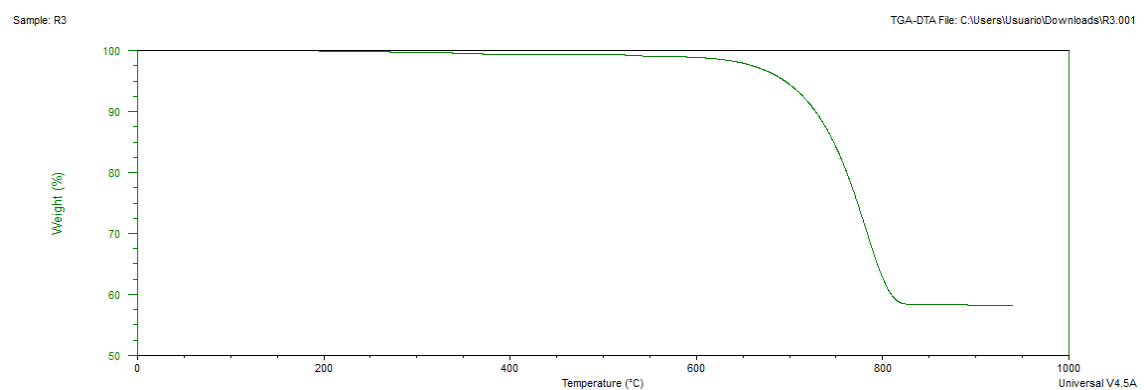
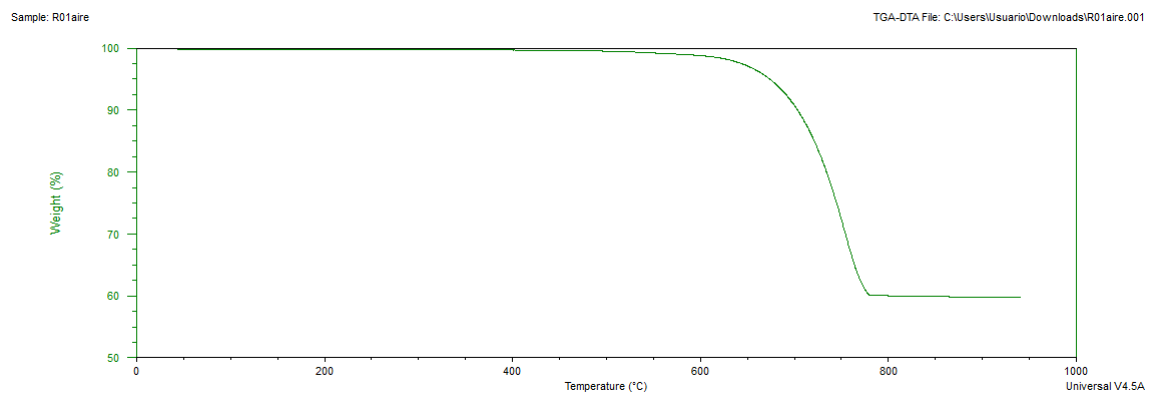


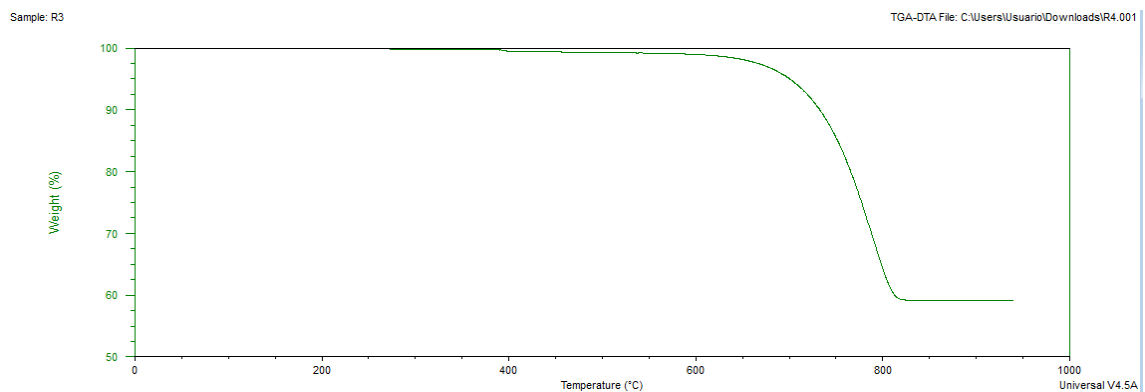
## ANEXOS

**Anexo I: PROBETAS.** Probetas de 6 cm de lado que se utilizaron para la realización de los ensayos tecnológicos.



**Anexo II: ATG.** Gráficas obtenidas en el análisis termogravimétrico (ATG) donde se representa la pérdida de peso en función del aumento de Temperatura. El análisis se realizó en las muestras R-0, R-3 y R-4.





**Anexo III: MEDIDAS DE PROBETAS** Dimensiones, volumen y densidad aparente ( $\rho_a$ ) calculadas en cada una de las probetas.

