

Propuesta de Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de
Agregados para el Concreto



Ing. Lida Margarita Rodriguez Villalba

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en estructuras
Bogotá D.C.
2013

Propuesta de Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de
Agregados para el Concreto



Ing. Lida Margarita Rodríguez Villalba

Ing. Nancy Torres
Ing. Pedro Nel Quiroga
Directores

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en estructuras
Bogotá D.C.
2013

Bogotá D.C., Agosto __ de 2013

Doctor
Pedro Nel Quiroga
Director de Especialización en Estructuras
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Ciudad

Asunto: Proyecto de Grado

Respetado Director

Por medio de la presente y como aspirante al Título de Especialista en Estructuras me permito presentar el informe final del Proyecto de Grado denominado "Propuesta de Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de Agregados para el Concreto" que fue dirigido por la Ingeniera Nancy Torres.

Cordialmente,

Ing. Lida Margarita Rodríguez Villalba
Cédula de ciudadanía: 1015.392.124 de Bogotá
Carné de Estudiante: 2082027

Nota de Aceptación

El proyecto de grado denominado “Propuesta de Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de Agregados para el Concreto” presentado por la Ing. Lida Margarita Rodriguez Villalba, con Carné de Estudiante No. 2082027, para optar al Título de Especialista en Estructuras que otorga la Escuela Colombiana de Ingeniería, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

Ing. Nancy Torres
Directora de Proyecto

Ing. Pedro Nel Quiroga
Director de Proyecto

Bogotá D.C., Agosto ____ de 2013

Dedicado a:

A Dios por darme todos los medios y las oportunidades para alcanzar los objetivos propuestos, a mi pequeña hija Ana Isabela que es el motor que me incentiva a ser mejor persona y profesional, a mi madre y a mi hermana por ser ellas pilar fundamental en todo lo que soy.

Agradecimientos:

*Al Ing. Giovanni Gonzalez Peñuela, quien fue la persona
Que con sus conocimientos y manera de transmitirlos
Que me encaminó por la senda de las Estructuras.*

*A todos los docentes de la Especialización en Estructuras
de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito que
compartieron sus conocimientos, haciendo posible mi
formación profesional.*

TABLA DE CONTENIDO

Resumen

Introducción

1. OBJETIVOS	10
1.1 Objetivo general:	10
1.2 Objetivos específicos:	10
2. PROBLEMA	11
2.1. Formulación del Problema.....	11
2.2. Alcance.....	12
2.3. Justificación e Importancia.....	12
3. MARCO TEÓRICO.....	12
3.1 Importancia de los agregados en las propiedades del concreto fresco	12
3.2 Importancia de los agregados en las propiedades del concreto endurecido.....	15
4. BIBLIOGRAFIA.	19
5. ANEXOS	21

Resumen

Este proyecto de grado expone una propuesta para la Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de Agregados para el Concreto. Este capítulo surge a partir de la necesidad de presentar un documento donde se evidencie la importancia de conocer todo lo referente a los agregados utilizados para la elaboración del concreto.

La importancia de los agregados dentro de la masa de concreto radica en que, aunque está compuesto por otros elementos como pasta de cemento, agua libre, aire atrapado, adiciones, fibras y aditivos que mejoran sus características, la mayor parte de las propiedades de éste, se deben a una adecuada proporción y apropiadas características de los agregados que permiten obtener como resultado concretos económicos y de excelente calidad, que cumplan dependiendo del uso y del ambiente de exposición con algunas características tales como: facilidad de colocación, resistencia a edad temprana, adecuadas propiedades mecánicas, baja permeabilidad, tenacidad, estabilidad de volumen, larga vida en ambientes severos, entre otras.

Este proyecto se enfocará en presentar los agregados utilizados para el concreto, su clasificación, su origen, sus propiedades y los procedimientos usados para asegurar que la dosificación de los mismos sea la adecuada para conseguir concretos resistentes, manejables y económicos.

Introducción

Para los profesionales y estudiantes de ingeniería civil es de suma importancia conocer a cabalidad los agregados utilizados en las mezclas de concreto, así como los procedimientos para lograr que se obtengan como resultado mezclas con adecuadas características. Este conocimiento adquiere relevancia al observar que los agregados pasaran a formar entre un 70 y/o 75% de la mezcla de concreto o mortero. Para ello es fundamental garantizar que el agregado y su distribución sean óptimos para así poder proporcionar a la mezcla una resistencia y durabilidad favorables en estructuras.

Como se ha mencionado anteriormente los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, por ello es tan importante una adecuada selección de los mismos, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto. Por otra parte son estos elementos los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.

