

Uso de las fibras de guadua *Angustifolia Kunth* como refuerzo del concreto

Use of guadua Angustifolia Kunth fibers as reinforcement of the concrete

Olga Lucia vanegas Alfonso¹, Jessica Alejandra Poveda Jaramillo², John Sebastian Martinez Morales³

¹ Maestría en gestión del riesgo y desarrollo, Docente investigativa, Universidad la gran Colombia, Bogotá, Colombia, olga.vanegas@ugc.edu.co

² Tecnología en construcciones arquitectónicas, Estudiante, Universidad la gran Colombia, Bogotá, Colombia, jessicaalejandra.poveda@ulagrancolombia.edu.co

³ Estudiante tecnología en construcciones arquitectónicas, Docente investigativa, Universidad la gran Colombia, Bogotá, Colombia, jmartinezm4@ulagrancolombia.edu.co

FECHA DE RECEPCIÓN: 30/10/2019

FECHA DE ACEPTACIÓN: 21/09/2020

Página
24

ESING

REVISTA INGENIEROS MILITARES
número 14, Año 2019, ISSN 2145-3144 / BOGOTÁ-COLOMBIA

RESUMEN

En trabajo de investigación se busca determinar las propiedades mecánicas obtenidas en concreto reforzados con fibras de guadua. Para lo cual se realizará un comparativo entre diferentes tipos de concreto como son: concreto sin adición de fibras, concreto con adición de fibras de vidrio y concreto con adición de fibras de guadua. La proporción de fibra de guadua utilizada corresponde al 1% con respecto a la cantidad de la mezcla del concreto. Esta dosificación se basó en el referente de la tesis comportamiento del concreto con adición de fibras de cáñamo en una proporción de 2 %, [1], en el cual se concluye que la dosificación y la dimensión de las fibras naturales deberían ser menores a las trabajadas.

PALABRAS CLAVE

Concreto, guadua, fibras, tracción

ABSTRACT

In research work it is sought to determine the mechanical properties obtained in concrete reinforced with guadua fibers. For which a comparison will be made between different types of concrete such as: concrete without the addition of fibers, concrete with the addition of glass fibers and concrete with the addition of guadua fibers. The proportion of guadua fiber used corresponds to 1% with respect to the amount of the concrete mix. This dosage was based on the reference of the thesis behavior of concrete with the addition of hemp fibers in a proportion of 2%, [1], in which

it is concluded that the dosage and dimension of natural fibers should be less than worked.

KEYWORDS

Concrete, guadua, fibers, traction

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales que más se utiliza en el campo de la construcción debido a sus propiedades físico mecánicas es un material que posee excelente resistencia a la compresión, pero una muy baja resistencia a la tracción, en la actualidad se hace uso de fibras sintéticas, metálicas y algunas naturales. Estudios realizados por (Sika 2014) [2] determinan la viabilidad de la incorporación de fibras al concreto con el fin de reforzarlo y aportando mayor resistencia a la tensión y de esta manera disminuir el proceso de Fisuración en las estructuras.

Se ha buscado implementar de forma continua el uso de fibras naturales debido a su facilidad de obtención y bajo índice de contaminación con respecto a otro tipo de fibras que se usan actualmente, [3] la guadua y en especial la de tipo angustifolia kunt es considerada la más resistente ya que cuenta con las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo de las bambuceas y gran durabilidad.

El objetivo de esta investigación es mediante ensayos de tracción indirecta realizar el comparativo entre 3 mezclas de concreto portland tipo I, para ellos se elaboraron 27 testigo 9 de ellos eran de concreto sin adición de fibras, 9 con adición de fibras de

vidrio y 9 con adición de fibras de guadua.

MÉTODOGÍA

Partiendo de la recolección de toda la información, desarrollo del marco teórico y antecedentes sobre concreto reforzado con diversos tipos de fibra natural de esta manera se podrá determinar el diseño de la mezcla, dosificaciones y futuras aplicaciones para el concreto reforzado con fibras de guadua.

