



**NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO**

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Variación de la consistencia del concreto mediante la adición de melaza de caña

Haidde Yulady Jaramillo, Ciro Andrey Martínez Ovallos, Romel Jesús Gallardo Amaya

**Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña, Colombia**

Resumen

El concreto es uno de los materiales de construcción de mayor demanda debido a sus propiedades y versatilidad, adicionalmente, es común que se empleen diversos aditivos que permiten modificar el comportamiento y la estructura del concreto, potenciando o reduciendo ciertas características que constituyen un beneficio para las obras.

Son diversas las investigaciones que se han desarrollado para buscar soluciones alternativas al uso de aditivos a partir de materiales poco convencionales y de menor costo, diversos autores han documentado las bondades del uso de productos derivados del azúcar, logrando potenciar la resistencia y durabilidad del concreto o los morteros. El uso de melaza como superplastificante ha permitido una disminución en la demanda de agua adicionada en la mezcla para mantener la trabajabilidad, por lo tanto, se reduce la relación agua-cemento efectiva y se mejoran las propiedades del concreto. Además, se ha demostrado que los tiempos de fraguado de las pastas de cemento aumentan con el aumento del contenido de melaza.

Resulta evidente que el uso del azúcar y sus derivados son una alternativa viable para mejorar las propiedades del concreto, contribuyendo principalmente a la trabajabilidad de la mezcla y ampliar el tiempo de fraguado. No obstante, en Colombia son pocos los estudios que específicamente analizan la influencia de la melaza proveniente de la caña de azúcar y en mezclas de concreto. Lo anterior ha motivado el desarrollo de esta investigación, en la cual se analizó la incorporación de la melaza en dosificaciones que van desde el 0% al 1%, que, como se ha evidenciado en la literatura, logra mejorar características como la trabajabilidad y ampliación del tiempo de fraguado. Además, constituye una alternativa sostenible, puesto que emplea un material orgánico

como lo es la caña de azúcar, la cual hace parte de la producción agrícola en varias regiones del país.

Se realizó la incorporación de melaza en mezclas de concreto convencional diseñado con una relación a/c de 0.54 y una consistencia media para asentamientos entre 50 y 100 mm, en dosificaciones de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0% respecto a la cantidad de agua. La melaza es de uso comercial con un peso específico de 1.4 g/cm³, un PH de 5.0 y una humedad del 26%. Los resultados obtenidos indican que para las dosificaciones del 0.4% de melaza se logran una consistencia del concreto en términos de asentamientos de hasta 3.2 cm pasados 60 minutos desde el mezclado, valor que supera a la mezcla de control con la cual no se obtuvo ningún valor de asentamiento a los 60 minutos. Adicionalmente, la consistencia del concreto con aditivo comercial respecto al concreto con 1% de melaza tiene una variación porcentual del 20% inmediatamente después del mezclado, lo cual indica, que la melaza de caña alcanza valores cercanos a los obtenidos con plastificantes de uso comercial luego del proceso de mezclado.

Palabras clave: concreto; asentamiento; melaza

Abstract

Concrete is one of the most demanded construction materials due to its properties and versatility; additionally, it is common to use various admixtures that allow modifying the behavior and structure of concrete, enhancing or reducing certain characteristics that are a benefit for the works.

Several researches have been developed to find alternative solutions to the use of admixtures from unconventional and less expensive materials. Several authors have documented the benefits of the use of sugar-derived products, enhancing the strength and durability of concrete or mortars. The use of molasses as a superplasticizer has allowed a decrease in the demand for water added to the mix to maintain workability, thus reducing the effective water-cement ratio and improving the properties of the concrete. In addition, it has been shown that the setting times of cement pastes increase with increasing molasses content.

It is evident that the use of sugar and its derivatives are a viable alternative to improve the properties of concrete, contributing mainly to the workability of the mixture and extending the setting time. However, in Colombia there are few studies that specifically analyze the influence of sugar cane molasses in concrete mixes. This has motivated the development of this research, in which the incorporation of molasses in dosages ranging from 0% to 1% was analyzed, which, as evidenced in the literature, manages to improve characteristics such as workability and extension of setting time. In addition, it constitutes a sustainable alternative, since it uses an organic material such as sugar cane, which is part of the agricultural production in several regions of the country.

