



DOI: [10.23857/dc.v9i3.3517](https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3517)

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

*Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando
fibra de abacá*

Analysis of the mechanical behavior of conventional concrete using abaca fiber

Análise do comportamento mecânico de concreto convencional com fibra de abacá

Tito Alberto Alcívar-Bravo ^I
talcivar6894@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-2356-4179>

Jhuly Anabell Durán-Tapia ^{II}
jduran1741@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-2359-4966>

Hugo Ernesto Eguez-Alava ^{III}
Hugo.eguez@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7454-712X>

Correspondencia: talcivar6894@utm.edu.ec

***Recibido:** 27 de junio de 2023 ***Aceptado:** 27 de julio de 2023 * **Publicado:** 19 de agosto de 2023

- I. Investigador Independiente, Portoviejo, Ecuador.
- II. Investigador Independiente, Loja, Ecuador.
- III. Docente Investigador de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

Al pasar los años, el área de la construcción se ha visto en la obligación de buscar diversos materiales, los cuales sus características ayuden al mejoramiento del hormigón.

Por esto la presente investigación tiene como objetivo dar a conocer la influencia que tiene la fibra de abacá en las mezclas de hormigón y como es el comportamiento mecánico de sus propiedades. Teniendo una mezcla patrón sin fibra, se realizaron ensayos variando el porcentaje de fibra de abacá y también utilizando un aditivo que nos ayuda a no perder fluidez en el hormigón al momento de colocarle una mayor cantidad de agua a la mezcla, ya que la fibra de abacá absorbe gran cantidad de agua.

Los ensayos se realizaron con cilindros de 20 x 10 cm, cada uno permaneció su tiempo de fraguado en la piscina hasta alcanzar los 1 – 3 – 7 – 14 y 28 días, ensayando 2 cilindros por edad.

Se pudo determinar que el uso de la fibra del abacá incide directamente en las propiedades mecánicas del hormigón, incrementando resistencias y ductilidad.

Palabras claves: análisis; comportamiento; hormigón; fibra; abacá.

Abstract

Over the years, the construction area has been forced to search for various materials, whose characteristics help to improve concrete.

For this reason, the present investigation aims to make known the influence that the abaca fiber has on concrete mixtures and how is the mechanical behavior of its properties. Having a standard mix without fiber, tests were carried out varying the percentage of abaca fiber and also using an additive that helps us not to lose fluidity in the concrete when adding a greater amount of water to the mix, since the fiber of abaca absorbs a lot of water.

The tests were carried out with 20 x 10 cm cylinders, each one remained its setting time in the pool until reaching 1 - 3 - 7 - 14 and 28 days, testing 2 cylinders per age.

It was possible to determine that the use of abaca fiber directly affects the mechanical properties of concrete, increasing resistance and ductility.

Keywords: analysis; behavior; concrete; fiber; abaca.

Resumo

Ao longo dos anos, a área da construção viu-se obrigada a procurar diversos materiais, cujas características ajudam a melhorar o betão.

Por este motivo, a presente investigação visa dar a conhecer a influência que a fibra de abacá tem nas misturas de betão e como se dá o comportamento mecânico das suas propriedades. Tendo uma mistura padrão sem fibra, foram feitos testes variando a porcentagem de fibra de abacá e também usando um aditivo que ajuda a não perder a fluidez do concreto ao adicionar uma quantidade maior de água na mistura, pois a fibra de abacá absorve uma muita água.

Os testes foram realizados com cilindros de 20 x 10 cm, cada um permaneceu seu tempo de presa na piscina até atingir 1 - 3 - 7 - 14 e 28 dias, testando 2 cilindros por idade.

Foi possível determinar que o uso da fibra de abacá afeta diretamente as propriedades mecânicas do concreto, aumentando a resistência e a ductilidade.

Palavras-chave: análise; comportamento; concreto; fibra; abacá.

Introducción

La tecnología del hormigón reforzado con fibra, cada vez es más popular en el sector de la construcción, nacional e internacionalmente, en la actualidad hay muchos estudios alrededor del mundo que abalan el refuerzo del hormigón con fibras, mejorando sus propiedades mecánicas. Estas fibras se encargan de incrementar la resistencia a la tracción del hormigón, para de esta manera reducir las fisuras por retracción del fraguado, el agrietamiento en condición de servicio y para aumentar el desempeño del producto.