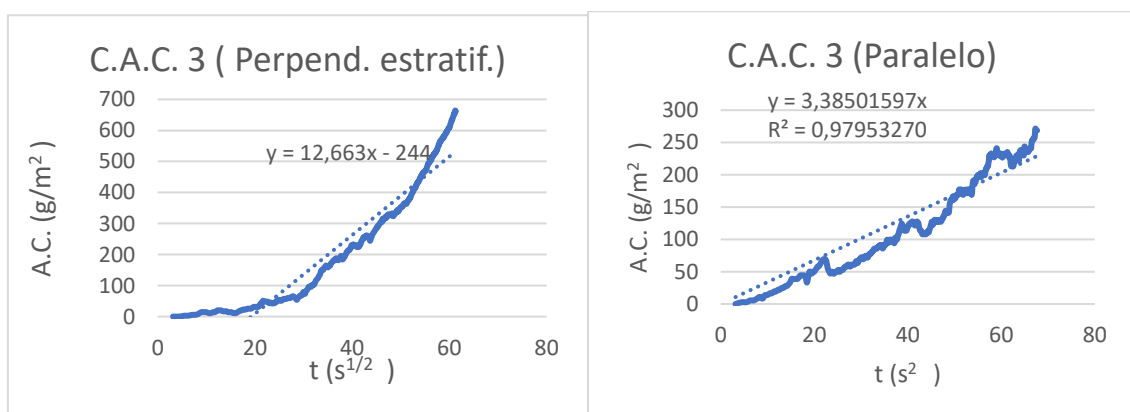
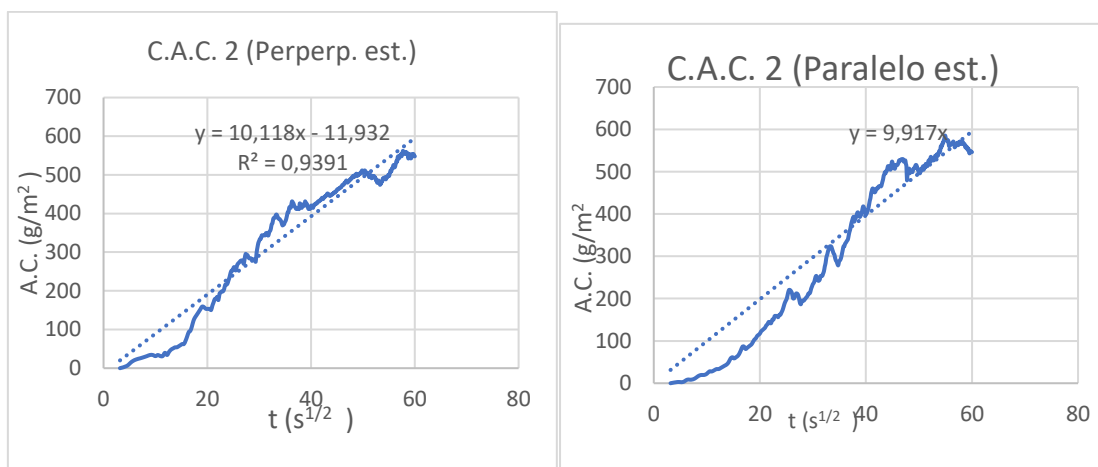
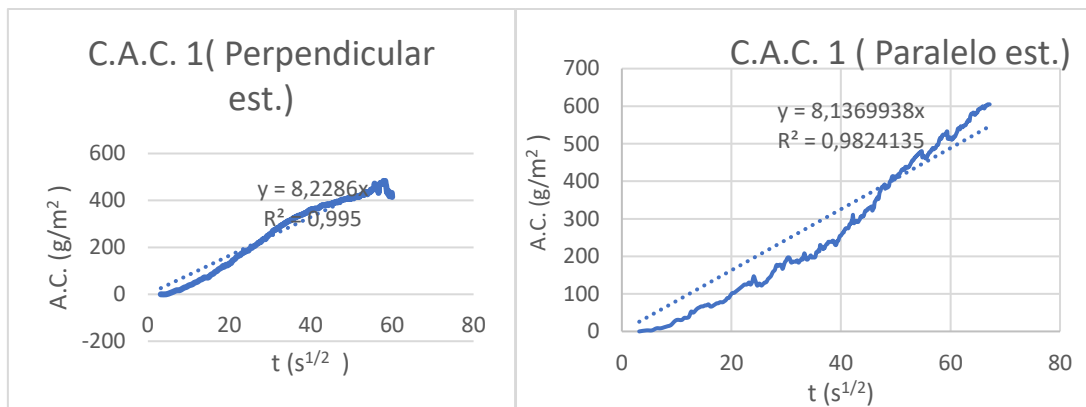
| Dimensiones ( mm) |       |       |       |                     |        |                               |
|-------------------|-------|-------|-------|---------------------|--------|-------------------------------|
| Probetas          | X     | Y     | Z     | V(cm <sup>3</sup> ) | M (g)  | $\rho_a$ (g/cm <sup>3</sup> ) |
| 1.2               | 59,28 | 58,98 | 61,12 | 213,696             | 549,6  | 2,5719                        |
| 1.3               | 59,03 | 59,95 | 61,16 | 216,436             | 550,46 | 2,5433                        |
| 1.4               | 60,75 | 59,38 | 61,35 | 221,310             | 563,11 | 2,5444                        |
| 1.5               | 59,17 | 59,32 | 61,01 | 214,143             | 545,34 | 2,5466                        |
| 1.6               | 61,02 | 59,54 | 60,83 | 221,003             | 561,85 | 2,5423                        |
| 1.7               | 60,65 | 59,31 | 60,79 | 218,671             | 562,24 | 2,5712                        |
| Media 1           |       |       |       |                     |        | 2,5533                        |
| 2.2               | 59,33 | 59,26 | 60,55 | 212,887             | 541,9  | 2,5455                        |
| 2.3               | 61,26 | 59,89 | 61,22 | 224,608             | 562,2  | 2,5030                        |
| 2.4               | 59,06 | 59,5  | 60,85 | 213,831             | 544,09 | 2,5445                        |
| 2.5               | 59,31 | 59,32 | 60,05 | 211,272             | 532,87 | 2,5222                        |
| 2.6               | 60,91 | 59,6  | 60,42 | 219,339             | 550,76 | 2,5110                        |
| Media 2           |       |       |       |                     |        | 2,5252                        |
| 3.2               | 59,12 | 59,59 | 60,6  | 213,491             | 551,67 | 2,5840                        |
| 3.3               | 60,63 | 60,2  | 60,04 | 219,142             | 574,84 | 2,6231                        |
| 3.4               | 59,36 | 59,73 | 60,2  | 213,443             | 560,32 | 2,6251                        |
| 3.5               | 60,81 | 59,85 | 60,28 | 219,388             | 572,79 | 2,6109                        |
| 3.6               | 59,3  | 59,6  | 60,79 | 214,849             | 557,58 | 2,5952                        |
| Media 3           |       |       |       |                     |        | 2,6077                        |
| 4.2               | 61,34 | 59,4  | 59,81 | 217,923             | 576,56 | 2,6457                        |
| 4.3               | 61,6  | 59,3  | 59,35 | 216,798             | 575,19 | 2,6531                        |
| 4.4               | 62,04 | 59,36 | 59,53 | 219,231             | 568,65 | 2,5938                        |
| 4.5               | 61,8  | 59,31 | 59,88 | 219,482             | 575,84 | 2,6236                        |
| 4.6               | 61,9  | 59,31 | 59,36 | 217,928             | 574,45 | 2,6360                        |
| 4.7               | 61,6  | 59,52 | 59,73 | 218,996             | 576,78 | 2,6337                        |
| Media 4           |       |       |       |                     |        | 2,6310                        |
| Media total       |       |       |       |                     |        | 2,5803                        |

