



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 11. N° 31
Febrero 2018
www.eumed.net/rev/delos/

EL USO DE CENIZA VOLANTE Y ADITIVOS EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO COMO SOLUCIÓN ECOLÓGICA

María Elena Godoy¹
Carlos Luís Gándara Vivar²
Ecuador

CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	2
1 Introducción	3
2 Marco teórico	3
2.1 Relación Agua/Cemento	3
2.2 Propiedades del Hormigón	4
2.3 El Uso de Aditivos	5
2.4 Ceniza Volante	6
3 Metodología	8
4 Conclusión	8
5 Bibliografía	9

¹ Docente de la Facultad de Comunicación de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Máster en Educación Superior. Doctoranda en Lingüística de la Universidad Politécnica de Valencia, correo electrónico: mariaegodoy@uees.edu.ec

² Estudiante de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil de la Universidad Espíritu Santo, correo electrónico: carlosgandara@uees.edu.e

RESUMEN

El objetivo de este artículo es describir las características que presenta el concreto cuando se utiliza ceniza volante y se varía su dosificación y destacar los beneficios que presentan ciertas propiedades del concreto cuando se utilizan aditivos, mediante una revisión bibliográfica. Como resultado de este artículo se puede destacar el aumento de la resistencia y del módulo de elasticidad del concreto cuando se reemplaza hasta el 30% de la masa de la arena o hasta el 20% de la masa del cemento, gracias a su morfología que demanda menor cantidad de agua disminuye la porosidad del hormigón. Los aditivos mejoran ciertas propiedades del concreto como aumentando su trabajabilidad y resistencia y disminuyendo la segregación, sangrado y la relación A/C. Esto permite concluir que tanto los aditivos como la ceniza volante son beneficiosos para el hormigón cuando se utilizan en un correcto porcentaje de su dosificación.

Palabras clave: ceniza volante, hormigón, construcción, ecología.

ABSTRACT

The objective of this article is to describe the characteristics of concrete when using fly ash and its dosage is varied and to highlight the benefits of concrete properties when additives are used, through a bibliographic review. As a result of this article we can highlight the increase in the strength and modulus of elasticity of the concrete when it replaces up to 30% of the mass of the sand or up to 20% of the mass of the cement, thanks to its morphology that demands less water reduces the porosity of the concrete. The additives improve certain concrete properties such as increasing their workability and resistance and decreasing segregation, bleeding and the A / C ratio. This allows to conclude that both additives and fly ash are beneficial for concrete when they are used in a correct percentage of their dosage.

Key Words: fly ash, concrete, construction, ecology

1 INTRODUCCIÓN

El concreto, también llamado hormigón, es una mezcla homogénea y se define como una piedra artificial formada por cemento portland, agregados gruesos (grava), agregados finos (arena), agua y aire, es el material de construcción más utilizado en el mundo debido a su resistencia, durabilidad y economía (Cottier, 2005).

Los aditivos son una sustancia que se agregan al momento de preparar el hormigón, cuando se mezclan sus componentes, tienen la finalidad de modificar una o varias propiedades del concreto (Carrasco, 2012). Estas sustancias se clasifican según los efectos que producen en el concreto, entre los diferentes efectos están los acelerantes y retardantes de fraguado, reductores de agua e inclusores de aire (Jiménez, 2001).

La ceniza volcánica puede ser utilizada para la elaboración de hormigones y puede ser utilizada en la mezcla reemplazando el cemento o sustituyendo una porción del agregado fino. Cuando se utiliza ceniza volcánica el hormigón presenta ciertas ventajas y entre la más destacada es el aumento de su módulo de elasticidad y aumento en la resistencia a la compresión (Salamanca, 2004).

El manejo del concreto en la elaboración de estructuras más complejas muchas veces se torna en una dificultad y es necesario mejorar ciertas propiedades, como la trabajabilidad. Si se utilizan los mismos materiales de un concreto ordinario la única forma de darle mayor fluidez sería agregando agua. Sin embargo si agrega agua se disminuye la resistencia por lo que se convierte en una necesidad utilizar aditivos. El uso de aditivos y ceniza volante durante la elaboración de la mezcla del hormigón puede resultar beneficioso si se utiliza en bajos porcentajes.

