

## APUNTES SOBRE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

---

Ya que el Instituto, ha invitado á sus socios al estudio de nuestros materiales de construcción, y creyendo que el tema es de toda importancia y actualidad, sin pretender desarrollarlo bajo todas sus facetas, sino simplemente, extimular á mis compañeros al estudio, y contribuir con el fruto de las escasas é imperfectas observaciones que tuve ocasión de hacer, en unión con mi compañero don Benjamín Vivanco, y con la cooperación de don Enrique Leballeur, es que presento los siguientes apuntes y consideraciones sobre algunos de nuestros materiales de construcción. Ellos *pondrán de relieve todo lo que queda por hacer á este respecto.*

---

Con motivo de la construcción de los puentes Maule, Lircay y Longaví, hicimos con el señor Benjamín Vivanco una serie de ensayos de las cales que se nos remitieron para que las usásemos en esas construcciones, y, en resumen, el resultado de esos ensayos fué el siguiente:

Las piedras se quebraron en pedazos de 0.01 de diámetro más ó menos y puestas dentro de un canasto se sumergieron en el agua durante cinco minutos.

1.º *Muestra de La Calera.*—A los diezinueve minutos después de sacadas del agua principiaron á extinguirse uno que

otro pedacito, desarrollando poco calor y casi sin arrojar vapor. Terminó la extinción dos horas cuarenta minutos después de la imersión. El aumento de volumen que hubo después de la extinción fué de  $\frac{1}{3}$  del volumen primitivo y dejó un residuo de materia inerte muy notable.

2.<sup>o</sup> *Muestra Argomedo núm. 1.*—Diez minutos después de la imersión principiaron á extinguirse algunos pedazos, con viveza, desarrollando bastante calor y vapor; continuó el fenómeno con regular actividad y terminó una hora treinta y ocho minutos después de la imersión. Después de apagada dió un volumen 1.22 del volumen primitivo, y dejó un residuo de materia inerte de 0.53 del volumen primitivo.

3.<sup>o</sup> *Muestra Argomedo núm. 2.*—Cuatro minutos después de la imersión principiaron á apagarse con rapidez algunos pedacitos, desarrollando bastante calor y vapor; cinco minutos después, toda la maza se extinguía con viveza, desarrollando mucho calor y vapor, y terminó el fenómeno cincuenta minutos después de la imersión. Después de apagada dió un volumen igual á 1.75 del volumen primitivo, dejando un residuo de materia inerte de 0.56 del volumen primitivo.

4.<sup>o</sup> *Muestra «Lo Aguirre».*—A los siete minutos después de la imersión principiaron á extinguirse algunos pedazos desarrollando bastante calor y vapor, y continuó el fenómeno con regularidad hasta terminar, una hora nueve minutos después de la imersión. Apagada la cal dió un volumen de 1.53 del volumen primitivo y un residuo de materia inerte de 0.20 del volumen primitivo.

5.<sup>o</sup> *Muestra «Lo Espejo».*—Inmediatamente después de la imersión principió toda la maza á apagarse con mediana viveza desarrollando bastante calor y vapor, siguió el fenómeno con regularidad para concluir cincuenta minutos después de la imersión. Apagada dió un volumen de 1.78 del volumen primitivo, y dejó un residuo de materia inerte de 0.07 del volumen primitivo.

6.<sup>o</sup> *Muestra Valdivieso núm. 1.*—Cinco minutos después de la imercion principiaron á apagarse algunos pedacitos lentamente, desarrollando poco calor y vapor; siguió el fenómeno en toda la masa con lentitud, y concluyó una hora treinta minutos después de la imerción. Apagado dió un volumen de 1.29 del volumen primitivo, y un residuo de materia inerte de 0.53 del volumen primitivo.

7.<sup>o</sup> *Muestra Valdivieso núm. 2.*—Después de treinta minutos de la imerción, principiaron á apagarse algunos pedacitos muy lentamente con desarrollo de muy poco calor; siguió después el fenómeno en toda la masa lentamente y terminó una hora cincuenta y cinco minutos después de la imerción. Apagada la cal dió un volumen total de 1.44 del volumen primitivo, y un residuo de materia inerte de 0.66 del volumen primitivo.

8.<sup>o</sup> *Muestra San Fernando (Pelequén).*—Principió la extinción en toda la masa inmediatamente después de la imerción, desarrollando bastante calor y vapor; terminó el fenómeno treinta y tres minutos después de la imerción. Apagada dió un volumen de 1.33 del volumen primitivo y un residuo de materia inerte de 0.33 del mismo volumen.

9.<sup>o</sup> *Muestra C. U. en piedra* (Vencenzo Carfeneto de La Cailera).—Principió á extinguirse inmediatamente después de la imerción dando bastante calor y vapor, continuó el fenómeno de esa manera hasta su terminación que tuvo lugar cuarenta y dos minutos, después de la imerción. Apagada dió un volumen total de 1.28 del volumen primitivo y un residuo de materia inerte de 0.46 del volumen primitivo.

