

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Influencia de la adición de fibras de polipropileno en el diseño de una viga de concreto armado

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Pedro Enrique Avila Tarma

Asesor:

Roberto Roland Yoctun Rios

Lima, noviembre del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

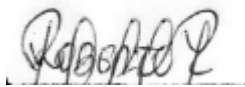
Roberto Roland Yoctun Rios, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN EL DISEÑO DE UNA VIGA DE CONCRETO ARMADO" constituye la memoria que presenta el estudiante Pedro Enrique Avila Tarma para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en LIMA, a los 06, diciembre del 2020.



Ing. Roberto Roland Yoctún Rios

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....19.....día(s) del mes de.....Noviembre.....del año 2020...siendo las.....18:30..... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):..... Ing. Fiorella Maira Zapata Antezana....., el (la) secretario(a)Ing. Carlos Franck Yoctun Rios..... y los demás miembros: Ing. David Diaz Garamendi.....y el (la) asesor(a)... Ing. Roberto Roland Yoctun Rios..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Influencia de la adición de fibras de polipropileno en el diseño de una viga de concreto armado". de los (las) egresados (as):

.....a)..... **PEDRO ENRIQUE AVILA TARMA**.....
b).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

INGENIERÍA CIVIL

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **PEDRO ENRIQUE AVILA TARMA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	15	B-	BUENO	MUY BUENO

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente
 Ing. Fiorella Maira
 Zapata Antezana

 Secretario
 Ing. Carlos Franck
 Yoctun Rios

 Asesor
 Ing. Roberto Roland
 Yoctun Rios

 Miembro

 Miembro
 Ing. David Diaz
 Garamendi

 Candidato (a)
 Pedro Enrique Avila
 Tarma

 Candidato/a (b)

Influencia de la adición de fibras de polipropileno en el diseño de una viga de concreto armado

PEDRO ENRIQUE AVILA TARMA*

EP. de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú

Resumen

La presente investigación se realiza con el objetivo de evaluar la influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en el diseño de una viga de concreto armado, recopilando las investigaciones ya realizadas con el propósito de analizar las propiedades mecánicas del concreto incorporando fibras de polipropileno, principalmente los esfuerzos de compresión y tracción. Para esto se realizó el diseño de una viga convencional de resistencia $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ según el método ACI 318, el análisis de esfuerzos-deformaciones del concreto simple, armado con y sin fibras de polipropileno. Dando como resultado que las fibras de polipropileno aumentan la resistencia de flexión del concreto (módulo de rotura "fr") por lo que aumentan la capacidad de resistir mayores momentos. Sin embargo, el incremento es insuficiente para afectar en la cantidad de acero necesaria para una viga.

Palabras clave: concreto armado, diseño estructural, esfuerzo-deformaciones, fibras de polipropileno, influencia de fibras.

Abstract

This research is carried out with the objective of evaluating the influence of the incorporation of polypropylene fibers in the design of a reinforced concrete beam, compiling the investigations already carried out with the purpose of analyzing the mechanical properties of concrete incorporating polypropylene fibers, mainly compressive and tensile stresses. For this, the design of a conventional beam of resistance $f'_c = 210 \text{ Kg / cm}^2$ was carried out according to the ACI 318 method, the stress-strain analysis of simple concrete, reinforced with and without polypropylene fibers. As a result, the polypropylene fibers increase the flexural strength of concrete (modulus of rupture "fr"), thus increasing the capacity to resist greater moments. However, the increase is insufficient to affect the amount of steel needed for a beam.

Keywords: reinforced concrete, structural design, stress-strain, polypropylene fibers, influence of fibers.

**Correspondencia de Pedro Enrique Avila Tarma.*

Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima.

E-mail: pedroavila@upeu.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Sin duda la industria de la construcción es uno de los sectores de mayor crecimiento e ingreso económico del Perú como lo proyecta el Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial (IEDEP, 2019), esto requiere de nuevas investigaciones, metodologías, tecnologías, procesos constructivos que contribuyen con el desarrollo del país, por lo que esta investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en el diseño de una viga de concreto armado, uno de los materiales que aportan a la innovación en la construcción.