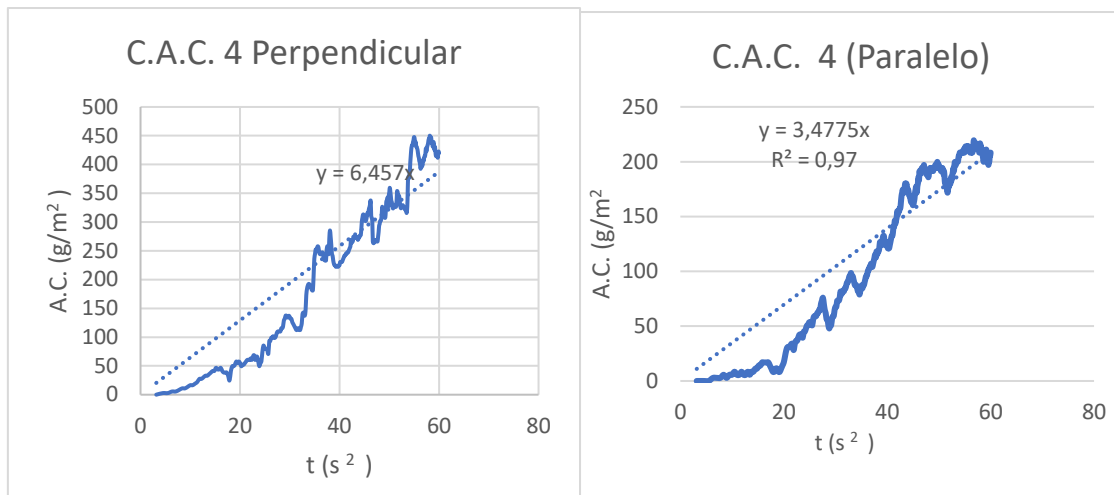
**Anexo IV: ENSAYOS HÍDRICOS. ABSORCIÓN.** Cálculo de densidad aparente ( $\rho_a$ ), densidad real ( $\rho_r$ ), porosidad abierta ( $P_o$ ), porosidad total ( $P_T$ ) y absorción (W) a partir de la masa en seco ( $m_d$ ), masa hidrostática ( $m_h$ ) y masa saturada ( $m_s$ ) medida en cada probeta de cada litotipo estudiado.

| Probeta       | $m_a$ (g) | $m_d$ (g) | $m_h$ (g) | $m_s$ (g) | W (%) | $\rho_a$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $P_o$ (%) | $\rho_r$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $P_T$ (%) | $P_i/P_T$ (%) |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|---------------|
| 1,2           | 550,14    | 549,6     | 349,12    | 555,66    | 1,103 | 2,661                         | 2,93      | 2,741                         | 2,999     | 2,16          |
| 1,3           | 551       | 550,46    | 347,96    | 556,83    | 1,157 | 2,635                         | 3,05      | 2,718                         | 3,641     | 16,24         |
| 1,4           | 563,74    | 563,11    | 357,81    | 570,26    | 1,270 | 2,651                         | 3,37      | 2,743                         | 3,417     | 1,50          |
| 1,5           | 545,98    | 545,34    | 343,86    | 552,09    | 1,238 | 2,619                         | 3,24      | 2,707                         | 4,244     | 23,62         |
| 1,6           | 562,46    | 561,85    | 354,94    | 568,95    | 1,264 | 2,625                         | 3,32      | 2,715                         | 4,009     | 17,25         |
| 1,7           | 562,83    | 562,24    | 354,82    | 568,71    | 1,151 | 2,629                         | 3,02      | 2,711                         | 3,889     | 22,21         |
| Media         |           |           |           |           | 1,197 | 2,637                         | 3,16      | 2,72                          | 3,877     | 13,829        |
| Desv.tipica   |           |           |           |           | 0,069 | 0,016                         | 0,176     | 0,016                         | 0,448     | 9,715         |
| Variacion(%)  |           |           |           |           | 5,8   | 0,6                           | 5,6       | 0,6                           | 11,5      | 70,3          |
| 2,2           | 542,57    | 541,9     | 340,01    | 547,67    | 1,065 | 2,610                         | 2,78      | 2,684                         | 4,41      | 37,02         |
| 2,3           | 562,83    | 562,2     | 353,71    | 568,06    | 1,042 | 2,623                         | 2,73      | 2,697                         | 3,93      | 30,37         |
| 2,4           | 544,74    | 544,09    | 342,31    | 549,76    | 1,042 | 2,623                         | 2,73      | 2,696                         | 3,93      | 30,43         |
| 2,5           | 533,56    | 532,87    | 335,39    | 541,94    | 1,702 | 2,580                         | 4,39      | 2,698                         | 5,50      | 20,16         |
| 2,6           | 551,46    | 550,76    | 345,73    | 558,58    | 1,420 | 2,588                         | 3,67      | 2,686                         | 5,22      | 29,59         |
| Media         |           |           |           |           | 1,254 | 2,605                         | 3,26      | 2,692                         | 4,597     | 29,513        |
| Desv.tipica   |           |           |           |           | 0,30  | 0,02                          | 0,75      | 0,01                          | 0,73      | 6,03          |
| Variacion (%) |           |           |           |           | 24    | 1,3                           | 23,1      | 0,00                          | 16        | 20,3          |
| 3,2           | 552,17    | 551,67    | 350,91    | 558,67    | 1,269 | 2,655                         | 3,37      | 2,736                         | 3,44      | 2,14          |
| 3,3           | 575,19    | 574,84    | 365,01    | 578,88    | 0,703 | 2,688                         | 1,89      | 2,731                         | 2,26      | 16,48         |
| 3,4           | 560,76    | 560,32    | 356,66    | 564,84    | 0,807 | 2,692                         | 2,17      | 2,738                         | 2,20      | 1,25          |
| 3,5           | 573,18    | 572,79    | 364,15    | 577,73    | 0,862 | 2,682                         | 2,31      | 2,732                         | 2,48      | 6,66          |
| 3,6           | 557,96    | 557,58    | 353,1     | 562,11    | 0,812 | 2,668                         | 2,17      | 2,718                         | 2,99      | 27,56         |
| Media         |           |           |           |           | 0,891 | 2,677                         | 2,38      | 2,73                          | 2,66      | 10,82         |
| Desv.tipica   |           |           |           |           | 0,22  | 0,02                          | 0,57      | 0,01                          | 0,53      | 10,14         |
| Variacion (%) |           |           |           |           | 24,6  | 0,5                           | 24,05     | 0,3                           | 19,95     | 92,9          |
| 4,2           | 576,92    | 576,56    | 368,01    | 578,43    | 0,324 | 2,738                         | 0,89      | 2,749                         | 1,08      | 17,53         |
| 4,3           | 575,53    | 575,19    | 366,81    | 577,47    | 0,396 | 2,727                         | 1,08      | 2,745                         | 1,32      | 17,75         |
| 4,4           | 569,35    | 568,97    | 363,82    | 571,4     | 0,427 | 2,738                         | 1,17      | 2,757                         | 1,26      | 7,10          |
| 4,5           | 576,22    | 575,84    | 366,5     | 577,92    | 0,361 | 2,717                         | 0,98      | 2,733                         | 1,34      | 26,72         |
| 4,6           | 574,83    | 574,45    | 364,25    | 576,41    | 0,341 | 2,704                         | 0,92      | 2,717                         | 1,81      | 49,02         |
| 4,7           | 577,14    | 576,78    | 366,41    | 578,58    | 0,312 | 2,714                         | 0,85      | 2,725                         | 1,42      | 40,32         |
| Media         |           |           |           |           | 0,360 | 2,72                          | 0,98      | 2,734                         | 1,37      | 26,41         |
| Desv. tipica  |           |           |           |           | 0,044 | 0,013                         | 0,123     | 0,015                         | 0,245     | 15,692        |
| Variación     |           |           |           |           | 12,25 | 0,47                          | 12,5      | 0,55                          | 17,8      | 59,4          |

