
OBRAS DE ALBAÑILERIA

ESPESOR DE LAS MEZCLAS EN LAS JUNTURAS

I

Todas las obras de albañilería necesitan blocks de formas diversas, pero principalmente prismáticos, compuestos de piedras naturales o artificiales, que se colocan trabados convenientemente, i ligados entre sí por medio de mezclas o morteros. En

la fabricacion de las mezclas entran varios ingredientes, siendo uno de los principales la cal, en sus diversas acepciones; toda mezcla o mortero se coloca en forma de masa plástica entre los blocks de la albañilería, con cierto espesor que vamos a calcular, i tiene por objeto ligar i unir entre sí cada pieza, para considerar despues de cierto tiempo el todo como un macizo de una sola pieza i realizar la idea de construcciones monolíticas, que es la base principal de la solidez i estabilidad de las obras de arte o de fábrica.

II

El papel de las mezclas en las obras de albanilería es pues de mucha importancia, i una mezcla de mala clase, tiene en su empleo, muchas peores consecuencias que un block o material de mala calidad.

Si los muros deben resistir simplemente a esfuerzos de compresion, la mezcla una vez endurecida, no debe sufrir aplastamiento alguno, o bien asemejarse en resistencia al material mismo que se trata de servir; pero si tambien sufre esfuerzos inclinados u horizontales, la mezcla debe oponer resistencia al deslizamiento de los blocks, i al rasgamiento de sí misma. De estas consideraciones se pueden deducir las condiciones de una buena mezcla, que se reducen a cinco, i que son: blandura especial de la masa, economía en el empleo, indeformidad al endurecerse, adherencia suficiente i resistencia mas o ménos en relacion con el material de los blocks empleados.

III

El espesor de las mezclas en las juntas, está relacionado con las cuatro últimas condiciones: economía, invariabilidad de formas, adherencia i resistencia.

Del exámen de estas cuatro condiciones, debemos deducir el espesor mas favorable, espesor que tiene que influir en las dimensiones de algunos blocks, sobre todo en aquellos que exigen una traba especial, como los sillares i los ladrillos. Para resolver, pues, la cuestion que ocupa actualmente al Instituto de Ingenieros, esto es, cuales son las dimensiones mas favorables de los

ladrillos, necesitamos conocer el espesor que deben tener las mezclas, llamadas a unirlos entre sí. ¿Influirá en el ánimo de la Direccion Jeneral de Obras Públicas la resolucion definitiva que tome sobre esta cuestion el Instituto de Ingenieros? Por el momento afirmaria yo que nó, si la resolucion es contraria a las órdenes que tiene impartidas, pero me atrevo a suponer que mas tarde, cuando se haya salido de los compromisos que existen, se tomarán mui en cuenta nuestras resoluciones, si no entra en los cálculos, la peligrosa razon del capricho, que estoi mui distante de suponerlo.

IV

Examinemos seriamente las cuatro condiciones de las mezclas que deben influir en el cálculo del espesor que buscamos.

La economía en las mezclas se refiere principalmente a uno solo de los ingredientes, que es el que cuesta mas caro o la cal; pero no a la mezcla misma, que en todo caso i en todas condiciones, cuesta ménos que el material empleado. Por esta razon se procuraria dar a la mezcla el mayor espesor posible, i en obras antiguas se vé limitado este mayor espesor posible a seis i ocho centímetros, el cual creemos que no obedece a lei alguna. El aumento debe relacionarse con las condiciones que vamos a examinar.

V

La economía aconseja, segun esto, emplear la mayor cantidad de arena u otros ingredientes, de precio menor que la cal. Esta mayor proporcion de la arena debe tener su límite, i el mas racional i lójico es aquel que permite considerar a cada uno de los granos de la arena perfectamente bañados de cal; pero esto no basta en la práctica. El endurecimiento uniforme exige, no solo que se cubran con la pasta de cal todos i cada uno de los granos de arena, sino que tambien, dicha pasta tenga fuerza suficiente para unir i pegar un grano con otro, i todos entre sí.