Sin embargo, las fibras fueron utilizadas antiguamente inconsciente de las propiedades que aporta a la construcción, estas eran de origen natural como el yute, sisal o paja, y eran utilizadas para construcciones de unidades de mampostería como el adobe, sin embargo, en la actualidad existen fibras sintéticas elaboradas de polietileno, carbono, polipropileno, acero, vidrio, etc. Y en el sector constructivo son utilizadas como materiales de refuerzo.(Lima Chuquihuanga, 2017)

(Alegre Gago, 2017) menciona que el reforzamiento de estructuras de concreto es aplicado cuando sus propiedades no son suficientes para las cargas a las que son sometidas, es por esta razón se evaluará la influencia de las fibras de polipropileno en el diseño, estados de esfuerzo-deformación de una viga de concreto simple y armada de una vivienda convencional.

METODOLOGÍA

Análisis de las investigaciones

La principal herramienta para el desarrollo del artículo son las investigaciones aprobadas en las bases de datos, repositorios, etc., del país e internacionales. Por lo que se analizarán las siguientes investigaciones:

- a) Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el Departamento de Lima, por el Ingeniero Edwin Alberto Valera Pajuelo para obtener su título profesional en el año 2017.(Valera Pajuelo, 2017)
- b) Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes, artículo de P.S. Song, S. Hwang y B.C. Sheu.(Song, Hwang, & Sheu, 2005)
- c) Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm², por Guillermo Isidro Perca para obtener su título profesional en el año 2017.(Isidro Perca, 2017)
- d) Influence of the properties of polypropylene fibres on the fracture behaviour of low-, normal- and high-strength FRC, artículo de Hector Cifuentes, Fidel García, Orlando Maeso, Fernando Medina, publicado el año 2013.(Cifuentes, García, Maeso, & Medina, 2013)
- e) Determinación de la deformación unitaria del hormigón flexible (ecu) elaborado con microfibras de polímeros para la teoría de diseño a flexión de vigas simplemente, por Soria Pérez Aníbal Patricio y Vargas Veloz Luis Geovanny para obtener su título profesional en el año 2019, Quito.(Soria Pérez & Vargas Veloz, 2019)

De las investigaciones mencionadas se identificó un patrón en común, este es el incremento de la resistencia a flexión del concreto debido a la incorporación de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla.

Y para obtener un mayor beneficio del uso de las fibras de polipropileno se utiliza de 1.5 a 2.0 Kg/m³ de dosificación en el diseño de mezcla para un concreto de resistencia $f'c=210$ kg/cm², esto permite un incremento de hasta un 20% del módulo de rotura (f_r).

Diseño de una viga convencional

Para evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en el diseño de la viga, se define un caso para el diseño, este consiste en una viga convencional de luz de 3m con un apoyo fijo y otro móvil (ver figura 1), para esto se detallan dos casos:

- Diseño de una viga de concreto armado según los procedimientos del ACI-318 (Morales Morales, 2006).
- Verificación por el método de los esfuerzos admisibles con la guía del libro de Estructuras de concreto de (Segura Franco, 2015).

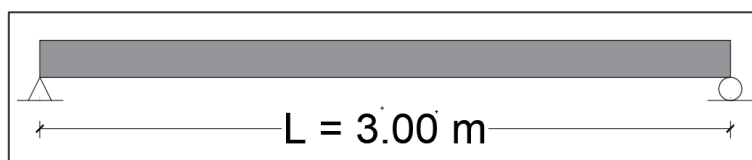


Figura 1. Viga convencional para el diseño de ambos casos, Fuente: Elaboración Propia

Las características de la viga, el concreto y el acero de refuerzo, carga se especifica en la tabla 1.

Tabla 1. Características para el diseño, Fuente: Elaboración Propia.