Diseño de la mezcla

El trabajo investigativo se realizó con el objetivo de determinar que la resistencia del concreto con fibras de guadua es mayor y el proceso de Fisuración es menor a comparación de un concreto simple o un concreto con fibras de vidrio. Para determinar esta resistencia se realizaron pruebas de tracción a los 7, 14 y 28 días, se realizó una adición de 1% de fibras con respecto a la mezcla de concreto total.

Se define como diseño de mezcla al proceso de selección de los materiales que componen la mezcla determinando las cantidades de los mismos, se deben tener en cuenta las propiedades que se han mencionado anteriormente para elegir adecuadamente los componentes de la mezcla. Para la elaboración de la mezcla es determinante tener en cuenta los materiales que serán usados a continuación, se muestra la (Tabla 1) donde se determina la especificación de los agregados.

Tabla 1: Especificación de los agregados.

	Agregado	Especificaciones
Agregado Fino (arena de río)		
1	Peso Especifico	2,72 g/cm ³
2	Peso Unitario Suelto Seco	2,56 g/cm ³
3	Peso Unitario Seco Compacto	2,62 g/cm ³
4	Humedad Natural	4,53 %
5	Absorción	2,25 g/cm ³
6	Módulo de Finura	2,23
Agregado Grueso (Grava)		
1	Perfil	Angular
2	Tamaño Max. Nominal	2,54 cm
3	Peso Especifico	2,73 g/cm ³
4	Peso Unitario Suelto Seco	2,66 g/cm ³
5	Peso Unitario Seco Compacto	2,68 g/cm ³
6	Humedad Natural	1,03 %
7	Absorción	1,03%
8	Módulo de Finura	7,78

Fuente: (Formato ensayos concrecol. 2017)

El proceso de extracción se realizó de manera manual, lo que garantizo que las fibras no se alteraran con ningún agente químico ni biológico en la (Figura 1) se puede visibilizar el método de extracción.

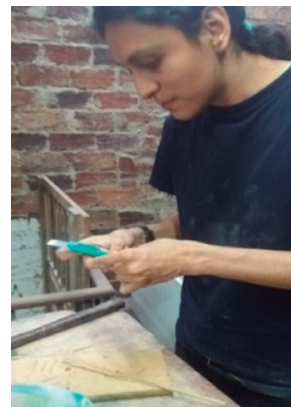


Figura 1. Proceso de extracción de fibras.
Fuente: (Autores. 2018)

Las fibras se cortaron a una longitud de 3cm lo que garantiza su mejor trabajabilidad y adherencia al resto de la mezcla [2] SIKA determina que las fibras de 5 cm o menos aportan una mejor resistencia a la tracción en elementos en concreto (Figura 2).



Figura 2: Proceso de corte de fibras.
Fuente: (Autores. 2018)

Antes de realizar la mezcla es necesario llevar a cabo el proceso de inmunización de las fibras, al ser de origen naturas estas contienen agentes contaminantes que alteran la mezcla y generan alcalinidad, en la (Figura 3) se refleja la cantidad de cal utilizada para llevar a cabo este proceso.



Figura 3: Proceso de inmunización con cal.
Fuente: (Autores. 2018)

Pasadas 12 horas se extraen las fibras de la cal se enjuagan con abundante agua y se someten a un proceso de secado durante aproximadamente 48 horas lo que garantizara una gran pérdida de humedad como se puede observar en la (Figura 4).



Figura 4: proceso de secado de las fibras.
Fuente (Autores. 2018)

Al realizar el proceso de inmunización se puede proceder a realizar la mezcla, se debe tener en cuenta que cada uno de los agregados (figuras 5,6,7,8) debe estar en una temperatura entre 20° y 30°c en un espacio seco, sin humedad e independiente.