En una palabra, la economía bien entendida, está relacionada con las demas condiciones de una buena mezcla, i sin conocerlas todas no podemos fijar regla alguna sobre el particular.

VI

Estudiadas las causas del endurecimiento de las mezclas, se ha observado que las combinaciones i reacciones químicas que se verifican al aire libre son mui distintas de las que tienen lugar dentro del agua; pero que en ambos casos influye mui principalmente la compresion producida por el peso propio de la obra de albañileria. Las cales crasas, que se usan solo al aire libre, admiten mayor proporcion de arena, porque toda la cal puede combinarse despues de hidratada con el ácido carbónico del aire; de cuya combinacion proviene el endurecimiento; pero las cales hidráulicas admiten mucho ménos arena, pues el fraguado dentro del agua se reduce por la hidratacion de los aluminatos de cal, los que solo se forman por la coccion en cantidades relativas a ciertos componentes de las piedras, por cuya razon no pueden considerarse ligados los granos de arena entre sí, sino en proporciones mui estrechas i mui difíciles de calcularlas directamente. En este caso, la union de los granos de arena está subordinada a la cantidad de aluminato anhidro de la cal.

VII

Por lo espuesto se ve claramente, que es mui problemático acertar con las proporciones que debe tener una mezcla de cierta clase de cal, sin que se verifique un ensayo prévio. Toda fijacion de proporciones en estos casos debe considerarse como mui antojadiza, o simplemente como un punto de partida.

Es costumbre en Chile designar en los contratos la proporcion de tres de arena por una de cal para obras de mamposteria, i la de dos o dos i media de arena por una de cal, para las obras de ladrillo, lo que estimo perjudicial no solo para ambas partes contratantes, sino tambien para la obra misma que se construye. Las proporciones debieran ser fijadas por el arquitecto director de la obra, en vista de la cal, de la arena i de los ensayos que deben ser practicados en todo caso o ántes de comenzarse la obra.

VIII

Ahora bien, si las proporciones económicas i convenientes de las mezclas no pueden fijarse con anticipacion, tampoco podrá

fijarse el espesor de ellas en las juntas, pues todo endurecimiento, adherencia i resistencia, depende de esas proporciones. Pero se observa que las variaciones que sufren las mezclas en virtud de la mayor o menor proporción de la arena tienen su ley fija i bien conocida, de manera que es necesario comenzar por la fijación de esas leyes principios, para fijar las proporciones, i de aquí el espesor. Es lo que vamos a hacer.

IX

La adherencia que producen los morteros de una cal dada, es proporcional directamente a la cohesión (tracción), a la compresión que sufre, a las asperezas i desigualdades de las superficies en contacto, al área de estas superficies, a la uniformidad del endurecimiento, a la proporción de la arena, etc.

Sin embargo, se puede aumentar en todo caso la adherencia de los morteros pulverizando los ingredientes; limpiando bien las superficies en contacto para aumentar las irregularidades i desigualdades; humedeciendo los blocks o ladrillos; agregando materias bien pulverizadas, etc., pero, sobre todo, hai que cuidar que el endurecimiento de la masa se verifique gradual i uniformemente. Con este objeto conviene emplear una mezcla distinta i especial en los emboquillados, para evitar las desecaciones rápidas; conviene batir i trabajar bien la mezcla para conseguir uniformidad; conviene por la misma causa estender el mortero con un mismo espesor en todas las superficies en contacto, de modo que el block o pieza quede rodeado por todas sus caras con una capa de igual espesor, i por último conviene comprimir la mezcla igualmente en toda su extensión i en todo sentido.

X

Por lo jeneral se observa que la adherencia equivale a las tres cuartas partes de la cohesión o tracción de la mezcla.

