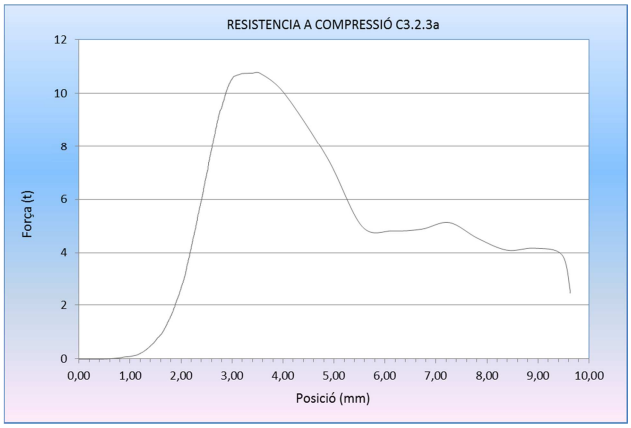
Gràfica 183. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.1(1-10a i b)

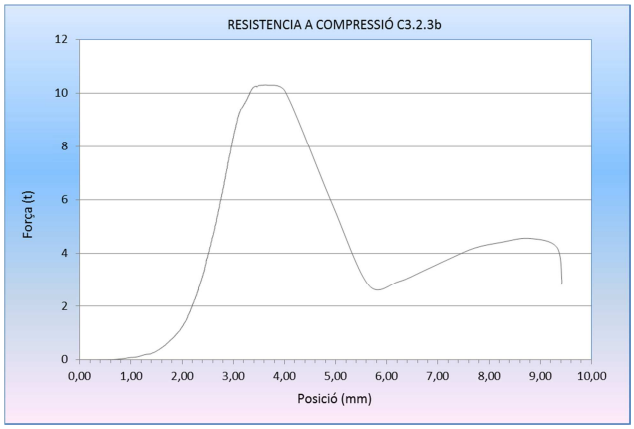


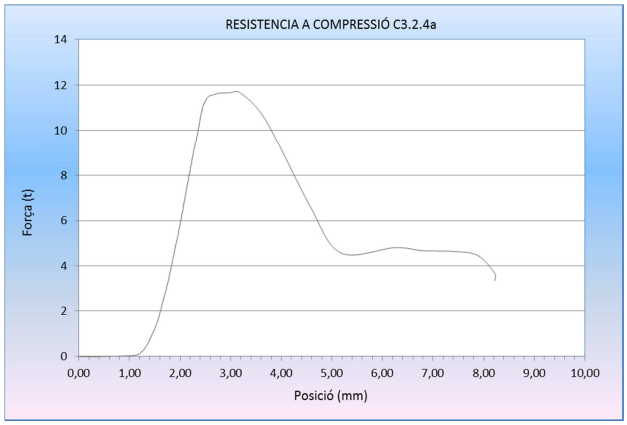


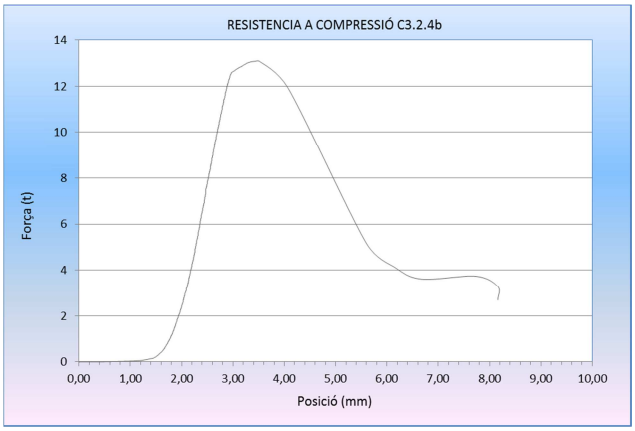


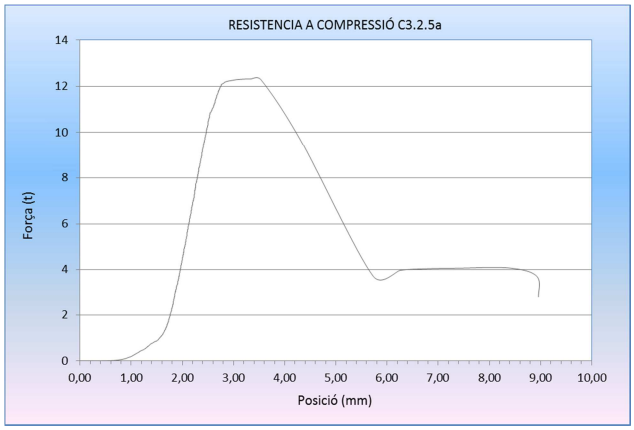


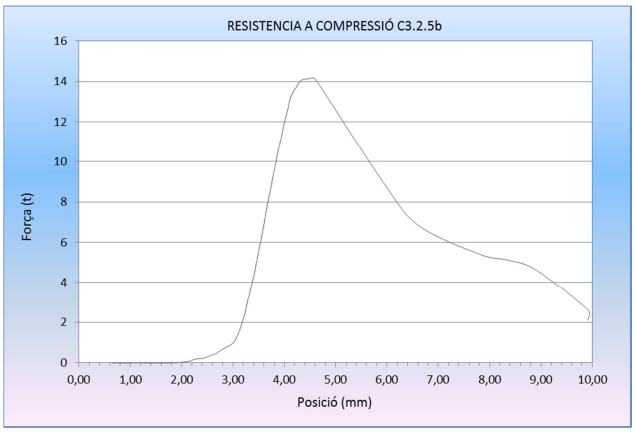

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.3a
Força (t)
Posició (mm)

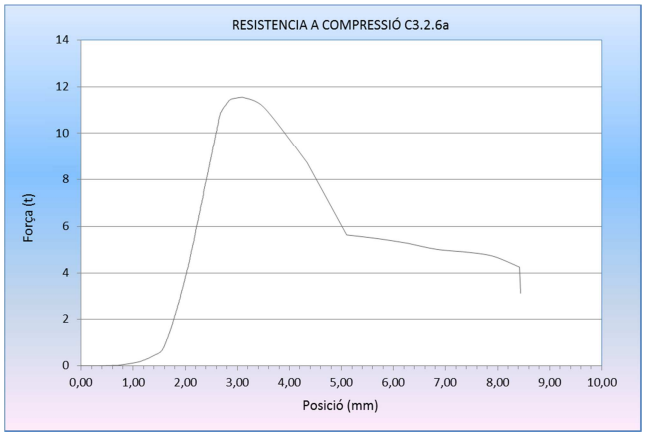

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.3b
Força (t)
Posició (mm)

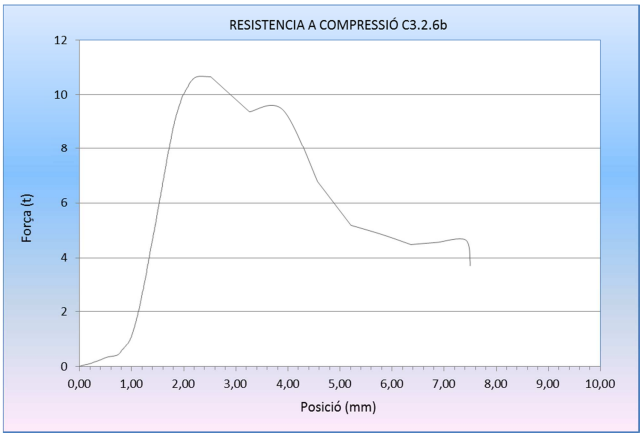

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.4a
Força (t)
Posició (mm)

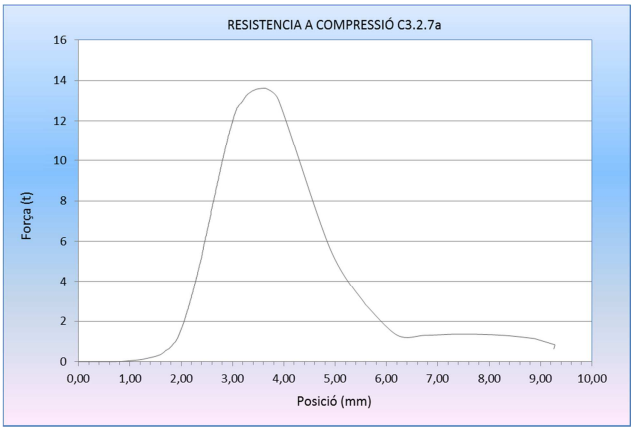

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.4b
Força (t)
Posició (mm)

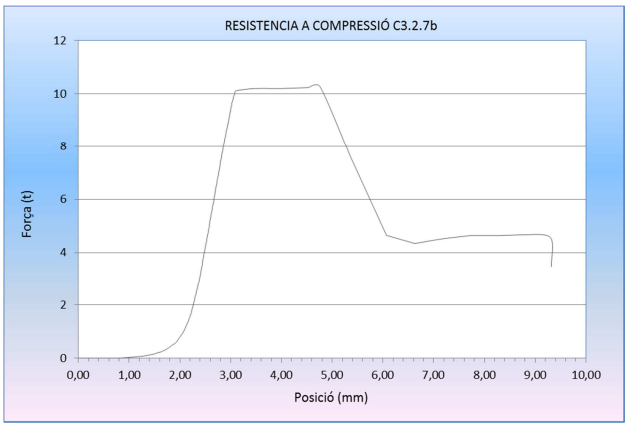

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.5a
Força (t)
Posició (mm)

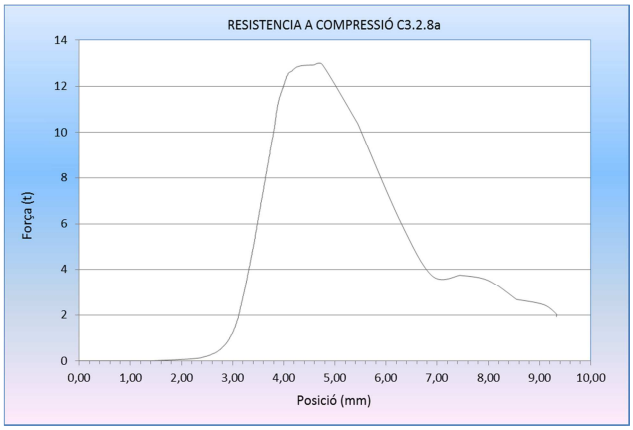

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.5b
Força (t)
Posició (mm)

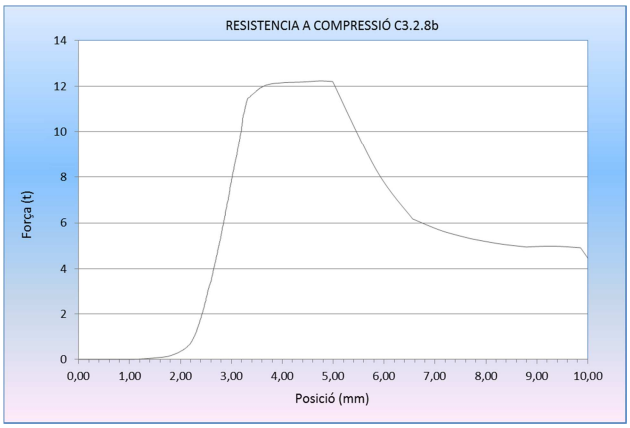

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.6a
Força (t)
Posició (mm)