Ensayo de asentamiento (Cono de Abrams)

Se realizó un diseño de mezcla semi- seca con un asentamiento de (1 ½") como se muestra en la (figura 9), Para llevar a cabo correctamente el

ensayo de asentamiento se siguieron las normas estipuladas por la (NTC 396)

Se evidencio un cambio en el asentamiento con el concreto con adición de fibras debido a un aumento en el índice de absorción de agua lo que hizo la mezcla más seca, en el ensayo de cono de Abrams realizado a estas dos mezclas se obtuvo un asentamiento de 1" respectivamente como se puede observar en las (Figuras 10 y 11).

Al obtener el asentamiento se vierte la mezcla de concreto en los moldes que deben estar limpios y engrasados para evitar que la mezcla se pegue según lo estipulado en la norma NTC 1377 Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio (Figura 12).

En dicha norma se especifica que cada cilindro debe ser llenado en tres capas, cada capa equivale a un tercio del cilindro, se debe apisonar 25 veces y

luego dar 10 golpes con el chipote de caucho para eliminar los vacíos de aire que se presenten en la mezcla, en la (Figura 13) se evidencia el proceso de llenado de los cilindros.



Figura 13: Llenado de moldes concreto con fibras de vidrio.
Fuente: (Autor. 2018)



Figura 5: agregado grueso.
Fuente: Autores 2018



Figura 6: agregado fino grueso.
Fuente: Autores 2018



Figura 7. Fibras de vidrio agregado fino grueso. Fuente: Autores 2018)



Figura 8. Fibras de guadua
Fuente: Autores 2018



Figura 9: Ensayo de asentamiento concreto simple 1 1/2".



Figura 10: Ensayo de asentamiento concreto con fibras de guadua



Figura 11: ensayo de asentamiento concreto con fibras de vidrio 1"

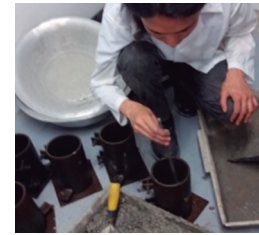


Figura 12: llenado de moldes cilindros concreto simple.

Fuente: (Autores. 2018)

Trascurridas 24 horas se lleva a cabo el desencofrado de los cilindros, se codifican y se inicia el proceso de curado, para lo cual se hace uso de una piscina con agua potable la cual debe estar en un rango de temperatura aproximado a los 23 °C (Figura 14)

según lo indica la (NTC 550).

El tiempo de curado de los cilindros es de 28 días para que los mismos logren su resistencia máxima.



Figura 14: Curado cilindros en concreto.

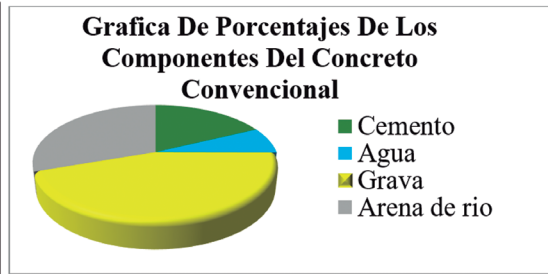
Fuente: (Autores. 2018)

Los cilindros en concreto tienen una dimensión aproximada de 103 mm * 204mm, después de establecer esta dimensión se calcula en desperdicio de 10% del total de la mezcla. Teniendo en cuenta

lo expresado anteriormente sobre los agregados y el diseño de la mezcla se indica en la (Tabla 2) el diseño de mezcla de los 9 cilindros de concreto convencional.

Tabla 2: Diseño de mezcla para 9 cilindros en concreto convencional.

