

# Artículo Original

## Mezcla de cemento y agregados: una alternativa para la elaboración de una placa de hormigón usada en casas anfibias o flotantes<sup>1</sup>.

Leonidas de Jesús Millán Cardona<sup>2\*</sup>, Natalia Alcalde Mejía<sup>3</sup>, María Fernanda Montoya Salgado<sup>4</sup>.

### RESUMEN

**Introducción.** Las inundaciones y el cambio climático afectan las viviendas de las personas que viven en riveras expuestas; la idea del término casas anfibias es dar una solución a las viviendas de estas familias para que no pierdan su inmueble en las inundaciones. **Objetivo.** Evaluar la mejor mezcla de cemento y agregados para el desarrollo de una estructura (placa) flotante que será la base para casas anfibias. **Metodología.** Se tomó como base una mezcla estándar comercial, y se realizaron otras dos mezclas para fines comparativos. En la mezcla se emplearon cemento, arena común y triturado 3/8, se realizaron tres tratamientos con tres réplicas cada uno, para un total de 9 ensayos. El diseño experimental empleado fue un diseño unifactorial. **Resultados.** Si se desea elaborar una placa con alta firmeza se recomendaría emplear la mezcla de la proporción 1; en caso contrario, se recomendaría la mezcla de la proporción 3. **Conclusión.** Si se desea tener una formulación para desarrollar una placa resistente y estable se recomienda emplear el tratamiento 3, el cual presenta 14.28% de cemento, 28.57% de arena y 57.14% de triturado.

**Palabras clave:** Casa anfibia, hormigón, cemento, arena, triturado.

1 Artículo derivado del proyecto de investigación "Proporción de cemento y agregados para formular una placa de hormigón usada en casas anfibias o flotantes" realizado por el semillero de investigación TECNNOVADORA de la Corporación Universitaria Lasallista.

2 Ingeniero Industrial, candidato a magíster. Director del grupo G-3IN de la Corporación Universitaria Lasallista, Caldas - Antioquia, Colombia. lemilla@lasallistadocentes.edu.co

3 Ingeniera Industrial e integrante del semillero de investigación TECNNOVADORA de la Corporación Universitaria Lasallista, Caldas - Antioquia, Colombia. namejia@ulasallista.edu.co

4 Ingeniera Industrial e integrante del semillero de investigación TECNNOVADORA de la Corporación Universitaria Lasallista, Caldas - Antioquia, Colombia. mamontoya@ulasallista.edu.co

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA (\*): Corporación Universitaria Lasallista. Carrera 51 118Sur-57. Caldas - Antioquia - Colombia. Teléfono: 574-3201999. Correo electrónico: lemilla@lasallistadocentes.edu.co

Artículo recibido: 15/02/2012; Artículo aprobado: 12/04/2012.

## Mixture of cement and aggregates: an alternative to elaborate a concrete slab to be used in amphibious or floating houses.

### ABSTRACT

**Introduction.** Floods and weather changes are affecting the homes of the people who live in open shores. The idea of the term amphibious houses is to provide a solution to the se people's housing, preventing the loss of the houses in the floods. **Objective.** To evaluate the best mixture of cement and aggregates to develop a floating structure (slab) intended to be the base for floating houses. **Methodology.** A standard commercial mixture was taken as a base and other two mixtures were made in order to compare. In the mixture cement, common sand and 3/8 crushed were used. Three treatments with three replicas for each one were performed, completing nine tests. The experimental design used was a unifactorial design. **Results.** If a highly firm slab is aimed to be built, the mixture from proportion 1 is recommended. Proportion 3 is recommended for the opposite. **Conclusion.** If a formula to develop a resistant and stable slab is required, treatment 3 is recommended. It has 14.28% of cement, 28.57% of sand and 57.14 of crushed.