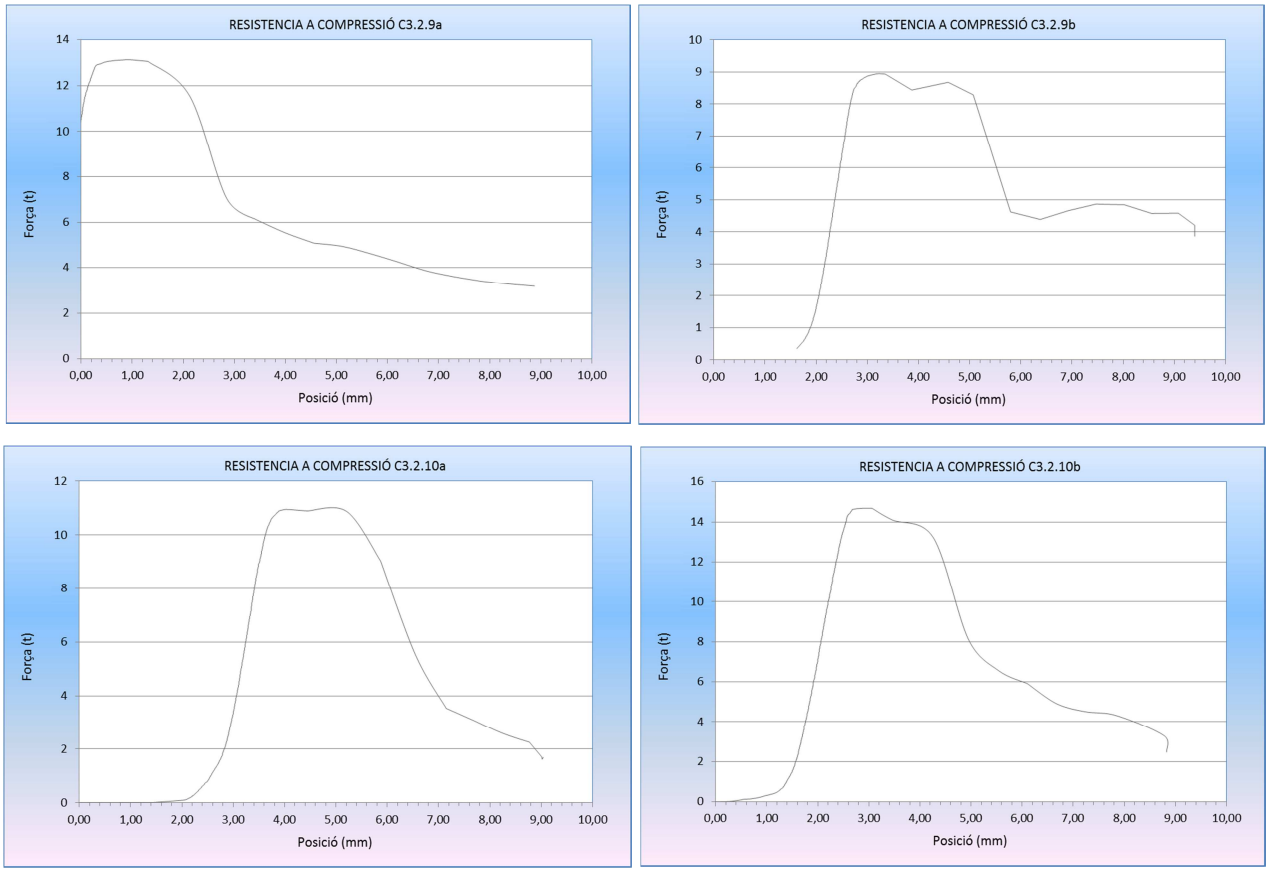

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.6b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.7a
Força (t)
Posició (mm)

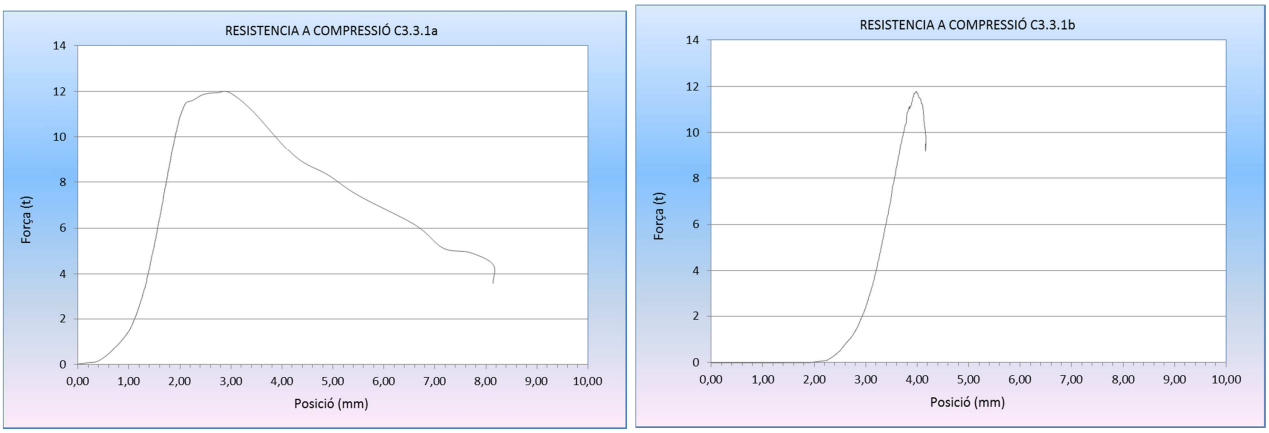

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.7b
Força (t)
Posició (mm)

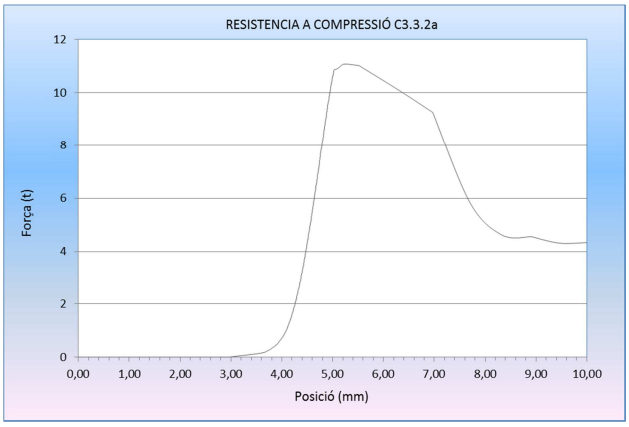

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.8a
Força (t)
Posició (mm)

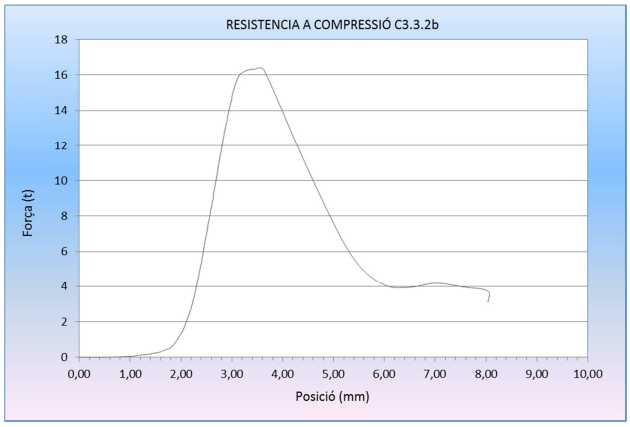

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.2.8b
Força (t)
Posició (mm)

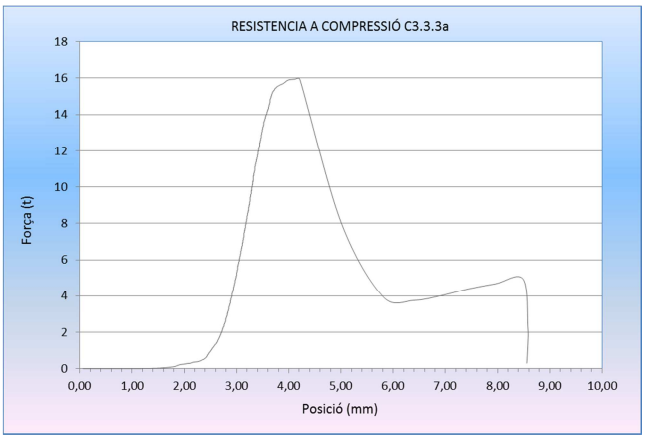


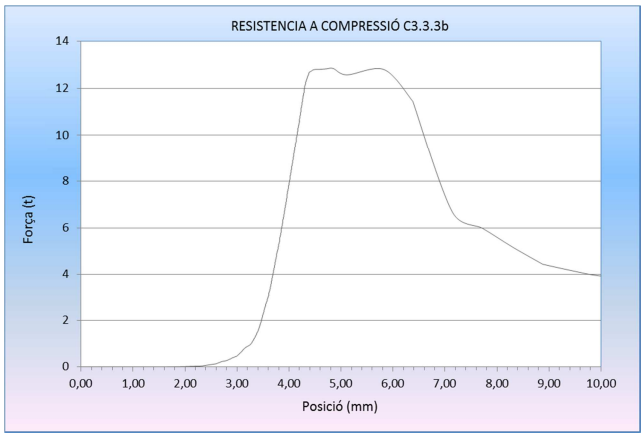
Gràfica 184. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.2(1-10a i b)

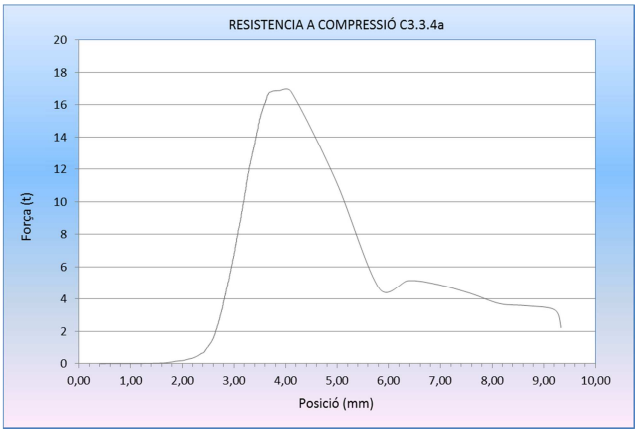


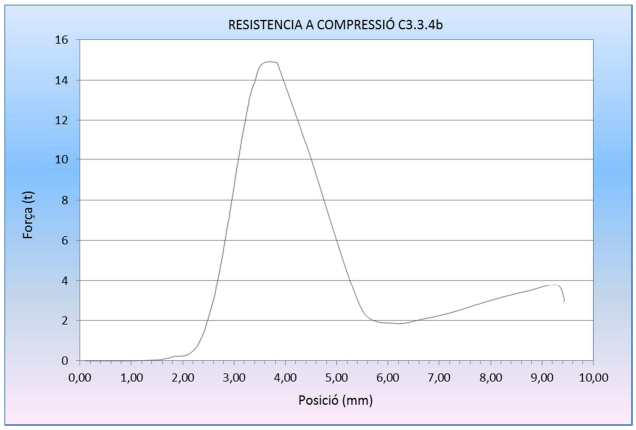

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.2a
Força (t)
Posició (mm)

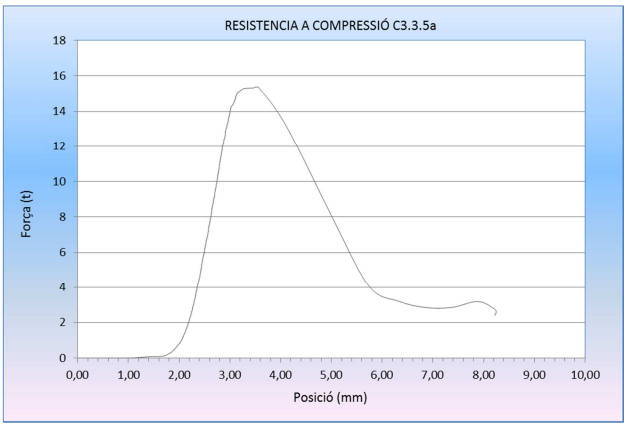

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.2b
Força (t)
Posició (mm)