Diseño mezcla 9 cilindros concreto convencional			
material	peso en (kg)	densidad(kg/m ³)	vol (m ³)
cemento	6,409	2681,4	0.00239
agua	2,628	1000	0.00263
grava	16,05	2520	0.00637
arena de rio	10,92	2430	0.00449
aire	0.0001556
total:			0.01604

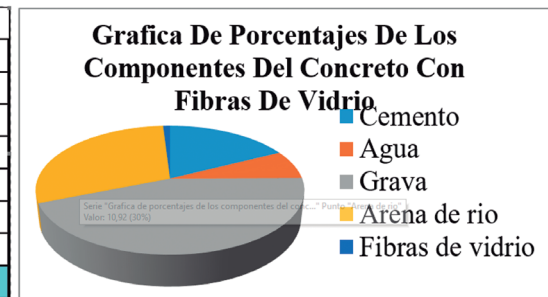


Fuente: (Mora, 2017)

El diseño de mezcla empleado en los cilindros con fibra de vidrio y de guadua es el mismo su única variante es la adición de 1% de cada tipo de fibra (Tabla 3 y 4).

Tabla 3: Diseño de mezcla concreto con adición 1% de fibras de vidrio.

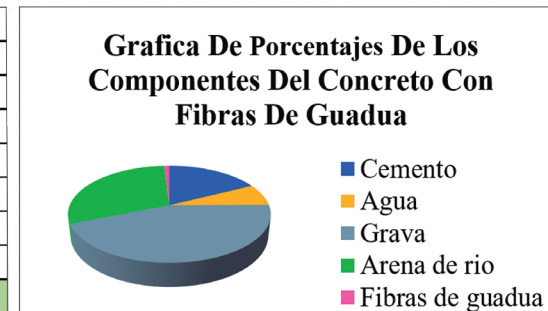
Diseño mezcla 9 cilindros concreto con fibras vidrio.			
material	peso en (kg)	densidad(kg/m ³)	vol (m ³)
cemento	6,409	2681,4	0.00239
agua	2,628	1000	0.00263
grava	16,05	2520	0.00637
arena de rio	10,92	2430	0.00449
aire	0.0001556
fibras de vidrio	0. 361		0,00058962
total:			0,01662



Fuente: (Autores, 2018)

Tabla 4: Diseño de mezcla concreto con adición 1% de fibras de guadua.

Diseño mezcla 9 cilindros concreto con fibras de guadua			
material	peso en (kg)	densidad(kg/m ³)	vol (m ³)
cemento	6,409	2681,4	0.00239
agua	2,628	1000	0.00263
grava	16,05	2520	0.00637
arena de rio	10,92	2430	0.00449
aire	0.0001556
fibras de guadua	0. 361		0,00058962
total:			0,01662



Fuente: (Autores, 2018)

Ejecución de ensayos

Se realizaron pruebas de laboratorio con el fin de determinar si la proporción de fibras agregadas a la mezcla contribuyen de buena manera a la resistencia a tracción del concreto. El ensayo se regula por la norma NTC 1377 elaboración y

curado de muestras de concreto en el laboratorio (Norma técnica colombiana 1994), NTC 722 ensayo a tracción indirecta de cilindros de concreto (Norma técnica colombiana 1994), NTC 1000 metodología sistema internacional de unidades (Norma técnica colombiana 1994). El uso de estas normativas tiene como fin determinar el proceso

indicado para la elaboración de la mezcla, los testigos y las pruebas a tracción (Figura 15).



Figura 15: Proceso de ensayo a tracción indirecta
Fuente: (Autores. 2018)

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Al terminar los ensayos en el laboratorio, se realizaron los análisis comparativos entre los resultados extraídos del concreto sin adición de fibras, con adición de fibras de vidrio y adición de fibras de guadua, de esta manera se determinó la

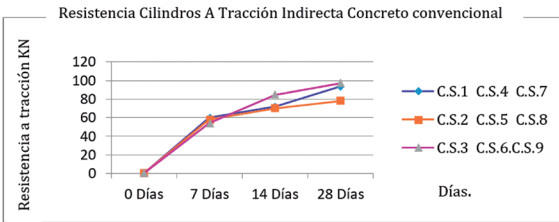
resistencia alcanzada por los cilindros en concreto con guadua y la viabilidad de la utilización del material natural como refuerzo del concreto.