La mezcla de hormigón con fibra, puede llegar a definirse como un material compuesto de cemento, piedra, arena, agua, fibra y en algunos casos se emplean aditivos, los cuales son un elemento de fortalecimiento que van a llegar sus propiedades mecánicas.

Al transcurrir los años se ha tomado mucho en cuenta la sustitución de las fibras sintéticas por las naturales o fibras vegetales para reforzar el hormigón, ya que la obtención de las mismas resulta económica, mejorando la ductilidad y las propiedades mecánicas dentro del compuesto. Estas fibras generalmente se utilizan sin ser procesadas, pero para obtener mejores resultados, se procesan químicamente para mejorar las propiedades ante los agentes alcalinos del cemento, de lo contrario se reducirá la ductilidad de la fibra.

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

El abacá es una fibra vegetal con grandes características favorables entre ellas su resistencia a la compresión, longitud, estética y demás. La planta del abacá posee una apariencia similar al banano, pero en cuestión de usos, propiedades es totalmente diferente, tiene su origen en el continente asiático específicamente en Filipinas. Su zona de cultivo en nuestro país se encuentra ubicada dentro de los límites entre Quinindé, Santo Domingo, Quevedo y La Maná, siendo el Ecuador el segundo país productor y exportador de esta fibra en el mundo, tras Filipinas. (Efren, 2017)

En el presente proyecto se hace énfasis a la influencia de la fibra de abacá en el hormigón, según (Salinas, 2017), “El esfuerzo a la tracción de las fibras de abacá se encuentra entre 774.7 y 1261.3 MPa”, mismos que superan al esfuerzo a la tracción del bambú que es de 200 a 300 MPa, al igual que la del acero que es de 340 MPa, el cual indica significativamente que el esfuerzo a la tracción del abacá es mayor a la del acero, por lo que sería factible conocer cómo afecta la inclusión de fibras de abacá como refuerzo para el hormigón, logrando evaluar su resistencia tanto a compresión como a flexión y así mismo realizaremos comparaciones de los resultados con especímenes sin fibra de abacá, para determinar la variación que sufren las mezclas y de esta manera aplicarlo en obras de ingeniería civil.

Materiales, métodos y dosificación

En la presente investigación se utilizaron varios materiales y métodos con el fin de poder conseguir resultados de cómo actúa el comportamiento mecánico del hormigón.

Materiales

En base a la investigación, los materiales empleados para la dosificación fueron: Cemento Holcim tipo HE, los agregados finos y gruesos (provenientes de la cantera MEGAROK), agua, aditivo y fibra de abacá.

- **Cemento:** Holcim Tipo HE es un cemento hidráulico de alta resistencia inicial fabricado bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2380 que equivale a la Norma ASTM 1157. Esta directriz permite fabricar cementos con adiciones basados en su desempeño, que minimizan el impacto ambiental y dan como resultado un uso muy eficiente de las materias primas. El cemento Holcim Premium Tipo HE

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

proporciona mezclas más resistentes a todas las edades que los cementos convencionales de uso general. (Holcim, 2021)

- Agregado fino: También llamada arena para hormigón, cuenta con una graduación granulométrica bien controlada y se encuentra libre de impurezas gracias a un moderno sistema de lavado, posee un tamaño que va de 0.015 a 7.75 mm, peso unitario suelto 1.53 TN/m³. (MEGAROK, 2015)
- Agregado grueso: Agregado de primera calidad producto de la trituración y cribado de piedra basáltica, de color gris, cuenta con una buena graduación encontrándose así libre de impurezas, dura, cubica angular, muy angular, su rango granulométrico esta entre 5 a 19 mm, su peso unitario suelto es de 1.37 TN/m³. (MEGAROK, 2015). El agregado utilizado para la investigación es la piedra # 67.
- Agua: Es el componente de más bajo costo para la elaboración del hormigón, es un elemento tan importante como el cemento, ya que la variación de su contenido en una mezcla, permite realizar la dosificación del hormigón variando su resistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad, y permeabilidad. (Arteaga, 2017)
- Fibra de abacá: Las fibras son obtenidas del tallo de la planta de palmito, están compuestas químicamente por aproximadamente por un 77 % de celulosa y un 9 % de lignina. Estas fibras se pueden encontrar en longitudes de hasta 3 metros, presentan una gran resistencia mecánica y resistencia al daño producido por agua salada. Las mejores fibras de abacá son brillantes, finas y de un color habano claro. (Calderon Aguiar, 2019)

La longitud utilizada de fibra de abacá fue de 5cm.