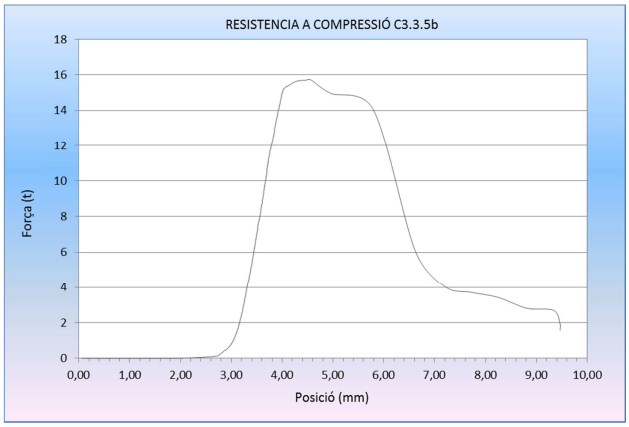

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.3a
Força (t)
Posició (mm)

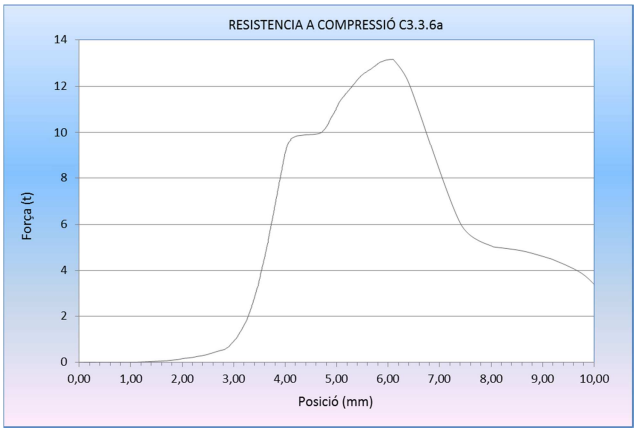

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.3b
Força (t)
Posició (mm)

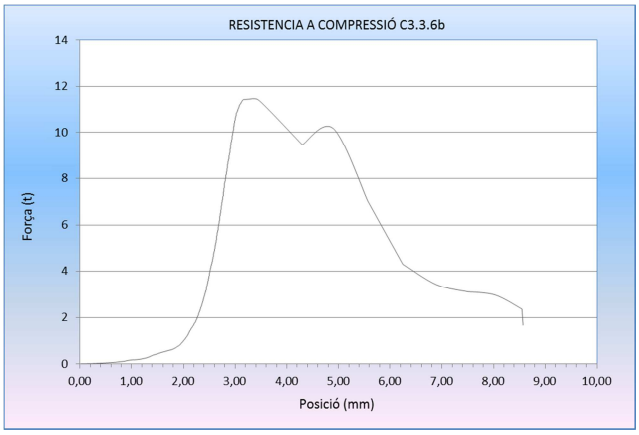

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.4a
Força (t)
Posició (mm)

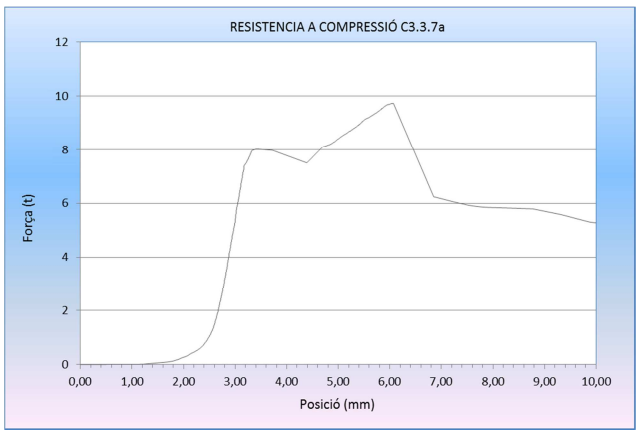

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.4b
Força (t)
Posició (mm)

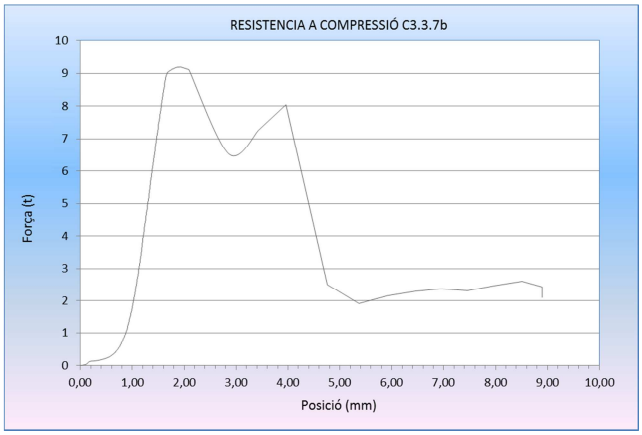

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.5a
Força (t)
Posició (mm)

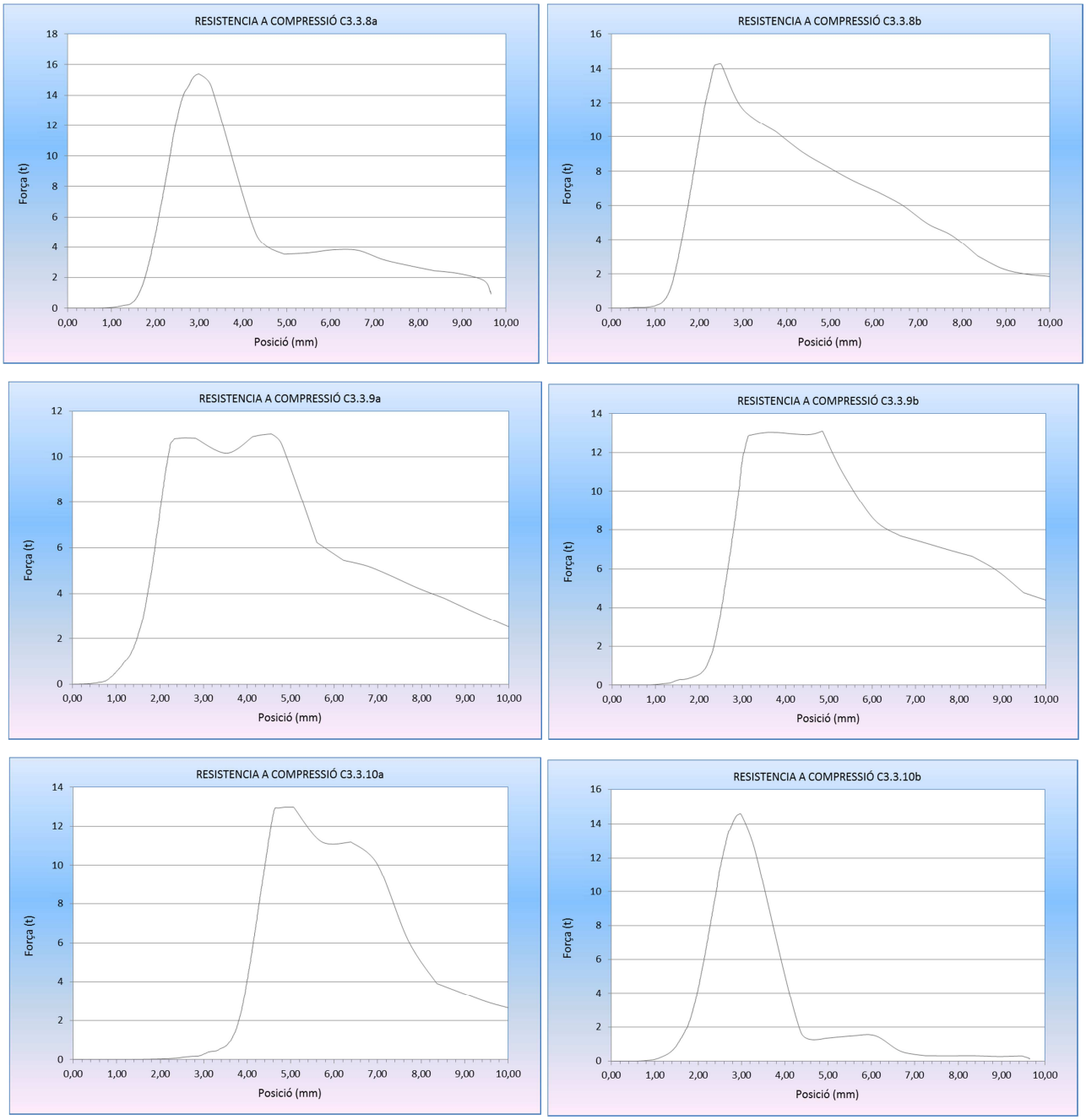

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.5b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.6a
Força (t)
Posició (mm)

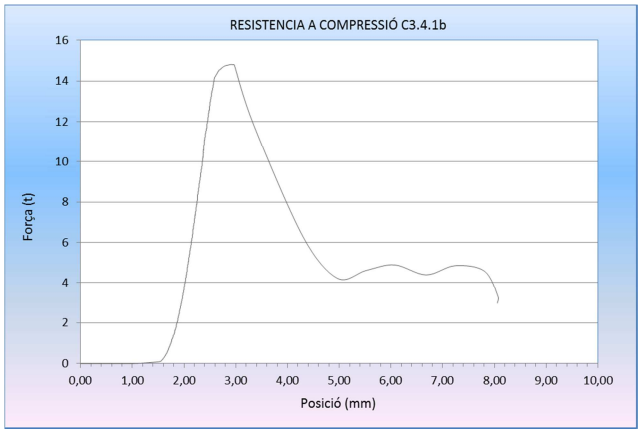

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.6b
Força (t)
Posició (mm)

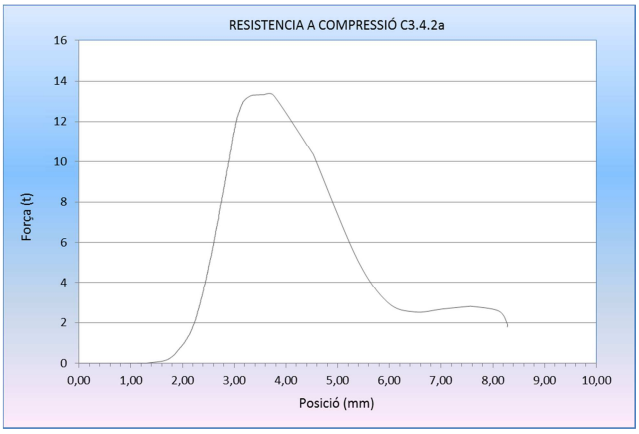

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.7a
Força (t)
Posició (mm)

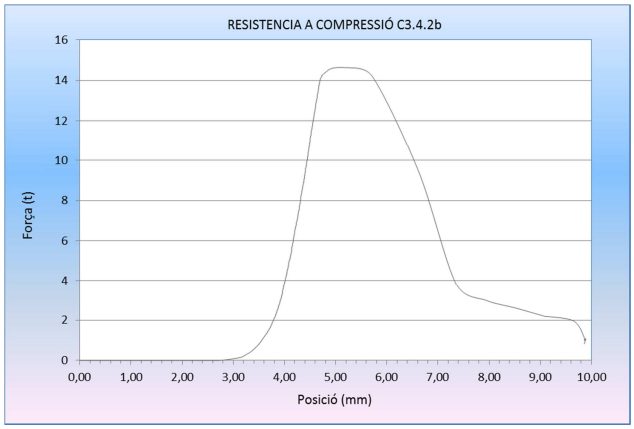

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.3.7b
Força (t)
Posició (mm)