Molasses was incorporated into conventional concrete mixes designed with a w/c ratio of 0.54 and a medium consistency for slumps between 50 and 100 mm, in dosages of 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% and 1.0% with respect to the amount of water. The molasses is for commercial use with a specific weight of 1.4 g/cm³, a pH of 5.0 and a moisture content of 26%. The results obtained



indicate that for the 0.4% molasses dosages, a concrete consistency in terms of slump of up to 3.2 cm is achieved after 60 minutes of mixing, a value that exceeds the control mix with which no slump value was obtained after 60 minutes. Additionally, the consistency of concrete with commercial admixture with respect to concrete with 1% molasses has a percentage variation of 20% immediately after mixing, which indicates that sugarcane molasses reaches values close to those obtained with commercial plasticizers after the mixing process.

Keywords: concrete; settlement; molasses

1. Introducción

En la actualidad los proyectos de construcción demandan cada vez más el desarrollo de materiales con propiedades físicas, mecánicas y químicas particulares, que correspondan a las necesidades particulares del proyecto (Azhagarsamy y Jaiganesan, 2016), adicionalmente la ingeniería y el sector de la construcción en general desarrolla continuamente nuevos materiales, cuyas propiedades logran satisfacer las necesidades específicas de las obras. En particular el concreto es uno de los materiales de construcción de mayor demanda debido a sus propiedades y versatilidad (Cartuxo, et al., 2016), adicionalmente es común que se empleen productos para potenciar algunas de sus propiedades, los cuales permiten modificar el comportamiento y la estructura del concreto, potenciando o reduciendo ciertas características que constituyen un beneficio para las obras (Liu, et al., 2019) (Mansor, et al., 2018).

No obstante, el uso de aditivos suele ser una alternativa costosa por lo cual el uso comercial de estos es reducido. Por lo anterior, continuamente se han desarrollado diferentes investigaciones que buscan soluciones alternativas al uso de aditivos a partir de materiales poco convencionales y de menor costo, como lo es la melaza de caña de azúcar (Patil, et al., 2014) (Greesan, et al., 2014). El uso del azúcar o sus derivados se han empleado en la construcción como aditivo retardante del fraguado, debido a que los retardantes comerciales representan un costo más elevado y en ocasiones es limitada la disponibilidad en el mercado (Soto, 2019) (Otunyo y Koate, 2015). El azúcar se ha usado de una forma empírica: donde los resultados del retraso del tiempo del fraguado son los esperados, pero sin saber si se pone en juego la resistencia y durabilidad del concreto (Álvarez, 2017).

El azúcar de caña ofrece una alternativa confiable para retardar el tiempo de fraguado del concreto antes de llegar al sitio de colocación, es un producto de uso común, de fácil adquisición y su accesibilidad es mayor en comparación con otros aditivos de uso comercial (Ali y Qureshi, 2019). Así mismo, los precios del azúcar o subproductos de este tipo son menores en comparación con otros productos comerciales, presentando precios elevados que aumentan los costos de la obra en comparación de si se emplea el azúcar, solo basta con tener clara la dosis a emplear de acuerdo con la cantidad de cemento y el tiempo que se requiere en la obra (Shruti, 2016).

En este sentido, este proyecto investiga la influencia de la incorporación de la melaza de caña de azúcar como aditivo alternativo a las mezclas de concreto en dosificaciones que van desde el 0%



al 1%, que como se ha evidenciado en la literatura logra mejorar características como la trabajabilidad y ampliación del tiempo de fraguado. Además, constituye una alternativa sostenible, puesto que emplea un material orgánico como lo es la caña de azúcar, la cual hace parte de la producción agrícola de la región del Catatumbo.

2. Metodología

El tipo de investigación desarrollada es de tipo cuantitativo con un enfoque experimental, con lo cual se analizará la influencia que tiene la incorporación de la melaza de caña de azúcar en la consistencia del concreto. Para ello se llevarán a cabo ensayos de laboratorio que permitirán medir la influencia de la variable analizada, en este caso la dosificación de melaza, con respecto a la trabajabilidad y tiempo de fraguado de las mezclas de concreto.

El diseño del experimento para responder a la problemática planteada consiste en dosificaciones de 0%, 0,2%, 0,4%, 0,6% 0,8% y 1,0% de melaza de caña de azúcar de tipo comercial, con las cuales se evaluarán los componentes físicos y mecánicos del concreto, a fin de determinar la dosificación óptima de este material para ser usado como aditivo retardante y plastificante. Para la prueba de asentamiento el número de ensayos para las 6 dosificaciones, más 1 con aditivos convencional es de 6, realizando dos a los 0 Min, 30 Min y 60 Min, para un total de 21 ensayos.