- Aditivos: Es un aditivo liquido superplastificante, reductor de agua, con poder sobre el endurecimiento del hormigón. Promueve la rápida ganancia de resistencia del hormigón a edades tempranas sin influencia negativa sobre la resistencia final. El aditivo utilizado en esta investigación fue EUCON 37 que es un reductor de agua de alto poder.

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

Métodos

De acuerdo con las Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE), los ensayos realizados a los materiales, agregados finos y gruesos tienen como finalidad determinar la calidad y el cumplimiento de las normas establecidas para la dosificación de las mezclas para hormigón.

Los ensayos utilizados en la investigación fueron: Áridos para hormigón, determinación de la granulometría (NTE INEN 696), Árido fino para hormigón, determinación de la densidad y absorción de agua (NTE INEN 856), Agregado fino y grueso para hormigón, determinación de la humedad superficial (NTE INEN 859, 857), Árido para hormigón, determinación del contenido total de humedad. (NTE INEN 862), Determinación de asentamiento (NTE INEN 1578), Aditivo reductor de agua, EUCON 37, cumple con la norma ASTM C- 494 A y F, Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón (NTE INEN 1573, 2010), Elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio (NTE INEN 3124).

Dosificación

Los ensayos se realizaron a base de cuatro tipos de diseños, el primero con el 0% que corresponde al hormigón convencional o diseño patrón, y en los tres diseños restantes se agrega la fibra de abacá en porcentajes del 0,2%, 0,4% y 0,6%, para la determinación del diseño óptimo se empleó la dosificación que establece el código ACI 211.1.

Tabla 1. Diseño de mezcla de hormigón con proporciones de adición de abacá.

ADICIÓN DEL 0% DE FIBRA DE ABACÁ

MATERIAL	PESO KG/M3
CEMENTO HE	375
PIEDRA #67	880
ARENA FINA	485
ARENA PARA HORMIGON	470
AGUA EFECTIVA	110
FIBRA DE ABACÁ	0
ADITIVO	0

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

ASENTAMIENTO (CM)	7.5
-------------------	-----

ADICION DEL 0,2% DE FIBRA DE ABACÁ

MATERIAL	PESO KG/M3
CEMENTO HE	375
PIEDRA #67	915
ARENA FINA	459.9
ARENA PARA HORMIGON	440
AGUA EFECTIVA	155
FIBRA DE ABACÁ	0.75
ADITIVO	2.6
ASENTAMIENTO (CM)	3.5 – 4

ADICIÓN DEL 0,4% DE FIBRA DE ABACÁ

MATERIAL	PESO KG/M3
CEMENTO HE	375
PIEDRA #67	919.9
ARENA FINA	485
ARENA PARA HORMIGON	450
AGUA EFECTIVA	125
FIBRA DE ABACÁ	1.5
ADITIVO	2.6
ASENTAMIENTO (CM)	4

ADICION DEL 0,6% DE FIBRA DE ABACÁ

MATERIAL	ADICION DEL 0,6% DE FIBRA DE ABACÁ
CEMENTO HE	375
PIEDRA #67	915
ARENA FINA	490
ARENA PARA HORMIGON	454.9
AGUA EFECTIVA	117.5
FIBRA DE ABACÁ	2.25
ADITIVO	2.63
ASENTAMIENTO (CM)	3

En la tabla #1 se detallan los pesos de cada material en (kg) para 1 m³ de hormigón, estos fueron llevados a cabo a nivel de laboratorio para realizar el ensayo de asentamiento en cada una de las mezclas, se elaboraron cilindros de hormigón en moldes con dimensiones de 20 cm de alto y 10 cm de diámetro basándonos en la norma (NTE INEN 1576).