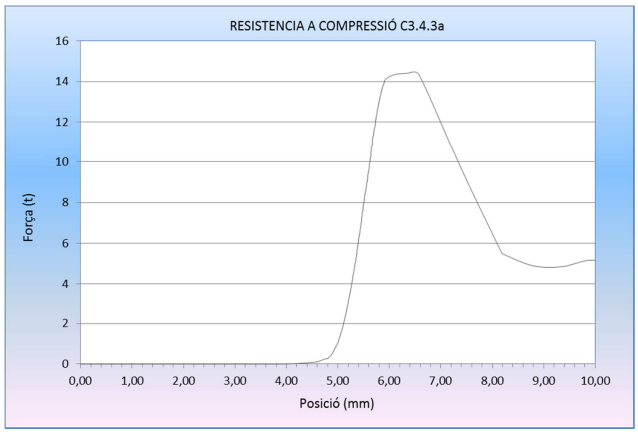


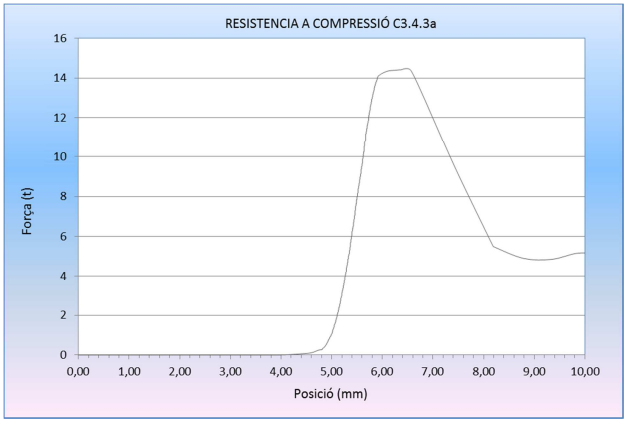
Gràfica 185. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.3(1-10a i b)

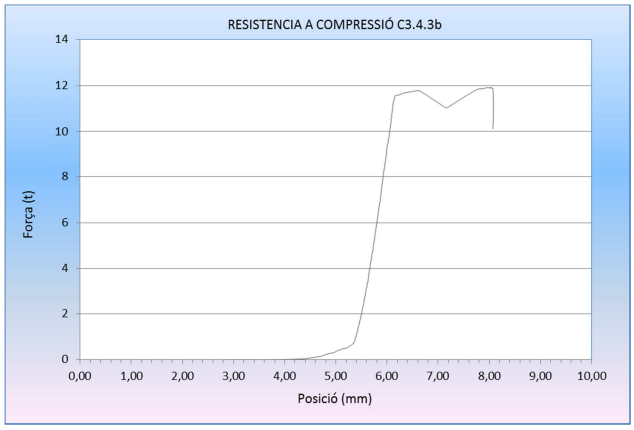

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.1b
Força (t)
Posició (mm)

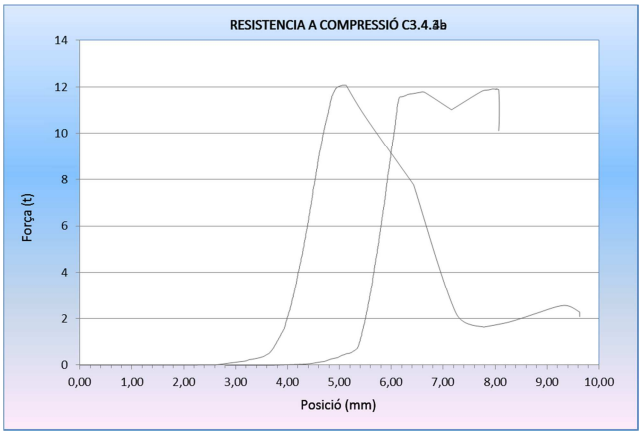

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.2a
Força (t)
Posició (mm)

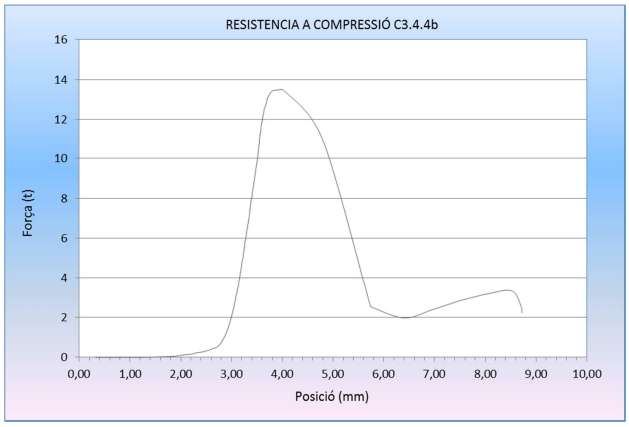

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.2b
Força (t)
Posició (mm)

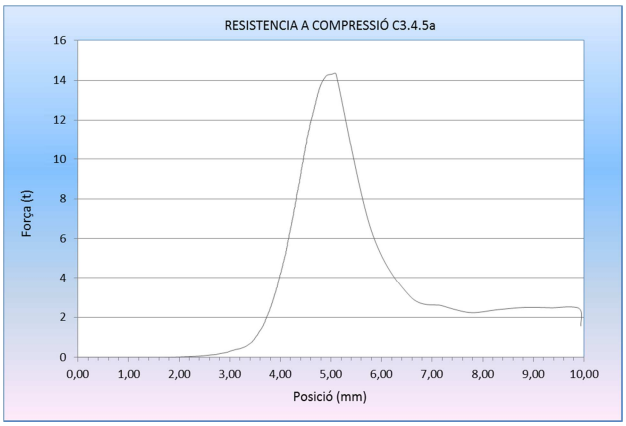

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.3a
Força (t)
Posició (mm)

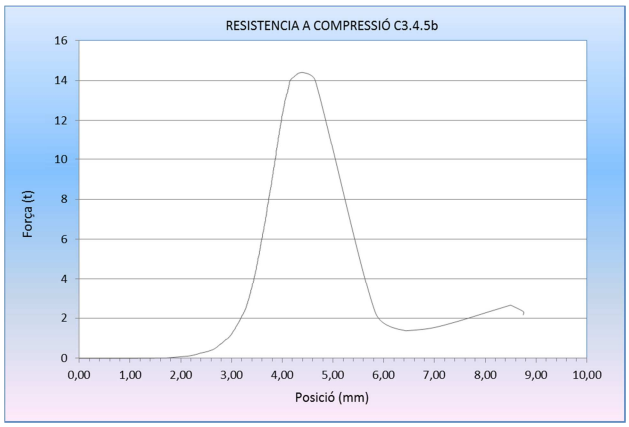

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.3a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.3b
Força (t)
Posició (mm)

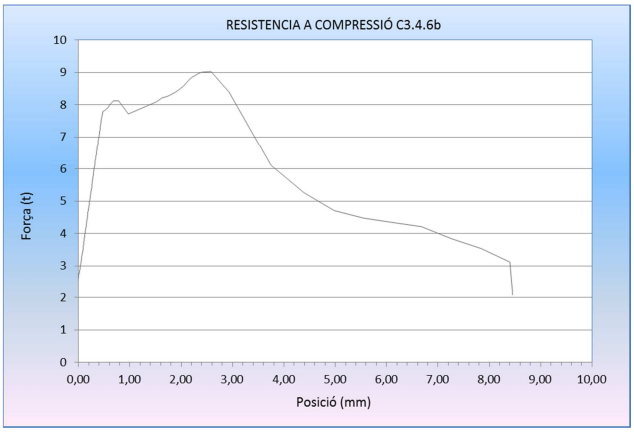

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.3b
Força (t)
Posició (mm)

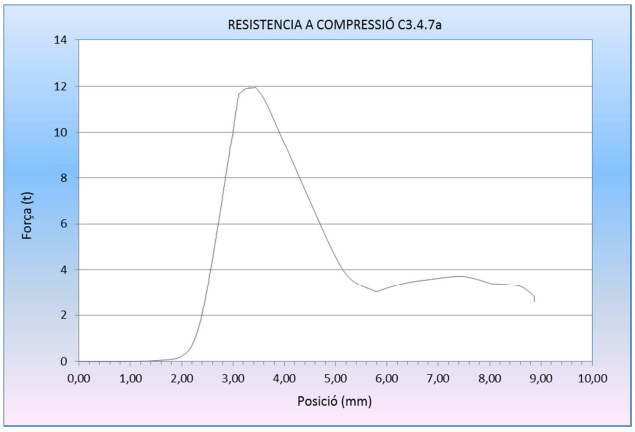

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.4b
Força (t)
Posició (mm)

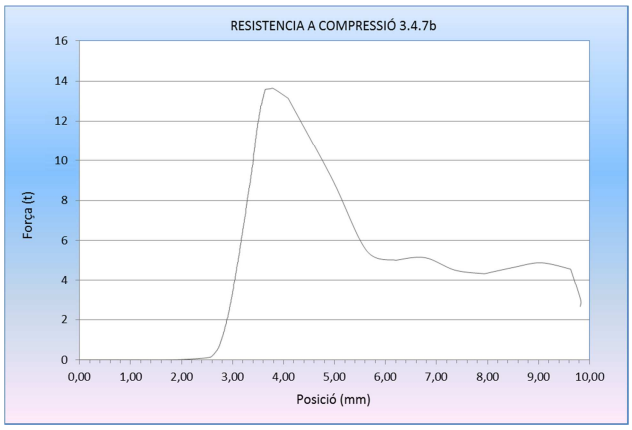

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.5a
Força (t)
Posició (mm)