Datos de diseño		
Vivienda		
S/C		200 Kg/m ²
Acabados		100 Kg/m ²
Tabiquería móvil		150 Kg/m ²
Viga		
Luz		3.00 m
Concreto		
wc		2400 Kg/m ³
f'c		210 Kg/cm ²
f _r		$2\sqrt{f'c} = 28.98$ (Kg/cm ²)
E _c		$(wc)^{1.5} \cdot 0.136 \sqrt{f'c}$
Acero		
f _y		4200 Kg/cm ²
E _s		2000000 Kg/cm ²

*Los valores y las fórmulas fueron sacados del Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.020 Cargas y Norma E.060 Concreto Armado.

El diseño se realizará mediante la metodología del ACI-318 y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), referente a Concreto Armado (E.060) y Cargas (E.020). (Ministerio de Vivienda, 2016; Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009)

RESULTADOS

Investigaciones

De las investigaciones anteriormente mencionadas, se presentan los resultados de incremento de módulo de rotura del concreto adicionado con las fibras de polipropileno.

Tabla 2. Porcentaje de aumento del valor de módulo de rotura del concreto, Fuente: Elaboración propia.

Investigación	% Aumento
a)	17.00%
b)	16.95%
c)	16.75%
d)	16.97%
e)*	12.32%

*De los resultados, la investigación “e)” no participara dentro del porcentaje a tomar en cuenta por descarte.

De los porcentajes presentados en la tabla 2, se tomará en cuenta el mínimo valor de aumento al módulo de rotura para los siguientes procesos, este es 16.75%.

Módulo de rotura

El módulo de rotura incrementado por la presencia de fibras de polipropileno (frp) es:

$$Fr = 28.98 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Frp = fr + 16.75\% * fr$$

$$Frp = 33.83 \text{ Kg/cm}^2$$

Con el valor de frp=33.83 Kg/cm² se analizará por el método de esfuerzos admisibles al igual que el con el concreto simple y concreto con acero de refuerzo en flexión.

Diseño de la viga

- Predimensionamiento

Predimensionamiento de la viga para una vivienda convencional según el ACI-318:

Tabla 3. Predimensionamiento de la viga, según el ACI 318 Fuente: Elaboración Propia.

Predimensionamiento	Valor
Base	$b = L/20$ 15 cm
Altura	$h = L/11$ 30 cm

L: Luz de la viga

La viga será de una sección de 15cmx30 cm.

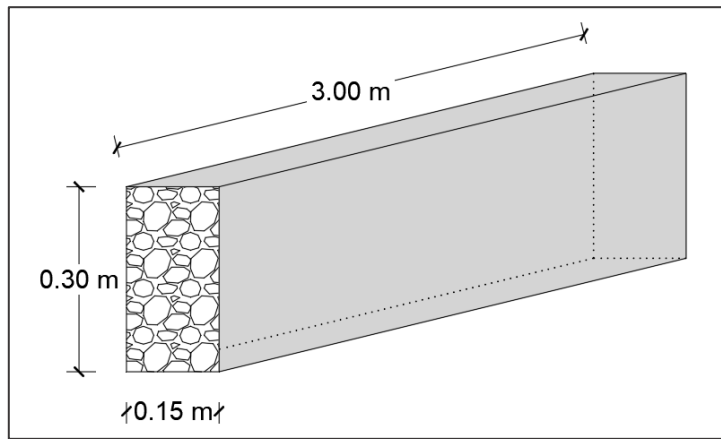


Figura 2. Predimensionamiento de la viga según ACI 318, Fuente: Elaboración Propia.

- Estado de la viga

Las solicitaciones para el diseño de la viga convencional de 15cm x 30cm se muestran en la figura 3, se analizará por un ancho tributario de 1.50 m, esto es debido a que las viviendas normalmente no se encuentran luces mayores a 3.00 m.