El agregado dentro del concreto cumple básicamente funciones tales como ser el soporte apropiado que da apoyo a la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de esta por metro cúbico de concreto. También suministra una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto. Además reduce los cambios de volumen que son el producto de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos se identifican usualmente por el *Módulo de finura*, que es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta).

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general:

Elaborar una propuesta para la Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de Agregados para el Concreto.

1.2. Objetivos específicos:

- Exponer la importancia que tienen los agregados y su adecuada selección dentro de una masa de concreto
- Presentar distintos procedimientos o métodos que permiten obtener granulometrías adecuadas que aseguran la calidad del concreto proporcionándole características adecuadas.
- Hacer una reseña del origen, clasificación y características que tienen los agregados que se utilizan para el concreto.
- Presentar las propiedades que se desea obtener en una masa de concreto y demostrar que la apropiada selección de los agregados utilizados para este fin es sumamente importante, ya que estos conforman aproximadamente el 75% de la masa total de este.

2. PROBLEMA

En el presente capítulo se hace referencia al problema, se expone el planteamiento del problema, justificación y el alcance de la propuesta realizada.

2.1. Formulacion del problema

En el momento de realizar el diseño de una mezcla de concreto es deseable tener el conocimiento suficiente de los materiales que se van a emplear en la mezcla de dicho concreto, y la influencia de estos elementos en las propiedades tanto de la mezcla en estado fresco como del producto endurecido.

En cuanto a los agregados utilizados en el concreto, unas adecuadas características y una curva granulométrica apropiada, para producir un concreto de excelentes propiedades, es muy útil para todo ingeniero que desee diseñar una mezcla que cumpla con las especificaciones que determinado proyecto requiera.

El concreto ha sido desde hace tiempo el material más utilizado dentro del mundo de la construcción. Este es un material constituido por dos partes: una es la pasta de cemento, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son los agregados que quedan embebidos en esa pasta.

La calidad del concreto depende principalmente de la calidad que le proporciona la masa de agregados que se utilice en su elaboración, ya que, aproximadamente un 80% del peso del concreto está compuesto por partículas de origen pétreo, de diversos tamaños.

2.2. Alcance

Este trabajo de Elaboración del Capítulo referente a la Granulometría de Agregados para el Concreto permitirá recopilar y presentar información acerca de las características, origen, clasificación y diferentes procedimientos de dosificación en la utilización de los agregados para la elaboración de mezclas de concretos con características apropiadas acordes a los requerimientos de un proyecto civil.

2.3. Justificación e importancia

Tener un documento donde se pongan en conocimiento las adecuadas características de una masa de agregados y curva granulométrica apropiada, para producir un concreto de calidad, es muy útil para todo ingeniero que desee diseñar una mezcla que cumpla con las especificaciones que determinado proyecto requiera.

3. MARCO TEORICO

El concreto es fundamentalmente una mezcla de dos componentes: agregado y pasta de cemento. La pasta, que está conformada de cemento portland y agua, une a los agregados para formar una masa endurecida semejante a una roca. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 4. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. La pasta está compuesta de cemento, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. En general, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto. El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado grueso. Puesto que los agregados componen aproximadamente el 60 al 75 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los

agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como unas características propicias a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que puedan causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas. La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto que este fabricado adecuadamente, cada partícula de agregado se encuentra completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

Importancia de los agregados en las propiedades del concreto fresco:

La absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto en su estado fresco, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma, tamaño y gradación; ya que mientras mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se reducirá la fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un buen coeficiente de forma, en el cual las partículas tienden a ser redondas.

Además, al incrementar el contenido de cemento, se afecta la consistencia del concreto, lo que obliga a adicionar más agua a la mezcla con el objetivo de mantener la relación agua/cemento. Es por ello que en ciertas ocasiones puede ser necesario aumentar el contenido de cemento en la mezcla, buscando mejores consistencias para mezclas de concreto cuyas resistencias sean no muy altas.

Otro factor que incide de una manera importante en la trabajabilidad del concreto fresco es la forma del agregado. Las formas básicas se pueden simplificar en cuatro tipos, que son: equidimensional o esférica, prismática, alargada o elíptica, e irregular. De todas éstas, la que mayor problema puede originar para la trabajabilidad es aquella de tipo alargada, que en su mayoría son piezas planas; estas piezas pueden provocar disminución en la trabajabilidad puesto que muy fácilmente pueden orientarse de manera preferencial en un solo plano, de manera que el agua y el espacio poroso pueden acumularse debajo de ellas. Por otra parte, gravas con esta forma ocasionan mayores requerimientos de arena, y eso hace necesario un incremento en el volumen de agua para la mezcla. Es deseable, entonces, que los agregados particularmente los gruesos tengan una forma tendiente a ser redonda.

