

USO DEL JUGO DE FIQUE COMO ADITIVO ORGÁNICO EN EL HORMIGÓN

Use of fique liquor as organic admixture in concrete

RESUMEN

Se investigó el efecto de un aditivo orgánico vegetal, subproducto del beneficio de las hojas de la *Furcraea Cabuya* (fique), en algunas propiedades del hormigón fresco y endurecido. Este jugo actúa como surfactante en el agua de amasado del hormigón, formando pequeños poros en estado endurecido que disminuyen la densidad de la mezcla y mejoran la durabilidad del hormigón.

El aditivo se agregó hasta en un 10% en peso, proporcionando una disminución de la exudación y la densidad en estado fresco. En el hormigón endurecido, disminuyó la resistencia del concreto en todas las edades de curado.

PALABRAS CLAVES: Aditivo orgánico, hormigón, oclisor de aire.

ABSTRACT

The use of an organic admixture from Furcraea Cabuya leaves in concrete were studied. This liquid admixture acts as a surfactant in fresh concrete, and creates discrete air voids on hardened concrete that proportionate the decrease of density, bleeding and compressive strength and increase the concrete durability. The admixture were added until 10% of the cement weight in this study.

KEYWORDS: Entrained air, concrete, organic admixture.

1. INTRODUCCIÓN

Se han estudiado los aditivos ocluidores de aire ya que incrementan principalmente la resistencia del concreto a ciclos de hielo-deshielo y su trabajabilidad. Aditivos tales como sales de resinas de madera, de lignina sulfonada, de ácidos de petróleo, de materiales proteínicos, de carbohidratos sulfonados, detergentes sintéticos, ácidos grasos y resinosos, han sido empleados o son comercialmente disponibles como ocluidores de aire [1].

Los aditivos usados actualmente en las mezclas de hormigones y morteros son fundamentalmente sintéticos, pero se ha estudiado otro tipo de extractos orgánicos de origen vegetal como aditivo en materiales cementicios.

El jugo de fique es un subproducto orgánico de origen vegetal, resultante de la producción de fibras a partir de la *Furcraea Cabuya* que junto con el bagazo, representa el 95% del peso de la hoja y actualmente genera problemas de contaminación en el agua y el suelo. [2].

Se ha determinado que el jugo de fique actúa como un surfactante que al mezclarse con el agua de amasado del hormigón disminuye su tensión superficial, y permite la formación de pequeñas burbujas de aire estables que permanecen durante el proceso de fabricación de la mezcla y posteriormente forman pequeños poros no coalescentes, que disminuyen la densidad de la mezcla, y mejoran la durabilidad del hormigón a agentes físicos y químicos [2].

JUAN CARLOS OCHOA

Arquitecto Constructor, M. Sc.
Decano Facultad de Arquitectura
Universidad Nacional de Colombia
jcochoa@unalmed.edu.co

LEYLA JARAMILLO

Ingeniera Ambiental
Estudiante de Maestría en
Materiales Procesos
Universidad Nacional de Colombia.
lyjarami@unal.edu.co

Ya que los aditivos deben utilizarse sólo después de haber evaluado apropiadamente sus efectos en el hormigón, se estudiaron algunos factores como el tipo de cemento y de árido, el tiempo de mezclado que pueden modificar de manera importante la acción del aditivo [1]. En la investigación descrita se buscó un uso alternativo del jugo del fique mediante el avance en el conocimiento de su acción como aditivo en hormigones y a su vez mitigar el impacto ambiental generado por el desecho de la planta y por la disminución de la producción de aditivos sintéticos.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se usaron dos tipos de cemento Portland I y III (ver Tabla 1), así como dos clases de árido grueso y una de árido fino.

TIPO DE CEMENTO	COMPUESTO (%)					
	SiO ₂ total	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO total	MgO	SO ₃
Pórtland tipo I	19,05	5,79	2,94	62,74	1,03	2,18
Pórtland tipo III	20,29	5,43	2,68	65,57	1,25	2,10

Tabla 1 Composición química del cemento usado

Para estos materiales se realizó un diseño de mezclas donde se seleccionó un asentamiento de 7,5 cm por ser un valor que se ajusta mejor a los concretos para vigas, fundaciones, muros de contención. Se seleccionó un agregado de tamaño máximo 1" y una resistencia de

diseño de 21 MPa. En la Tabla 2 se presentan las proporciones de los materiales en peso obtenidas en el diseño de mezclas.

Material	Proporción en peso
Agua	0.597
Cemento	1
Agregado fino	1.93
Agregado grueso	3.18

Tabla 2. Proporciones de los materiales obtenidos en el diseño de mezclas

El licor de fique se obtuvo del proceso de desfibrado realizado en una agroindustria típica y se usaron en las mezclas porcentajes con respecto al cemento del 3, 5 y 10%.