En los morteros como en las piedras naturales i artificiales, la tracción es mas o ménos igual a la mitad de la compresión; pero como la compresión es la que mas se tiene en vista en las obras de albañilería, se sigue que para tener igualdad de resistencia i de adherencia se necesita duplicar, a lo ménos, las dimensiones

de las piedras que quedan sujetas a traccion. Por consiguiente, tratando de la adherencia de las mezclas, necesitamos duplicar el espesor que resulte del cálculo directo.

XI

Calculemos ahora el espesor de las mezclas, tomando solo en cuenta la adherencia. Las dimensiones de los dientes i pequenísimas agujas, que, internándose en las desigualdades i asperosidades de los blocks, en virtud de la presion, constituyen la adherencia, son mui difíciles de apreciar en algunos materiales. La resistencia está en relacion al número i no a las dimensiones de cada diente; pero si esas pequenísimas agujas no estuvieran ligadas, o mejor dicho, empotradas al cuerpo principal de la mezcla, aquella resistencia seria nula. El espesor de las mezclas con este objeto, bastaria que fuese igual a la altura de dichos dientes i agujas, para cada superficie de contacto.

Siendo las dos superficies unidas, i debiendo dar dimensiones dobles, el espesor de las mezclas debe ser con este objeto, *cuatro veces* el largo de los dientes i agujas de que hemos hablado. En los ladrillos, que es el material mas poroso que se usa en albañilería, se calcula el largo de dichos dienteitos, como máximo, en un milímetro; luego, para este material i para la perfecta adherencia, se necesita que la mezcla tenga cuatro milímetros de espesor.

XII

En los demas materiales, dada su poca porosidad, podria fijarse este espesor en la mitad, o simplemente en la cantidad de mezcla necesaria para que los dos blocks o piezas no se toquen entre sí. De donde se deduce, que en cuanto a la adherencia, cualquier espesor de las mezclas es suficiente. La cuestion principal es que los ingredientes sean bastante finos para que puedan ocupar todas las desigualdades de las superficies que se unan, i que el endurecimiento de la masa sea bastante para darle a los dientes o agujas una resistencia capaz de evitar el deslizamiento de los blocks. Veamos entónces, si estudiando las otras resistencias de las mezclas podemos fijar tambien el espesor.

XIII

No se puede poner en duda que la mejor obra de albañilería sería aquella en que las mezclas de union fuesen tan resistentes como el material de los blocks. Lógicamente hablando, no hai razon para exigir que aquella sea mas resistente que estos, ni debe aceptarse que sea menor.

Siendo cada una de las partes iguales en resistencia, deberá ser indiferente la proporcion en que dichas partes entran en el todo. En las construcciones antiguas, principalmente en las obras de los romanos, el espesor de las mezclas en las juntas de los sillares, variaba de un lugar a otro; pero en las obras de ladrillos, era constantemente igual al espesor de los mismos ladrillos, cuyo espesor variaba de tres a seis centímetros. Las dos clases mas comunes de ladrillos eran de las dimensiones siguientes:

0.m 596 x 0.m 596 x 0.m 05 i 0.m 447 x 0.m 447 x 0.m 0.45

Como se vé, tenían tanto de ancho como de largo.

Se cortaban tambien *medios i cuartos* de estos ladrillos, para facilitar las trabas.

XIV

Ningun material presenta mayores diferencias a la compresion que los ladrillos que se trabajan de distintos modos i de distintas clases de arcillas. Para fijar la resistencia de estos materiales se necesita ensayarlos directamente. En las mezclas se puede fijar una regla mas o ménos segura, en cuanto a la compresion. La mezcla mas rica es la de una parte de cimient Portland por tres de arena, que se toma por *uno*.

Sigue en resistencia, la mezcla de uno de cimient por cuatro de arena, que equivale a 9/10 de la anterior.

Uno de cimient por cinco de arena, que equivale a 7/10 de la anterior.

Uno de cimient por seis de arena, que equivale a 1/2 de la anterior.

Esta se considera como límite inferior.

Una de cal comun por dos de arena corresponde a 1/10 de la anterior.

Siete de cal comun, uno de cimientos i dieziseis de arena corresponde a $1/4$ de la anterior.