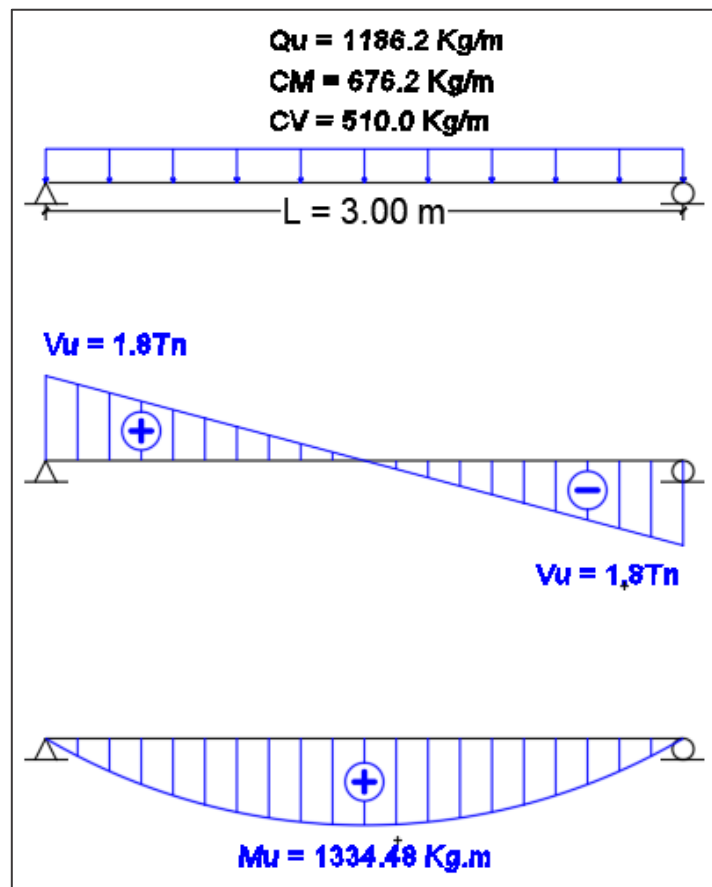


Figura 3. Solicitaciones de diseño de la viga, Fuente: Elaboración Propia

La carga ultima se toma de acuerdo al RNE (Norma E.060 Concreto Armado), donde especifica la $Q_u = 1.4CM + 1.7CV$, esto da $Q_u = 1186.2 \text{ Kg/m}$.

- Diseño de la viga de concreto armado

Tomando en cuenta a los requisitos mínimos del RNE y de los parámetros de diseño según el ACI-318, se obtuvo el siguiente diseño de viga (figura 4 y 5).

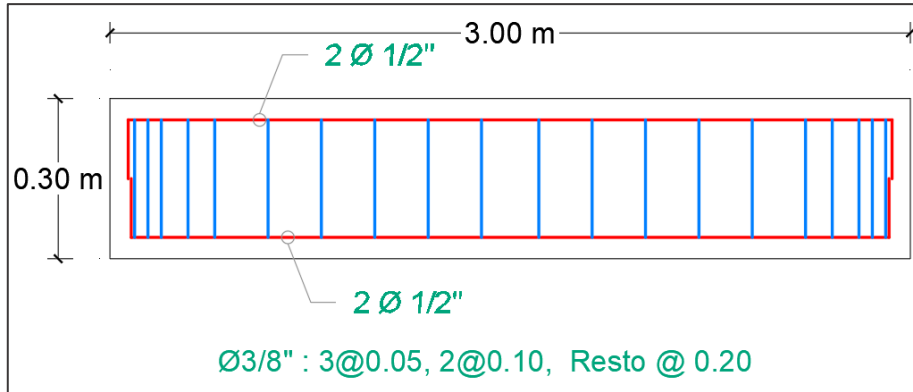


Figura 4. Sección longitudinal del diseño de viga, Fuente: Elaboración Propia.

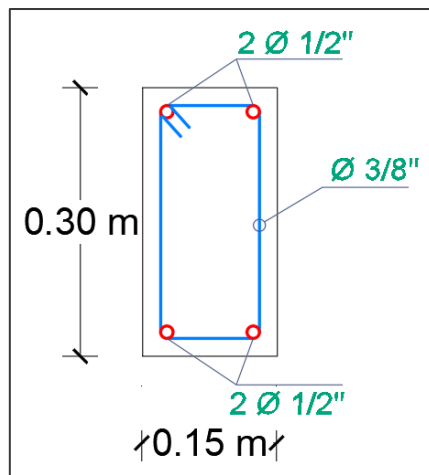


Figura 5. Sección transversal del diseño de viga, Fuente: Elaboración Propia.