RESULTADOS

Pasados los 7, 14 Y 28 días posteriores al proceso de fundición, los cilindros fueron sometidos tracción indirecta, siguiendo con los pasos planteados anteriormente para llevar a cabo dichos ensayos. Como resultado de los ensayos se obtuvieron los datos expuestos en las (tablas 5,6,7) que corresponden a los 3 tipos de mezcla elaborados. Teniendo presentes los datos extraídos de determina la resistencia alcanzada por los cilindros en los diferentes tipos de mezcla y de esta manera se procede determinar las conclusiones arrojadas tras dicho análisis.

Tabla 5: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto convencional.

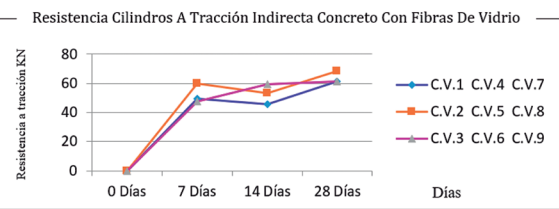
CONCRETO CONVENCIONAL						
cod	Edad concreto	peso (kg)	dímetro (mm)	altura (mm)	carga max(Kn)	Ensayo a tracción en (Mpa)
C.S.1	7Días	3.708	100	200	59,9	1,90
C.S.2	7 Días	3.697	100	200	57,9	1,84
C.S.3	7 Días	3.694	100	200	53,8	1,71
C.S.4	14 Días	3.982	101	201	72,2	2,26
C.S.5	14 Días	3.901	98	199	70,1	2,28
C.S.6	14 Días	3.950	102	203	84,6	2,60
C.S.7	28 Días	3.950	101	203	93,7	2,90
C.S.8	28 Días	3.918	100	204	78,1	2,43
C.S.9	28 Días	4.005	103	203	97,3	2,96



Fuente: (Autores. 2018)

Tabla 6: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto con fibras de vidrio.

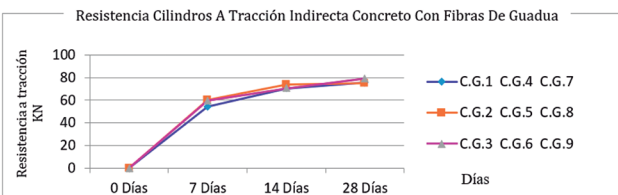
CONCRETO CON ADICION 1% FIBRAS DE VIDRIO						
cod	Edad concreto	peso (kg)	dímetro (mm)	altura (mm)	carga max(Kn)	Ensayo a tracción en (Mpa)
C.V.1	7Días	3.696	101	201	49,2	1,54
C.V.2	7 Días	3.639	100	203	59,7	1,76
C.V.3	7 Días	3.667	103	198	47,5	1,48
C.V.4	14 Días	3.641	101	202	45,8	1,42
C.V.5	14 Días	3.763	101	203	53,0	1,64
C.V.6	14 Días	3.775	101	200	59,2	1,85
C.V.7	28 Días	3700	100	202	61,1	1,92
C.V.8	28 Días	3731	100	204	68,2	2,12
C.V.9	28 Días	3783	101	202	61,2	1,90



Fuente: (Autores. 2018)

Tabla 7: Resultados ensayo a tracción indirecta concreto con fibras de guadua.

CONCRETO CON ADICION 1% FIBRAS DE GUADUA						
cod	Edad concreto	peso (kg)	dímetro (mm)	altura (mm)	carga max(Kn)	Ensayo a tracción en (Mpa)
C.G.1	7Días	3.708	99	200	54,4	1,74
C.G.2	7 Días	3.697	101	199	60,5	1,91
C.G.3	7 Días	3.694	100	201	59,6	1,88
C.G.4	14 Días	3.697	101	203	70,5	2,18
C.G.5	14 Días	3.772	103	202	73,7	2,24
C.G.6	14 Días	3.752	103	203	70,5	2,14
C.G.7	28 Días	3.673	101	201	75,8	2,37
C.G.8	28 Días	3.654	102	203	74,9	2,30
C.G.9	28 Días	3.811	101	203	79,3	2,46