La importancia de esta investigación se debe a las mejoras que presentan ciertas propiedades del concreto, sin disminuir su resistencia, cuando se utilizan aditivos. Añadir ceniza volante en la elaboración del hormigón, reemplazando un porcentaje del contenido de la arena o del cemento, puede aumentar su resistencia a la compresión.

El objetivo de este estudio es el describir las características que presenta el concreto cuando se utiliza ceniza volante con la finalidad de determinar los diferentes beneficios cuando se varía su dosificación.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Relación Agua/Cemento

Cuando se pretende fabricar concreto con una baja relación agua/cemento (A/CM), y se requiere al menos un revenimiento de 150 mm, es necesario el uso de un aditivo superplastificante. Con un superplastificante se pueden obtener dos diferentes tipos de beneficios: el primero consiste en la disminución de la relación A/CM para lograr un concreto de consistencia

fluida, y al mismo tiempo se disminuye el contenido de cemento portland (CP) en la mezcla (Valdez, Durán, Rivera & Juárez, 2007, pág. 49).

La relación agua/cemento es uno de los parámetros más importantes de la tecnología del hormigón, pues influye grandemente en lo más importante del concreto, la resistencia final del mismo. Determina la porosidad de la pasta de cemento endurecida en cualquier etapa de hidratación. Mientras mayor sea la relación (A/CM), es decir que si la proporción de agua es mayor, habrá mayor porosidad y por lo tanto su resistencia disminuirá (Terrerros, sf).

2.2 Propiedades del Hormigón

El hormigón siempre deberá tener trabajabilidad, consistencia y plasticidad adecuada con las condiciones de la obra. Generalmente estas propiedades se miden en función del revenimiento pero no siempre es así. Una mezcla bien diseñada y con bajo revenimiento puede resultar más trabajable que otra mezcla con composición defectuosa pero con un revenimiento más alto (Terrerros, sf).

La medida de la consistencia de un hormigón fresco por medio del cono de Abrams es un ensayo muy sencillo de realizar en obra, no requiere equipo costoso ni personal especializado y proporciona resultados satisfactorios. Consiste en llenar un tronco de cono metálico en tres capas iguales, cada capa es de aproximadamente 1/3 de su volumen, y compactar el hormigón con una barra normalizada. El tronco es de 30 cm de altura y 20 cm de diámetro de base inferior y 10 cm de diámetro de base superior. La compactación se hace con 25 golpes de la varilla, con el extremo semiesférico impactando al hormigón. Posteriormente se saca el molde con cuidado sobre una superficie plana, levantándolo verticalmente en un movimiento continuo. A continuación se mide el asentamiento (revenimiento): Se coloca el Cono de Abrams al lado del formado por el hormigón y se mide la diferencia de altura entre ambos (Jordán, 2009).

Trabajabilidad es la propiedad que determina el esfuerzo requerido para manejar el concreto fresco, esto incluye su transportación, colocación y compactación. Es decir que esta propiedad indica la facilidad de manejar el concreto. Para poder obtener una buena trabajabilidad es necesario controlar su consistencia y cohesividad. Se supone que una mezcla endurecida es menos trabajable que una más fluida y viceversa. Sin embargo esto no se cumple siempre porque una mezcla húmeda, tiene tendencia a segregar y por lo tanto tendrá una trabajabilidad pobre (Sonora, 1995).

La segregación es la separación de los elementos que constituyen la mezcla heterogénea y es causada debido a la diferencia en tamaño y en densidad de las partículas, sin embargo esta puede ser controlada seleccionando una granulometría adecuada y siendo cuidadoso en el manejo del material. Existen dos tipos de segregación: Segregación interna, cuando las partículas grandes tienden a separarse de las pequeñas, puede ser por asentamiento, o cuando la pasta de cemento se separa de los agregados. Segregación externa, ocurre cuando las fuerzas exteriores que actúan sobre el hormigón fresco superan las fuerzas internas de cohesión. Esto puede ser

ocasionado durante el transporte y colocación de la mezcla o por el uso excesivo del vibrador (Carrasco, 2013).