10. *Muestra de la Cruz. Juan E. Garudian.*—Inmediatamente después de la imerción principiaron á extinguirse algunos pedazos sin dar mucho calor ni vapor; siguió el fenómeno lentamente y con regularidad hasta terminar una hora ocho minutos después de la imerción. Apagada dió un volumen total de

1.32 del volumen primitivo y un residuo de materia inerte de 0.45 del mismo volumen.

11. *Muestra Manuel Guerrero. Cuesta de Prado.*—Ocho minutos después de la inmersión principió á desarrollarse calor en toda la masa y se extinguieron algunos pedacitos lentamente sin dar mucho vapor. Siguió el fenómeno con lentitud y terminó una hora ocho minutos después de la inmersión. Apagada dió un volumen total de 1.33 del primitivo y un residuo de materia inerte de 0.13 del volumen primitivo.

---

Generalmente el residuo de materias inertes eran pedazos de la misma piedra caliza mal calcinadas, demostrando así una cocción deficiente y dispareja en las masas.

---

Con las cales anteriores se hicieron almagazas compuestas de tres partes de arena por una de cal: la arena era cuarsosa y de grano grueso. Después de 6 días de seca se hicieron ensayos á la tracción con las diferentes muestras. Estos ensayos fueron hechos sobre tres series, es decir, se habían pegado tres grupos de dos ladrillos cada uno para cada muestra y después se midió el esfuerzo de tracción necesario para despegarlos; y el término medio de los tres resultados es el que figura en las observaciones. Debemos también advertir que no se tomó en cuenta en estas observaciones, el peso del ladrillo inferior, por ser un factor más ó menos constante, y lo que buscábamos nosotros en esos momentos eran resultados relativos y no absolutos puesto que ellos nos bastaban para ver cuál cal deberíamos preferir en nuestras obras, y porque no teníamos como operar de otra manera por falta de elementos más adecuados.

Los resultados en estos ensayos fueron los siguientes:

1.º *Cal de la Rinconada de Lo Espejo*.—Se despegaron los ladrillos con ks. 40.399; soportando este peso tres segundos, lo que da ks. 0.1923 por centímetro cuadrado, como fuerza de tracción necesaria para despegar los materiales unidos con la algamaza.

2.º *Argomedo núm. 1*.—Se despegaron los ladrillos con menos de 8 kilogramos: lo que no alcanzó á representar cinco gramos por centímetro cuadrado.

3.º *Cal de lo Aguirre*.—Se despegaron los ladrillos con un peso de ks. 33.849 ó sea con ks. 0.1564 por centímetro cuadrado.

4.º *Valdivieso núm. 1*.—Se despegaron los ladrillos con ks. 20.833 lo que equivale á un peso de ks. 0.0992 por centímetro cuadrado.

5.º *San Fernando* (Pelequén).—Se despegaron con un peso total de ks. 53.483 soportando este peso un minuto ó sea ks. 0.2431 por centímetro cuadrado.

6.º *Calera*.—Se despegaron los ladrillos con un peso de ks. 6.367 ó sea con ks. 0.003 por centímetro cuadrado.

7.º y 8.º Las muestras *Argomedo núm. 2* y *Valdivieso núm. 2* enviadas como cales hidráulicas, no soportaron un peso de 3 kilogramos después de un día de seca de la algamaza al aire libre y siete días de imersión en el agua.

9.º *Sarnhan*.—Se despegaron los ladrillos con ks. 31.649 sufriendo este peso por más de un segundo ó sea con ks. 0.1393 por centímetro cuadrado.

10. *Manuel Guerrero* (Cuesta de Prado).—Se despegaron los ladrillos con ks. 42.333 soportando este peso más de un segundo, ó sea con ks. 0.1924 por centímetro cuadrado.

11. *Muestra C. V.* apagada (Vencezo, Calera y Carfeneto).—Se despegaron los ladrillos con un peso de ks. 43.766 soportándolo por poco más de un segundo; ó sea con ks. 0.1989 por centímetro cuadrado.

12. *Muestra C. V. en piedra.*—Se despegaron los ladrillos con un peso de ks. 45.943, resistiendo este peso durante cinco segundos, ó sean ks. 0.2497 por centímetro cuadrado.