2.1. Caracterización de Materiales

Inicialmente se realizó una caracterización de los materiales que servirán de materia prima para el desarrollo metodológico del proyecto. El cemento y los agregados empleados, así como el plastificante y la melaza son productos comerciales disponibles en la ciudad de Ocaña, a continuación, se describen las características particulares de cada material.

2.1.1. Cemento

El cemento utilizado durante los ensayos de laboratorio fue cemento Portland de uso general (UGC) de la empresa Argos. En la tabla 1 se indican los parámetros físicos y resistencia mínima de este material. Adicionalmente se desarrollaron ensayos de laboratorio para determinar la gravedad específica y la densidad bulk suelta, que para el material empleado corresponde a 3,08 g/cm³ y 1150 kg/m³ respectivamente.

Tabla 1. Principales propiedades del cemento Portland empleado

PARÁMETROS FÍSICOS		NORMA DE ENSAYO	NTC 121 TIPO UG
Finura	Blaine, min. (cm ² /gr)	NTC 33	A
	Retenido Tamiz 45 µm	NTC294	A
Cambio de longitud por autoclave, expansión máx. (%)		NTC 107	0.8
Tiempo de fraguado, Ensayo de Vicat ^B	No menos de, minutos	NTC 118	45
	No más de, minutos	NTC118	420
Contenido de aire en volumen de mortero, máx. (%)		NTC 224	12
Expansión de barras de mortero a 14 días, máx.		NTC 4927	0.02

RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN (MPa)			
3 días		NTC 220	8.0
7 días		NTC 220	15.0
28 días		NTC 220	24.0

2.1.2. Agregados

Los agregados finos y gruesos utilizados fueron agregados naturales lavados obtenidos de la planta trituradora A&G E.U Ubicada en Curumani – Cesar. para agregado grueso los valores de masa unitaria suelta y compacta corresponden a 1,425 g/cm³ y 1,610 g/cm³ respectivamente. Adicionalmente también se desarrollaron ensayos para determinar el peso específico del agregado grueso, obteniendo los resultados descritos en la tabla 2.

Tabla 2. Peso específico del agregado grueso

Pruebas	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso en el aire muestra seca, A (g)	1572,5	1599,3	1585,90
Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca, B (g)	1596,8	1622,2	1609,50
Peso sumergido de la muestra saturada superficialmente seca, C (g)	999,0	1016,0	1007,50
B-C	597,8	606,2	602,00
A-C	573,5	583,3	570,40
B-A	24,3	22,9	23,60
Peso específico BULK (g/cm ³)	2,630	2,638	2,63
Peso específico BULK SSS (g/cm ³)	2,671	2,676	2,67
Peso específico aparente (g/cm ³)	2,742	2,742	2,74
Absorción (%)	1,55	1,43	1,49

Así mismo, para el agregado fino también se desarrollaron las pruebas necesarias para su caracterización, los valores de masa unitaria suelta y compacta corresponden a 1,34 g/cm³ y 1,50 g/cm³ respectivamente. Adicionalmente también se desarrollaron ensayos para determinar el peso específico del agregado fino, obteniendo los resultados descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Peso específico del agregado Fino

Pruebas	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
A, GMS	488,6	491,2	489,91
V, C.C.	500	500	500,00
W, C.C.	301,5	308,2	304,85
V - W	198,5	191,8	195,15
500 - A	11,4	8,8	10,09
(V - W) - (500 - A)	187,1	183,0	185,06
GS, BULK = (A) / (V - W)	2,46	2,56	2,51
GS, BULK SSS = (500) / (V - W)	2,52	2,61	2,56
GS, APARENTE = (A) / ((V - W) - (500 - A))	2,61	2,68	2,65
Absorción (%)	2,33	1,79	2,06

Finalmente, para la caracterización de los agregados se desarrolló el análisis granulométrico del material (Grueso y fino) como se indican en las figuras 1 y 2 respectivamente.