Los agregados se pueden distinguir por su forma, en base a su grado de redondez y esfericidad, consiguiéndose una medida relativa de carácter comparativo y descriptivo. La manera como esta característica puede influir en el concreto fresco es variable, logrando producir, por ejemplo, a mayor grado de redondeamiento menor relación de vacíos; pero a su vez un menor valor de este parámetro reduce la capacidad de compactación (Neville 1999).

Por otro lado, la granulometría y el tamaño máximo del agregado (TMA) para los agregados gruesos, afectan las porciones relativas de los agregados, así como los requerimientos de agua y cemento, la trabajabilidad, la economía y la durabilidad del concreto. Cuando los agregados son muy gruesos, pueden producir mezclas rígidas; mientras que aquellos agregados que no poseen una gran deficiencia o exceso de algún tamaño y tienen una curva granulométrica suave, promoverán resultados más satisfactorios en las propiedades del concreto fresco.

En el agregado fino se deben tener en consideración dos elementos, por un lado el módulo de finura (MF), y por el otro la continuidad en los tamaños, ya que algunas arenas pueden tener módulos de finuras aceptables y carecer de una adecuada granulométrica. Si consideramos únicamente el módulo de finura, deben analizarse dos condiciones desfavorables: una de ellas es que el módulo de finura sea mayor a 3.1 (arena gruesa), lo cual puede provocar que las mezclas sean poco trabajables, faltando cohesión entre sus componentes y demandando mayores consumos de cemento para mejorar su trabajabilidad; la otra condición es cuando el módulo de finura es menor a 2.2 (arena fina), en este caso puede ocurrir que los concretos sean pastosos y que haya mayores consumos de cemento y agua para una resistencia determinada, y también una mayor probabilidad que ocurran agrietamientos producidos por la contracción en el momento del secado.

Por último, en el agregado grueso un contenido excesivo de materiales finos puede provocar problemas similares en el concreto a los que suele causar una arena con un módulo de finura menor a 2.2. Por medio de la prueba de pérdida por lavado se puede determinar este contenido, cuyo resultado se expresa como un porcentaje de la muestra.

Importancia de los agregados en las propiedades del concreto endurecido:

Usualmente la variación de la resistencia del concreto puede explicarse con el cambio de la relación a/c , sin embargo no siempre es el caso. Además por consideraciones teóricas, independientemente de la relación a/c , las características de las partículas del agregado tales como el tamaño, la forma, la superficie y el tipo de mineral, influyen en las características de la zona de transición, y por lo tanto, afectan la resistencia del concreto (Mehta y Monteiro 1998).

En cuanto a la interrelación mecánica entre la matriz y el agregado grueso, la textura superficial de éste es principalmente responsable de la adherencia. La roca triturada produce una adherencia superior comparado con la grava de canto rodado; aunque en la adherencia también tiene influencia la relación a/c que afecta tanto física como químicamente la zona de interfase. Lo anterior puede ser atribuido tanto a la superficie lisa de los agregados de canto rodado, como a su posible menor resistencia, en relación a los agregados triturados, que fueron de basalto y caliza.

El efecto del tamaño máximo del agregado en la resistencia también es conocido. La tendencia observada indica que mientras que el TMA disminuye, la resistencia decrece, en especial cuando se trata de agregados de 75.0, 37.5, 19.0 y 9.5 mm (3", 1½", ¾", y ⅜"). No ocurre lo mismo para el concreto hecho usando un TMA de 4.75 mm. (No. 4), esto es atribuido al tamaño pequeño del agregado y al factor de que esta mezcla representa, básicamente, mortero.

Se ha observado que concretos con bajos contenidos de agregados resisten altos esfuerzos a la edad de un día, excepto los hechos con agregados que son producto de trituración. Por el contrario, los concretos con altos contenidos de agregados presentan bajas resistencias de compresión a edades tempranas, probablemente por la concentración de esfuerzos alrededor de los agregados, ya que en éstos sus propiedades físicas no varían con el tiempo, mientras que la resistencia y el módulo de elasticidad de la pasta de cemento si.

Adicionalmente, la capacidad de absorción de un material afecta claramente sobre el grado de alteración que este mismo puede sufrir; la cantidad de espacios vacíos como los poros y fisuras, y la permeabilidad, son factores que influyen sobre la durabilidad de cualquier estructura de concreto. Esto sucede por ejemplo en concretos que se encuentran en sitios donde es usual el proceso de congelamiento y deshielo, ya que el agua puede expandirse hasta un 9% al

congelarse. Este cambio volumétrico puede alterar fuertemente la estructura interna del concreto.