Resumen:

| MUESTRAS           | Aumento de volumen | Residuo de materia inerte | Aderencia por centím. cuadrado | Orden de hidraulicidad |                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calera. ....       | 0.20               | 1.00                      | 30 grams.                      | .....                  | <p>La hidrulicidad se constató con la auja Vica después de 8 días; 15 días y un mes de imerción.</p> <p>Según las indicaciones de la auja se han colocado los números de orden de hidraulicidad.</p> |
| Argomedo N.º 1..   | 0.22               | 0.53                      | 25                             | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| Argomedo N.º 2..   | 0.75               | 0.56                      | 5                              | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| Aguirre. ....      | 0.53               | 0.20                      | 1564                           | 2                      |                                                                                                                                                                                                      |
| Lo Espejo. ....    | 0.78               | 0.07                      | 1923                           | 1                      |                                                                                                                                                                                                      |
| Valdivieso N.º 1.. | 0.29               | 0.53                      | 99                             | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| Valdivieso N.º 2.. | 0.14               | 0.66                      | 100                            | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| San Fernando....   | 0.33               | 0.33                      | 2431                           | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| C. V. piedra.....  | 0.28               | 0.46                      | 2497                           | 3                      |                                                                                                                                                                                                      |
| C. V. apagada....  | .....              | .....                     | 1989                           | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| Manuel Guerrero..  | 0.33               | 0.13                      | 1924                           | .....                  |                                                                                                                                                                                                      |
| Sarnhan .....      | 0.32               | 0.45                      | 1393                           | 4                      |                                                                                                                                                                                                      |

Se ve pues que, de los resultados que obtuvimos con esos ensayos, puede considerarse como buena cal grasa la de Pelequén ó San Fernando, como la designaron en las muestras en aquel entonces; y como la mejor ó con más indicios de hidraulicidad la de La Rinconada de Lo Espejo.

Esto también prueba que tenemos cales que, si fueran cocidas y tratadas convenientemente, podrían dar productos muy

superiores á los que nos arrojaron los ensayos hechos por nosotros.

---

Los precios de la piedra canteada de los presupuestos de los puentes Maule, Lircay y Longaví eran:

Para el Maule y la vertiente se calcularon las albañilerías tomando como precio de la piedra canteada ordinaria 16 pesos metro cúbico y el de 20 pesos para metro cúbico de piedra canteada lisa.

Para el Lircay se presupuestó á 16 pesos el metro cúbico de piedra canteada ordinaria y 20 pesos el metro cúbico de piedra canteada lisa.

Y para el Longaví se presupuestaron las albañilerías con 17 pesos el metro cúbico de piedra canteada ordinaria y 22 pesos el de piedra canteada lisa.

Con estos precios pudimos, sin salir de los presupuestos, atender toda la piedra canteada que exigían las obras menos las cornisas de los estribos y machones del puente del Maule, como así mismo las cornisas y dovelas de los arcos del puente del Longaví.

No queriendo aumentar los gastos más allá de lo presupuestado, resolvimos hacer las cornisas y las dovelas de los arcos con piedra artificial; pero no siguiendo las recetas del lector coiquet por cuanto no creímos conveniente entonces hacer las mezclas con cemento y cal y sólo tomamos mezclas de cemento y arena. Siendo la proporción de 3 por 1 la que nos dió mejor resultado, y con un costo de 17 pesos el metro cúbico, incluyendo en ese precio el costo de los moldes, etc., etc.

Para darnos cuenta de la resistencia que tendrían estos bloques artificiales, y cuál era la arena y proporción que más convendría tomar, hicimos, ayudados por don Enrique Leballeaur, una serie de ensayos, cuyos resultados generales fueron los siguientes:

Careciendo de todo elemento adecuado para estos ensayos, nos valimos de la prensa hidráulica que estaba montada en la maestranza de la estación de los Ferrocarriles del Estado y que servía para calar las ruedas de las locomotoras. Por consiguiente no se pueden tomar los datos que apuntaremos como cifras exactas sino como los mínimos de resistencia, puesto que las condiciones en que fueron efectuados los ensayos eran defectuosos y desfavorables para la resistencia de los materiales, no consiguiéndose, en ocasiones, poner bien paralelos los planos de compresión.

El manómetro de la prensa estaba dividido de manera que cada división representaba una presión de 112 libras inglesas por pulgada cuadrada de superficie. El diámetro del pistón de la prensa era de 9" pulgadas inglesas ó sean 0<sup>m</sup>229.

#### PRIMERA SERIE DE ENSAYOS

1.º Piedra artificial compuesta de 4 de arena por 1 de cemento (marca Fox), hecha el 7 de Julio y ensayada el 20 de Agosto, es decir con 44 días de seca.

La piedra medía 0.11 × 0.18 × 0.165 y fué comprimida en el sentido de la pisoneadura dando los siguientes resultados:

Con 5½ líneas de presión en el manómetro principió á dar grietas y concluyó de romperse con 8 líneas de presión, ó bien principiaron las grietas con ks. 97.88 por centímetro cuadrado y se rompió con ks. 142.38 por centímetro cuadrado.

2.º Otra piedra de la misma mezcla que la anterior y que medía 0.155 × 0.11 × 0.18 y con el mismo tiempo de seca, comprimida en sentido contrario á la pisoneadura dió los siguientes resultados:

Se manifestaron las grietas con 5 líneas del manómetro y rompió con 7 líneas de presión: ó bien, grietó con ks. 81.49 por centímetro cuadrado, y rompió con ks. 114.09 por centímetro cuadrado.