Estado de esfuerzos y deformaciones

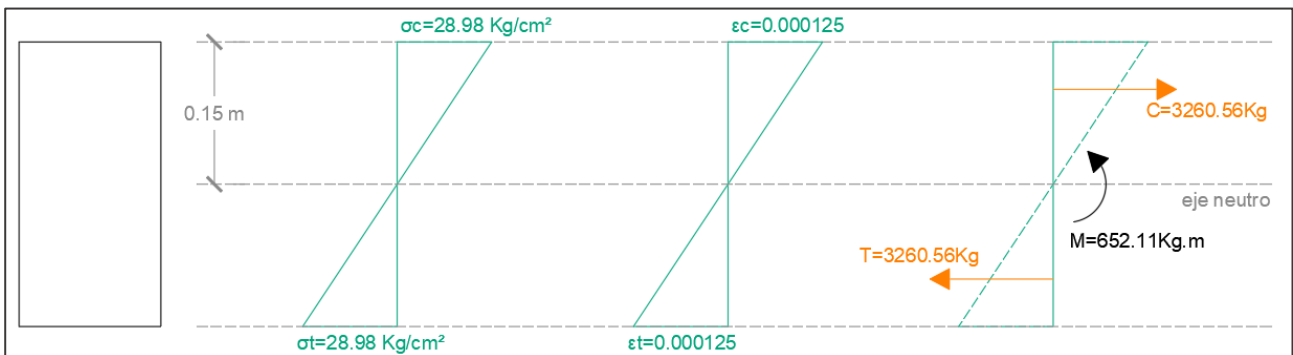


Figura 6. Esfuerzos y deformaciones para un concreto de resistencia ($f'_c=210\text{Kg/cm}^2$) sin acero de refuerzo ni fibras de polipropileno, Fuente: Elaboración Propia.

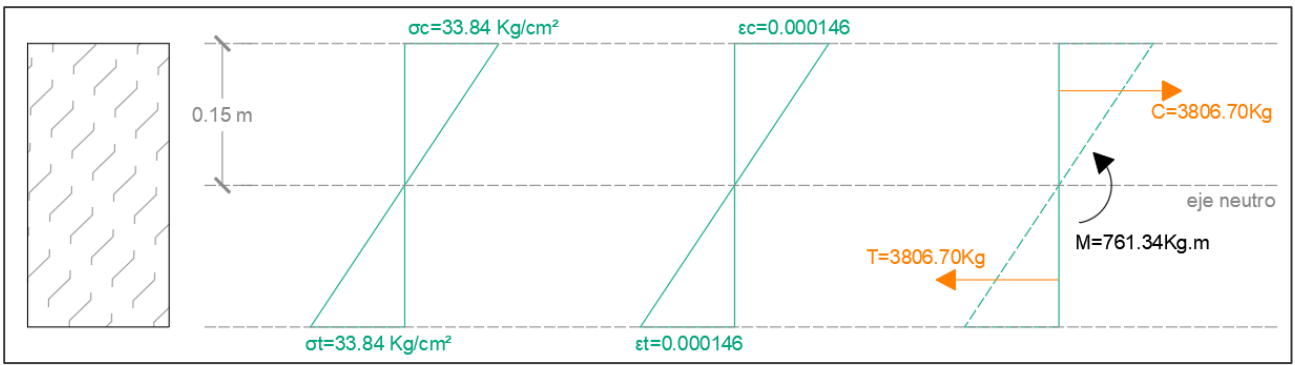


Figura 7. Esfuerzos y deformaciones para un concreto de resistencia ($f'_c=210\text{Kg/cm}^2$) sin acero de refuerzo, con fibras de polipropileno, Fuente: Elaboración Propia.