**Key words:** Amphibious house, concrete, cement, sand, crushed.

## Mistura de cimento e agregados: uma alternativa para a elaboração de uma placa de concreto usada em casas anfíbias ou flutuantes

### RESUMO

**Introdução.** As inundações e a mudança climática afetam as moradias das pessoas que vivem em riveras expostas; a ideia do termo casas anfíbias é dar uma solução às moradias destas famílias para que não percam seu imóvel nas inundações. **Objetivo.** Avaliar a melhor mistura de cimento e agregados para o desenvolvimento de uma estrutura (placa) flutuante que será a base para casas anfíbias. **Metodologia.** Tomou-se como base uma mistura regular comercial, e se realizaram outras duas misturas para fins comparativos. Na mistura se empregaram cimento, areia comum e triturado 3/8, realizaram-se três tratamentos com três réplicas cada um, para um total de 9 ensaios. O desenho experimental empregado foi um desenho unifatorial. **Resultados.** Se se deseja elaborar uma placa com alta firmeza se recomendaria empregar a mistura da proporção 1; em caso contrário, se recomendaria a mistura da proporção 3. **Conclusão.** Se se deseja ter uma formulação para desenvolver uma placa resistente e estável se recomenda empregar o tratamento 3, o qual apresenta 14.28% de cimento, 28.57% de areia e 57.14% de triturado.

**Palavras importantes:** Casa anfíbia, concreto, cimento, areia, triturado.

## ■ INTRODUCCIÓN

Influenciados por los cambios climáticos y los estragos ocasionados por este en Colombia y el resto del mundo, se comenzó a crear proyectos cuya finalidad sea brindar soluciones al problema de las familias que viven en sitios propensos a las inundaciones, para que estas familias no tengan que seguir desplazándose a casas de amigos o a albergues temporales, e incluso en casos fatales pierdan la vida. La placa que se formulará servirá para crear una base la cual se abrirá paso hacia arriba y hacia abajo con los cambios en el nivel del agua, logrando mantenerse en la misma posición, gracias a unas anclas.

Siendo conscientes de lo anterior, se intenta mejorar de forma directa la calidad de vida de las personas que habitan estos lugares, que se ven afectados por el aumento del agua. Utilizando la creación de placas que tengan la característica de ser livianas, ayudan a proteger el ambiente y, además, brindan el apoyo que necesita una casa anfibia para sostenerse firmemente, y que al momento de un aumento en el nivel del agua, sea capaz con la casa y con todos sus habitantes y sus pertenencias.

Para elaborar la placa "Hormigón" de la casa anfibia se debe emplear cemento, arena, agua y triturados "rocas". El *cemento* es un conglomerante hidráulico, que mezclado con agua forma una pasta que fragua y endurece, dando lugar a un producto hidratado mecánicamente resistente y estable, tanto en el aire, como bajo agua (CCYC); su clasificación puede realizarse en función de la naturaleza de sus componentes, su categoría resistente o por sus características especiales. El *agua* es considerada como materia prima para la confección y el curado del hormigón; esta

debe cumplir con determinadas normas de calidad que varían de país a país, y también pueden tener alguna variación según el tipo de cemento que se quiera mezclar. La *arena* es el agregado fino y se refiere al material cerámico que interviene en la composición del hormigón, y constituye más del 60% del porcentaje en peso del hormigón (Gustavo Gili, 2009). Y por último, el agregado grueso lo conforma la roca o grava triturada que debe ser dura y resistente.

Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue determinar la mezcla adecuada entre cemento, arena y triturados, para la formulación de una estructura "hormigón" para ser empleada como plataforma que sostenga una casa anfibia.

## ■ MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Caldas (Antioquia), en las instalaciones de una cementara, bajo las condiciones de temperatura a  $23\pm 4^{\circ}\text{C}$  y de humedad relativa a  $75\pm 4\%$ .

### Materiales

Los materiales empleados fueron:  $0,0379\text{m}^3$  de cemento,  $0,0758\text{m}^3$  de arena y  $0,1137\text{m}^3$  de agregados 3/8.