3.º Una piedra artificial hecha con mezcla de 3 de arena por 1 de cemento, el 9 de Julio y que medía  $0.11 \times 0.17 \times 0.18$  dió los siguientes resultados el 20 de Agosto del mismo año:

Comprimida según la pisoneadura dió grietas con  $2\frac{1}{2}$  líneas de presión ó sea con ks. 32.91 por centímetro cuadrado y rompió con 5 líneas el manómetro, ó sea con ks. 75.82 por centímetro cuadrado.

Al romperse se notó muy húmeda la parte interior de la piedra.

4.º Otra muestra de piedra artificial, de mezcla de 4 por 1, hecho el 7 de Julio y comprimida el 20 de Agosto y ensayada contra la pisoneadura, dió grietas con  $2\frac{1}{2}$  líneas de manómetro ó sea con ks. 40.73 por centímetro cuadrado y rompió con  $8\frac{1}{2}$  líneas de manómetro, ó sea con ks. 138.54 por centímetro cuadrado. Esta piedra al ensayarse se ladeó un poco, y al principio fué cargada más un lado que del otro.

5.º Otra muestra hecha con 3 de arena por 1 de cemento, comprimida contra la pisoneadura, y teniendo desde el 7 de Julio al 20 de Agosto, principió á agrietarse con  $2\frac{1}{2}$  líneas del manómetro, ó sea con ks. 40.73 por centímetro cuadrado y rompió con 5 líneas de presión, ó sea con ks. 75.82 por centímetro cuadrado.

6.º Otra muestra, de 4 por 1, hecha el 9 de Julio y ensayada el 20 de Agosto, comprimida en el sentido de la pisoneadura, dió grietas con  $2\frac{1}{2}$  líneas del manómetro, ó sea con ks. 44.77 por centímetro cuadrado y rompió con ks. 88.95 por centímetro cuadrado.

---

La segunda serie de ensayos fué hecha el 22 de Septiembre en las mismas condiciones por cuanto no teníamos otra prensa disponible que la de la Estación, que poco se prestaba para ello; pero que, por lo menos daba resultados comparativos desde que

operábamos siempre con los mismos elementos, y dieron los siguientes resultados:

1.º Piedra artificial, de  $3 \times 1$  hecho el 9 de Julio, y midiendo  $0.165 \times 0.11 \times 0.18$  comprimida en el sentido de la pisoneadura, principió á agrietarse con 6 líneas del manómetro, ó sea con ks. 106.86 por centímetro cuadrado, y rompió con  $5\frac{1}{2}$  líneas de presión, ó sea con ks. 115.76 por centímetro cuadrado.

2.º Otra muestra de  $3 \times 1$  hecho el 7 de Julio con  $0.11 \times 0.175 \times 0.165$  comprimida en sentido contrario á la pisoneadura, principió á agrietarse con  $2\frac{1}{2}$  líneas de manómetro, ó sea con ks. 41.07 por centímetro cuadrado, y rompió con  $4\frac{1}{2}$  líneas, ó sea con ks. 75.73 por centímetro cuadrado.

3.º Otra muestra de  $3 \times 1$  comprimida según la pisoneadura, y que medía  $0.18 \times 0.165 \times 0.11$  se agrietó con  $2\frac{1}{2}$  líneas de manómetro, ó sea con ks. 27.42 por centímetro cuadrado, y rompió con 10 líneas de manómetro, ó sea con ks. 119.70 por centímetro cuadrado.

4.º Otra de  $3 \times 1$  comprimida contra pisoneadura, y con dimensiones de  $0.165 \times 0.11 \times 0.18$  se agrietó con  $2\frac{1}{2}$  líneas de manómetro, ó sea con ks. 44.52 por centímetro cuadrado y rompió con 6 líneas de manómetro, ó sea con ks. 106.86 por centímetro cuadrado.

5.º Muestra de  $4 \times 1$ , con dimensiones de  $0.165 \times 0.11 \times 0.18$  comprimida según la pisoneadura, se agrietó con 5 líneas de manómetro, ó sea con ks. 89.05 por centímetro cuadrado, y rompió con 10 líneas de manómetro, ó sea ks. 178.81 por centímetro cuadrado.

6.º Otra muestra con  $4 \times 1$  de mezcla y con  $0.11 \times 0.18 \times 0.165$  comprimida contra pisoneadura, agrietó con 5 líneas de manómetro, ó sea ks. 81.80 por centímetro cuadrado, y rompió con  $8\frac{1}{2}$  líneas, ó sea con ks. 139.06 por centímetro cuadrado.