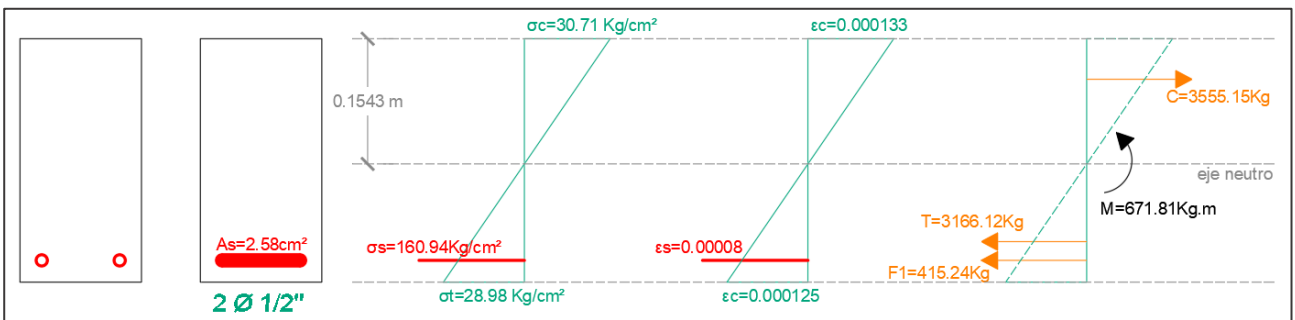


Figura 8. Esfuerzos y deformaciones para un concreto de resistencia ($f'_c=210\text{Kg/cm}^2$) con acero de refuerzo en flexión, sin fibras de polipropileno, Fuente: Elaboración Propia.

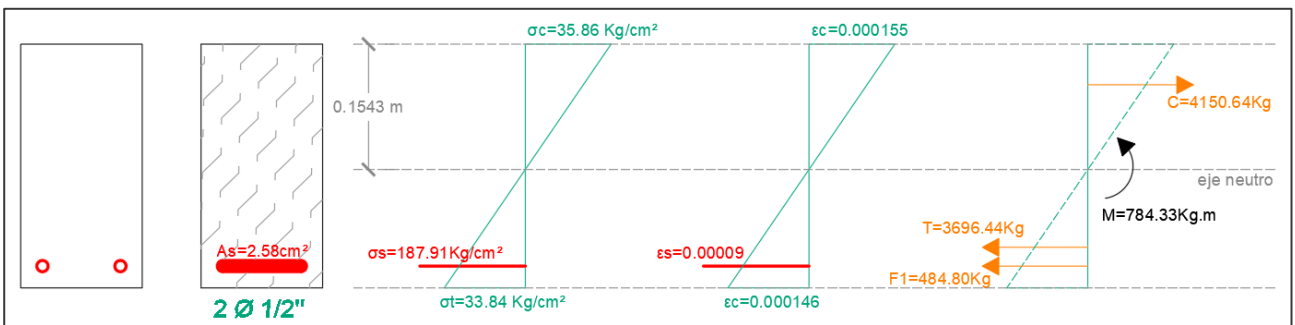


Figura 9. Esfuerzos y deformaciones para un concreto de resistencia ($f'_c=210\text{Kg/cm}^2$) con acero de refuerzo en flexión, con fibras de polipropileno, Fuente: Elaboración Propia.