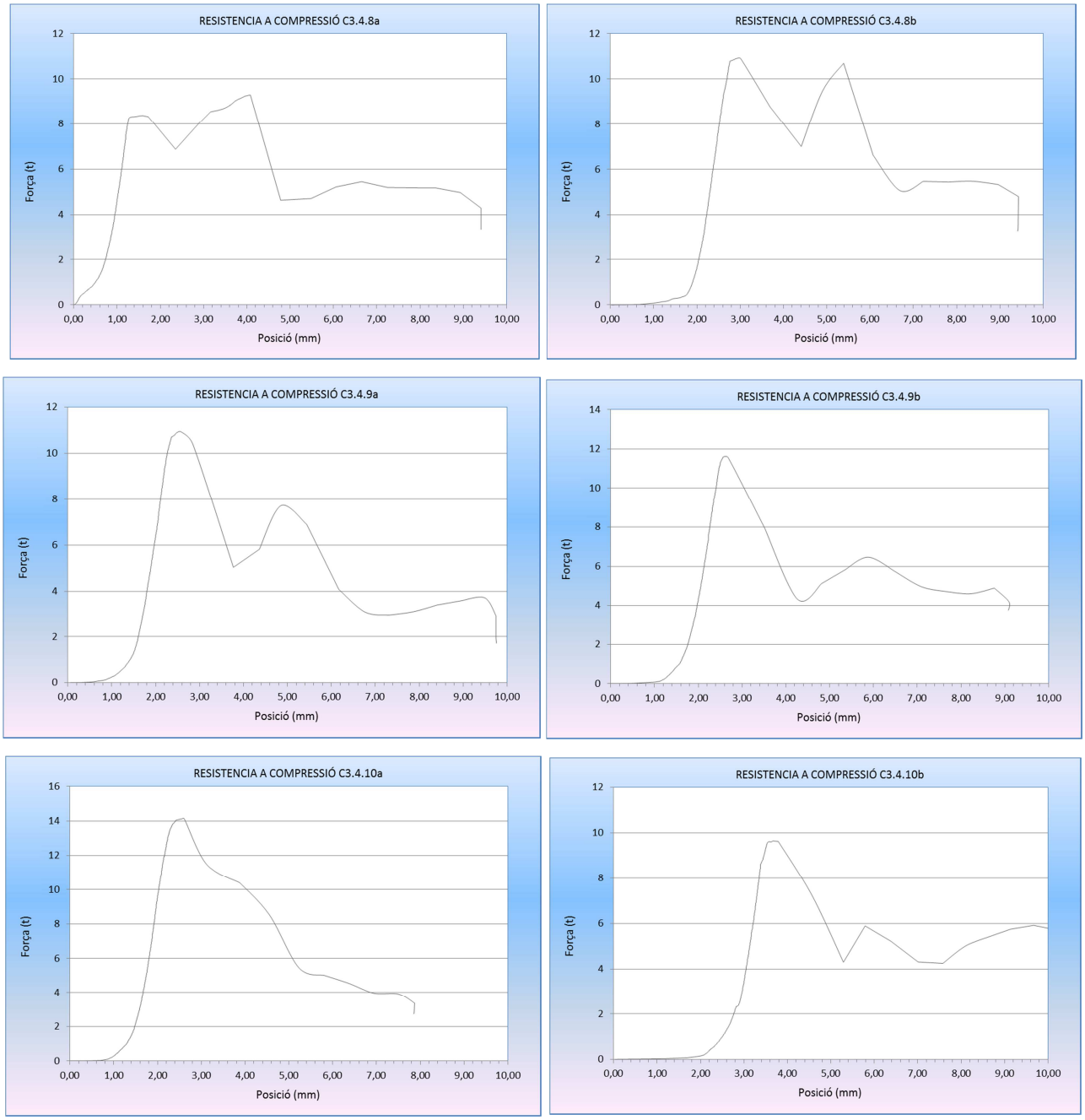

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.5b
Força (t)
Posició (mm)

RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.6a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.6b
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ C3.4.7a
Força (t)
Posició (mm)


RESISTENCIA A COMPRESSIÓ 3.4.7b
Força (t)
Posició (mm)



Gràfica 186. Resistència a compressió força-desplaçament provetes C3.4(1-10a i b)