## RESUMEN DE LOS ENSAYOS

TODAS LAS MEZCLAS FUERON HECHAS CON ARENA DE RÍO Y CEMENO PORTLAND MARCA FOX

| N.º del ensayo | Proporción de la mezcla al volumen | Fecha de la fabricación de la piedra | Fecha del ensayo | Sentido de la comprensión | Presión por cent. cuadr. |        | Observaciones                                                                                                            |
|----------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                    |                                      |                  |                           | Principió á agrietar     | Rompió |                                                                                                                          |
| 1              | 4 × 1                              | Junio 7                              | Agosto 20        | Según pisón               | ks. 97.88                | 142.38 | Se ladió la piedra compresión mala al principio.<br>Se ladeó la piedra.<br>El centro estaba húmedo.<br>El centro húmedo. |
| 2              | 4 × 1                              | » »                                  | » »              | Contra íd.                | 81.49                    | 114.09 |                                                                                                                          |
| 4              | 4 × 1                              | » »                                  | » »              | íd. íd.                   | 40.73                    | 138.54 |                                                                                                                          |
| 6              | 4 × 1                              | » 9                                  | » »              | Según íd.                 | 44.47                    | 88.95  |                                                                                                                          |
| 3              | 3 × 1                              | » »                                  | » »              | íd. íd.                   | 32.91                    | 75.82  |                                                                                                                          |
| 5              | 3 × 1                              | » »                                  | » »              | Contra íd.                | 40.73                    | 75.82  |                                                                                                                          |
| Segunda serie  |                                    |                                      |                  |                           |                          |        |                                                                                                                          |
| 1              | 3 × 1                              | Junio 9                              | Septiembre 22    | Según pisón               | ks. 106.86               | 115.76 | Se ladeó.                                                                                                                |
| 2              | 3 × 1                              | » »                                  | » »              | Contra íd.                | 41.07                    | 75.73  |                                                                                                                          |
| 3              | 3 × 1                              | » 7                                  | » »              | íd. íd.                   | 27.42                    | 109.70 |                                                                                                                          |
| 4              | 3 × 1                              | » »                                  | » »              | Según íd.                 | 44.52                    | 106.86 |                                                                                                                          |
| 5              | 4 × 1                              | » »                                  | » »              | íd. íd.                   | 89.05                    | 78.81  |                                                                                                                          |
| 6              | 4 × 1                              | » »                                  | » »              | Contra íd.                | 81.80                    | 139.06 |                                                                                                                          |

Se ve pues de lo anterior, todo lo que hay que esperar de las piedras artificiales y cuánta ventaja encontraron los constructores en recurrir á ellas en muchas ocasiones. Estos mismos datos, que no pueden tomarse sino como aproximados dada la deficiencia de los ensayos, ponen también de manifiesto la importancia del negociado y es de esperar que sirvan de estímulo para repetir los ensayos ya que, á la fecha, tenemos mejores cales en el país y aún cementos y se encuentra armada en la Escuela de Artes y Oficio una espléndida máquina para ensayar materiales.

---

Ahora, como puntos de comparación daré también los resultados que obtuve, ensayando piedras de nuestras canteras, en las mismas condiciones y con la misma prensa de calar ruédas de locomotoras.

---

1.º Un dado de piedra natural de las canteras del Maule de 0.10 por costado, comprimido, principiaron á saltárseles las esquinas con 5 líneas del manómetro ó sea con ks. 127.76 por centímetro cuadrado. Se agrietó con 8 líneas de presión, ó sea con ks. 258 por centímetro cuadrado y rompió con 21 líneas de manómetro, ó sea ks. 678 por centímetro cuadrado, quedando el núcleo central bueno.

2.º Otra muestra de las mismas dimensiones y de la misma cantera dió los siguientes resultados: principiaron á soltarse las esquinas con 5 líneas de manómetro ó sea ks. 127.76 por centímetro cuadrado, á agrietarse con 8 líneas de manómetro, ó sea ks. 258 por centímetro cuadrado, y rompió con 20½ líneas, ó sean k. 661. 86 por centímetro cuadrado, quedando el núcleo central intacto.

3.º Un cubo de piedra natural azuleja de los adoquinados de Santiago, de 0.10 de costado dió los siguientes resultados: prin-

ció á agrietarse con cinco líneas de manómetro ó sea con ks. 12,776 por centímetro cuadrado: y se agrietó y rompió completamente con 8 líneas de manómetro, ó sea con ks. 258.30 por centímetro cuadrado.

4.º Otra muestra de piedra rosada de loza de Santiago, dió en cubos de 0.10 por costado, principió á agrietarse con 2 líneas de manómetro, ó sea con ks. 64.63 por centímetro cuadrado, y se rompió en pedazos con 5 líneas de presión, ó sea con ks. 127.76 por centímetro cuadrado. Estos ensayos se pueden resumir en el cuadro siguiente:

| DESIGNACIÓN DE LA MUESTRA              | PRESIONES POR CENTÍMETRO CUADRADO |                      |                |            |
|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------|------------|
|                                        | SALTARON LAS ESQUINAS             | PRINCIPIO DE GRIETAS | SALTAN PEDAZOS | ROMPIÓ     |
| Piedra de la cantera del Maule.....    | ks. 127.76                        | 258.00               | 419.84         | 678.14     |
| Otra cantera del Maule .....           | ks. 127.76                        | 258.00               | 419.84         | 661.86     |
| Piedra azul de adoquines de Santiago.  | —                                 | ks. 127.00           | —              | ks. 258.00 |
| Piedra rozada de loza de Santiago..... | —                                 | ks. 64.00            | —              | 127.76     |