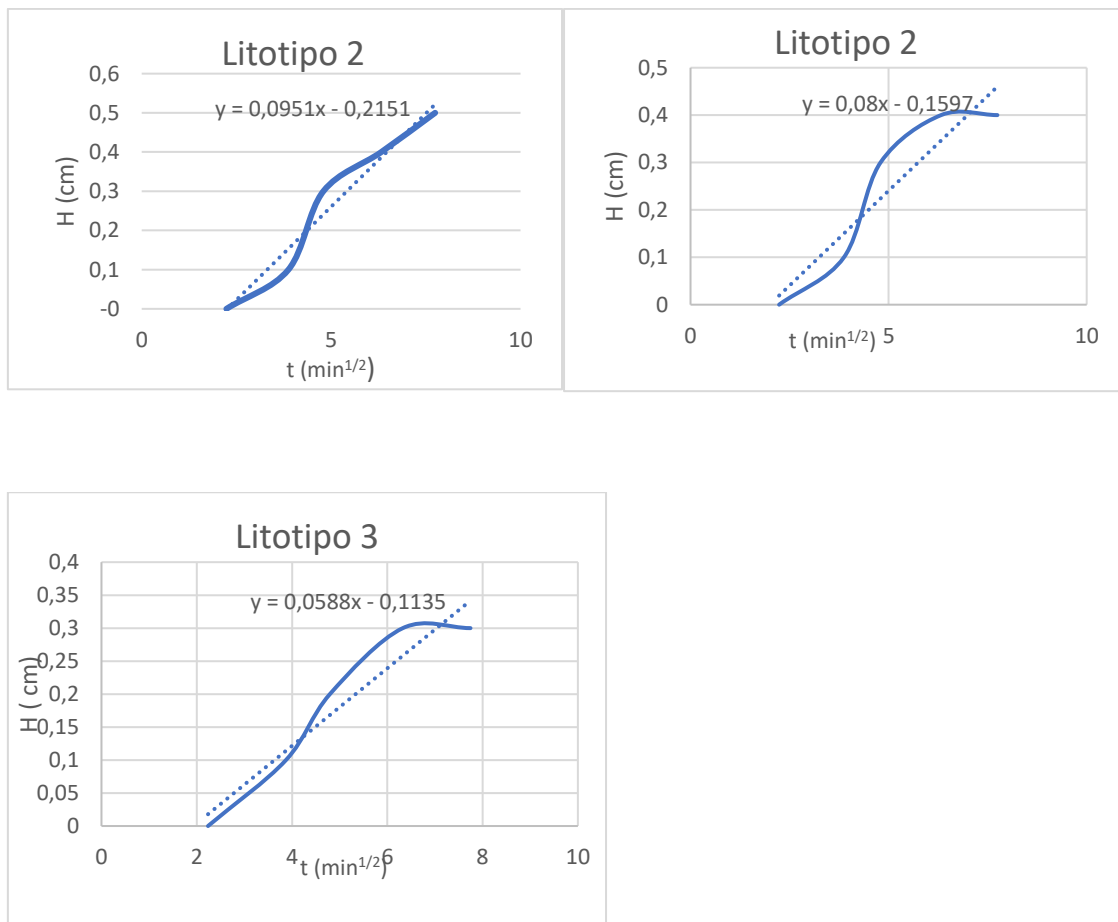
## Anexo V: ENSAYO DE SUCCIÓN

A) Gráficas de succión en las que se representa la absorción capilar ( $\text{g/m}^2$ ) en función de la raíz cuadrada del tiempo transcurrido ( $t^{1/2}$ ), en la cual la pendiente de la recta equivale al coeficiente de absorción capilar C.A.C. ( $\text{g/m}^2 \cdot t^{1/2}$ ). Las medidas se han realizado en tanto en dirección perpendicular como paralela a la estratificación.

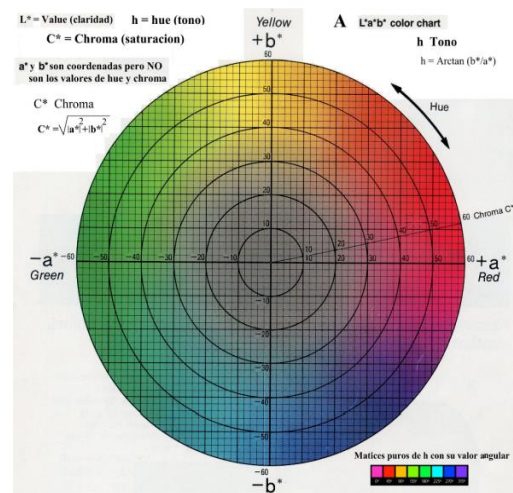
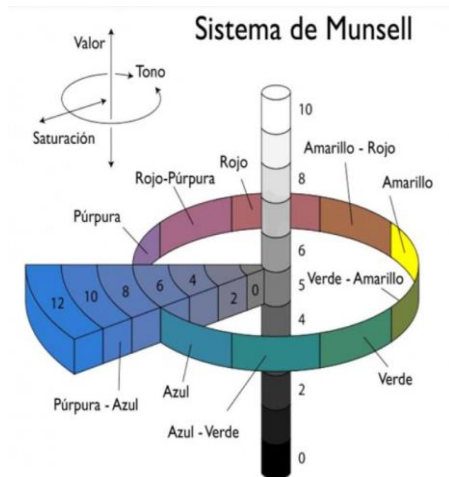




B) Gráficas de capilaridad de los litotipos 2 y 3. Solo se han podido obtener estos datos ya que prácticamente no se observa ascensión de agua en el resto de ensayos realizados.