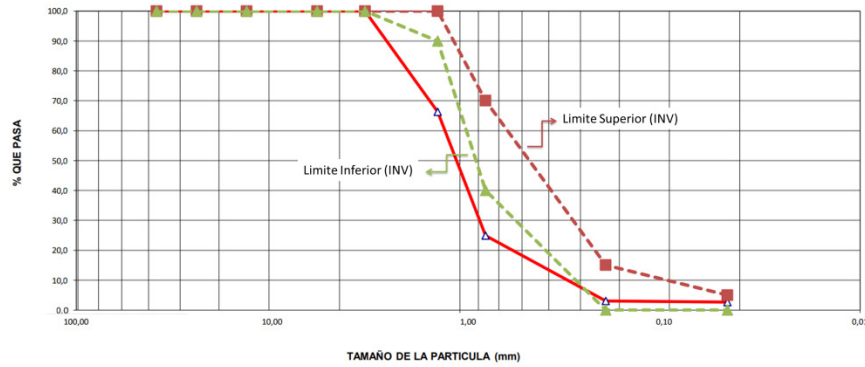


Figura 1. Curva granulométrica agregado grueso

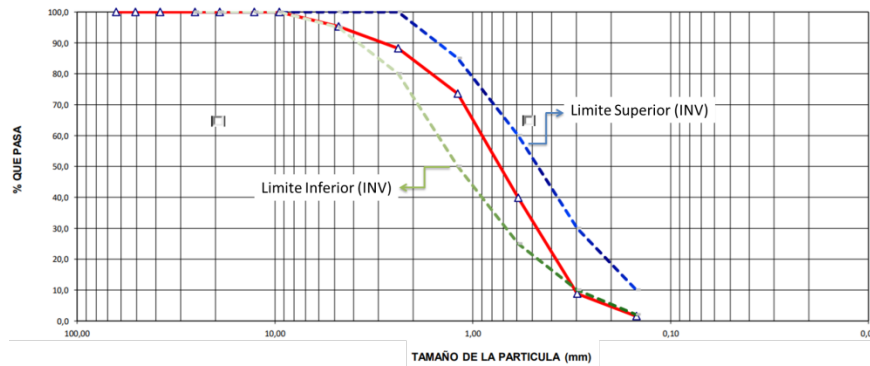


Figura 2. Curva granulométrica agregado fino

2.1.3. Melaza de caña de azúcar

La melaza empleada para el desarrollo de los ensayos corresponde a una melaza de uso común, su designación comercial y componentes principales se enumeran en la tabla 4. Esta mezcla es producto del proceso de elaboración del azúcar, el jugo extraído de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera se hierve hasta que los azúcares se cristalizan y precipitan. El jarabe que queda después de la cristalización se denomina melaza. Por lo general, el jugo de caña de azúcar se somete a tres ciclos de ebullición y cristalización para extraer la mayor cantidad de azúcar posible. Con cada ciclo sucesivo, la melaza sobrante contiene menos azúcar. La melaza puede variar en color, dulzura y contenido nutricional según la variedad o la cantidad de azúcar que se haya extraído.

Tabla 4. Propiedades de la Melaza de caña de azúcar

Color	Marrón oscuro
Estado	Líquido
Gravedad Especifica	1.4 g/cm ³
pH	5.0
Humedad	26% (a 110°C)
Ceniza	12.30% (por calcinación 550°C)
Materia Orgánica	61.7% (por calcinación 550°C)
Extracto Húmico total	56.5%
Nitrógeno Total	1.3%
Fosforo Total	0.5%
Potasio Total	4.0%

2.2. Diseño de mezclas

Una vez obtenidos los datos de la caracterización, se procedió con la determinación de la dosificación del concreto, considerando las recomendaciones del ACI 211.4 En la tabla 5 se indican los resultados obtenidos.

Tabla 5. Peso específico del agregado grueso

	Agua	Cemento	Arena	Grava	Totales
Peso de los agregados (kg/m ³)	200	340	1056.3	796.9	2393.3
Proporción en peso seco de agregados	0.59	1	3.1	2.3	
Proporción en Volumen suelto de agregados	0.59	1	2.7	1.9	

2.3. Ensayos de consistencia

Para las dosificaciones planteadas del 0% al 1% se desarrolló el ensayo correspondiente a la NTC 396 la cual establece el método para determinar el asentamiento del concreto de cemento hidráulico en la obra y en el laboratorio (Ver figura 3). Este ensayo consiste básicamente en colocar una muestra de concreto en un molde troncocónico la cual es compactada mediante una varilla. Posteriormente el molde es levantado, permitiendo que el concreto se asiente, posteriormente se mide la distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada del centro de la superficie superior del concreto y se informa como el asentamiento del concreto. La información sobre el desarrollo del ensayo se indica en la tabla 6.