Se habrá notado que, en las mezclas de las piedras artificiales usadas en los puentes del Maule y Longaví, no hemos empleado sino la arena y el cemento, excluyendo las cales. Y la razón de ello es la siguiente: hasta esa época, no conocíamos ensayos bastantes completos de nuestras cales para poder juzgar de sus propiedades y, á más de eso, dominaban entonces las ideas emitidas por Vicat, y no se creía conveniente hacer

mezclas de cal con cemento, por cuanto Vicat estimaba que el cemento en medio de la cal era dañino. Había observado que el cemento se endurecía sólo, antes que se provocase el endurecimiento de la masa. Las observaciones de Vicat, son justificadas, pero es preciso no perder de vista que *sólo son aplicables al cemento romano*, es decir, al cemento de presa violenta, y que no tienen razón de ser con los cementos de presa lenta que se usan actualmente como el Portland.

La práctica ha demostrado ahora de una manera evidente que, formando las mezclas con una parte de cal agregándole  $\frac{1}{4}$  ó  $\frac{1}{5}$  de cemento, se obtienen mezclas económicas y de excelente calidad.

El cemento en estas proporciones tiene la ventaja de excitar la presa de la cal ó aumentar la resistencia del mortero. La mezcla de cemento puede hacerse con las cales grasas casi con tanto éxito como con las cales hidráulicas.

Estas observaciones de la práctica están llamadas á tener aplicaciones inmediatas entre nosotros dada la buena calidad de algunos de nuestras cales; y como dato que puede servir de base para estudios y ensayos daremos la fórmula general que se usa para la confección de los bloques artificiales conocidos con el nombre de Betón Coignet, que tan buenos servicios ha prestado en Europa á los constructores y cuya confección podemos reproducir fácilmente entre nosotros. La generalidad de los morteros Coignet tienen la fórmula:

Arena  $1^m3$  + cal 125 á 150 ks. + cemento 50 á 60 ks.

Otra mezcla para bloques muy usada en Inglaterra y que los ingenieros ingleses la recomiendan como impermeable, es la compuesta de 1 parte de cemento, 2 de cal apagada y 6 de arena; otros autores ingleses dan también la receta siguiente recomendándola casi tanto como la anterior: 1 de cemento,  $\frac{1}{4}$

de cal apagada y  $2\frac{1}{2}$  de arena. Pero no especificándose en las recetas anteriores, qué clase de cal ni qué clase de cementos han sido los empleados generalmente para la confección de los bloques, no podemos tomarlas sino como indicaciones que conviene ensayar con nuestros materiales nacionales.

---

La densidad del Betón Coignet varía entre 2085 á 2348 ks., lo que prueba que puede luchar con una buena mampostería de granito que pesa 2160 á 2250 ks. por metro cúbico, cuando el peso de estas construcciones figura como condición de resistencia. El peso de una albañilería de ladrillo está comprendido entre 1700 ó 2000 ks. por metro cúbico, y las mamposterías comunes de rocas areniscas ó calcáreas no pasan de 2300 ks. el metro cúbico.

A veces para la estabilidad de las construcciones hay que conocer el coeficiente de frotamiento, por cuanto hay que impedir el resbalamiento de los macizos de albañilerías y éste varía de 0.40 á 0.80, según la naturaleza del suelo; y los señores Müller y Brerlau admiten 0.70 como coeficiente de frotamiento; en Francia admiten en éstos 0.75 generalmente; y como coeficiente de dilatación lineal 0.0000 143 para el betón coeficiente tres veces menor que el de las albañilerías de ladrillos colocados de plano y pegados con el mismo mortero con que se ha confeccionado el betón, y es el doble de la de la cifra anterior ó sea  $\frac{2}{3}$  del betón si los ladrillos están colocados de canto.

---

Si el año 1880 y 1881 era más económico recurrir al empleo de las piedras artificiales por cuanto ya los precios de la piedra canteada lisa eran subidos, con tanta mayor razón existen estas circunstancias ahora que el precio del canteo ha subido en ge-

neral y que, como ya lo hemos dicho, podemos abaratar la confección de las piedras artificiales usando mezclas con cal y cemento. De todos modos, el estudio económico del negociado debe ser local en vista de los precios de los elementos disponibles.

Así en Santiago se puede decir que el metro cúbico de piedra canteada del cerro Blanco se obtiene á 50 pesos.

El metro cuadrado de canteo liso y pulido en piedra verde de Talca, de la cantera de Rauquén, de 25 á 30 pesos, teniendo la piedra 0.30 de cala.

En Rengo se obtiene la solera de piedra blanca-rosada de 0.15 x 0.10 y con 0.20 de cala á 25 centavos metro, y la que llaman pretils de 0.10 x 0.30 canteadas con 0.30 de cala á 2 pesos 50 centavos metro.