Se realizaron experimentos fabricando probetas cilíndricas de hormigón con los diferentes porcentajes de aditivos y para una mezcla de referencia sin aditivo, teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Igual relación agua/cemento (A/C).
- Igual trabajabilidad: variando la cantidad de agua de amasado se mantuvo constante esta variable con los diferentes porcentajes de aditivo para identificar la plasticidad que ofrece el licor de fique en los concretos.
- Tipos de cemento: se varió el tipo de cemento y se mantuvo constante la relación A/C. Se usó cemento Portland tipo I y tipo III.
- Tamaño del árido grueso: se varió el tipo de árido grueso y se mantuvo constante la relación A/C. Se usaron áridos de tamaño máximo de partícula de $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$ ".
- Tiempo de amasado: para un 5% de aditivo en la mezcla y una relación A/C constante, se realizaron mezclas con tiempos de amasado de 10, 12, 14, 16 y 18 minutos.

Para las mezclas realizadas se analizaron algunos parámetros en estado fresco y endurecido para evaluar el comportamiento del hormigón con el jugo de fique. Los parámetros analizados y la Norma Técnica colombiana (NTC) o internacional bajo la cual se llevaron a cabo se describen en la Tabla 3.

TIPO DE ENSAYO		NORMA
Hormigón fresco	Contenido de aire ocluido.	NTC 1032
	Asentamiento	NTC 396
	Exudación	NTC 1294
	Densidad	NTC 1926
Hormigón endurecido	Resistencia a la compresión	NTC 673
	Estructura de poros	ASTM 457

Tabla 3 Ensayos realizados al hormigón fresco y endurecido

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para el hormigón en estado fresco se describen a continuación.

3.1. DENSIDAD

Con mayores porcentajes de aditivo se logran menores densidades debido a la mayor cantidad de aire que se obtiene.

Con los ensayos del tamaño del árido grueso de $\frac{3}{8}$ " se observa una menor densidad utilizando 5% del aditivo, con este árido la densidad tiende a aumentar a partir de este porcentaje. Con el árido de $\frac{3}{4}$ "la densidad disminuye a medida que aumenta el porcentaje de aditivo (ver Figura 1(a)).

El tipo de cemento utilizado no presenta mayor influencia en la densidad, hasta el 5% de aditivo donde la disminución con el uso de cemento tipo I es mayor ya que el aire ocluido también aumentó notablemente de 4,6 a 10 %(ver Figura 1(b)).

3.2. AIRE OCLUIDO

El porcentaje de aditivo en la mezcla y el porcentaje de aire ocluido son directamente proporcionales, ya a mayor cantidad de aditivo mayor es el aire ocluido en el concreto fresco (ver Figura 2).

Se observó que cuando se usa un árido grueso con una mejor gradación, el aire ocluido es menor. Esto puede deberse a que los espacios entre las partículas se reduce impidiendo la formación de burbujas de aire por parte del jugo de fique adicionado.

De acuerdo con otras investigaciones, por lo general se necesitan cantidades mayores de aditivo ocluidor de aire en hormigones con cemento Portland de fraguado rápido como el tipo III [1]. Con el jugo de fique las diferencias de aire ocluido para los dos tipos de cemento son notorias a partir del 5% de aditivo en la mezcla tal como se observa en la Figura 2 (b).

La cantidad de aire ocluido aumenta según el tiempo de mezclado, pasado el cual se reduce lentamente.[1] Con el jugo de fique se observa que los 14 minutos es el tiempo más adecuado para el amasado ya que se alcanza el mayor porcentaje de aire ocluido y con tiempos mayores de amasado el aire ocluido disminuye hasta en un 58% tal como se observa en la Figura 3.

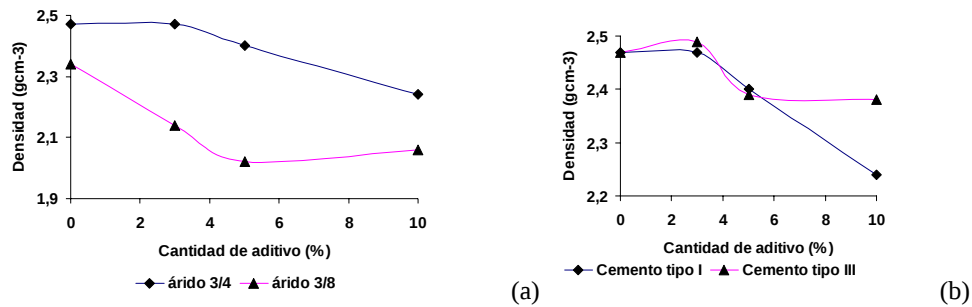


Figura 1 Densidad del hormigón para varios porcentajes de aditivo (a) Diferente tamaño de árido grueso (b) Diferente tipo de cemento