Figura 3. Prueba de Asentamiento

Tabla 6. Información cronológica del ensayo de asentamiento

Muestra	Fecha	Hora inicio	Hora finalización	Peso unitario (kg/m ³)
Concreto sin inclusión de melaza ni aditivo	05/10/2021	7:17 p.m.	7:47 p.m.	2351,8
Concreto con inclusión de melaza del 0,2%	06/10/2021	10:16 a.m.	10:50 a.m.	2376,93

Concreto con inclusión de melaza del 0,4%	06/10/2021	4:45 p.m.	5:50 p.m.	2376,93
Concreto con inclusión de melaza del 0,6%	07/10/2021	10:35 a.m.	11:10 a.m.	2358,98
Concreto con inclusión de melaza del 0,8%	07/10/2021	4:05 p.m.	4:35 p.m.	2373,34
Concreto con inclusión de melaza del 1,0%	08/10/2021	3:13 p.m.	3:50 p.m.	2384,12
Concreto con aditivo PLASTOL HR DM	08/10/2021	5:06 p.m.	6:15 p.m.	2366,16

3. Resultados y discusión

El análisis de las propiedades físicas analizadas para el concreto, y que se ven influenciadas por la incorporación de la melaza, corresponde a la trabajabilidad medida mediante el asentamiento del material, el cual es una propiedad que describe la facilidad con la que se puede mezclar, colocar y consolidar el concreto recién mezclado con una pérdida mínima de homogeneidad. La trabajabilidad es una propiedad que afecta directamente la resistencia, la calidad, la apariencia e incluso el costo de la mano de obra para las operaciones de colocación y acabado.

En la tabla 7 se indican los resultados para las pruebas realizadas, las cuales se desarrollaron con dos conos de iguales dimensiones y características, y se midió el asentamiento en el minuto 0, 30 min y 60 min después de mezclado. En las figuras 4 y 5 se graficaron estos resultados.

Tabla 7. Resultados del ensayo de asentamiento

Muestra	Asentamiento siguiente al mezclado		Asentamiento a los 30 min		Asentamiento a los 60 min	
	Cono 1	Cono 2	Cono 1	Cono 2	Cono 1	Cono 2
Concreto sin inclusión de melaza ni aditivo	4" (10cm)	4" (10cm)	2" (5cm)	2" (5cm)	No registra	No registra
Concreto con inclusión de melaza del 0,2%	3 1/2" (9cm)	3 1/2" (9cm)	2" (5 cm)	2" (5 cm)	No registra	No registra
Concreto con inclusión de melaza del 0,4%	5 1/2" (14 cm)	4" (10 cm)	1 1/2.5" (3,56 cm)	1 1/2" (3,8 cm)	1 1/4" (3,2 cm)	1 1/2" (3,8 cm)
Concreto con inclusión de melaza del 0,6%	3 1/2.5" (8,6 cm)	3 1/2.5" (8,6 cm)	1/2" (1,25 cm)	3/4" (2 cm)	No registra	No registra
Concreto con inclusión de melaza del 0,8%	3 3/4" (9,6 cm)	3 1/2" (9,0 cm)	1/4" (0,6 cm)	No registra	No registra	No registra
Concreto con inclusión de melaza del 1,0%	6 1/3" (16 cm)	6" (15,5 cm)	1" (2,54 cm)	1" (2,54 cm)	No registra	No registra
Concreto con aditivo PLASTOL HR DM	8" (20,3 cm)	7 1/2" (19 cm)	8 1/4" (21 cm)	6 1/2" (17 cm)	7 1/1.5" (19,5 cm)	8" (20,3 cm)