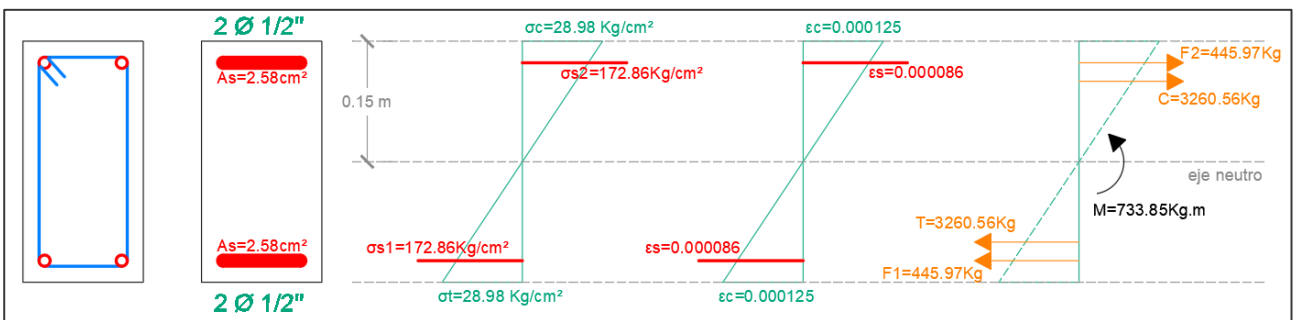


Figura 10. Esfuerzos y deformaciones para un concreto de resistencia ($f'_c=210\text{Kg/cm}^2$) con acero de refuerzo en tracción y compresión, sin fibras de polipropileno, Fuente: Elaboración Propia.

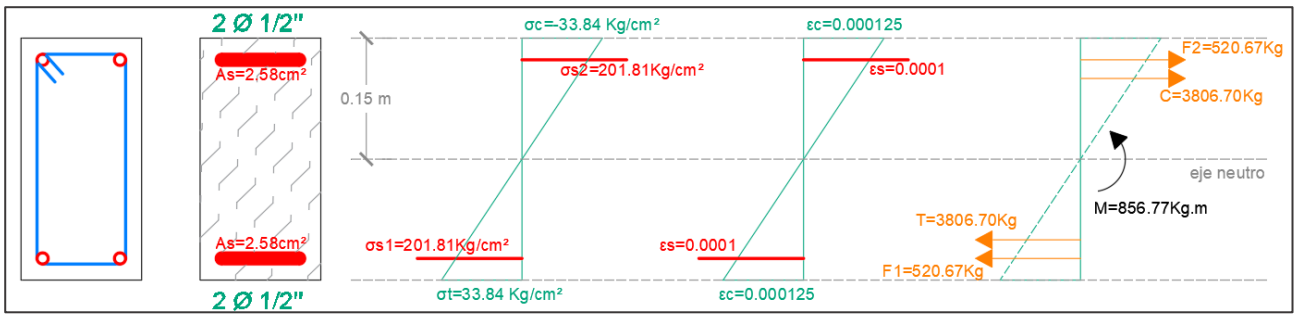


Figura 11. Esfuerzos y deformaciones para un concreto de resistencia ($f'c=210\text{Kg/cm}^2$) con acero de refuerzo en tracción y compresión, con fibras de polipropileno, Fuente: Elaboración Propia.

ANÁLISIS

Concreto simple con y sin fibras de polipropileno

La incorporación de fibras de polipropileno en un concreto simple de resistencia $f'c=210\text{ Kg/cm}^2$ incrementa los esfuerzos admisibles y deformación unitaria en tracción como se puede ver en la figura 6 y 7, esto también representa un aumento de la resistencia del momento crítico en un 16.75%, subiendo de 652.11 Kg.m a 761.34 Kg.m.

Concreto con acero de refuerzo en flexión con y sin fibras de polipropileno

De acuerdo a la figura 8 y 9, la cual solo presentan acero de refuerzo en flexión existe un incremento de los esfuerzos y deformaciones del concreto y acero ya que tienen una relación directamente proporcional, además, el aumento del momento crítico en 16.75%, de 671.81 Kg.m a 784.34 Kg.m de capacidad de resistencia del concreto y la resistencia del momento del acero pasa de 5798.43 Kg.m a 6769.66 Kg.m.

Concreto con acero de refuerzo en tracción y compresión con y sin fibras de polipropileno

De igual manera que en los ítems anteriores la incorporación de las fibras de polipropileno incrementa los esfuerzos, deformaciones, momentos críticos relacionados al esfuerzo de tracción ($\sigma_t=fr$).

El momento que soporta el acero en tracción pasa de 6333.91 Kg.m a 7394.84 Kg.m.