Fuente: (Autores. 2018)

Teniendo presentes las convenciones dadas en las gráficas expuestas anteriormente se pueden evidenciar las resistencias de carga máxima para cada tipo de concreto elaborado, para ello se indica su resistencia en KN, debido a que la prensa hidráulica arroja este dato en dicha unidad de medida. Para hallar la tracción indirecta se hace uso de la siguiente formula.

$$T.I = \frac{C.M * 2}{\pi * L * D}$$

Una vez realizadas todas las conversiones de KN a MPA que es la unidad de medida de tracción indirecta se realizó un gráfico de barras (figura 21) en el cual se determina la resistencia mayor de los cilindros fallados y puede evidenciar el comparativo entre los tres tipos de mezcla.

Resultado resistencia tracción indirecta concreto sin adición de fibras

Para este proyecto investigativo se elaboraron 9 cilindros de concreto simple, todos con el mismo diseño de mezcla, al realizar las pruebas de tracción indirecta se determinó que la resistencia es mayor en estos especímenes pero de igual manera se pudo evidenciar que el desplazamiento de las fisuras fue mayor en los cilindros realizados con concreto sin adición de fibras (figura 16).



Figura 16: Resultados cilindros concreto convencional
Fuente: (Autores, 2018)

Resultado resistencia a la tracción indirecta cilindros en concreto con fibras de vidrio 1%

Para realizar el comparativo planteado en la formulación del proyecto fue necesario hacer una

mezcla de concreto con adición de fibras de vidrio en un porcentaje de 1% respecto al peso total del concreto, al igual que con el concreto convencional se realizaron 9 cilindros que fueron sometidos a el ensayo de tracción indirecta a los 7, 14 y 28 días posteriores al proceso de fundición.

Se determinó que en el comparativo el concreto que menor resistencia a tracción indirecta obtuvo fue el realizado con fibras de vidrio (Figura. 17), teniendo presente que debido a las características de dicho material durante el proceso de realización de la mezcla se evidencio que las fibras se enredaban lo cual no permitía una distribución uniforme.



Figura 17: Resultados cilindros concreto con fibras de vidrio.
Fuente: (Autores, 2018)

Resultados resistencia a la tracción indirecta cilindros en concreto con fibras de guadua 1%

Luego de realizar las pruebas de tracción indirecta al concreto con fibras de guadua se determina que si bien la resistencia alcanzada es menor que la obtenida por el concreto sin adición de fibras,

Gracias a las dimensiones de las fibras de guadua utilizadas se logró una distribución uniforme en la mezcla, la manejabilidad de la misma fue buena a comparación del concreto con fibras de vidrio en este caso las fibras formaban unos nudos que dificultaban el proceso de fundición y no tuvieron buena adherencia con la mezcla de concreto (figura 18).



Figura 18: Resultados cilindros concreto con fibras de guadua.
Fuente: (Autores, 2018)

Las fisuras que se presentaron en el concreto con adición de fibras de guadua fueron menores a comparación de los otros dos diseños de mezcla de igual el tamaño de las fisuras no fue mayor a 3 mm y su desplazamiento fue menor de 2 cm.

Comparación de resultados

Para realizar el comparativo planteado en este trabajo investigativo se utilizó el diseño de mezcla planteado por Mora [1], en el cual formula la utilización de fibras de cáñamo en un porcentaje de 2% respecto al peso total de la mezcla de concreto, se adaptó este tipo de mezcla realizando variaciones en dosificación y tipo de fibras agregadas.