**Anexo VI: COLORIMETRÍA.** a) Esquema explicativo de la notación en el sistema Munsell. (Tomado de Wikipedia). B) Diagrama de Coordenadas CIE L\*a\*b\*, representando las coordenadas c y h, la lectura de grados h\* es en sentido antihorario. ( Gisbert,2014).



## Anexo VII: ULTRASONIDOS

a)Tiempo que tarda las ondas ultrasónicas en atravesar las 3 dimensiones de cada probeta seca de cada litotipo.

| Probetas | Tiempo ( $10^{-6}$ s) |      |      | Dimensiones (mm) |        |        |
|----------|-----------------------|------|------|------------------|--------|--------|
|          | x                     | y    | z    | X (mm)           | Y (mm) | Z (mm) |
| 1,2      | 10,9                  | 10,7 | 12,1 | 59,28            | 58,98  | 61,12  |
| 1,3      | 10,1                  | 10   | 11,5 | 59,03            | 59,95  | 61,16  |
| 1,4      | 10,7                  | 10,6 | 11,6 | 60,75            | 59,38  | 61,35  |
| 1,5      | 10,3                  | 10,5 | 11,8 | 59,17            | 59,32  | 61,01  |
| 1,6      | 10,7                  | 10,8 | 11,8 | 61,02            | 59,54  | 60,83  |
| 1,7      | 9,9                   | 10   | 11,5 | 60,65            | 59,31  | 60,79  |
| 2,2      | 10,8                  | 10,8 | 13,1 | 59,33            | 59,26  | 60,55  |
| 2,3      | 11                    | 10,9 | 12,8 | 61,26            | 59,89  | 61,22  |
| 2,4      | 10,3                  | 10,3 | 12,7 | 59,06            | 59,5   | 60,85  |
| 2,5      | 10,5                  | 10,7 | 13   | 59,31            | 59,32  | 60,05  |
| 2,6      | 10,5                  | 10,5 | 13,4 | 60,91            | 59,6   | 60,42  |
| 3,2      | 9,9                   | 9,8  | 10,9 | 59,12            | 59,59  | 60,6   |
| 3,3      | 9,1                   | 9    | 9,9  | 60,63            | 60,2   | 60,04  |
| 3,4      | 9,2                   | 9    | 10,2 | 59,36            | 59,73  | 60,2   |
| 3,5      | 9,1                   | 9,1  | 10,2 | 60,81            | 59,85  | 60,28  |
| 3,6      | 9,2                   | 9    | 9,7  | 59,3             | 59,6   | 60,79  |
| 4,2      | 8,6                   | 8,7  | 9,3  | 61,34            | 59,4   | 59,81  |
| 4,3      | 8,7                   | 8,6  | 9,6  | 61,6             | 59,3   | 59,35  |
| 4,4      | 8,9                   | 8,8  | 10,5 | 62,04            | 59,36  | 59,53  |
| 4,5      | 8,9                   | 9    | 9,8  | 61,8             | 59,31  | 59,88  |
| 4,6      | 8,6                   | 8,6  | 9,1  | 61,9             | 59,31  | 59,36  |
| 4,7      | 9,5                   | 9,3  | 9,8  | 61,6             | 59,52  | 59,73  |

b) Velocidades de ultrasonidos obtenidas en seco para cada probeta de cada litotipo.

| Probetas        | Velocidad (m/s) |         |         |         |         | Anisotropia (%) |          |
|-----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|----------|
|                 | x               | y       | z       | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 1,2             | 5438,53         | 5512,15 | 5051,24 | 5333,97 | 5438,53 | 0,67            | 7,75     |
| 1,3             | 5844,55         | 5995,00 | 5318,26 | 5719,27 | 5844,55 | 1,27            | 10,16    |
| 1,4             | 5677,57         | 5601,89 | 5288,79 | 5522,75 | 5601,89 | 0,67            | 6,22     |
| 1,5             | 5744,66         | 5649,52 | 5170,34 | 5521,51 | 5649,52 | 0,83            | 9,25     |
| 1,6             | 5702,80         | 5512,96 | 5155,08 | 5456,95 | 5512,96 | 1,69            | 8,07     |
| 1,7             | 6126,26         | 5931,00 | 5286,09 | 5781,12 | 5931,00 | 1,62            | 12,32    |
| Media           | 5755,73         | 5700,42 | 5211,63 | 5555,93 | 5700,42 | 0,48            | 9,02     |
| Desviación est. | 225,76          | 211,11  | 103,44  | 166,6   |         |                 |          |
| Variación (%)   | 3,9             | 3,7     | 2       | 3,1     |         |                 |          |
| Mediana         | 5723,73         | 5625,71 | 5228,21 |         |         |                 |          |

| Probetas       | Velocidad (m/s) |         |         |         |         | Anisotropia (%) |          |
|----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|----------|
|                | x               | y       | z       | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 2,2            | 5493,52         | 5487,04 | 4622,14 | 5200,90 | 5487,04 | 0,06            | 15,81    |
| 2,3            | 5569,09         | 5494,50 | 4782,81 | 5282,13 | 5494,5  | 0,67            | 13,54    |
| 2,4            | 5733,98         | 5776,70 | 4791,34 | 5434,01 | 5733,98 | 0,37            | 16,75    |
| 2,5            | 5648,57         | 5543,93 | 4619,23 | 5270,58 | 5543,93 | 0,93            | 17,46    |
| 2,6            | 5800,95         | 5676,19 | 4508,96 | 5328,70 | 5676,19 | 1,09            | 21,43    |
| Media          | 5649,22         | 5595,67 | 4664,89 | 5303,26 | 5587,13 | 0,63            | 17,00    |
| Desviación es. | 123,36          | 126,46  | 120,54  | 86      |         |                 |          |
| variacion (%)  | 2,2             | 2,3     | 2,6     | 1,6     |         |                 |          |
| Mediana        | 5648,57         | 5543,93 | 4622,14 |         |         |                 |          |