Para medir el asentamiento de cada cilindro de hormigón después de mezclarlo, de acuerdo con la norma (NTE INEN 1578) se empleó el cono de Abrams el cual es un instrumento metálico que se utiliza en el ensayo que se le realiza al hormigón en su estado fresco para medir su consistencia, donde colocamos 3 capas de hormigón, cada capa siendo 1/3 del volumen del cono, teniendo una compactación por capa de 25 golpes utilizando una varilla lisa, procedemos a retirar el exceso de material con una varilla e inmediatamente levantamos el molde en un intervalo de 3 a 7 segundos y con esto lograr medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior. Esta medición se complementa con la observación de la forma de asentamiento del cono de hormigón.

Al elaborar los cilindros de hormigón se tomó en cuenta el uso de moldes de 10cm de diámetro por 20cm de alto, que se los llenaron en dos capas iguales y se compactaron a 25 golpes homogéneamente por capa, en la cual se utilizó una varilla lisa de acero de 9,5 mm, al mismo tiempo también proporcionamos 15 golpes de igual magnitud a los costados del molde con un mazo de goma.

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

Una vez realizado este procedimiento se deja endurecer las mezclas de hormigón por un periodo de 24 horas, al cumplirse este plazo se desencofra y se ubica en una piscina de curado, procediendo a compactar los cilindros dependiendo del día de fraguado los cuales son de 1 – 3 – 7 – 28, llegándose a efectuar el ensayo de resistencia a la compresión.

La figura 1. Evidencia los cilindros de hormigón recién elaborados.



Figura 1 Cilindros de Hormigón

Este ensayo permite determinar la resistencia de los cilindros de hormigón, en la siguiente tabla podemos observar las diferentes resistencias que soporta cada cilindro en los intervalos de tiempo de 1 – 3 – 7 – 14 – 28 días con los porcentajes de 0,2%, 0,4% y el 0,6% de fibra de abacá.

Resultados

Tabla 2. Obtenidos a la resistencias de la compresion a la edad de 1 – 3 – 7 – 14 – 28 dias de fraguado en las diferentes mezclas de hormigón

HORMIGON CON ADICION DE 0% DE FIBRA DE ABACÁ		RESISTENCIA A LA COMPRESION	
DIA	CARGA (kN)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA (MPa)
1	40.8	53	4.9
3	61.7	80	7.5

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

7	103.9	135	12.6
14	107.3	139	13
28	167.2	217.1	20.3
HORMIGON CON ADICION DE 0.2% DE FIBRA DE ABACÁ RESISTENCIA A LA COMPRESION			
DIA	CARGA (kN)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA (MPa)
1	73.6	96	8.9
3	123.1	160	14.9
7	146.1	190	17.7
14	199.1	258	24.2
28	234.1	304	28.1

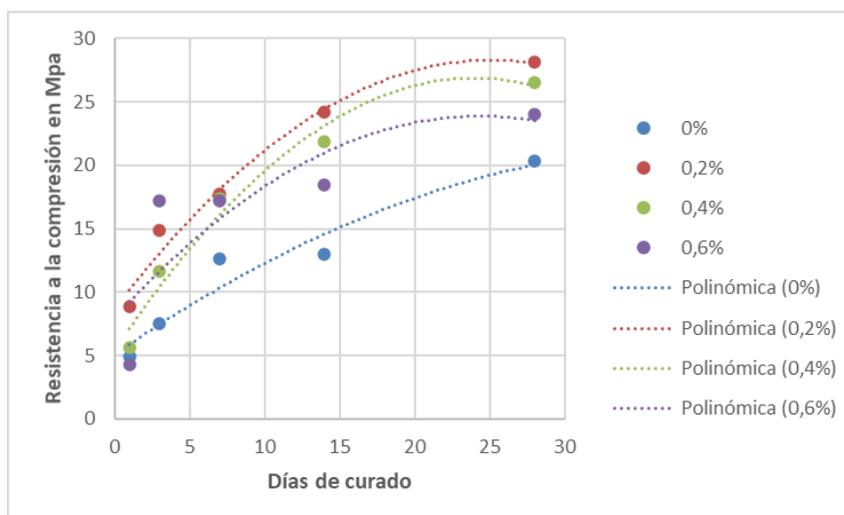
HORMIGON CON ADICION DE 0.4% DE FIBRA DE ABACÁ RESISTENCIA A LA COMPRESION			
DIA	CARGA (kN)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA (MPa)
1	46.4	60	5.6
3	95.4	124	11.6
7	143.6	186	17.4
14	180.7	235	21.9
28	218.3	283	26.5
HORMIGON CON ADICION DE 0.6% DE FIBRA DE ABACÁ RESISTENCIA A LA COMPRESION			