Imatges microscòpia SEM

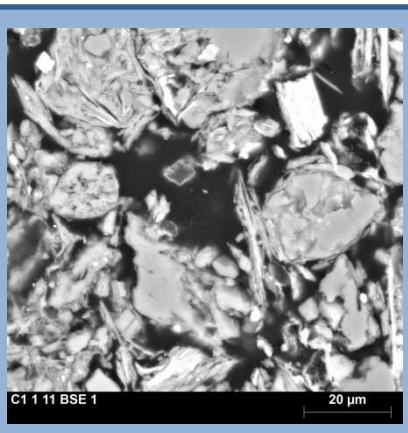


Figura 101. C1.1.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

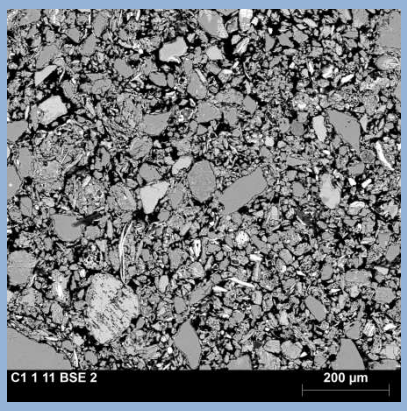


Figura 102. C1.1.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

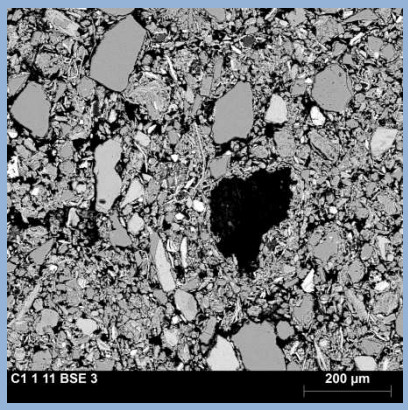


Figura 103. C1.1.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

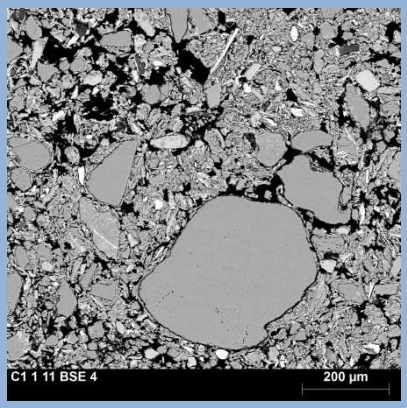


Figura 104. C1.1.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

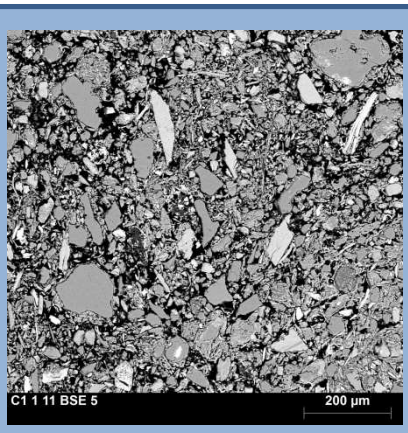


Figura 105. C1.1.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

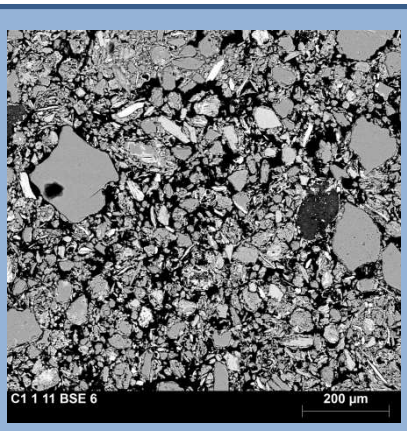


Figura 106. C1.1.11 BSE 6

Font. *Jordi Canal*

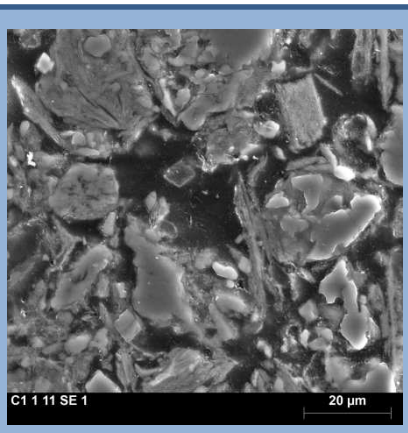


Figura 107. C1.1.11 SE 1

Font. *Jordi Canal*

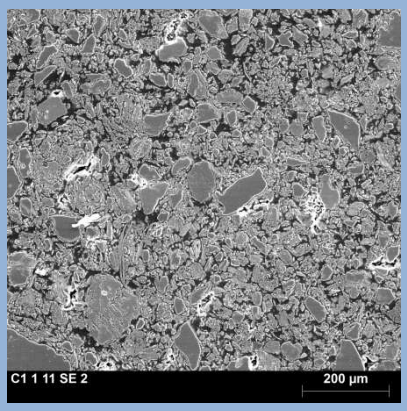


Figura 108. C1.1.11 SE 2

Font. *Jordi Canal*

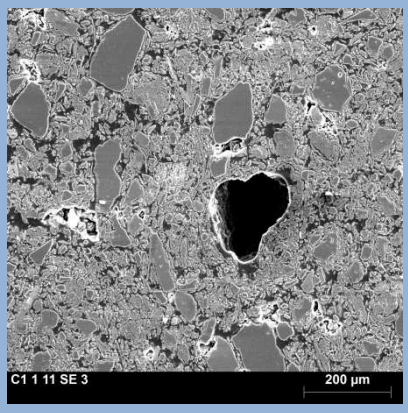


Figura 109. C1.1.11 SE 3

Font. *Jordi Canal*

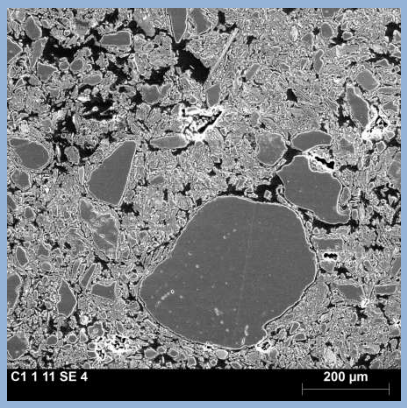


Figura 110. C1.1.11 SE 4

Font. *Jordi Canal*

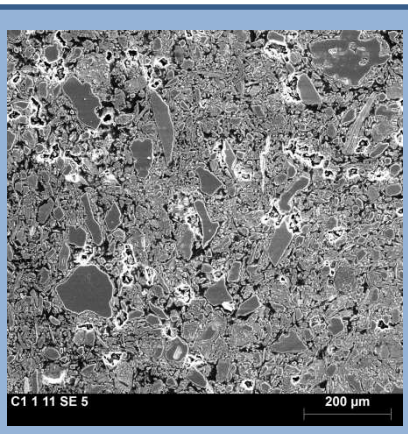


Figura 111. C1.1.11 SE 5

Font. *Jordi Canal*

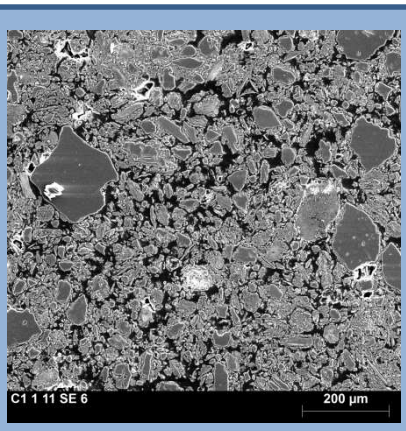


Figura 112. C1.1.11 SE 6

Font. *Jordi Canal*

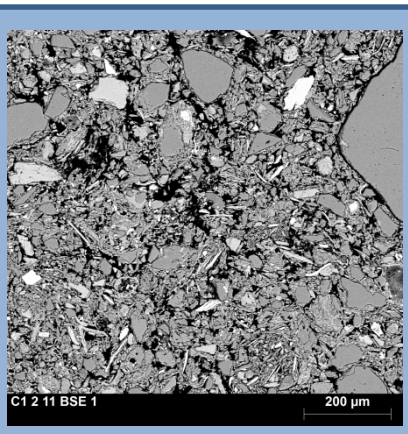


Figura 113. C1.2.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

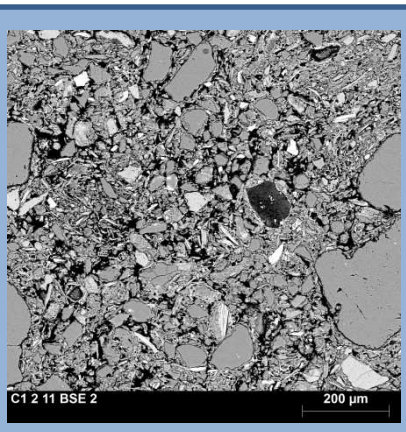


Figura 114. C1.2.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

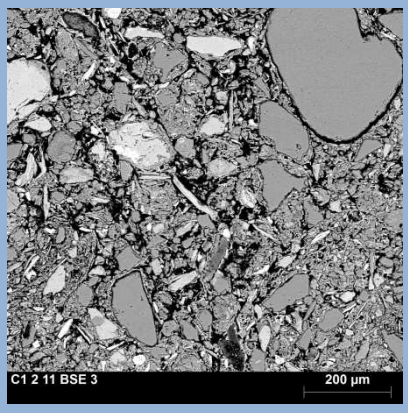


Figura 115. C1.2.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

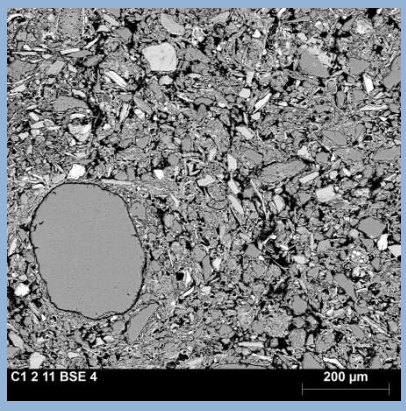


Figura 116. C1.2.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

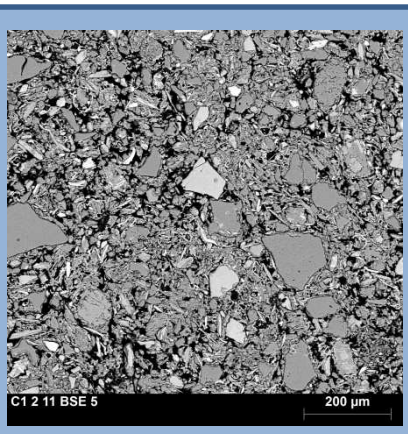


Figura 117. C1.2.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

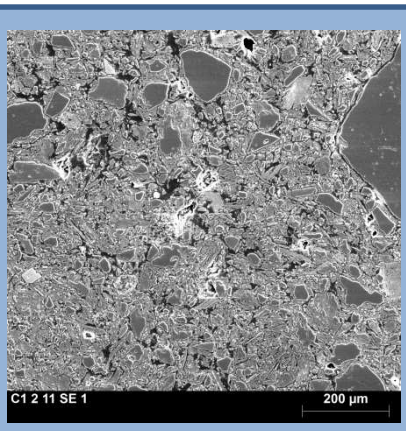


Figura 118. C1.2.11 BSE 6

Font. *Jordi Canal*

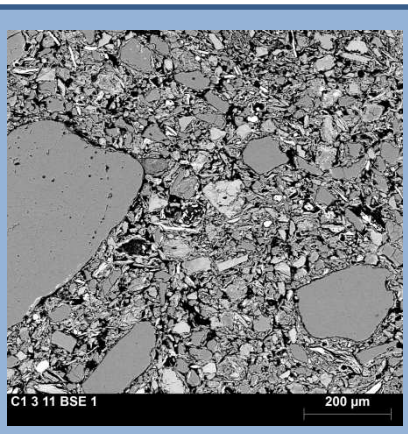


Figura 119. C1.3.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

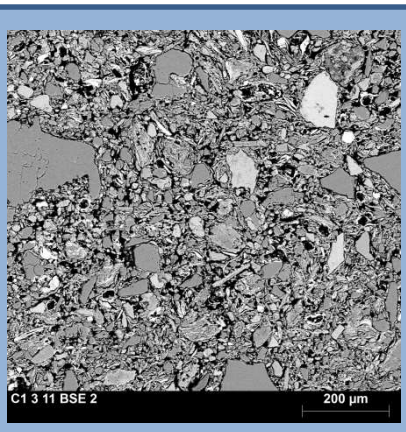


Figura 120. C1.3.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

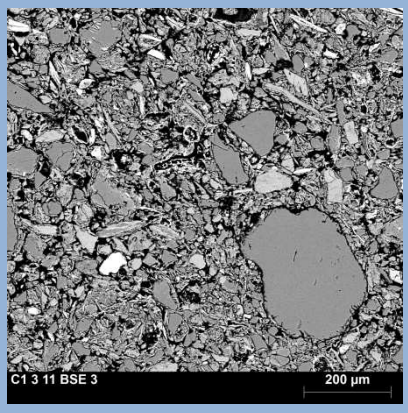


Figura 121. C1.3.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

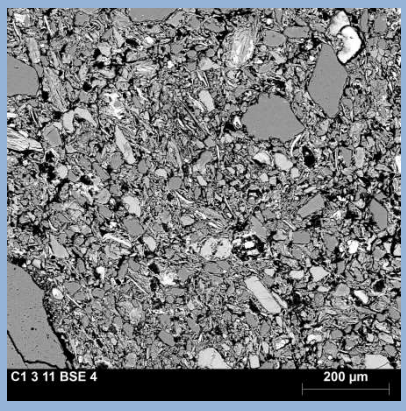


Figura 122. C1.3.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

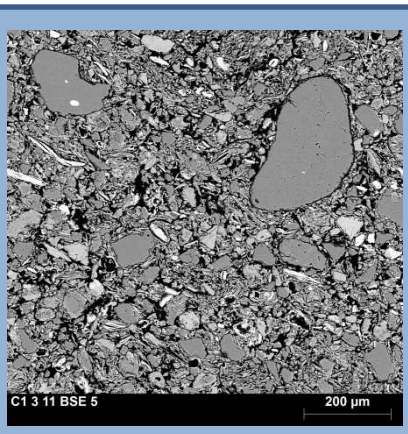


Figura 123. C1.3.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

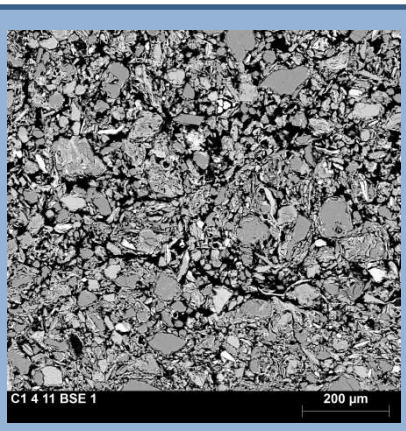


Figura 124. C1.4.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

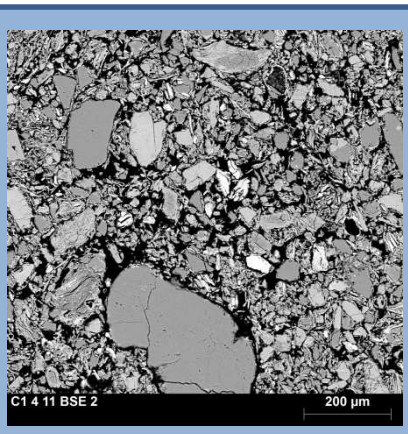


Figura 125. C1.4.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

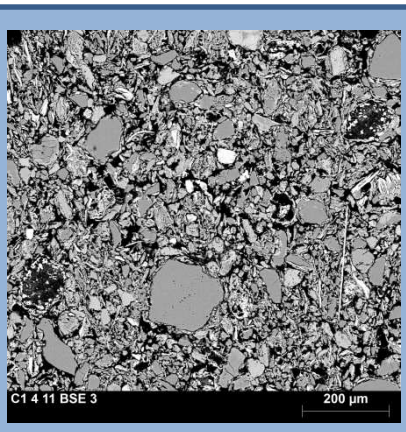


Figura 126. C1.4.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

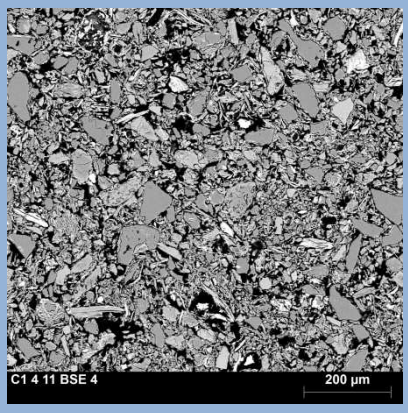