XV

Consideradas las cales comunes por separado, i llamando *uno* la resistencia a la compresion de la cal misma, completamente pura, se obtienen los resultados siguiente:

Una de cal con $1/2$ de arena, equivale a los $2/3$ de la anterior.

Id	id	1	id	id	$1/2$	id
Id	id	$1 \frac{1}{2}$	id	id	$2/5$	id
Id	id	2	id	id	$1/3$	id
Id	id	3	id	id	$3/10$	id
Id	id	4	id	id	$1/4$	id
Id	id	5	id	id	$1/5$	id

Que se considera como un límite inferior.

Con respecto a la mezcla jefe de cimientos, todos los anteriores están en la siguiente proporción. La mezcla jefe, es a la de uno de cal comun por dos de arena, como 10 es a 1.

XVI

Por otra parte, la mezcla de uno de cimientos de Portland por tres de arena, puede considerarse, en resistencia, como igual al ladrillo mas comun i ordinario. En los cálculos, se toman como iguales, i los resultados concuerdan con la práctica. Pero hai que tener presente que las resistencias obtenidas en macizos de cal i ladrillo, son mui inferiores a las del ladrillo mismo. Dicha resistencia disminuye rápidamente de la primera hilada a la segunda, de la 2.^a a la 3.^a i de la 3.^a a la 4.^a Despues de la 4.^a hilada la disminucion es casi insignificante hasta la altura de ocho veces el ancho del muro, volviendo despues de esta altura, a disminuir la resistencia mui rápidamente por efecto de la flexion por compresion que tiene lugar en este caso.

XVII

De los experimentos practicados últimamente en Alemania, por Mr. Bøhme, en Inglaterra por Mr. Bauschinger, i en Italia por el señor Curioni, resulta que la disminucion de resistencias en los macizos de cal i ladrillo no proviene de la clase de mezcla usada, cuando el tamaño del ladrillo corresponda al espesor del muro.

Se ha visto que usando diferentes clases de ladrillos en formas cúbicas, con toda clase de mezclas, de cal o cimiento, se obtiene un macizo cuya resistencia equivale mas o ménos a *la mitad* de la resistencia del ladrillo mismo.

El espesor de las mezclas en todos estos experimentos ha variado desde un centímetro hasta euatro. El macizo se ha experimentado despues de tres meses de hecho. Pero los resultados obtenidos en obras de ladrillos de formas prismáticas, que tienen un largo mayor que el espesor del muro, son mui diferentes.

XVIII

Se ha comprobado que miéntras mas chicos son los ladrillos que se emplean, la resistencia de la obra disminuye en mayor proporcion.

Esta disminucion, en ladrillos de $0.22 \times 0.107 \times 0.05$ que equivalen a la mitad del tamaño de los nuestros, llega a cinco sextas partes, es decir, que no se aprovecha sino la sexta parte de la resistencia del ladrillo, considerado aisladamente. En estos casos lo natural es que influya el espesor de la mezcla, i la clase de mezcla usada, porque el gasto de ella es tanto mayor cuanto mayor es el número de juntas, aun suponiendo su espesor uniforme en todos ellos. De aquí nace, de nuevo, la necesidad de estudiar nuestras cales, los morteros que se forman, las resistencias, etc., para deducir el espesor que buscamos con toda seguridad i acierto.

XIX

Hé aquí los principales datos sobre nuestras cales:

Por lo jeneral, nuestras cales son crasas, i de cualidades mui superiores a las que se usan en las naciones europeas. Para apagarse necesitan la *mitad*, en volúmen, de agua pura, resultando casi siempre *dos volúmenes* de cal apagada. Esta necesita, a su vez, un volúmen igual de agua para formar la pasta en uso, la que resulta siempre en volúmen igual a una vez i media la cal viva.

Por último, por cada volúmen de arena agregada para fabricar las mezclas, se necesita un quinto de agua, resultando aquellas mui poco mayor que el volúmen de la arena.