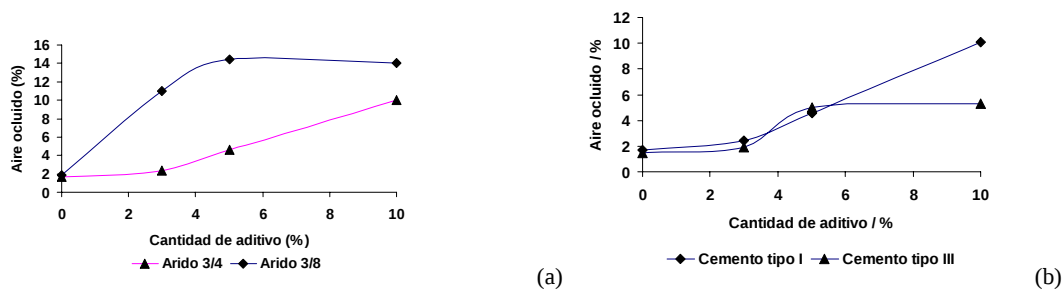


Figura 2 Cantidad de aire ocluido para varios porcentajes de aditivo (a) Diferente tamaño de árido grueso (b) Diferente tipo de cemento

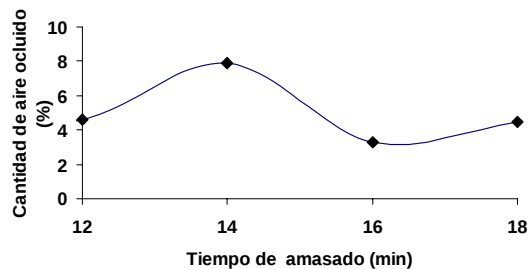


Figura 3 Cantidad de aire ocluido para varios tiempos de amasado

3.3. EXUDACIÓN

La exudación en el hormigón genera superficies de poca resistencia, una reducción en la adherencia y proporciona tensiones superficiales. La exudación puede controlarse con el aire ocluido.

Las burbujas ocluidas por el jugo de fique proporcionan esta disminución de la exudación como puede observarse en la Figura 4(a) y la Figura 4 (b), particularmente a partir del 3% de aditivo en la mezcla. Con el uso de árido de 3/8" se observa una mayor disminución, así como con el cemento Portland tipo I.

En el hormigón endurecido la propiedad generalmente afectada es la resistencia mecánica, especialmente con aditivos oclusores de aire, bien sea la de compresión, tracción o ambas. Se afirma que la resistencia depende principalmente de la porosidad del material. [3] Los resultados obtenidos para el hormigón en estado fresco se describen a continuación.

3.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

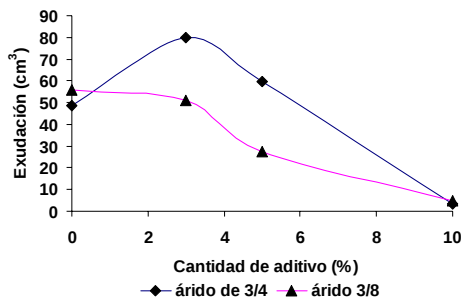
En cuanto a la resistencia de los concretos con agregado 3/4" el nivel óptimo de utilización de aditivo está en el 5% demostrando que tiene mejores características que con el 3 y 10%; esto puede ser porque químicamente se

comporta mejor el aditivo en esta proporción con el cemento (ver Figura 5 (a)).

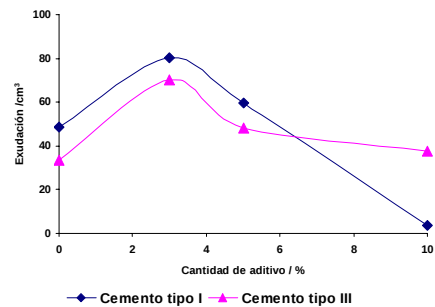
Con el árido grueso de 3/8" se observa que con el 10% del aditivo aumenta la resistencia con el transcurrir del tiempo, aunque esta tendencia es buena nos muestra niveles inferiores a los del 0% de aditivo demostrando así: que el uso del aditivo disminuye significativamente las resistencias del concreto en todas las edades. En general la resistencia se disminuye un 34% en promedio

con respecto a la mezcla sin jugo de fique adicionado cuando se usa el árido de 3/8" (ver Figura 5(b)).

La resistencia a la compresión con el uso de cemento Pórtland tipo III conserva unos valores adecuados, en especial a los 28 días de curado cuando se adiciona jugo de fique. Esto puede observarse en la Figura 6.