El hormigón es un material compuesto por elementos de diferentes densidades. A causa de ello, durante el periodo de inactividad que precede al fraguado, las partículas sólidas sedimentan, es decir que tienden a asentarse, a ir a la parte inferior y por consecuencia dan lugar a la acumulación de agua en la superficie. Este fenómeno llamado exudación conduce a la obtención de un hormigón en la zona superior de los elementos estructurales de mayor relación agua - cemento y, en consecuencia, mayor porosidad y menor resistencia (Giaccio, 1999).

2.3 El Uso de Aditivos

Cualquier otro ingrediente, además del cemento, arena, piedra, agua o aire, que se incluya en la elaboración del concreto inmediatamente antes, durante o después del mezclado se considera un aditivo. Tienen la función de mejorar las propiedades mecánicas, físico químicas, químicas o físicas. También pueden prevenir el deterioro del concreto de algún agente externo como la exposición a la salinidad, condiciones de alta humedad, exposición a corrientes sufaltadas (Univesidad Sonora, sf).

El aditivo es una sustancia química usada en la dosificación del concreto, se utiliza máximo en un 5% de la masa del cemento, con la finalidad de cambiar ciertas propiedades para que el material se adapte de mejor manera a las necesidades del constructos (Ribera, sf).

Es importante recalcar que la implementación de los aditivos a los diversos diseños de mezclas que se desean mejorar sus propiedades, no corregirán un concreto que haya sido mal dosificado o que en su etapa de colado, ésta haya sido defectuosa o deficiente (Universidad Albert Einstein, 2007).

Los aditivos reductores de agua, también llamados plastificantes, son usados para disminuir el requerimiento de agua de mezclado. Produce un concreto de mayor resistencia e incrementa su consistencia sin aumentar el contenido de agua. Aumentan su plasticidad. Obtiene un incremento en la manejabilidad de la mezcla sin disminuir la resistencia a la compresión. Este aumento de la trabajabilidad se debe a que alteran las fuerzas FISICOQUIMICAS que actúan en las partículas de cemento, dándoles cargas negativas, lo que hace que se repelen entre ellas lubricando la mezcla (Universidad Albert Einstein, 2007).

Los aditivos retardadores actúan adsorbiendo las partículas de cemento, forman una capa que inhibe transitoriamente la hidratación normal de los compuestos del cemento, como el aluminato tricálcico (C3A), aquel que da la resistencia temprana. Los aditivos retardadores se utilizan para disminuir la velocidad de fraguado del concreto. Retardar el fraguado del concreto, es un problema en aquellos sitios con temperaturas mayores de 20 °C y en las ciudades con tiempos de transporte muy prolongados. Al retardar se busca extender el tiempo de manejabilidad del concreto (Universidad Albert Einstein, 2007)

Los aditivos inclusores de aire se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto. La inclusión de aire mejorará drásticamente la durabilidad de los concretos que estén expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. También se ve mejorada de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, y la segregación y el sangrado se reducen o se llegan a eliminar (Manual de Practicas de Laboratorio de Concreto, 2012). Los aditivos inclusores de aire tienen la función de disminuir el sangrado e inducen el control de los efectos de hielo y deshielo. Mientras que los aditivos acelerantes, como lo indican aceleran la resistencia inicial del concreto (Bettor MBT, sf).

Aditivo reductor de agua, también llamado superplastificante, se emplea con el objeto de aumentar significativamente la trabajabilidad para una relación A/C dada, producen una reducción considerable de la relación a/c para una determinada trabajabilidad (Puertas, 2001). Es un aditivo con alta capacidad de reducción de agua, se basa en la utilización de polímeros sintéticos que le brinda máxima fluidez, alta cohesión y le permite mantener la trabajabilidad de la mezcla durante un tiempo prolongado (Martinez, Armijos & Valarezo, 2008).

2.4 Ceniza Volante

El término “puzolana” tiene dos significados distintos. El primero se refiere a la roca piroclástica mientras que el segundo se refiere a todos los materiales inorgánicos o artificiales que endurecen en agua cuando se mezclan con materiales que liberan hidróxido de calcio, como el cemento (Jiménez, 2001).