### Elaboración de la mezcla

Se determinaron tres proporciones con base en la fórmula dictada por la empresa Argentina Cementos MINETTI que indica que es idóneo emplear la relación 1:2:3 (1 kg de cemento por cada 2 kg de arena y 3 kg de áridos en forma de piedras) por ser adecuada para la construcción en general

en términos de costos y de resistencia; y se trabajaron dos proporciones para efectos de comparación, las cuales presentan una relación de 1:2:2 (más estable y menos porosa) y una relación de 1:2:4 (menos compacta pero más fuerte).

Las tres proporciones prestan la misma proporción de agua (0.5%); las variaciones fueron realizadas en cemento, arena y triturado; la proporción 1 presenta 20% de cemento, 40% de arena y 40% de triturado; la proporción 2 presenta 16.66% de cemento, 33.33% de arena y 50% de triturado, y la proporción 3 presenta 14.28% de cemento, 28.57% de arena y 57.14% de triturado.

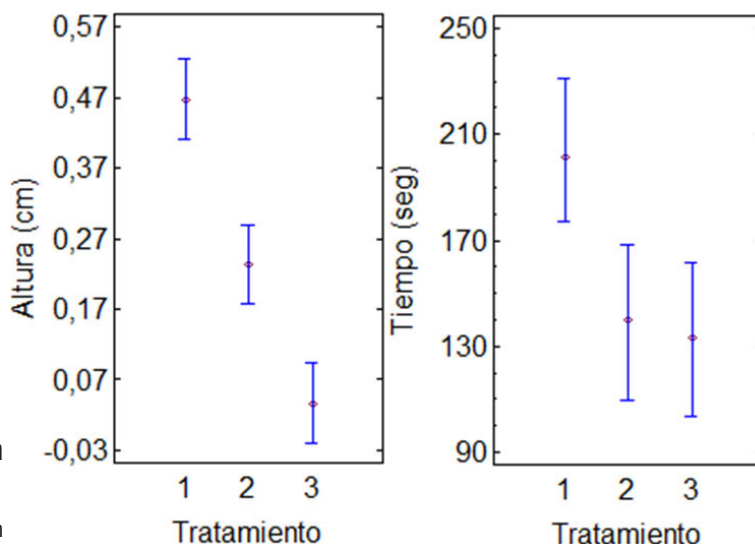
**Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos se empleó el programa Statgraphics Centurión Versión 15. El modelo estadístico que se empleó fue análisis de varianza de una vía, con tres tratamientos (proporción 1, proporción 2 y proporción 3). Se empleó un nivel de confianza del 95% y un nivel de potencia del 80% para detectar diferencias significativas

entre los tratamientos. El método de comparaciones múltiples empleados fue el de Duncan. Como variables respuestas se emplearon el tiempo de sedimentación (segundos, s) y la altura (deformación en mm). Se realizaron tres tratamientos con tres réplicas cada uno, para un total de 9 ensayos.

**RESULTADOS Y ANÁLISIS**

Según el modelo estadístico empleado, se observó que el tiempo de sedimentación y la altura de deformación presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) respecto a los tratamientos (proporciones) empleados; lo anterior indica que al variar los porcentajes de cemento, arena y triturados esto influye en estas dos variables respuesta. En la figura 1 se observan los intervalos LSD para cada variable respuesta evaluada; en esta figura se puede observar cómo el tratamiento uno presenta mayor altura de deformación y mayor tiempo de sedimentación, y es significativamente diferente a los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 1.** Altura, Tiempo frente a Tratamiento, Intervalos LSD. Fuente: programa Statgraphics Centurión

Lo anterior indica que el tratamiento 3 es más firme por poseer mayor proporción de agregados, pero esto posiblemente lo hace más quebradizo caso contrario se observa con el tratamiento 1.