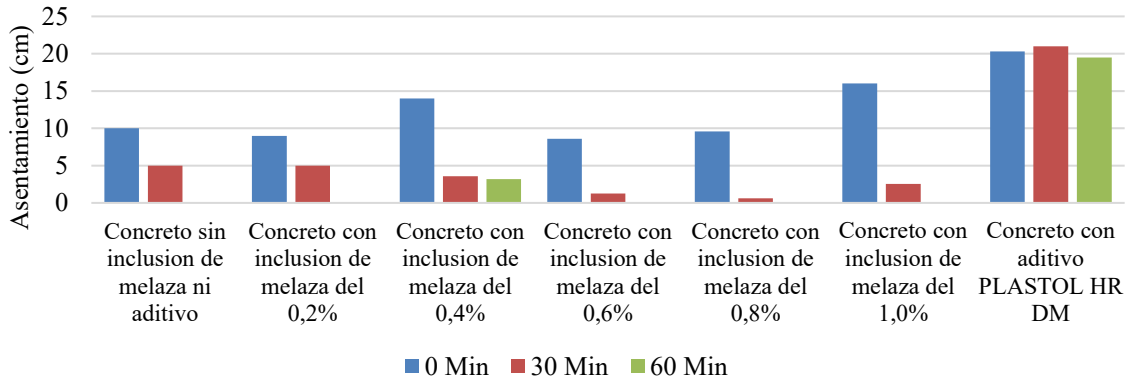


Figura 4. Resultados del asentamiento con el cono 1

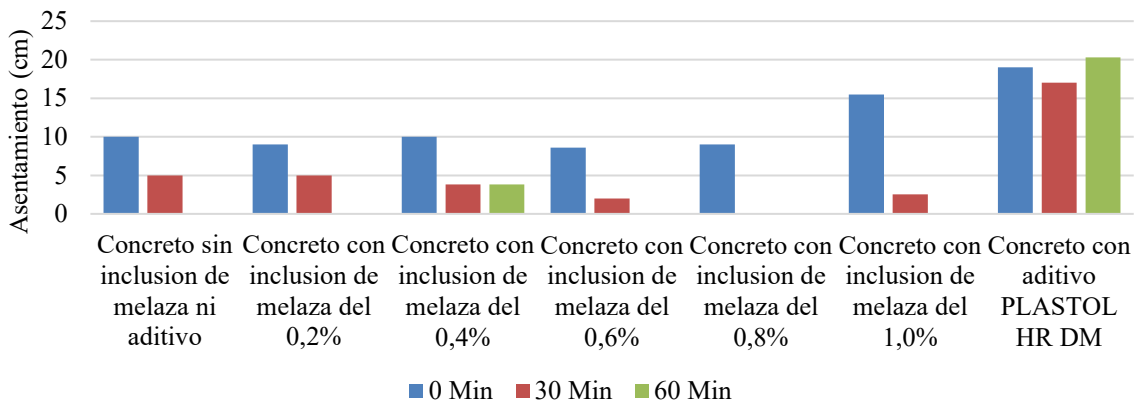


Figura 5. Resultados del asentamiento con el cono 2

A partir del análisis de las gráficas resulta evidente que el uso del plastificante de uso comercial proporciona una mayor trabajabilidad sobre la mezcla de concreto que se mantiene transcurrido un tiempo de 30 y 60 min. En el caso de las mezclas con melaza, todos los porcentajes mantienen una trabajabilidad similar a la muestra patrón luego del mezclado, a excepción de 1% que alcanza asentamientos cercanos a la muestra con plastificante comercial. Así mismo, la mezcla del 0,4% es la única que mantuvo una trabajabilidad 60 minutos después del mezclado. Esto indica que la melaza de caña de azúcar incide en forma positiva en la trabajabilidad del concreto inmediatamente después del mezclado y se logra mantener cierta trabajabilidad hasta 30 minutos después del mismo y en el caso del 0.4% hasta una hora después de preparada la mezcla.

4. Conclusiones

El uso de aditivos en el concreto busca modificar las propiedades del mismo y su calidad durante el mezclado, transporte, colocación y curado. En el proyecto desarrollado se realizó el análisis de la variación de una propiedad física del concreto, que corresponde al asentamiento estos resultados permitieron determinar que:



- Las dosificaciones del 0.4% y 1% de melaza se logran resultados similares a los de un plastificante de uso comercial, en este caso el PLASTOL, luego del proceso de mezclado se mantiene una adecuada trabajabilidad hasta 30 min después del proceso de mezclado.
- La adición de melaza más allá del 1% no necesariamente hace mejorar las condiciones de trabajabilidad, por lo cual, una incorporación en un porcentaje superior no sería necesario.
- Un porcentaje de incorporación del 0.4% logro los mejores resultados en el tiempo, manteniendo la trabajabilidad hasta 60 minutos después del mezclado.