Las puzolanas naturales pueden tener 2 orígenes distintos: el primero es de origen puramente mineral y es producto de las cenizas volcánicas procedentes de las erupciones volcánicas explosivas. Mientras que el segundo origen se denomina origen orgánico, se refiere a las rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada, tienen un origen submarino y fueron formados por acumulación de esqueletos silíceos de animales o plantas (Salazar, 2005).

Las cenizas volantes son residuos de la combustión de carbón pulverizado. Estas partículas son muy finas y pueden ser llevados por el gas que sale del horno, por lo tanto es necesario utilizar precipitadores electroestáticos antes que el gas sea liberado a la atmósfera (Moreno, 2001)

El uso de ceniza volante, aparte de presentar beneficios para el hormigón, también los presenta para el medio ambiente si se reemplaza cierto porcentaje del CP. La producción del CP es un proceso que demanda altos consumos de energía y a la vez produce cantidades significativas de CO₂. La producción de una tonelada de CP contribuye a la generación de una tonelada de CO₂ a la atmósfera, lo cual equivale aproximadamente al 7% del CO₂ presente en la atmósfera (Valdez, Durán, Rivera & Juárez, 2007).

Al utilizar ceniza volante la demanda de agua será menor gracias a su morfología esférica. La reacción puzolánica entre la sílice y la alúmina, presentes en las cenizas volantes, y la portlandita o hidróxido de calcio (Ca (OH)₂) procedentes de la hidratación de los silicatos (C₃S y

C₂S) del clinker del cemento portland. Esta reacción es más lenta que la hidratación de los silicatos de calcio del clinker del cemento portland por tanto necesita un curado más prolongado (Argiz, Menéndez & Sanjuán, 2013).

Curado se llama al proceso que promueve la hidratación del cemento y consiste en mantener saturado el concreto, ya que la hidratación del cemento solo se logra en capilares llenos de agua por lo que debe evitarse la evaporación excesiva de la misma (Universidad Centroamericana, 2006).

En la tabla 1 se explica los diferentes diseños que utilizan cenizas volantes pueden variar dependiendo de las dosificaciones. Cuando reemplazan el 10% y el 20% del cemento portland muestra beneficios como incrementar su módulo de elasticidad, mientras cuando reemplaza el 30% no lo presenta. En el caso que se reemplace 10%, 20% o 30% de la arena triturada con ceniza volante aumenta su módulo de elasticidad, siendo la última la que presenta el mayor de todos (Salamanca, 2004).

El módulo de elasticidad del concreto o módulo de Young es uno de los parámetros más importantes en la construcción de estructuras de concreto. Su valor depende del tipo de concreto, la dosificación utilizada y el tipo y origen del agregado. En términos general mientras mayor sea la resistencia del concreto mayor será su módulo de elasticidad (Quimbay, 2011).

Tabla No. 1.

Resultados promedios de ensayos realizados al concreto sin adición, con sustitución de cemento por ceniza volante, y con sustitución de arena por ceniza volante.

MEZCLAS	CONCRETO FRESCO		CONCRETO ENDURECIDO				
	Fluidez (cm)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			Módulo elástico (kg/cm ²)	
			14 días	28 días	56 días	28 días	56 días
DP: 0%CV+100%C	8.7	2340	316	321	345	169827	193613
D1: 10%CV+90%C	5.4	2334	303	344	356	177637	201165
D2: 20%CV+80%C	5.3	2321	267	300	320	174204	195697
D3: 30%CV+70%C	4.7	2313	195	247	279	160171	179170
D4: 10%CV+90%AT	4.9	2337	332	367	405	183033	195280
D5: 20%CV+80%AT	3.8	2321	357	401	452	184413	201967
D6: 30%CV+70%AT	3.5	2310	353	395	448	183536	203425

Fuente: Salamanca (2004)

Elaboracion: los autores

El término HVFA (High Volume Fly Ash) describe aquellos concretos con un contenido muy bajo de agua, en el cual, al menos 50% de la masa del cemento Pórtland (CP), es remplazado con una ceniza volante. La presencia de ceniza volante, llamada en inglés Fly Ash (FA), puede modificar el tamaño de los poros y minimizar significativamente el efecto adverso que se produce en la zona de la transición, es decir, se optimiza el empaquetamiento de partículas de

la matriz cementante, mejorando como consecuencia el enlace con el agregado y las propiedades mecánicas del concreto (Valdez et al, 2007).