| Probetas        | Velocidad (m/s) |          |          |         |         | Anisotropia (%) |          |
|-----------------|-----------------|----------|----------|---------|---------|-----------------|----------|
|                 | x               | y        | z        | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 3,2             | 5971,72         | 6080,61  | 5559,63  | 5870,65 | 5971,72 | 0,90            | 7,74     |
| 3,3             | 6662,64         | 6688,89  | 6064,65  | 6472,06 | 6662,64 | 0,20            | 9,15     |
| 3,4             | 6452,17         | 6636,67  | 5901,96  | 6330,27 | 6452,17 | 1,41            | 9,82     |
| 3,5             | 6682,42         | 6576,92  | 5909,80  | 6389,71 | 6576,92 | 0,80            | 10,86    |
| 3,6             | 6445,65         | 6622,22  | 6267,01  | 6444,96 | 6445,65 | 1,35            | 4,09     |
| Media           | 6442,92         | 6521,06  | 5940,61  | 6301,53 | 6421,82 | 0,93            | 8,33     |
| Desviación est. | 286,25          | 249,44   | 259,57   | 149,4   |         |                 |          |
| variacion (%)   | 4,4             | 3,8      | 4,4      | 2,4     |         |                 |          |
| Mediana         | 6452,174        | 6622,222 | 5909,804 |         |         |                 |          |

| Probetas        | Velocidad (m/s) |          |          |         |         | Anisotropia (%) |          |
|-----------------|-----------------|----------|----------|---------|---------|-----------------|----------|
|                 | x               | y        | z        | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 4,2             | 7132,56         | 6827,59  | 6431,18  | 6797,11 | 6827,59 | 2,18            | 7,86     |
| 4,3             | 7080,46         | 6895,35  | 6182,29  | 6719,37 | 6895,35 | 1,32            | 11,53    |
| 4,4             | 6970,79         | 6745,45  | 5669,52  | 6461,92 | 6745,45 | 1,64            | 17,33    |
| 4,5             | 6943,82         | 6590,00  | 6110,20  | 6548,01 | 6590,00 | 2,61            | 9,70     |
| 4,6             | 7197,67         | 6896,51  | 6523,08  | 6872,42 | 6896,51 | 2,14            | 7,44     |
| 4,7             | 6484,21         | 6400,00  | 6094,90  | 6326,37 | 6400,00 | 0,65            | 5,39     |
| Media           | 6935,39         | 6705,46  | 6116,00  | 6585,62 | 6705,46 | 1,67            | 10,28    |
| Desviación est. | 271,44          | 212,60   | 304,11   | 214,5   |         |                 |          |
| Variación (%)   | 3,9             | 3,2      | 5        | 3,3     |         |                 |          |
| Mediana         | 6970,787        | 6745,455 | 6110,204 |         |         |                 |          |

c) Tiempo que tarda las ondas ultrasónicas en atravesar las 3 dimensiones de cada probeta en húmedo de cada litotipo.

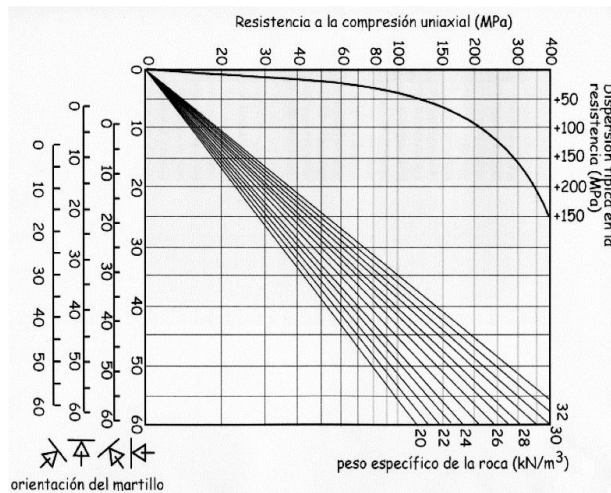
| Probetas | Tiempo ( $10^{-6}$ s) |     |      | Dimensiones (mm) |        |        |
|----------|-----------------------|-----|------|------------------|--------|--------|
|          | x                     | y   | z    | X (mm)           | Y (mm) | Z (mm) |
| 1,2      | 9,7                   | 9,6 | 10,6 | 59,28            | 58,98  | 61,12  |
| 1,3      | 9,5                   | 9,7 | 10,4 | 59,03            | 59,95  | 61,16  |
| 1,4      | 10,2                  | 10  | 10,8 | 60,75            | 59,38  | 61,35  |
| 1,5      | 9,6                   | 9,8 | 10,8 | 59,17            | 59,32  | 61,01  |
| 1,6      | 10                    | 9,7 | 10,6 | 61,02            | 59,54  | 60,83  |
| 1,7      | 9,8                   | 9,4 | 10,5 | 60,65            | 59,31  | 60,79  |
| 2,2      | 9,8                   | 10  | 12   | 59,33            | 59,26  | 60,55  |
| 2,3      | 10                    | 9,7 | 11,8 | 61,26            | 59,89  | 61,22  |
| 2,4      | 9,8                   | 9,6 | 11,8 | 59,06            | 59,5   | 60,85  |
| 2,5      | 9,7                   | 9,5 | 12,1 | 59,31            | 59,32  | 60,05  |
| 2,6      | 10,1                  | 9,9 | 12   | 60,91            | 59,6   | 60,42  |
| 3,2      | 9,3                   | 9,4 | 9,6  | 59,12            | 59,59  | 60,6   |
| 3,3      | 8,8                   | 9   | 9,1  | 60,63            | 60,2   | 60,04  |
| 3,4      | 8,8                   | 8,8 | 9    | 59,36            | 59,73  | 60,2   |
| 3,5      | 8,8                   | 8,5 | 9    | 60,81            | 59,85  | 60,28  |
| 3,6      | 8,9                   | 9   | 9,1  | 59,3             | 59,6   | 60,79  |
| 4,2      | 8,6                   | 8,4 | 8,8  | 61,34            | 59,4   | 59,81  |
| 4,3      | 8,4                   | 8,8 | 8,9  | 61,6             | 59,3   | 59,35  |
| 4,4      | 8,5                   | 9   | 9,1  | 62,04            | 59,36  | 59,53  |
| 4,5      | 8,4                   | 8,7 | 8,8  | 61,8             | 59,31  | 59,88  |
| 4,6      | 8,3                   | 8,6 | 8,7  | 61,9             | 59,31  | 59,36  |
| 4,7      | 8,4                   | 8,6 | 8,7  | 61,6             | 59,52  | 59,73  |

d) Velocidades de ultrasonidos obtenidas en húmedo para cada probeta de cada litotipo.