Los datos obtenidos evidencian que la incorporación de melaza en las mezclas de concreto logra modificar la consistencia del material, mejorando su trabajabilidad principalmente luego del proceso de mezclado, esto corresponde con lo que esta descrito en otras investigaciones desarrolladas. Puntualmente las dosificaciones del 0.4% de melaza logran una consistencia del concreto en términos de asentamientos de hasta 3.2 cm pasados 60 minutos desde el mezclado, valor que supera a la mezcla de control con la cual no se obtuvo ningún valor de asentamiento a los 60 minutos, un indicador muy positivo de la influencia de la melaza en el concreto. Adicionalmente, la consistencia con aditivo comercial con relación al 1% de melaza tiene una variación porcentual del 20% inmediatamente después del mezclado, lo cual indica, que la melaza de caña alcanza valores cercanos a los obtenidos con plastificantes de uso comercial luego del proceso de mezclado.

Finalmente, esta investigación permitió evidenciar que el desarrollo tecnológico de materiales y los avances en el uso de materiales alternativos han propiciado el uso de materiales poco convencionales, de menor costo y con un menor impacto ambiental, tal es el caso del uso de la melaza de caña de azúcar, el cual según el estado del arte consultado se ha empleado con éxito como agente retardante y plastificante del concreto y que según los datos obtenidos, efectivamente logran modificar en forma positiva la trabajabilidad de este material.

5. Referencias

- Ali, B., y Qureshi, L. A. (2019). Durability of recycled aggregate concrete modified with sugarcane molasses. *Construction and Building Materials*. 229, 116-130. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.116913
- Álvarez Guillén, J. C. (2017). *Azúcar como aditivo retardante y modificador de resistencia para mezclas de concreto*. (Tesis de pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6681/1/Julio%20C%C3%A9sar%20Alvarez%20Guill%C3%A9n.pdf>
- Azhagarsamy, S., & Jaiganesan, K. (2016). A study on strength properties of concrete with rice husk ash and silica fume with addition of glass fiber. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(8), 1681-1684.
- Cartuxo, f. Brito, J. Evangelista, L. Jiménez, J. Ledesma, E. (2016). Increased Durability of Concrete Made with Fine Recycled Concrete Aggregates Using Superplasticizers. *Materials*. 9(2), 98-101. doi:10.3390/ma9020098
- Greensan, R., Prathap, P., & Vijayakumar, R. (2014). Manufacturing of Concrete with Retarders. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(4), 1637-1639.



- Liu, J., Yu, C., Shu, X., Ran, Q., y Yang, Y. (2019). Recent advance of chemical admixtures in concrete. *Cement and Concrete Research*. 124(1), 105-125. doi:10.1016/j.cemconres.2019.105834
- Mansor, A. M., Borg, R. P., Hamed, A. M., Gadeem, M. M., y Saeed, M. M. (2018). The effects of water-cement ratio and chemical admixtures on the workability of concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 442(1), 12-20. doi:10.1088/1757-899X/442/1/012017
- Otunyo, A. W., & Koate, I. (2015). Sugar cane juice as a retarding admixture in concrete production. *Global journal of engineering research*, 14(1), 17-23.
- Patil, P. S., Mali, J. R., Tapkire, G. V., & Kumavat, H. R. (2014). Innovative techniques of waste plastic used in concrete mixture. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(9), 29-32.
- Shruti, S. D. (2016) *Suitability of sugar waste in structural concrete*. (Tesis Doctoral) Thapar University. Obtenido de: <http://117.203.246.91:8080/jspui/bitstream/10266/4397/4/4397.pdf>
- Soto Gutiérrez, L. F. (2019) *Efecto del azúcar de caña en las propiedades físicas y mecánicas de las pastas y morteros elaborados con cemento Tequendama*. (Tesis de pregrado) Universidad Militar nueva granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32498/SotoGuti%C3%A9rrezLuisFelipe2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sobre los autores

- **Haidde Yulady Jaramillo**: Constructora Civil, Magister en Construcción con énfasis en construcción sostenible, Profesor auxiliar y directora del grupo de investigación GINSTI. hyjaramillo@ufpso.edu.co
- **Ciro Andrey Martínez Ovallos**: Ingeniero civil, Especialista en Interventoría de obras civiles, Estudiante del programa de Maestría en Construcción. camartinezo@ufpso.edu.co
- **Romel Jesús Gallardo Amaya**: Ingeniero civil, Magister en Geotecnia. Profesor asistente. Coordinador del programa de especialización de interventoría de obras civiles. rjgallardo@ufpso.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