La porosidad es una característica del concreto. Puede tener una infinidad de poros de distintos tamaños conectados entre sí, a través del cual puede circular cualquier fluido. La porosidad afecta tanto la resistencia a la compresión como a la durabilidad de una manera inversamente proporcional. La porosidad depende de la relación agua/cemento (López, 2004).

3 METODOLOGÍA

El estudio es cualitativo, de carácter explicativo. A través de una revisión bibliográfica se pudo describir las bondades de la ceniza volante como una estrategia ecológica en la construcción. Los criterios de búsqueda fueron: las conceptualizaciones del hormigón y el concreto y los beneficios de la ceniza volante en el área de la ingeniería.

4 CONCLUSIÓN

El uso de aditivos brinda beneficios al hormigón, mejorando sus propiedades, siempre y cuando no se utilice en una dosificación mayor al 5% de la masa del cemento. Entre los diversos beneficios que brindan los diferentes tipos de aditivos se tiene la reducción en el contenido de agua de alto y bajo rango, retardadores de fraguado, inclusores de aire que disminuye el sangrado y segregación y los acelerantes de resistencia inicial.

Por otro lado, se puede afirmar que son muy prácticos para poder contrarrestar las situaciones críticas que comúnmente se presentan en la práctica cuando no se lleva un debido control en obra. Por ejemplo una situación común es cuando los obreros emplean más agua en la dosificación para poder darle mayor trabajabilidad al hormigón. Los aditivos reductores de agua disminuyen la relación A/C y le da mayor resistencia sin alterar su trabajabilidad. Los acelerantes de resistencia inicial se los puede emplear cuando el avance de la obra está retrasada en el cronograma de actividades y son muy prácticos cuando se necesita que el concreto de un piso adquiera la resistencia necesaria, en menos días, para poder soportar el peso de los pisos superiores. De esta forma se obtiene un avance significativo de la obra.

Al utilizar ceniza volante en la dosificación de un hormigón no solamente presentará beneficios para el concreto sino también para el medio ambiente cuando se reemplaza cierto porcentaje del CP. La producción de una tonelada de CP contribuye una tonelada de CO₂ a la atmósfera. Entre los beneficios del concreto se puede destacar la disminución de la relación A/C, ya que la demanda de agua es menor gracias a su morfología esférica, y aumento de resistencia y del Módulo de Elasticidad, esto se obtiene cuando la ceniza volante reemplaza tanto la arena como el cemento. Cuando se reemplaza hasta el 20% de la masa del cemento el concreto presentará mayor resistencia que una mezcla común. De las dosificaciones citadas previamente

esta es la más óptima porque es la que mayor porcentaje de cemento reduce y el cemento es el elemento más costoso en el hormigón.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Argiz, Menéndez & Sanjuán. (Marzo de 2013). Efecto de la adición de mezclas de ceniza volante y ceniza de fondo. *Materiales de construcción*. Obtenido de Efecto de la adición de mezclas de ceniza volante y ceniza de fondo: <https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#>
- Bettor MBT. (sf). Aditivos para hormigón. *Concretonline*. Obtenido de Aditivos para hormigón: http://www.concretonline.com/pdf/06aditivos/art_tec/AditivosMF.pdf
- Carrasco, M. F. (abril de 2012). Aditivos químicos para hormigones. *Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de Aditivos químicos para hormigones: <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Hormig%C3%B3n%20UTN%20FRSF/Unidad%205%20-%20ADITIVOS%20QUIMICOS%20PARA%20HORMIGONES.pdf>
- Carrasco, M. F. (abril de 2013). *Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de Propiedades de la mezcla fresca de hormigón: <http://www.fceia.unr.edu.ar/~fermar/Apuntes%20Tecnolog%C3%ADa%20del%20Hormig%C3%B3n%20UTN%20FRSF/Unidad%206%20-%20PROPIEDADES%20DE%20LA%20MEZCLA%20FRESCA%20DE%20HORMIGON.pdf>
- Cottier, J. L. (diciembre de 2005). Tecnología del concreto. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*. Obtenido de Tecnología del concreto: <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc6521/doc6521-contenido.pdf>
- Giaccio, G. (1999). Exudación del hormigón: Efecto de la incorporación de cenizas volantes. *CIC Digital*. Obtenido de Exudación del hormigón: Efecto de la incorporación de cenizas volantes: http://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/420/11746_420.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez, H. (2001). Obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Obtenido de Obtención de concreto de alta resistencia mediante adición en el diseño de un superplastificante y ceniza de cascarilla de arroz: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3325/1/5847.pdf>