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

DIA	CARGA (Kn)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	RESISTENCIA (MPa)
1	35.5	46	4.3
3	141.6	184	17.2
7	141.9	184	17.2
14	151.5	197	18.5
28	188.5	245	24,0



Figura 2 Medición de la resistencia a la compresión

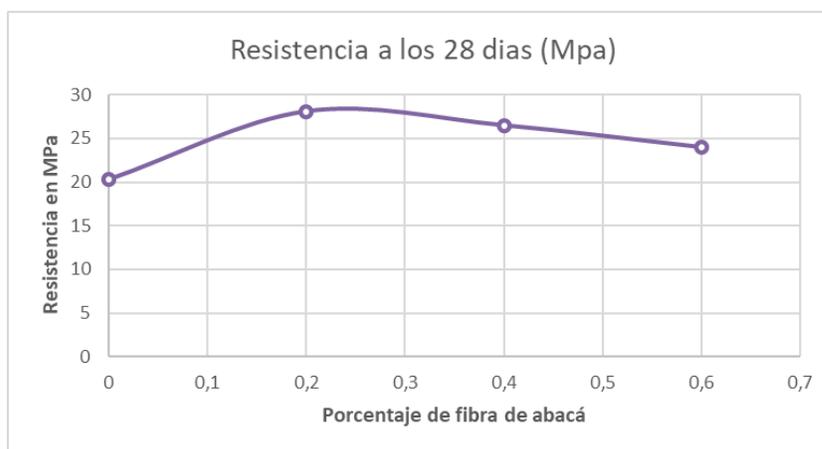


Gráfica 1 Línea de tendencia de las resistencias a la compresión a la edad de 1 – 3 – 7 – 14 – 28 días de curado.

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

Tabla 3. Tabla de resistencias del día 28 con los diferentes porcentajes de fibra de abacá en mpa.

Porcentaje de fibra de abacá	Resistencia a los 28 días (MPa)
0 %	20,3
0,2 %	28,1
0,4 %	26,5
0,6 %	24,0



Gráfica 2 Resistencia a los 28 días de curado con los diferentes porcentajes de fibra de abacá.

