

## EL HORMIGON DE CEMENTO.

---

POR FRANCIS JOHN PRESTON.

---

*(Minutes of Proceedings. Inst. C. E. Vol. CXXXII., páj. 355.)*

---

Mucha vaguedad existe todavía acerca del método para proporcionar correctamente las partes componentes del hormigon de cemento. En una nota leida ante la reunion celebrada por el Instituto en Mayo de 1897, Mr. John Kyle dió la siguiente proporcion de materiales: ".....digamos 4 partes de piedra chancada que pasen por un anillo de 3"  $\frac{1}{4}$ , 2 partes que pasen por uno de 1"  $\frac{1}{4}$  por 2 de arena i 1 de cemento." Si se admite que para hacer un buen hormigon es algo esencial el que todos los intersticios del conjunto deben estar llenos de mezcla, i que un pequeño exceso de mezcla debe existir para rodear las piedras, dicho hormigon no puede hacerse con las proporciones mencionadas, ni tampoco con 6 partes de ninguna piedra quebrada de tamaño ordinario. Mas aun, dicho hormigon no puede hacerse si se usan proporciones de 1 de cemento, 2 de arena i 7 o mas de piedra. Aun 6 partes de piedra dejan sólo un pequeño márjen de mezcla en exceso sobre los intersticios. Una parte de cemento i 2 partes de arena dan  $\frac{(1+2)3}{4}$  partes = 2,25 partes de mezcla; o, si se da la cantidad de mezcla, entónces la cantidad de cemento i arena debe ser  $\frac{1}{3}$  parte mayor. Pequeñas

variaciones, que dependen de la clase de arena empleada, pueden resultar.

El por ciento de los intersticios de diversas muestras de piedra chancada de la clase mencionada es en promedio 48%. El por ciento de los intersticios de diversas muestras de cascajo examinadas varió entre 33 i 38%. Mr. J. W. Sandeman da 50,9% de intersticios para la piedra chancada i 33,6% para el cascajo. Con un hormigon compuesto de 1 parte de cemento, 2 partes de arena i 6 partes de piedra chancada, con 48% de intersticios, se obtienen los resultados siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Mezcla} &= \frac{(1 \text{ parte de cemento} + 2 \text{ partes de arena})}{4} \overset{\text{Partes}}{=} 2,25 \\ \text{Intersticios} &= 6 \text{ partes} \times 0,48 \dots\dots\dots = 2,88 \end{aligned}$$

Es decir, que los intersticios son mui superiores a la mezcla suministrada, i el 10½% del hormigon se compondrá de agregados.

En el caso de hormigon compuesto de 1 parte de cemento, 2 partes de arena i 7 partes de cascajo, tomando el porcentaje mas bajo de intersticios, es decir 33%:

$$\begin{aligned} \text{Mezcla (como ántes)} &\dots\dots\dots \overset{\text{Partes}}{=} 2,25 \\ \text{Intersticios} &= 7 \text{ partes} \times 0,33 \dots\dots\dots = 2,31 \end{aligned}$$

Con 1 parte de cemento, 2 partes de arena i 6 partes de cascajo:

$$\begin{aligned} \text{Mezcla (como ántes)} &\dots\dots\dots \overset{\text{Partes}}{=} 2,25 \\ \text{Intersticios} &= 6 \times 0,33 \dots\dots\dots = 1,98 \\ \text{Mezcla en exceso sobre los intersticios} &\dots\dots\dots = 0,27 \end{aligned}$$

De manera que la mezcla está en exceso sobre los intersticios en sólo 5% del agregado, cantidad apenas suficiente.

Luego en el hormigon de cemento hecho segun las proporciones señaladas, 10% consistiria en espacios vacíos. Es posible que tal hormigon sea suficientemente bueno para el objeto en vista, pero no puede recomendarse en jeneral.

Para poder determinar correctamente las partes componentes del hormigon es necesario: (1) fijar la proporcion de cemento i arena que se va a usar: 1 a 2 es una proporcion utilizable en la mayoría de los casos; (2) determinar la cantidad de mezcla que la proporcion elejida produce; (3) conocer aproximadamente el por ciento de los intersticios del agregado; (4) fijar un por ciento determinado de mezcla en exceso sobre los intersticios para rodear las piedras i para cubrir las variaciones en el por ciento de los intersticios en el mismo agregado. Una cantidad de mezcla en exceso igual al 10% del agregado, es suficiente de ordinario.

El por ciento de los intersticios puede determinarse con la aproximacion suficiente llenando un estanque, cuya capacidad se conoce, con muestras del agregado. Si se llena de agua entónces el estanque hasta el borde, es decir, si todos los intersticios se llenan i se anota la cantidad de agua requerida, el por ciento de los intersticios puede ser calculado. Si, para tener un control, se saca el agua i se mide nuevamente, el por ciento de los intersticios debe ser un promedio entre la cantidad de agua que se puso i la que se saca; en el caso de que los materiales usados absorban mucha agua, debeu ser remojados ántes de ser colocados en el estanque.