En el hormigón los procesos de hidratación comienzan tan pronto como el cemento y el agua se mezclan juntos (Kovler y Roussel, 2011). Cuando se deja en reposo el hormigón, en él se acumula una estructura interna (Wallevik, 2009; Roussel, 2006; Roussel, 2005; Geiker et al., 2002; Banfill y Saunders 1981, Otsubo et al., 1980; Lapasin et al., 1979), este puede ser un motivo por el cual el tratamiento 3 presenta menor altura de sedimentación ya que es el tratamiento que más triturado presenta. Además este tratamiento puede presentar menor sangrado el cual es una acumulación de agua en la superficie de la mezcla, siendo el resultado de la diferencia de densidad entre los granos de cemento y agua (Clear y Bonner, 1988); por presentar menor proporción de cemento respecto a los otros dos tratamientos.

La sedimentación estática se asocia a menudo con la segregación o estabilidad. Lowke et al., (2010) demostró que el

rendimiento de la pasta de cemento constitutivo es el parámetro clave de la estabilidad de hormigón. Según los resultados, el tratamiento 3 presenta menor altura de sedimentación esto indica que el hormigón será más estable.

## ■ CONCLUSIÓN

El hormigón que se emplea para el desarrollo de placa es de menor costo que el hormigón que se emplearía normalmente, ya que contiene menor porcentaje de cemento y arena.

Para el desarrollo de una placa resistente y de mayor estabilidad se recomienda emplear una mezcla compuesta por 14.28% de cemento, 28.57% de arena y 57.14% de triturado.

## ■ AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Ingeniero Civil Carlos Andrés Bedoya por la asesoría prestada en la elaboración de las pruebas para realizar el hormigón y la empresa cementera de Argentina Cementos MINNETI.

## ■ REFERENCIAS

Banfill, P.F.G. and Saunders, D.C. 1981. On the viscosimetric examination of cement pastes. *Cement and Concrete Research*, 11. pp. 363-370.

CCYC. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. Fecha de consulta: 30/07/2011.web: [www.iccyc.com/pagecreator/paginas/TIPOS%20DE%20CEMENTO%20Y%20SUS%20USOS.pdf](http://www.iccyc.com/pagecreator/paginas/TIPOS%20DE%20CEMENTO%20Y%20SUS%20USOS.pdf)

Clear, C.A., Bonner, D.G. 1988. Settlement of fresh concrete - an effective stress model, *Magazine of Concrete Research* 40 (142). pp. 3 -12.

Geiker, M.R., Brandl, M., Thrane, L.N., Bager, D.H. and Wallevik, O. 2002. The effect of measuring procedure on the apparent rheological properties of self compacting concrete. *Cement and Concrete Research*, 32. pp. 1791-1795.

Guía Práctica: Hormigón Elaborado, HORMIGONES MINETTI, En: [www.cementosminetti.com.ar](http://www.cementosminetti.com.ar) Fecha de consulta 24/11/2010.

Hormigón Armado. 2009. 14 edición basada en la EHE ajustada al código modelo y al eurocódigo, editorial Gustavo Gili, S.A.

Kovler, Konstantin and Roussel, Nicolas. 2011. Properties of fresh and hardened

concrete. *Cement and Concrete Research*. 41 (7). pp 775-792.

Lapasin, R., Longo, V. and Rajgelj, S. 1979. Thixotropic behaviour of cement pastes. *Cement and Concrete Research*. 9. pp. 309-318.

Lowke, D., Kränkel, T., Gehlen, C and Shiesl, P. 2010. Effect of cement on super plasticizer adsorption, yield stress, thixotropy and segregation resistance, in: K. Khayat, D. Feys (Eds.), *Proceedings of SCC2010*, Montreal, Canada, Springer, pp. 91-102.

Otsubo, Y., Miyai, S. and Umeya K. 1980. Time-dependant flow of cement pastes. *Cement and Concrete Research*, 10, pp. 631-638.

Roussel, N. 2006. A thixotropy model for fresh fluid concretes: theory, validation and applications, *Cement and Concrete Research* 36 (10). pp 1797-1806.

Roussel, N. 2005. Steady and transient flow behaviour of fresh cement pastes. *Cement and Concrete Research*, 35 (9). pp. 1656-1664.

Wallevik, J.E. 2009. Rheological properties of cement paste: thixotropic behavior and structural breakdown. *Cement and Concrete Research*. 39 (1). pp. 14-29.