Figura 127. C1.4.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

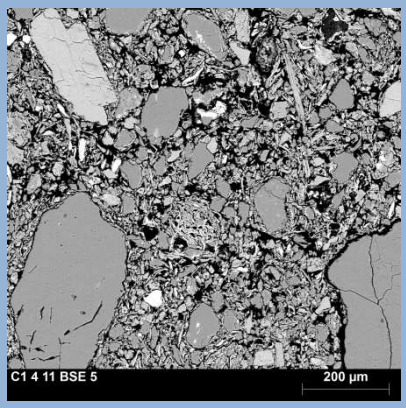


Figura 128. C1.4.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

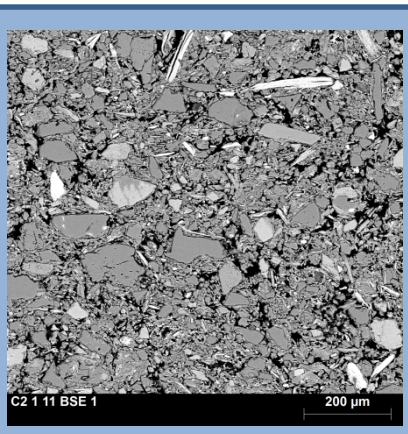


Figura 129. C2.1.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

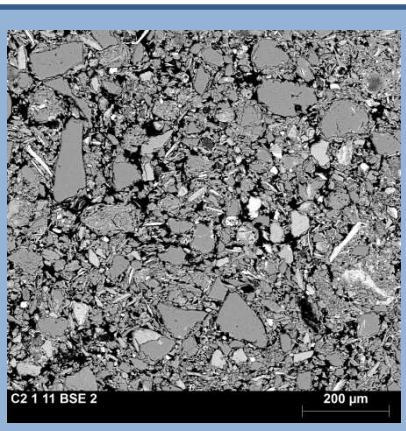


Figura 130. C2.1.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

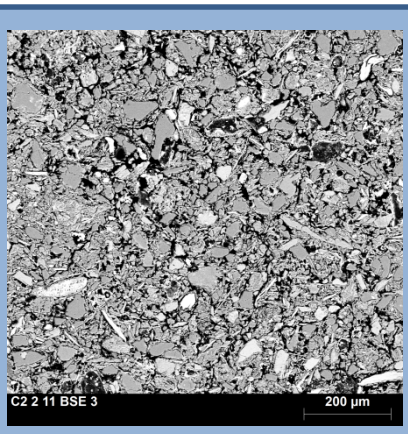


Figura 131. C2.1.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

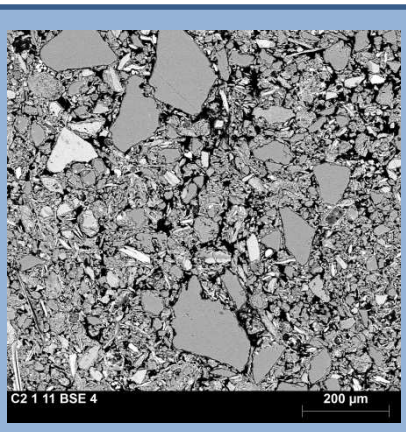


Figura 132. C2.1.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

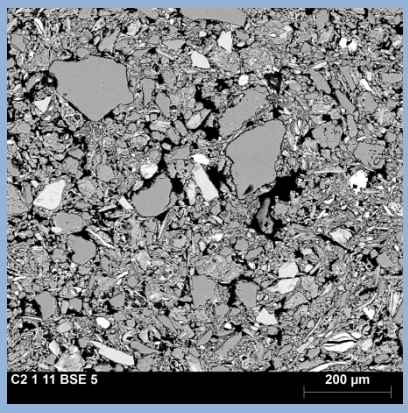


Figura 133. C2.1.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

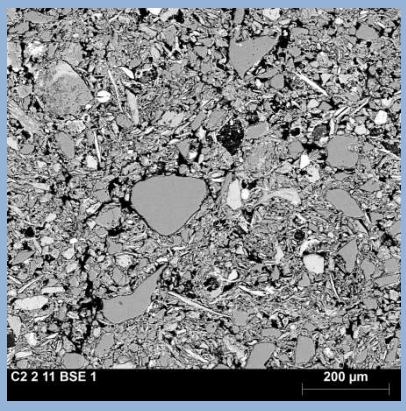


Figura 134. C2.2.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

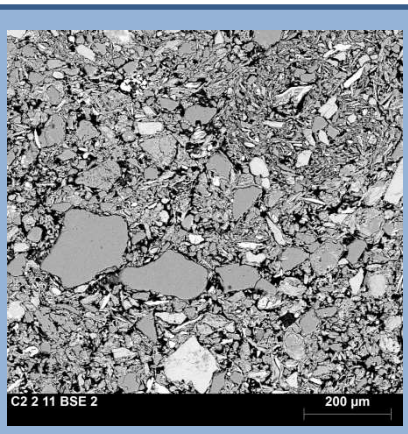


Figura 135. C2.2.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

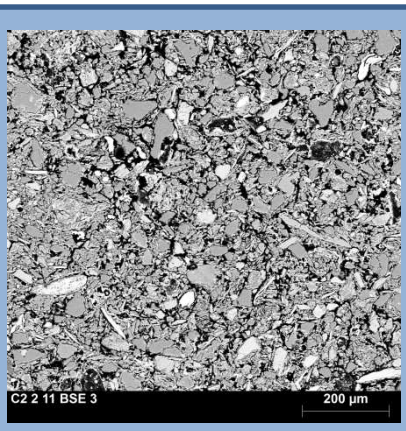


Figura 136. C2.2.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

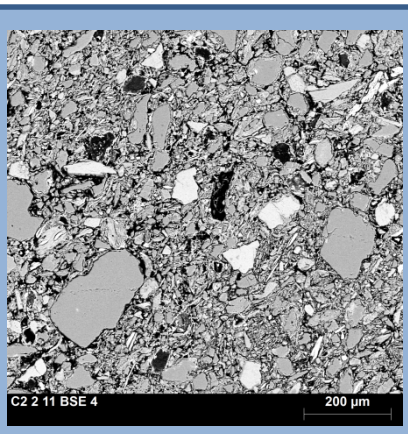


Figura 137. C2.2.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

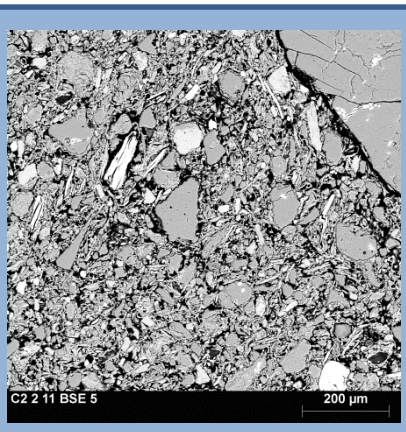


Figura 138. C2.2.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

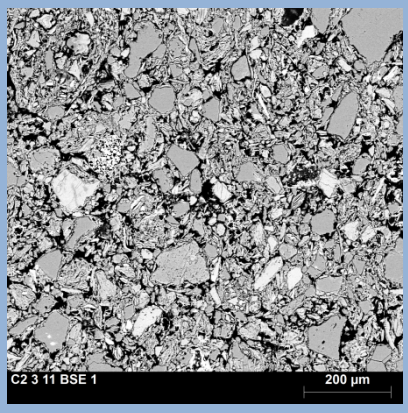


Figura 139. C2.3.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

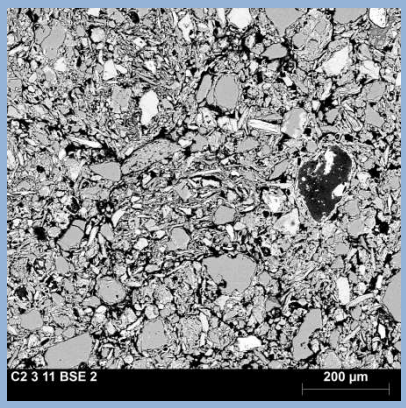


Figura 140. C2.3.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

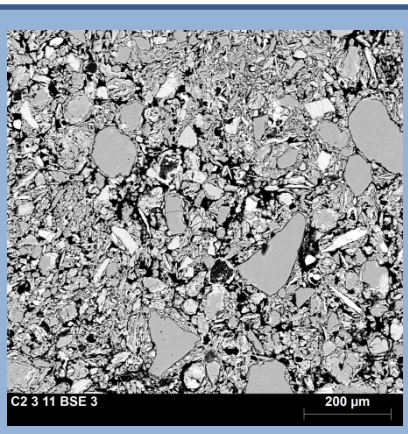


Figura 141. C2.3.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

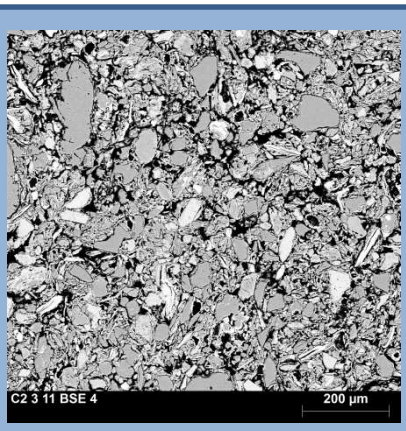


Figura 142. C2.3.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

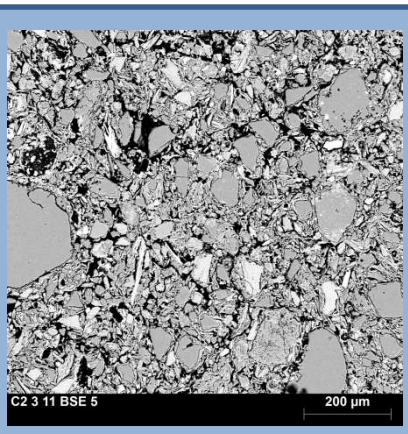


Figura 143. C2.3.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

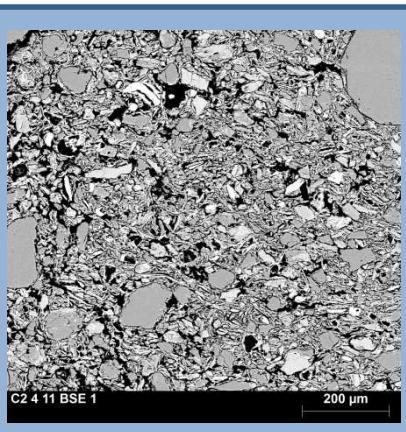


Figura 144. C2.4.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

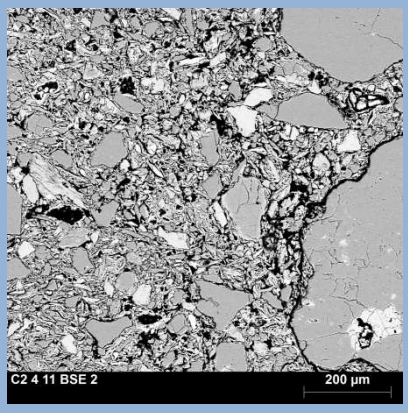


Figura 145. C2.4.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

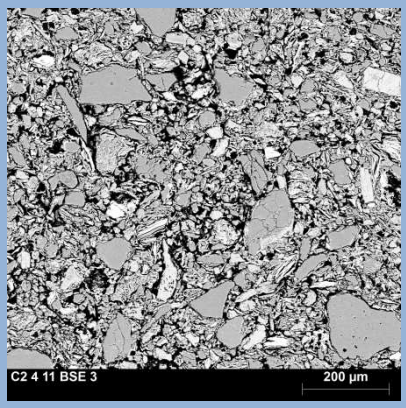


Figura 146. C2.4.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

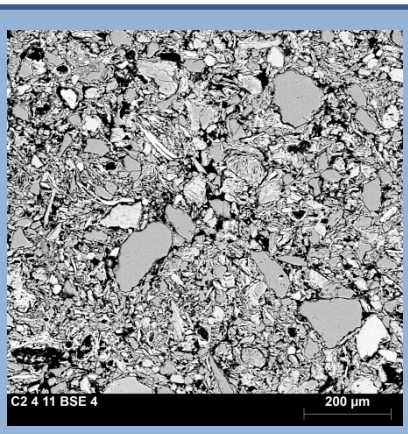


Figura 147. C2.4.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

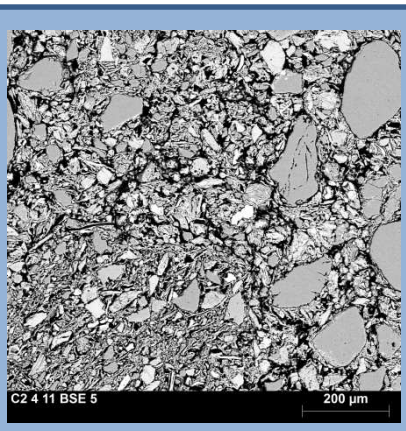


Figura 148. C2.4.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

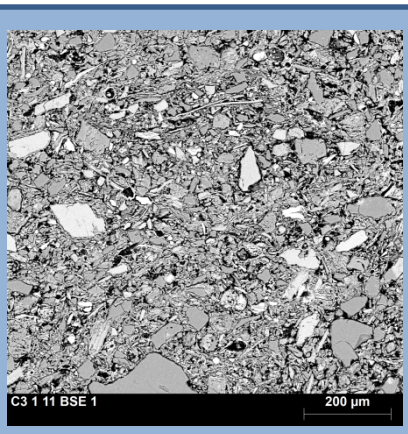


Figura 149. C3.1.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

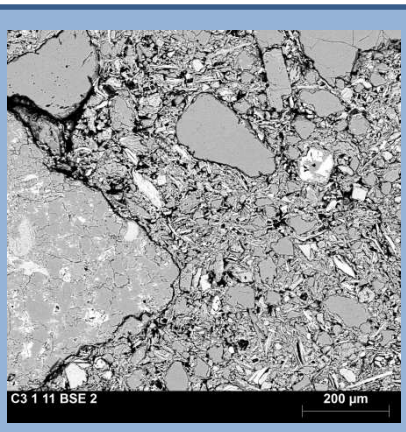


Figura 150. C3.1.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

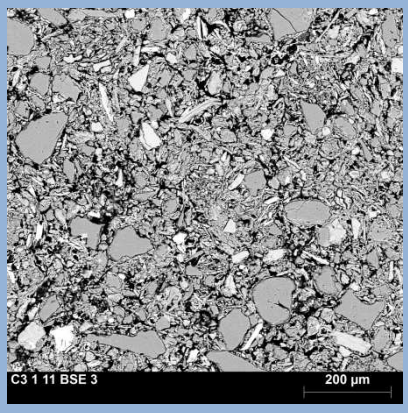


Figura 151. C3.1.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