Los ejemplos siguientes se dan para mostrar cómo se puede determinar correctamente la proporcion de cemento, arena i agregado que entra en 100 partes de hormigon preparado.

(1) En este caso las proporciones elejidas son: 1 parte de cemento, 2 partes de arena, i piedra chancada que tenga 48% de intersticios; siendo el exceso de mezcla requerido igual al 10% del agregado.

Entónces si.....  $x$  = agregado sin exceso de mezcla

$$x + \frac{1}{10}x = 100 \text{ partes de hormigon terminado.}$$

$$\begin{array}{l}
 i \dots\dots\dots x = 90,90 \text{ partes} = \text{agregado.} \\
 \left. \begin{array}{l}
 \text{La mezcla en exceso sobre} \\
 \text{los intersticios} \dots\dots\dots
 \end{array} \right\} = 9,09 \quad \text{,,} = 10\% \text{ del agregado.} \\
 \hline
 99,99 \quad \text{,,}
 \end{array}$$

	Partes
Los intersticios (que deben llenarse de mezcla) = $90,9 \times 0,48$ .....	= 43,63
Mezcla en exceso sobre los intersticios = $90,9 \times 0,10$ .....	= 9,09
Mezcla total requerida .....	= 52,72
Para hallar la arena i el cemento, agréguese $\frac{1}{4}$ .....	= 17,57
La tercera parte de esta cantidad .....	= 70,29
corresponde a 1 parte de cemento .....	= 23,43
Las 2 partes de arena son .....	= 46,86
i el agregado .....	= 90,90
	161,19

Donde se vé que con esta clase de piedra escasamente 4 partes pueden usarse por 1 de cemento.

(2) Una parte de cemento, 2% partes de arena, i cascajo con 30% de intersticios; mezcla en exceso sobre los intersticios en cantidad igual al 15% del agregado.

$$\begin{array}{l}
 Si \dots\dots\dots x = \text{agregado} \\
 \quad \quad \quad x + 0,15x = 100 \text{ partes} \\
 i \dots\dots\dots x = 86,95 \text{ partes} = \text{agregado.} \\
 \left. \begin{array}{l}
 \text{Mezcla en exceso sobre los} \\
 \text{intersticios} \dots\dots\dots
 \end{array} \right\} = 13,04 \text{ partes} = 15\% \text{ del agregado.} \\
 \hline
 99,99
 \end{array}$$

	Partes
Intersticios que deben llenarse con mezcla = $86,95 \times 0,30$ .	= 26,08
Mezcla en exceso sobre los intersticios = $86,95 \times 0,15$ .	= 13,04
	<hr/>
Mezcla total requerida.....	= 39,12
Para determinar el cemento i la arena, agréguese $\frac{1}{2}$ .....	= 13,04
	<hr/>
	52,16
	<hr/>
La sétima parte.....	= 7,45
multiplicada por.....	2
	<hr/>
da 1 parte de cemento.....	= 14,90
$2\frac{1}{2}$ partes de arena .....	= 37,25
Agregado.....	= 86,95
	<hr/>
	139,10
	<hr/> <hr/>

Si en lugar de fijar la cantidad de mezcla que se va a usar, se fijan ciertas proporciones, como, por ejemplo, 1 parte de cemento, 2 partes de arena i 6 de piedra, es necesario determinar si tales proporciones producen la mezcla suficiente, determinacion que haria abandonar probablemente, para las buenas construcciones, dicha especificacion de 1 parte de cemento por 2 de arena i 6 de piedra chancada.

(3) Supongamos que se elije la proporcion de 1 parte de cemento por 2 partes de arena i 4 de piedra chancada que tenga 48% de intersticios, i se desea conocer cuánto cemento, arena i piedra se usa al hacer 100 partes de hormigon terminado.

Si  $x$  = el cemento,  $2x$  la arena i  $4x$  — la piedra :

la mezcla será = $\frac{(x + 2x) 3}{4}$ .....	= $2,25x$
los intersticios = $4x \times 0,48$ .....	= $1,92x$
i la mezcla en exceso sobre los intersticios.....	= $0,33x$

Agregado	Mezcla en exceso sobre los intersticios		
4x	+ 0,33x.....	=	100 partes
	4,33x.....	=	100 partes
	x.....	=	23,09 partes de cemento
	2x.....	=	46,18 partes de arena
	4x.....	=	92,36 partes de piedra
			<hr/>
			161,63 partes
			<hr/>

En este caso, la cantidad de mezcla en exceso sobre los intersticios es  $8\frac{1}{4}\%$  del agregado.

Las varias proporciones de cualquier clase de hormigon pueden derivarse así de los datos necesarios.

D. C. O.