Análisis de los resultados

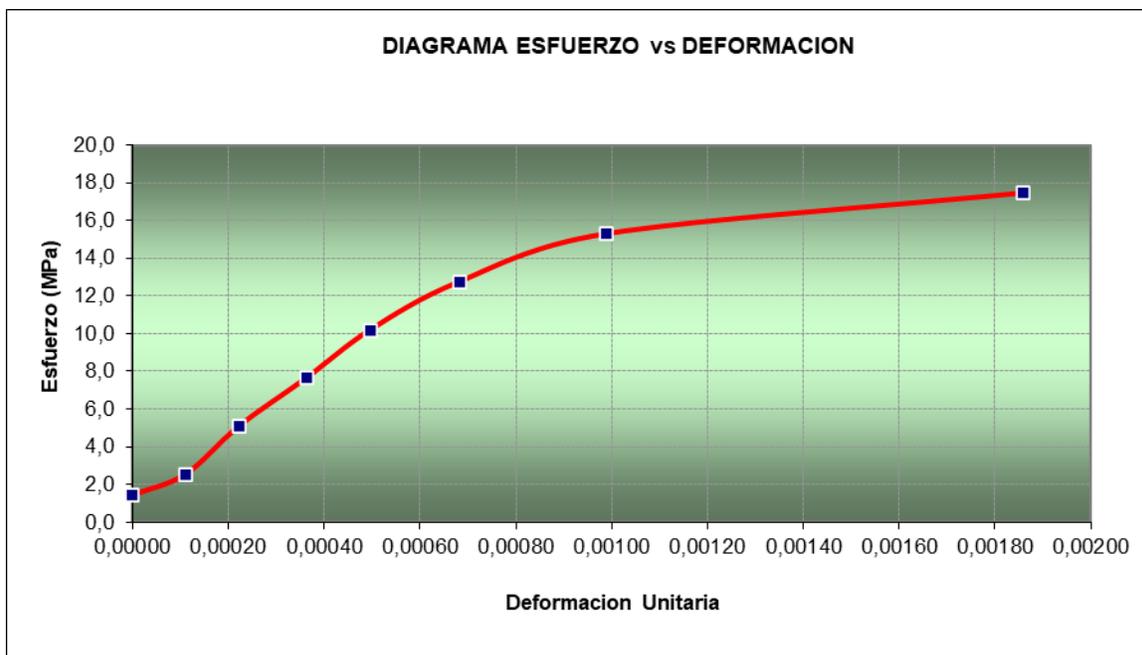
En las tablas planteadas anteriormente se muestran los resultados de las resistencias obtenidas en los ensayos de los cilindros de hormigón con diferentes porcentajes de fibra de abacá los cuales son del 0.2%, 0.4%, 0.6% manifestando cual es su resistencia de acuerdo pasa el tiempo de curado en la piscina. En la grafica podemos evidenciar la curva de resistencia del día 28 de los diferentes porcentajes de fibra abacá utilizados, se observa que con el 0,2% de fibra a los 28 días de fraguado obtenemos una mayor resistencia.

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

Determinación de módulo de elasticidad estático del hormigón a compresión y su ductilidad

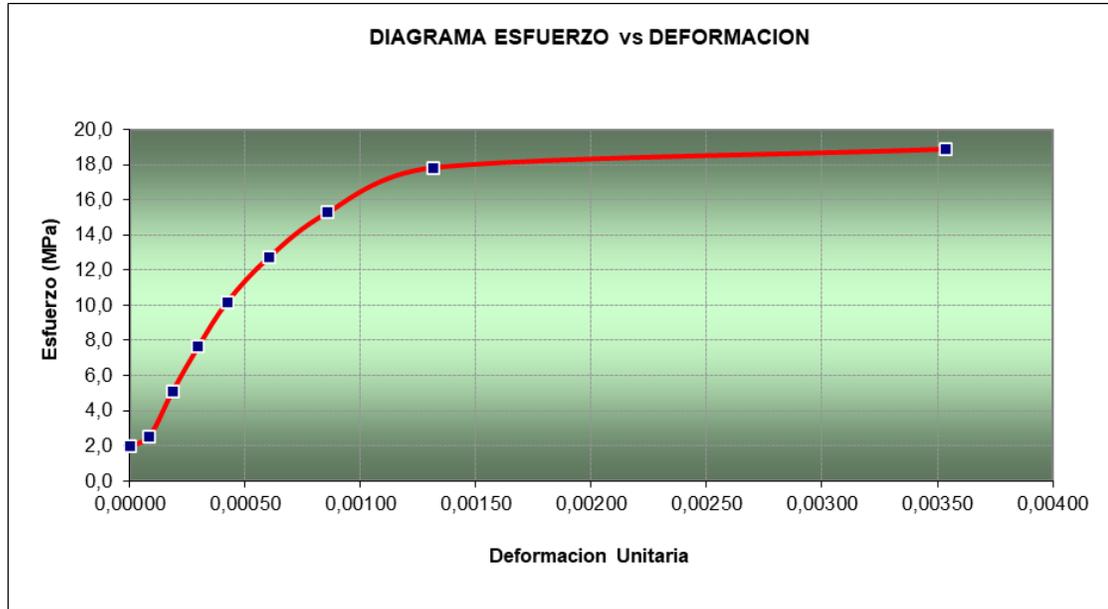
Porcentaje de Fibra	Módulo de Elasticidad (MPa)	Resistencia ultima	Ductilidad
0%	19813	18.6	5,1
0,2 %	23108	18.9	11,9
0,4 %	21872	20.3	20,9
0,6 %	20761	19.2	33,7