|                 | Velocidad (m/s) |          |          |         |         | Anisotropia (%) |          |
|-----------------|-----------------|----------|----------|---------|---------|-----------------|----------|
| Probetas        | X               | Y        | Z        | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 1,2             | 6111,34         | 6143,75  | 5766,04  | 6007,04 | 6111,34 | 0,26            | 5,90     |
| 1,3             | 6213,68         | 6180,41  | 5880,77  | 6091,62 | 6180,41 | 0,27            | 5,10     |
| 1,4             | 5955,88         | 5938,00  | 5680,56  | 5858,15 | 5938,00 | 0,15            | 4,48     |
| 1,5             | 6163,54         | 6053,06  | 5649,07  | 5955,23 | 6053,06 | 0,90            | 7,52     |
| 1,6             | 6102,00         | 6138,14  | 5738,68  | 5992,94 | 6102,00 | 0,30            | 6,23     |
| 1,7             | 6188,78         | 6309,57  | 5789,52  | 6095,96 | 6188,78 | 0,97            | 7,36     |
| Media           | 6122,54         | 6127,16  | 5750,77  | 6000,16 | 6122,54 | 0,04            | 6,11     |
| Desviación est. | 92,41           | 124,72   | 82,53    | 89,25   |         |                 |          |
| C.Variación (%) | 0,015           | 0,020    | 0,014    | 1,5     |         |                 |          |
| Mediana         | 6137,44         | 6140,95  | 5752,36  |         |         |                 |          |
|                 | Velocidad (m/s) |          |          |         |         | Anisotropia (%) |          |
| Probetas        | X               | Y        | Z        | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 2,2             | 6054,08         | 5926,00  | 5045,83  | 5675,30 | 5926,00 | 1,07            | 15,76    |
| 2,3             | 6126,00         | 6174,23  | 5188,14  | 5829,45 | 6126,00 | 0,39            | 15,64    |
| 2,4             | 6026,53         | 6197,92  | 5156,78  | 5793,74 | 6026,53 | 1,40            | 15,63    |
| 2,5             | 6114,43         | 6244,21  | 4962,81  | 5773,82 | 6114,43 | 1,05            | 19,69    |
| 2,6             | 6030,69         | 6020,20  | 5035,00  | 5695,30 | 6020,20 | 0,09            | 16,44    |
| Media           | 6070,35         | 6112,51  | 5077,71  | 5753,52 | 6070,35 | 0,35            | 16,64    |
| Desviación      | 46,90           | 133,94   | 92,85    | 65,7    |         |                 |          |
| Variación (%)   | 0,8             | 2,2      | 1,8      | 1,1     |         |                 |          |
| Mediana         | 6054,08         | 6174,23  | 5045,83  |         |         |                 |          |
|                 | Velocidad (m/s) |          |          |         |         | Anisotropia (%) |          |
| Probetas        | X               | Y        | Z        | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 3,2             | 6356,99         | 6339,36  | 6312,50  | 6336,28 | 6339,36 | 0,14            | 0,56     |
| 3,3             | 6889,77         | 6688,89  | 6597,80  | 6725,49 | 6688,89 | 1,48            | 2,82     |
| 3,4             | 6745,45         | 6787,50  | 6688,89  | 6740,61 | 6745,45 | 0,31            | 1,15     |
| 3,5             | 6910,23         | 7041,18  | 6697,78  | 6883,06 | 6910,23 | 0,94            | 3,98     |
| 3,6             | 6662,92         | 6622,22  | 6680,22  | 6655,12 | 6662,92 | 0,31            | 0,74     |
| Media           | 6713,07         | 6695,83  | 6595,44  | 6668,11 | 6695,83 | 0,13            | 1,63     |
| Desviación est. | 223,86          | 255,05   | 163,14   | 203     |         |                 |          |
| Variación (%)   | 3,3             | 3,8      | 2,5      | 3       |         |                 |          |
| Mediana         | 6745,455        | 6688,889 | 6680,220 |         |         |                 |          |
|                 | Velocidad (m/s) |          |          |         |         | Anisotropia (%) |          |
| Probetas        | X               | Y        | Z        | Media   | Mediana | Relativa        | Absoluta |
| 4,2             | 7132,56         | 7071,43  | 6796,59  | 7000,19 | 7071,43 | 0,43            | 4,30     |
| 4,3             | 7333,33         | 6738,64  | 6668,54  | 6913,50 | 6738,64 | 4,23            | 5,22     |
| 4,4             | 7298,82         | 6595,56  | 6541,76  | 6812,05 | 6595,56 | 5,06            | 5,84     |
| 4,5             | 7357,14         | 6817,24  | 6804,55  | 6992,98 | 6817,24 | 3,81            | 3,99     |
| 4,6             | 7457,83         | 6896,51  | 6822,99  | 7059,11 | 6896,51 | 3,91            | 3,42     |
| 4,7             | 7333,33         | 6920,93  | 6865,52  | 7039,93 | 6920,93 | 2,89            | 3,67     |
| Media           | 7356,09         | 6793,78  | 6740,67  | 6963,51 | 6793,78 | 3,97            | 4,72     |
| Desviación es.  | 60,55           | 131,91   | 133,43   |         |         |                 |          |
| Variación (%)   | 0,8             | 1,9      | 2,0      |         |         |                 |          |
| Mediana         | 7333,333        | 6817,241 | 6804,545 |         |         |                 |          |

## Anexo VIII. MARTILLO DE SMITH

- a) Gráfico de Miller (1965) usado para el cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial según el rebote medido en el martillo de Smith.



- b) Rebotes obtenidos para cada probeta de cada litotipo, datos de resistencia a compresión obtenidos del gráfico de Miller.

| Probetas         | $\rho_{ap}$ (KN/m³) | Rebote (mm) |        |        |        |         | $\sigma_c$ (MPa) | s (Mpa) |
|------------------|---------------------|-------------|--------|--------|--------|---------|------------------|---------|
|                  |                     | X           | Y      | Z      | Media  | Mediana |                  |         |
| 1,2              | 26,66               | 32          | 34     | 36     | 34,00  | 34      | 65               | 25      |
| 1,3              | 26,39               | 28          | 30     | 32     | 30,00  | 30      | 53               | 20      |
| 1,4              | 26,54               | 30          | 28     | 35     | 31,00  | 30      | 54               | 20      |
| 1,5              | 26,23               | 32          | 28     | 34     | 31,33  | 32      | 55               | 21      |
| 1,6              | 26,29               | 30          | 29     | 36     | 31,67  | 30      | 55               | 21      |
| 1,7              | 26,32               | 32          | 34     | 36     | 34,00  | 34      | 65               | 25      |
| Media            | 26,41               | 30,67       | 30,50  | 34,83  | 32,00  | 31,67   | 57,83            | 22      |
| Desv.estan.      | 0,1652              | 1,6330      | 2,8107 | 1,6021 | 1,6465 | 1,9664  | 5,6006           |         |
| C.variacion (%)  | 0,63                | 5,32        | 9,22   | 4,60   | 5,15   | 6,21    | 9,68             |         |
| Mediana          |                     | 31,00       | 29,50  | 35,50  | 31,50  | 31,00   | 55,00            |         |
| $\sigma_c$ (MPa) |                     | 54          | 53,5   | 66,5   | 55     | 54,5    |                  |         |
| s (Mpa)          |                     | 20          | 20     | 25     | 21     | 21      |                  |         |