XX

Los principios mas importantes sobre deformaciones son:

a) El exceso de *silice* en las cales, produce aumento de volúmen en las mezclas, despues del endurecimiento o fraguado i el exceso de *alumina*, disminucion.

b) Los calcáreos magresarios (dolamitas) producen como todos los cimientos, mezclas invariables o indeformables.

c) Las cales comunes son, por el contrario, mui deformables, llegando a ser la pasta endurecida *un quinto* (20%) menor que recién hecha.

d) Las cales mejores, miéntras mas hidráulicas, ménos deformables son al endurecerse, hasta llegar al cimiento, en que es nulo el cambio de formas.

e) Agregando arena a las cales comunes, se disminuye el cambio de formas al endurecerse, hasta hacerlas invariables, i esto tiene lugar precisamente cuando la proporcion de la arena llega a su límite máximo i se verifica la perfecta union de todos i cada uno de los granos de arena entre sí.

XXI

Los principios i reglas mas importantés de las mezclas en cuanto a las resistencias, son los que siguen:

a) Solo las cales cimientos se pueden usar puras en la formacion de morteros; todos las demas necesitan cierta proporcion de arena, para evitar las deformaciones i uniformar la desecacion, el endurecimiento i las resistencias.

b) Las resistencias de las cales-cimientos puras, son 25% mayores que las cales ordinarias tambien puras.

c) Las mejores mezclas de cales ordinarias, aquellas que corresponden a la máxima proporcion de arena, tienen una resistencia que es apenas *un décimo* menor que las resistencias de los mejores ladrillos.

d) La resistencia de los mejores ladrillos es *un tercio* menor que la de las piedras calcáreas duras, i la *mitad* menor que la de las piedras silíceas.

XXII

Segun lo espuesto, conviene, tanto por economía como por la uniformidad en las resistencias, invariabilidad, etc., hacer uso de las mezclas en su máxima proporcion de arena, que dan una resistencia que solo es un décimo menor que la de los ladrillos. Si aceptamos el principio adoptado por los romanos, de dar a las mezclas un espesor igual al de los ladrillos, cuando unos i otros tienen resistencias iguales, i de disminuir aquellas en la misma proporcion en que disminuyen las resistencias de las mezclas empleadas, el cálculo del espesor que buscamos seria mui sencillo. Pero hemos dicho que las resistencias de las obras de ladrillo disminuyen hasta llegar a ser un sexto de las que corresponden al ladrillo mismo, cuando éste tiene dimensiones pequeñas, i llegan solo a la mitad cuando tienen dimensiones que guardan relacion con el espesor del muro; luego será necesario disminuir los resultados en el primer caso de $5/6$, i en el segundo de la mitad.

XXIII

El espesor de nuestro ladrillos, empleados hoy en las obras, cuando es chico, tipo oficial, es de 7 centímetros, i cuando es grande, tipo comun i ordinario, es de 5 centímetros.

En el primer caso, el espesor de las mezclas en las juntas,

disminuyendo a 7 de un décimo, queda 6.300 centímetros, i tomando la sexta parte, corresponderia solo 1.050 centímetros.

En el segundo caso, quitando a 5 un décimo, da 4.50, i tomando la mitad, daria 2.25 centímetros como espesor de las mezclas en las junturas.

De donde se sigue, que empleando los ladrillos comunes de $0,42 \times 0,20 \times 0,05$, se puede usar un espesor de mezcla mas del doble mayor que el que corresponde al ladrillo oficial que en volumen equivale a los $\frac{2}{3}$ de aquel. Si no se quiere sujetarse a los resultados del cálculo anterior, porque no existen esperimentos directos sobre los dos tipos de ladrillos usados en Chile, podria aconsejarse como mínimo espesor en ambos casos el de *dos centímetros*, que resulta de introducir en el cálculo la relacion que existe entre los volúmenes de los dos tipos.

Santiago, agosto 27 de 1889.

R. FERNANDEZ F.