Cilindro sin fibra

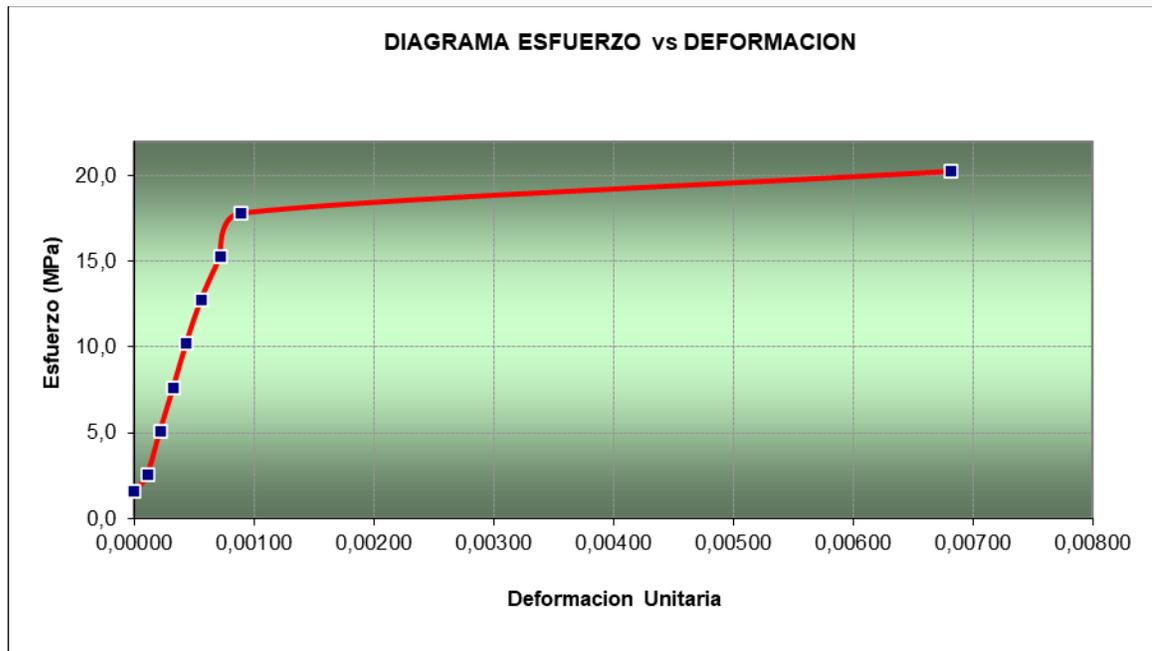


Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

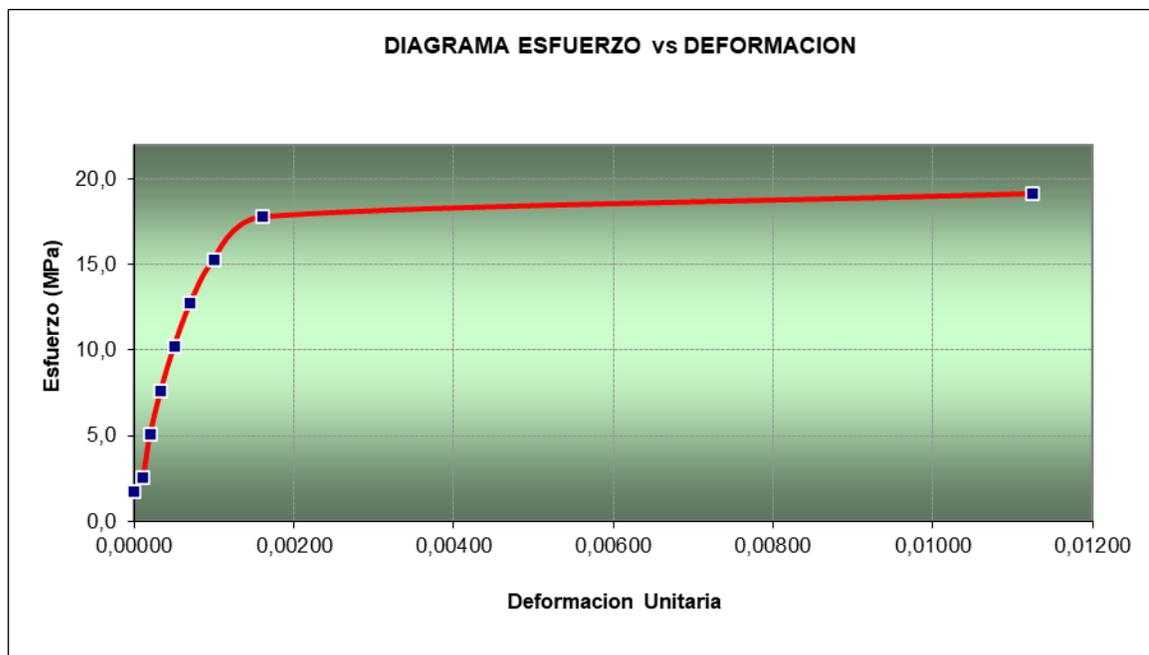
Cilindro con 0.2% de fibra de abacá



Cilindro con 0.4% de fibra de abacá



Cilindro con 0.6% de fibra de abacá



Conclusiones

- La cantidad de fibra de abacá utilizada, demuestra que el asentamiento del concreto fresco disminuye considerablemente cuando se incrementa el contenido de fibra. Las mejores condiciones de un hormigón trabajable se obtuvieron para un contenido de fibra del 0.2% y 0.4%.
- La gráfica de comparación de resistencias a los 28 días de curado demuestra que con 0,2% de fibra de abacá se obtuvo una mejor resistencia a la compresión con 28.1 MPa a diferencia de las de 0,4% y 0,6% que fueron menores, probablemente debido a una buena trabajabilidad de las mezclas con mayor contenido de fibra.
- La resistencia a la compresión con adición de fibra de abacá en el hormigón disminuyó a medida que el porcentaje de fibra aumenta, sin embargo, este nos ayudó a que no se dé una falla explosiva, ya que la adherencia que genera entre la fibra y el concreto va a provocar que el hormigón gane una mayor ductilidad con el aumento del contenido de fibra. El aumento en la ductilidad vario desde un valor de 5 para el patrón hasta un valor de 34 para el 0,6% de adición de fibra.

Referencias