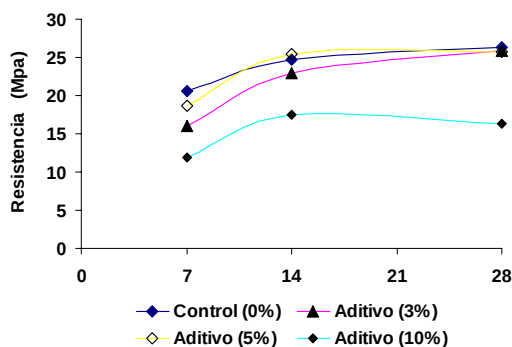


(a)

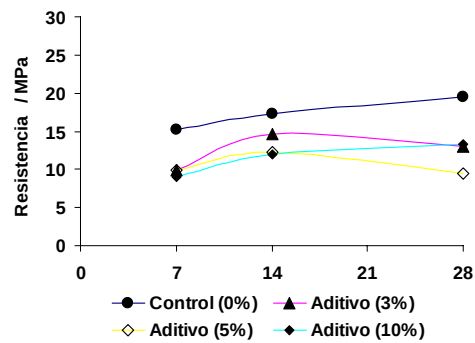


(b)

Figura 4 Exudación del hormigón para varios porcentajes de aditivo (a) Diferente tamaño de árido grueso (b) Diferente tipo de cemento

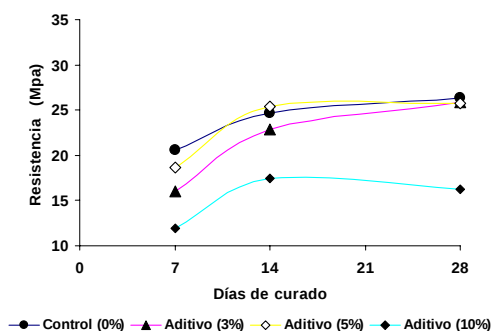


(a)

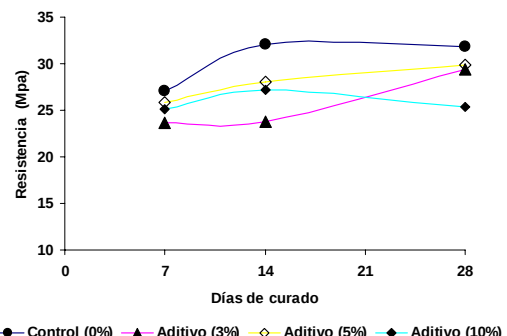


(b)

Figura 5 Resistencia a la compresión con diferentes tipos de áridos (a) Árido 3/4" (b) Árido 3/8"



(a)



(b)

Figura 6 Resistencia a la compresión para diferentes tipos de cemento, árido 3/4", igual relación A/C (a) Pórtland tipo I (b) Pórtland tipo III

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El jugo de fique como aditivo oclisor de aire proporcionó en general una disminución de la exudación y la densidad en estado fresco. Para la exudación con el agregado de $\frac{3}{4}$ " y $\frac{3}{8}$ " el nivel mas optimo de porcentaje de aditivo es el 10% ya que es el que mas presenta índice de retención de agua; para el concreto con agregado $\frac{3}{4}$ y cemento Pórtland tipo III se debe utilizar el 5% de aditivo ya que los resultados en cuanto a retención de agua son muy similares a los del 10 %.

El aire ocluido aumenta proporcionalmente con la cantidad de aditivo adicionado y cuando se usa un árido grueso con una mejor gradación el aire ocluido es menor. Aunque con un tiempo de mezclado de 14 minutos se obtiene la máxima cantidad de aire ocluido en el hormigón con un 5% de aditivo orgánico, es necesario mantener una resistencia apropiada la cual se logra con 12 minutos de mezclado.

En el hormigón endurecido el aditivo disminuye la resistencia del concreto en todas las edades de curado entre el 20 y el 34%. Para la resistencia de los concretos con agregado $\frac{3}{4}$ " el nivel optimo de utilización de aditivo esta en el 5% demostrando que tiene mejores características que con el 3 y 10%. Con el cemento Pórtland tipo III el nivel óptimo a utilizar es el 5% de aditivo ya que no afecta tan drásticamente las resistencias finales.

5. BIBLIOGRAFÍA

Referencias de libros:

- [1] . Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. "Aditivos para concreto", Comité ACI 212. 1983.

Reportes Técnicos:

- [2] J.C. Ochoa "Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones de cemento Pórtland". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 2005.

Referencias de publicaciones periódicas:

- [3] Lianxiang Du , Kevin J. Folliard. "Mechanisms of air entrainment in concrete". *Cement and Concrete Research*. Vol 35, pp 1463– 1471, 2005.