Otra propiedad de los agregados que también resulta ser de suma importancia es la densidad, ya que si se emplea un material con una buena densidad el concreto resultante podría ser mayor o igualmente denso, lo cual tendrá una influencia directa sobre el peso volumétrico y la resistencia a la compresión del mismo. El volumen que ocupa un agregado según su peso es un indicador de las características del mismo en cuanto a porosidad y permeabilidad, propiedades que pueden afectar al concreto en un mayor requerimiento de cemento para una resistencia específica afectando el factor económico de la mezcla.

Por otro lado, es conocido que a mayor porosidad mayor fuerza de adhesión, de manera que los agregados gruesos con una mayor densidad y resistencia al desgaste presentan una menor porosidad, y como consecuencia menor adherencia y cantidad de finos que pasan por la malla N° 200.

Otro factor importante es la presencia de materia orgánica en los agregados, la cual puede provocar problemas en la fabricación de concreto, ya que trae consigo efectos como inhibir la adecuada hidratación del cemento y por lo tanto causar un retraso en el endurecimiento del mismo. Los agregados contaminados pueden ocasionar la reducción de la resistencia a la compresión del concreto; y además, pueden contener sustancias nocivas que afecten químicamente al material de diversas formas.

Aunque de manera simplista pudiera pensarse que el agregado grueso actúa principalmente como un relleno para reducir el contenido de la pasta de cemento y moderar el esfuerzo en la matriz, sus contribuciones parecen ser más que eso. Un porcentaje máximo en volumen de agregados, sobre todo gruesos, tiene un efecto positivo tanto en su resistencia, como en otras de sus características, tales

como: contracción por secado y permeabilidad, hecho que se presenta debido a que la pasta de cemento endurecido constituye el elemento más débil en lo que se refiere a las propiedades mencionadas.

La demanda de agua de los agregados determina el contenido de cemento y pasta para una determinada resistencia del concreto. Debido a que la pasta es la principal fuente de acortamiento y alargamiento en el concreto, agregados con bajas demandas de agua producirían concretos menos propensos a la deformación. Por esto, los agregados que mejor se acomodan en una mezcla producen concretos con menor inestabilidad volumétrica (Alexander 1996).

4. BIBLIOGRAFIA

- Alexander M. (1996). Aggregates and the deformation properties of concrete. "ACI Materials journal," (U.S.A.), 93 (6), p. 576.
- Dewar, J. D. "Computer Modelling of Concrete Mixtures", E & FN Spon, London, 1999
- Dewar, J.D. and Anderson, R. "Manual of Ready-Mixed Concrete". Blackie Academic and Professional, 2nd ed, 1992. London.
- García Balado J. F. "Método para dosificación de hormigones". Serie E: El hormigón de cement Portlan. 1982. Español.
- Forster, S.W. "Soundness, Deleterious Substances, and Coatings", ASTM Special Technical Publication No. 169C, Philadelphia, 1994, pp. 411-420.
- Kaplan, M. F. "Flexural and Compressive Strength of Concrete as Affected by the Properties of Coarse Aggregates", Proceedings of the American Concrete Institute, Vol. 55, 1959, pp. 1193-1208.
- Kosmatra, S. "Bleeding", ASTM Special Technical Publication No. 169C, Philadelphia, 1994, pp. 89-111.
- Jarvenpaa, H. "Quality Characteristics of Fine Aggregates and Controlling their Effects on Concrete", Acta Polytechnica Scandinavica, Doctor of Technology Dissertation, Helsinki University of Technology, 2001.
- Legg, F.E. Jr. "Aggregates", Chapter 2, Concrete Construction Handbook, ed. Dobrowolski, J. McGraw-Hill, 1998. 4th ed.

- Mather, B. "Durability: Freezing and Thawing", Proceedings of the 7th ICAR Symposium, 1999.
- Mehta K., Monteiro P. (1998). "Concreto, estructura, propiedades y materiales," IMCYC, México, p. 38.
- Mindess, S. and Young, J.F. "Concrete" Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1981.
- Neville A. (1999). "Tecnología del concreto," IMCYC, México, p. 163.
- De Larrard, F. "Concrete Mixture Proportioning: a Scientific Approach, London, 1999.
- Popovics, S. "Concrete-Making Materials", McGraw-Hill, 1979, U.S.A.
- Popovics, S. "Strength and Related Properties of Concrete. A quantitative Approach".
- Shilstone, J. M. Sr., "Concrete Mixture Optimization", Concrete international: Design and Construction, Vol 12, No 6, June 1990, pp. 33-39. NCSE-02 11 de octubre de 2002,
- Quiroga, Pedro Nel. "The Effect of the Aggregates Characteristics on the Performance of Portland Cement Concrete, 2003, pp.6-58 y pp201-234.