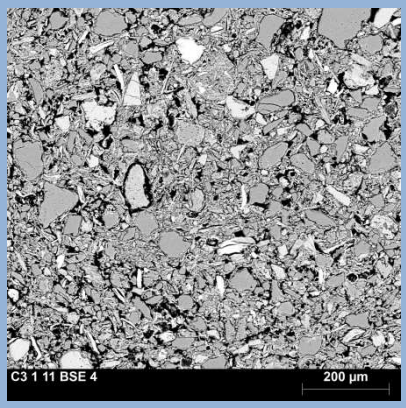


Figura 152. C3.1.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

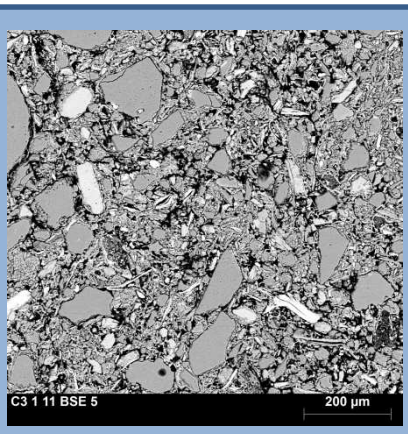


Figura 153. C3.1.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

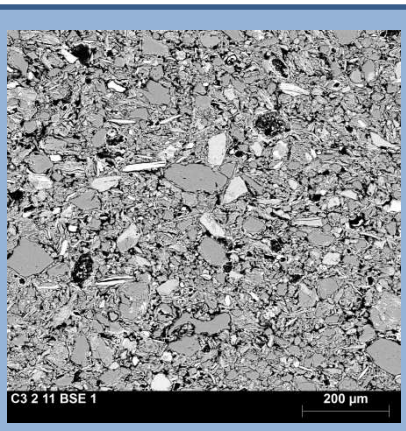


Figura 154. C3.2.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

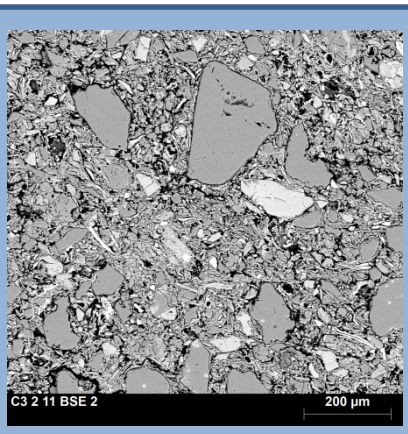


Figura 155. C3.2.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

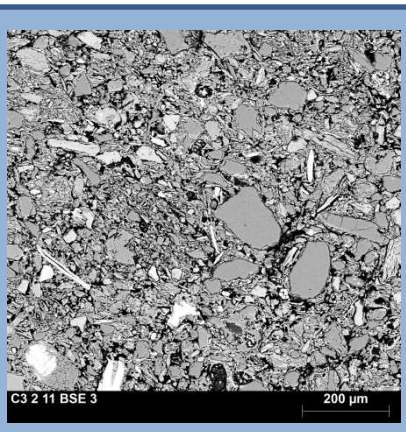


Figura 156. C3.2.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

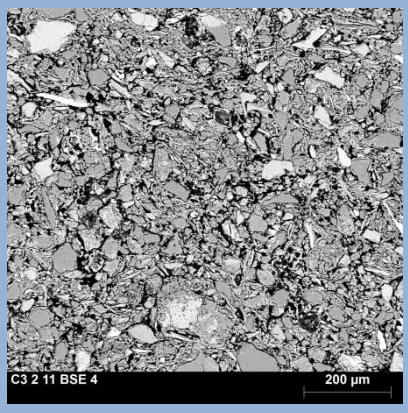


Figura 157. C3.2.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

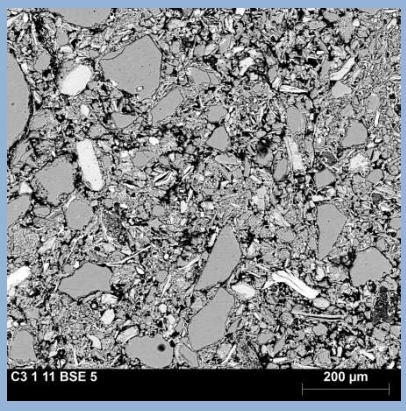


Figura 158. C3.2.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

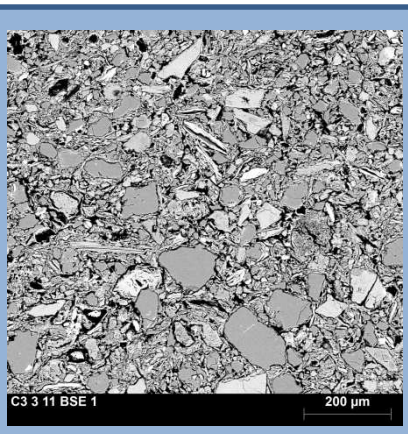


Figura 159. C3.3.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

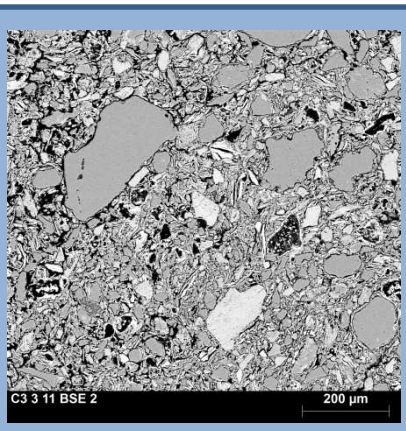


Figura 160. C3.3.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

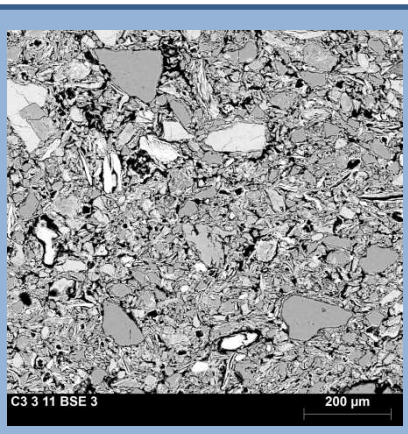


Figura 161. C3.3.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

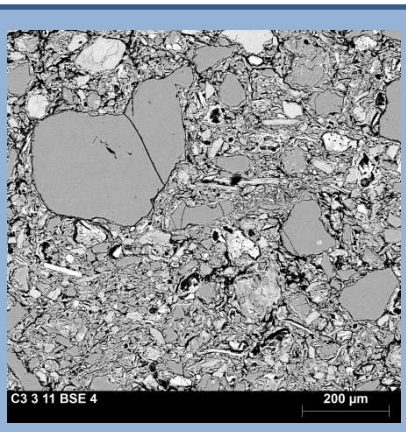


Figura 162. C3.3.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

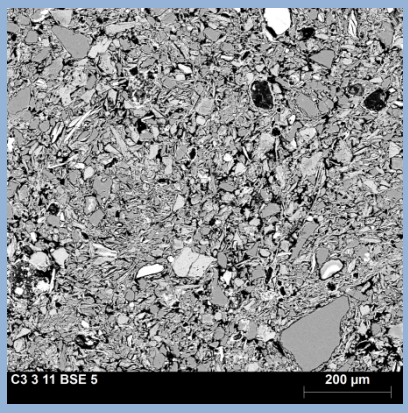


Figura 163. C3.3.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

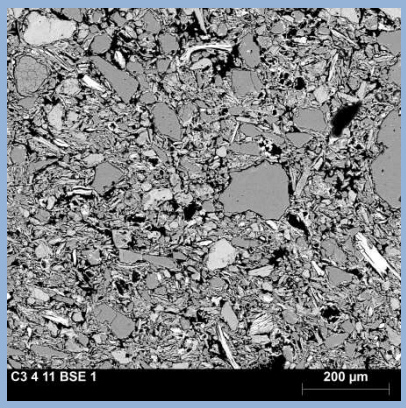


Figura 164. C3.4.11 BSE 1

Font. *Jordi Canal*

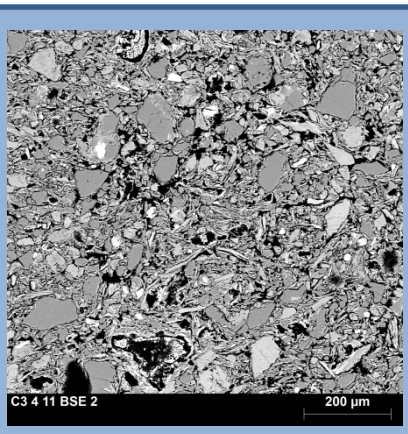


Figura 165. C3.4.11 BSE 2

Font. *Jordi Canal*

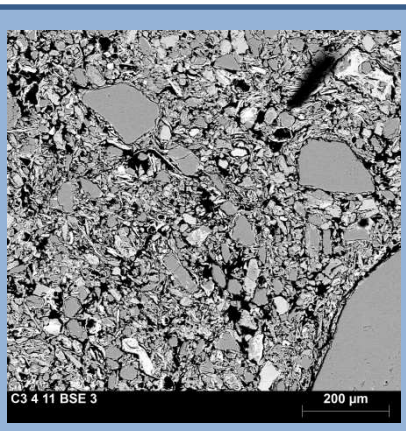


Figura 166. C3.4.11 BSE 3

Font. *Jordi Canal*

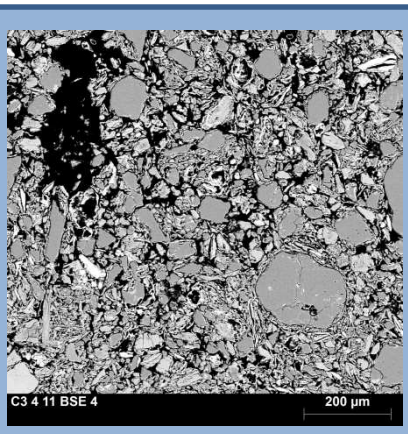


Figura 167. C3.4.11 BSE 4

Font. *Jordi Canal*

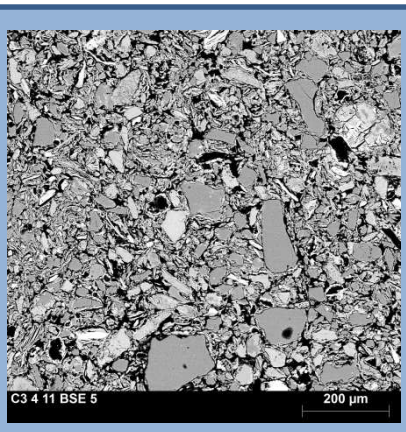


Figura 168. C3.4.11 BSE 5

Font. *Jordi Canal*

Certificat ES15/18917

El sistema de gestió de

SERVEIS TÈCNICS DE RECERCA UNIVERSITAT DE GIRONA

Edifici Jaume Casademont, Accés E
C/ Pic de Peguera, 15
17003 Girona

ha estat avaluat i certificat en quant al compliment dels requisits de

ISO 9001:2008

Per a les activitats següents

Serveis de suport cientificotècnic en la investigació, així com a empreses públiques i privades que ho sol·licitin, en els camps de la microscòpia, anàlisi química estructural, espectrometria de masses, enginyeria ambiental, biotecnologia i biomedicina, anàlisi tèrmica i assessorament estadístic.

a/des dels següents emplaçaments

Edifici Jaume Casademont, Accés E, C/ Pic de Peguera, 15 - 17003 Girona

Aquest certificat és vàlid des del
5 de novembre de 2015 fins 15 de setembre de 2018.
Edició 1.

Autoritzat per

Direcció de Certificació

SGS ICS Ibérica, S.A. (Unipersonal) Systems & Services Certification
C/Trespaderne, 29. 28042 Madrid. España.
t 34 91 313 8115 f 34 91 313 8102 www.sgs.com

Pàgina 1 de 1