Con estos precios evidentemente que hay ventaja en reemplazar la piedra canteada por piedra artificial cuando la cantidad que se necesita es bastante, porque de otra manera el precio de los moldes que hay que utilizar superaría.

Pero en la Serena, que es donde se encuentra la mejor piedra de cantería, piedra que se puede aserrar y endurecer después, con la que se ha construído la Catedral, y que en la localidad llaman piedra-loza, que no costará más de 25 pesos el metro cúbico; donde la baratura de la piedra iguala casi al precio de la albañilería de ladrillo, tendría que estudiarse bien los detalles antes de entrar á la fabricación de dados artificiales.

Aún aquí en Santiago, si hubiese facilidades para traer á poco costo piedras de las canteras de San Ignacio, de los cerros de Conchalí, donde se encuentra una piedra amarilla-ocre, que á la vista parece una arenisca comprimida, no habiendo podido conseguir detalles de su análisis; piedra que no sufre alteración con la helada y que se deja trabajar con facilidad, quizá abarataría el precio de la piedra canteada en proporciones suficientes para rivalizar con los bloques Coignet ó piedra artificial. Lo

anterior pone pues de relieve que, la cuestión económica, debe en todo caso estudiarse en detalle en cada caso particular.

Concluiré las presentes observaciones, que están destinadas simplemente á la atención de mis colegas sobre un punto de alta importancia para las construcciones venideras, por cuanto no dudo que se puedan abaratar, en todo lo que se relaciona con piedra tallada, reemplazándola por bloques artificiales, dando las principales condiciones que se exigen, en todas partes, á los cementos que se usan para la formación de estos bloques.

El cemento de presa rápida llamado generalmente cemento romano, es completamente excluído en estos casos: sólo se usan y se recomiendan los cementos denominados *Portland* de presa lenta; pero como se elaboran también cementos *Portland* de presa rápida, hay que precisar y detallar esta condición.

El cemento *Portland* exige una gran regularidad de composición, razón por la cual se excluyen, en general, los cementos naturales, y son preferidos los de fabricación artificial en las cales los elementos que lo constituyen se encuentran siempre en una proporción casi constante.

Se exige que los cementos no tengan más de 1 á 1.5% de sulfato de cal, por cuanto este mezclado con el agua se hincha y provoca grietas. La presencia de sulfato de cal es inadmisible, para los cementos destinados á trabajos marítimos: provocarían la alteración de los morteros.

El cemento debe estar bien molido, siendo esta una condición esencial de su buena calidad; un cemento que no deja más que 20% de residuo en un tamis de 900 mallas, es ya considerado como bueno; sin embargo, en la práctica, para el uso de piedras artificiales, se usan tamises de 900 á 5,000 mallas por centímetro cuadrado. De ordinario se fija la densidad de los cementos, como precaución ó requisito que garantice una buena cocción, por cuanto, como el cemento debe provenir de rocas bien cocidas, las que pesarán más porque quedarán más aglomeradas,

más secas y compactas, deducen como consecuencia que el cemento ligero debe ser sospechoso. La observación parece exacta en la práctica; pero como lo observa, muy bien Mahiels de donde tomo estas notas, es preciso saber medir el volumen de cemento que se pesa, por cuanto este es comprensible. Por lo tanto, ahora se estipula en los pliegos de condiciones *que se pesará el cemento tomando un volumen determinado y se medirá sin compresión*. La medida de capacidad que se admite es generalmente el litro ó el hectólitro y un Portland bien molido debe acusar una necesidad que osile entre 1400 á 1600 kilogramos el metro cúbico, ó bien 130 kilogramos por hectólitro; y en estos casos, cuando se mide al litro no da más de 11 á 12 kilogramos y aún 10 kilogramos por litro, lo que es un mínimum por efecto de la compresión de la masa en polvo en medidas como el hectólitro y metro cúbico.

Un peso específico de 3.05 á 3.15 se exige generalmente á los cementos Portland artificiales.

Para la confección de piedras artificiales hay una condición esencial exigida por todas las administraciones y es el tiempo que debe durar la presa del cemento. Si el cemento principia á hacer presa mucho tiempo después de confeccionada la mezcla, indicaría que estaba averiado ó no era de buena calidad: de ordinario, principia la presa 20 minutos después de mezclado con agua y concluye 4 á 5 horas después. Si se demorase mucho tiempo en formar presa completa, sería también defectuoso por cuanto el endurecimiento muy lento provocaría tasamientos, cuando los bloques deben ser cargados ó tienen dimensiones fuertes, y no podrían sacarse de los moldes ó de los cofres sino algún tiempo después de confeccionados.

Se exige también la invariabilidad de volumen ó la pasta de cemento puro, es decir, que no experimente contracciones ni se agriete, cualidad que es esencial para asegurar á las albañilerías una homogeneidad perfecta.