- Jordán, S. (2009). Ensayos de hormigon en estado fresco y endurecido. *LEMaC* . Obtenido de Ensayos de hormigon en estado fresco y endurecido: http://lemac.frlp.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/10/Tesis2009_Lucas-Scanferla.pdf
- López, O. (enero de 2004). Porosidad del concreto. *Universidad San Carlos de Guatemala* . Obtenido de Porosidad del concreto: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2394_C.pdf
- Manual de Practicas de Laboratorio de Concreto. (20 de enero de 2012). Manual de Practicas de Laboratorio de Concreto. *UNAL*. Obtenido de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB_DE_CONCRETO.pdf
- Martinez, Armijos & Valarezo. (2008). Influencia del porcentaje de aditivo superplastificante en hormigones de alta resistencia. *Concreteonline*. Obtenido de Influencia del porcentaje de aditivo superplastificante en hormigones de alta resistencia: https://mvalarezo.files.wordpress.com/2014/01/martinez_-armijos_-valarezo.pdf
- Moreno, N. (2001). Caracterización de las cenizas volantes. *Tesis Doctorado en Red* . Obtenido de Caracterización de las cenizas volantes: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6986/06CAPITULO2.pdf?...>
- Puertas, F. (20 de 11 de 2001). Hidratación inicial del cemento. Efectos de aditivos superplastificantes. *CIC Gigital* . Obtenido de Hidratación inicial del cemento. Efectos de aditivos superplastificantes: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/35024/1/416.pdf>
- Quimbay, R. (2011). Estimación del modulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM. *Universidad de Colombia*. Obtenido de Estimación del modulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM: http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo_elasticidad_concreto.pdf
- Ribera, G. (sf). *Universidad del Cauca*. Obtenido de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%2020PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2011%20-%20Aditivos%20para%20morteros%20o%20concretos.pdf>
- Salamanca, R. (19 de abril de 2004). Comportamiento del concreto con bajos porcentajes de ceniza volante y agua constante. *Sistema de Información Científica Redalyc* . Obtenido de Comportamiento del concreto con bajos porcentajes de ceniza volante y agua constante: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101402>
- Salazar, A. (2005). ¿Qué es puzolana? *Ecoingeniería*, 1.
- Sonora, U. (1995). Colocación del concreto bajo clima caluroso. *Universidad Sonora* . Obtenido de Colocación del concreto bajo clima caluroso: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11059/Capitulo6.pdf>
- Terreros, C. (sf). Propiedades del Hormigón. En C. Terreros, *Tecnología del Hormigón*. Guayaquil: ESPOL.

- Universidad Albert Einstein. (diciembre de 2007). Uso de aditivos para concreto. *Universidad Albert Einstein*. Obtenido de Uso de aditivos para concreto:
<http://www.uae.edu.sv/docs/investigacion/USO%20DE%20ADITIVOS%20PARA%20CONCRETO.pdf>
- Universidad Centroamericana. (2006). Curado del concreto. *Universidad Centroamericana* . Obtenido de Curado del concreto: <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/CURADO.pdf>
- Univesidad Sonora. (sf). Aditivos para concreto. *Univesidad Sonora* . Obtenido de Aditivos para concreto: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8650/Capitulo4.pdf>
- Valdez, Durán, Rivera & Juárez. (marzo de 2007). Concretos fluidos con altos volúmenes de ceniza volante. *Universidad Autónoma de Nuevo León* . Obtenido de Concretos fluidos con altos volúmenes de ceniza volante: <http://eprints.uanl.mx/1817/>