De acuerdo a los resultados y a la carga solicitada ($Q_u = 1186.2\text{ Kg/m}$) para el diseño se requiere soportar un momento último de 1334.48 Kg.m, y al análisis de las secciones con acero de refuerzo, estos presentan resistencias mayores a las solicitadas incluso sin las fibras de polipropileno, esto se debe a que el diseño según el ACI-318 tiene factores de seguridad para asegurarse el tiempo de vida útil de la vivienda, además de utilizar los requisitos mínimos del RNE.

Viabilidad

Según lo presentado las fibras de polipropileno no se pueden utilizar como refuerzo principal para el diseño de una viga, ya que esta no puede soportar la carga requerida para su posterior uso, por lo que se necesita de un material que tenga mayor resistencia en flexión como el acero. Sin embargo, las fibras de polipropileno se pueden utilizar como un refuerzo secundario donde reduzca la aparición de fisuras para así proteger el acero estructural de la corrosión.

Como anteriormente se mencionó, la dosificación ideal para el uso de las fibras de polipropileno es de 1.5 a 2.0 Kg/m³, esto no afecta a la trabajabilidad del concreto, incrementa las propiedades mecánicas del concreto y reduce la aparición de fisuras.

Además, en comparación a las fibras de acero, vidrio y otras, la fibra de polipropileno es de menor costo, teniendo así un beneficio económico.

CONCLUSIONES

En base a las investigaciones analizadas y cálculos realizados en el presente artículo se determinó que la incorporación de fibras de polipropileno incrementa las propiedades mecánicas del concreto referente al estado de esfuerzos y deformaciones. Sin embargo, la variación es insuficiente para la afección a la cantidad de acero de refuerzo principal para el diseño de una vivienda convencional.

También el incremento de las magnitudes en cuanto a resistencia de momentos, esfuerzo y deformaciones resulto directamente proporcional al porcentaje de incremento del módulo de rotura del concreto.

BIBLIOGRAFÍA

Alegre Gago, G. (2017). *ESTUDIO DE LA INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA Y DUCTILIDAD DE LAS FIBRAS DE CARBONO UTILIZADAS COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO*. Pontifica Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9254>

Cifuentes, H., García, F., Maeso, O., & Medina, F. (2013). Influence of the properties of polypropylene fibres on the fracture behaviour of low-, normal- and high-strength FRC. *Construction and Building Materials*, 45, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.098>

IEDEP. (2019). Proyecciones Macroeconómicas 2018-2019.

Isidro Perca, G. (2017). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 kg/cm²*. Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3842>

Lima Chuquihuanga, D. (2017). *Aplicación de la fibra de polipropileno para mejorar las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 280$ kg/cm² distrito Carabayllo, Lima - 2017*. Universidad César Vallejo. Universidad Cesar Vallejo.

Ministerio de Vivienda, C. y S. (2016). *Norma E.020 Cargas. Reglamento Nacional de Edificaciones* (Vol. 1). Lima. <https://doi.org/D.S 003-2008-MINAM>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma E.060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificación*. Lima. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Morales Morales, R. (2006). *Diseño en Concreto Armado ACI-318*. Retrieved from <https://tulosabias.com/pdf-libro-diseno-de-concreto-armado-roberto-morales-morales-descarga-gratuita/>

- Segura Franco, J. I. (2015). *Estructuras de concreto I* (Septima Ed). Bogotá. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/ABC_de_los_Compromisos_de_Colombia_para_la_COP21_VF.pdf
- Song, P. S., Hwang, S., & Sheu, B. C. (2005). Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes. *Cement and Concrete Research*, 35(8), 1546–1550. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.06.033>
- Soria Pérez, A. P., & Vargas Veloz, L. G. (2019). *Determinación de la deformación unitaria del hormigón flexible (ecu) elaborado con microfibras de polímeros para la teoría de diseño a flexión de vigas simplemente armadas*. Universidad Central del Ecuador. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18078>
- Valera Pajuelo, E. A. (2017). *Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el departamento de lima*. Universidad Cesar Vallejo. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22053>