Para ello se elaboraron 27 cilindros de concreto, 9 de concreto convencional, 9 con fibras de vidrio y 9 con fibras de guadua, las fibras se agregaron en una proporción de 1% respecto al peso total de las mezclas, los cilindros elaborados se sometieron a falla a los 7, 14 y 28 días. Posterior al proceso de desencoframiento se evidenciaron vacíos significativos en los cilindros con fibras debido a que el índice de absorción fue mayor lo que dificultó su trabajabilidad.

En el caso de las fibras de vidrio no se logró tener una adherencia adecuada con el concreto debido a la presencia de nudos en la mezcla generados por las fibras (Figura 19). Por ende la resistencia obtenida en los ensayos a tracción indirecta realizados a los cilindros elaborados con este tipo de mezcla fue menor.

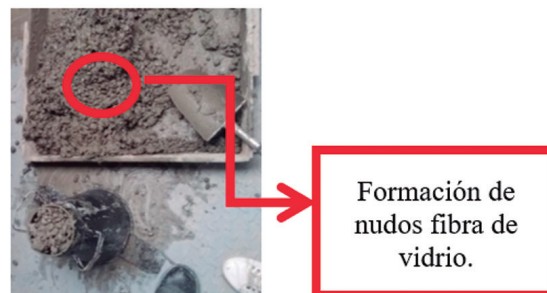


Figura 19: Mezcla concreto con fibras de vidrio.
Fuente: (Autores, 2018)

El tamaño de las fibras de guadua influyó de manera positiva en la mezcla se obtuvo una buena adherencia del concreto con las fibras como se observa en la (Figura 20), también se logró determinar que si bien su trabajabilidad es buena el índice de absorción es mayor lo que generó que en algunos de los cilindros se presentaran vacíos más significativos.

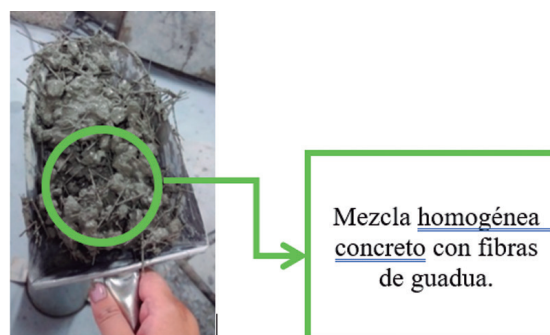


Figura 20: Mezcla de concreto con fibras de guadua.
Fuente: (Autores, 2018)

CONCLUSIONES

El concreto realizado con adición de fibras de vidrio obtuvo la resistencia a la tracción indirecta más baja a comparación de los otros dos tipos de mezcla, durante el proceso de fundición se evidenció la presencia de nudos generados por dichas fibras los cuales generaron la mala adherencia de este material con el concreto.

Tras obtener las resistencias máximas de los cilindros con adición de fibras de guadua se concluye que la proporción y dimensiones de fibras fue adecuada, teniendo presente que para futuras investigaciones se debe calcular una mayor cantidad

de agua lo cual permita una mejor manejabilidad de la mezcla, también se determinó que si bien la resistencia fue menor que la obtenida en cilindros de concreto convencional el índice de fisuración de los testigos guadua fue menor a comparación de los otros diseños.

REFERENCIAS

- [1] Mora, J. Análisis mecánico de un concreto con adición del 2% de fibra natural de cáñamo. (Tesis de ingeniería) Universidad Católica de Colombia. facultad de ingeniería civil. Bogotá [2017]
- [2] (2017). Sika. [en línea] [Http://col.sika.com/es/produccion-de-concretop/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html](http://col.sika.com/es/produccion-de-concretop/sika-concrete-technology/noticias/concreto-reforzado-con-fibras.html)
- [3] Juárez, C. Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lechuguilla), como materiales para construcción en México. México: Universidad autónoma de nuevo león. [2002]
- [4] Terreros, L. y Carvajal, I. Análisis de las propiedades mecánicas de un hormigón convencional adicionando fibra de cáñamo. (Tesis ingeniería). Universidad Católica de Colombia. Facultad ingeniería civil. Bogotá. [2016].