|                  |                                  | Rebote (mm) |        |        |        |         |                  |         |
|------------------|----------------------------------|-------------|--------|--------|--------|---------|------------------|---------|
| Probetas         | $\rho_{ap}$ (KN/m <sup>3</sup> ) | X           | Y      | Z      | Media  | Mediana | $\sigma_c$ (MPa) | s (Mpa) |
| 2,2              | 26,13                            | 30          | 32     | 32     | 31,33  | 32      | 55               | 21      |
| 2,3              | 26,26                            | 32          | 34     | 34     | 33,33  | 34      | 62               | 23      |
| 2,4              | 26,27                            | 34          | 34     | 34     | 34,00  | 34      | 63               | 23      |
| 2,5              | 25,84                            | 32          | 34     | 34     | 33,33  | 34      | 61               | 23      |
| 2,6              | 25,91                            | 30          | 34     | 34     | 32,67  | 34      | 60               | 22      |
| Media            | 26,08                            | 31,60       | 33,60  | 33,60  | 32,93  | 33,60   | 60,20            | 22,4    |
| Desv.estan.      | 0,1994                           | 1,6733      | 0,8944 | 0,8944 | 1,0111 | 0,8944  | 3,1145           |         |
| Cvariacion (%)   | 0,76                             | 5,30        | 2,66   | 2,66   | 3,07   | 2,66    | 5,17             |         |
| Mediana          |                                  | 32,00       | 34,00  | 34,00  | 33,33  | 34,00   | 61,00            |         |
| $\sigma_c$ (MPa) |                                  | 56          | 62     | 62,5   | 61     | 61,5    |                  |         |
| s (Mpa)          |                                  | 21          | 23     | 23     | 23     | 23      |                  |         |

|                  |                                  | Rebote (mm) |        |        |        |         |                  |         |
|------------------|----------------------------------|-------------|--------|--------|--------|---------|------------------|---------|
| Probetas         | $\rho_{ap}$ (KN/m <sup>3</sup> ) | X           | Y      | Z      | Media  | Mediana | $\sigma_c$ (MPa) | s (Mpa) |
| 3,2              | 26,59                            | 30          | 32     | 34     | 32,00  | 32      | 57               | 21      |
| 3,3              | 26,92                            | 32          | 34     | 32     | 32,67  | 32      | 59               | 21      |
| 3,4              | 26,95                            | 30          | 28     | 32     | 30,00  | 30      | 54               | 20      |
| 3,5              | 26,86                            | 30          | 29     | 31     | 30,00  | 30      | 54               | 20      |
| 3,6              | 26,72                            | 34          | 31     | 33     | 32,67  | 33      | 58,5             | 21      |
| Media            | 26,81                            | 31,20       | 30,80  | 32,40  | 31,47  | 31,40   | 56,50            | 20,6    |
| Desv.estan.      | 0,1505                           | 1,7889      | 2,3875 | 1,1402 | 1,3663 | 1,3416  | 2,3979           |         |
| Cvariacion (%)   | 5,6                              | 5,73        | 7,75   | 3,52   | 4,34   | 4,27    | 4,24             |         |
| Mediana          |                                  | 30,00       | 31,00  | 32,00  | 32,00  | 32,00   | 57,00            |         |
| $\sigma_c$ (MPa) |                                  | 55          | 54     | 59     | 55     | 55      |                  |         |
| s (Mpa)          |                                  | 20          | 20     | 21     | 20     | 20      |                  |         |

|                  |        | $\rho_{ap}$ (KN/m <sup>3</sup> ) | Rebote (mm) |        |        |        |         |                  |         |
|------------------|--------|----------------------------------|-------------|--------|--------|--------|---------|------------------|---------|
| Probetas         |        |                                  | X           | Y      | Z      | Media  | Mediana | $\sigma_c$ (MPa) | s (Mpa) |
| 4,2              | 27,44  |                                  | 37          | 37     | 35     | 36,33  | 37      | 76               | 28      |
| 4,3              | 27,34  |                                  | 34          | 34     | 38     | 35,33  | 34      | 72               | 26      |
| 4,4              | 27,30  |                                  | 33          | 32     | 34     | 33,00  | 33      | 62,5             | 23      |
| 4,5              | 27,28  |                                  | 36          | 36     | 37     | 36,33  | 36      | 75               | 28      |
| 4,6              | 27,12  |                                  | 36          | 39     | 42     | 39,00  | 39      | 90               | 32      |
| 4,7              | 27,18  |                                  | 35          | 35     | 37     | 35,67  | 35      | 73               | 26      |
| Media            | 27,28  |                                  | 35,17       | 35,50  | 37,17  | 35,94  | 35,67   | 74,75            | 27,17   |
| Desv.estan.      | 0,1151 |                                  | 1,4720      | 2,4290 | 2,7869 | 1,9370 | 2,1602  | 8,8868           |         |
| Variación (%)    | 0,42   |                                  | 4,19        | 6,84   | 7,50   | 5,39   | 6,06    | 11,89            |         |
| Mediana          |        |                                  | 35,50       | 35,50  | 37,00  | 36,00  | 35,50   | 74,00            |         |
| $\sigma_c$ (MPa) |        |                                  | 71          | 72     | 76     | 70     | 69      |                  |         |
| s (Mpa)          |        |                                  | 26          | 27     | 28     | 25     | 25      |                  |         |

## Anexo IX. DUREZA SHORE-D.

Histogramas de frecuencia de los valores obtenidos del durómetro Shore D. Como ya se ha explicado en la memoria, se han recogido los datos inversos de los que proporciona el durómetro, midiendo de esta manera la facilidad que tiene el punzón a penetrar en la superficie. Los valores que tienen mayor frecuencia corresponden a la calcita, ya que es el mineral predominante, los valores que se encuentran a la izquierda del valor de máxima frecuencia podrían corresponder a medidas realizadas sobre cuarzo, ya que este mineral es más duro que la calcita, y los valores que se encuentran a la derecha del valor de máxima frecuencia podrían ser a puntos con menos dureza como por ejemplo en el contacto entre varios granos, aunque bien es cierto que existe poca variabilidad en los datos obtenidos.