Para fijar algunas cifras que puedan servir de puntos de comparación con ensayos futuros, ó de puntos de partidas para cálculos de resistencia, daremos el cuadro siguiente, tomado de la obra que á principio del presente año ha publicado el señor Armando Mahiels.

| Nacionalidad de las fábricas | PRESA      |                | Residuo máximo al arnero de 900 mallas | Resistencia á la tracción por cent. cuadr.  |                                              |                                             |                                              |
|------------------------------|------------|----------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                              | PRINCIPIO  | PRESA COMPLETA |                                        | Cemento puro                                |                                              | I. Cemento + 3 Arena                        |                                              |
|                              |            |                |                                        | 1 día al aire<br>×<br>6 días de<br>imerción | 1 día al aire<br>×<br>27 días de<br>imerción | 1 día al aire<br>×<br>6 días de<br>imerción | 1 día al aire<br>×<br>27 días de<br>imerción |
| Coefficientes impuestos      | ½ hora     | 3 á 12 h.      | 15%                                    | 25 Kilog.                                   | 35 Kilog.                                    | 8 Kilog.                                    | 15 Kilog.                                    |
| Francesa.                    | 1 h. 18 m. | 5 h. 50 m.     | 7.45                                   | ks. 33.70                                   | ks. 43.60                                    | ks. 14.90                                   | ks. 22.70                                    |
| »                            | 3 h. 0 m.  | 7 h. 32 m.     | 7.90                                   | 40.70                                       | 46.70                                        | 18.60                                       | 25.00                                        |
| Belga.....                   | 0 h. 32 m. | 3 h. 16 m.     | 3.25                                   | 34.30                                       | 45.50                                        | 19.60                                       | 26.20                                        |
| »                            | 1 h. 11 m. | 6 h. 20 m.     | 5.60                                   | 37.50                                       | 51.10                                        | 18.70                                       | 25.60                                        |
| »                            | 1 h. 23 m. | 6 h. 37 m.     | 7.20                                   | 39.20                                       | 51.10                                        | 20.00                                       | 25.80                                        |
| »                            | 1 h. 32 m. | 6 h. 14 m.     | 7.5                                    | 37.00                                       | 50.10                                        | 18.70                                       | 26.30                                        |

Como se ve por las cifras anteriores se pidieron para la construcción del betón de los fuertes de Meusa, cementos que principiasen á hacer presa media hora después de mezclados y que el fenómeno estuviese concluído entre 3 á 12 horas después. Esta condición fué llenada en cuanto al inicio de la presa que por una sóla muestra de cemento en la cual se efectuó el fenómeno á los treinta y dos minutos después de hecha la mezcla. En todos los otros se iniciaba la presa poco después de la hora y cuarto ú hora y media de hecha la mezcla: sólo una marca francesa dió un resultado de iniciación de presa muy lenta, tres horas después de hecha la mezcla.

En cuanto al final del fenómeno de presa, que se fijó en las condiciones que tuviese lugar entre las 3 á 12 horas siguientes: todos los cementos presentados llenaron este requisito siendo el más lento de 7 horas 32 minutos, y el más rápido de 5 horas 50 minutos.

Todos llenaron muy satisfactoriamente la condición impuesta de no dejar un residuo superior al 15% al pasar por un tamis de 900 mallas por centímetro cuadrado: siendo 7.5% el máximo y 3.25% el mínimo de lo que dió la práctica.

Respecto á la resistencia por centímetro cuadrado que se pidió de ks. 25 por centímetro cuadrado después de un día de seca al aire más seis días de imersión en el agua, todas superaron, dando el que menos 33 kilog. 70 gr., y el que más 40 kilog. 70 gr. por centímetro cuadrado. Otro tanto, tuvo lugar con la resistencia pedida de 35 kilogramos por centímetro cuadrado después de un día de seca al aire y más 27 de imersión en el agua; fué superada, dando el que menos ks. 43.60 y el que más 51 kilogramos 10 gramos por centímetro cuadrado.

Mas notables fueron las diferencias encontradas entre las exigencias puestas en los pliegos de condiciones respecto á la resistencia de la mezcla de uno de cemento por tres de arena. Esta mezcla, después de un día de seca al aire, más seis días de imersión debía resistir ks. 8 por centímetro cuadrado, todos dieron resultados más del doble menos uno que sólo dió 14 kilog. 90 gr. siendo ks. 20 la mayor resistencia obtenida. A la misma mezcla, con un día de seca al aire más veintisiete días de imersión, se le exigía una resistencia de ks. 15 por centímetro cuadrado todos los cementos empleados superaron estas cifras, dando el que menos 22 kilog. 70 gr. y el que más 26 kilog. 30 gr. Lo que pone de manifiesto que las condiciones que la administración Belga encuentra que deben satisfacer los cementos destinados á la confección de betones ó piedras artificiales, son llevadas fácilmente por los industriales, superándolas con toda facilidad, por lo tanto

esas cifras pueden servir de base entre nosotros para fijar las exigencias de los ensayos, etc., si llegase el caso de recurrir nuevamente al uso de bloques artificiales como nos aconteció á nosotros en los puentes del Maule y Longaví.

Santiago, Septiembre 22 de 1894.

D. V. SANTA MARÍA.