- Arteaga, J. (23 de julio de 2017). *Ingeniería y más*. Obtenido de <https://ingenieriaymas.com/2017/07/agua-morteros-hormigones.html#:~:text=Si%20bien%20el%20agua%20es%20el%20componente%20de,variando%20su%20resistencia%2C%20plasticidad%2C%20asentamiento%2C%20trabajabilidad%20y%20permeabilidad>
- Calderon Aguiar, O. G. (2019). *Análisis de los factores que intervienen las fibras de abacá en bruto*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/21683>
- Efren. (2017). *Composite de matriz de cemento y refuerzo de abaca*. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/18017/1/JADAN%20LUZURIAGA%20RONALD%20EFR%C3%89N.pdf>
- Holcim. (2021). *Holcim Ecuador S.A.* Obtenido de <https://www.holcim.com.ec/cemento-holcim-premium>
- MEGAROK. (22 de febrero de 2015). *MEGAROK*. Obtenido de <https://megarok.com.ec/web/portfolio-item/arena-homogenizada/>
- NTE. (03 de 2017). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*. Obtenido de HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO: https://normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3124.pdf
- Salinas, G. S. (2017). *"CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL HÍBRIDO UTILIZANDO MATRIZ EPÓXICA REFORZADA CON TEJIDO DE FIBRA VEGETAL DE ALGODÓN Y FIBRA NATURAL DE ABACÁ"*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26390>
- Sikament. (abril de 2014). *Sika*. Obtenido de <https://ecu.sika.com/es/construccion/concreto/plastificantes-reductoresdeagua/reductores-de-aguadealtorango/sikament-he-200.html>

Análisis del comportamiento mecánico del hormigón convencional empleando fibra de abacá

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|