

## *Revista Internacional Socio-Innova-Tec del Altiplano*

---

### **Evaluation of the bending performance of concrete reinforced with steel fibers to increase its resistance to rupture and deformation**

### **Evaluación del desempeño a flexión del concreto reforzado con fibras de acero para incrementar su resistencia a la ruptura y deformación**

Guadalupe Jocelyn, ROMERO SANDOVAL<sup>1</sup>, Isabel, MENDOZA-SALDIVAR<sup>1\*</sup>, Rogelio, GALLARDO-RAMÍREZ<sup>1</sup>, Ricardo Rodrigo, RODRÍGUEZ MADRID<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. Programa de Ingeniería Civil. Carretera Apan-Tepeapulco Km 3.5, Colonia Las Peñitas, C.P. 43900, Apan, Hidalgo, México. (0000-0003-4965-2299, 0000-0003-0651-6836, 0009-0004-9146-7534, 0009-0000-1961-3198)*

Sent date: 16/September/2022 Acceptance date: 22/February/2023

---

#### **Abstract:**

This research analyzes the behavior of hydraulic concrete by incorporating steel fibers to increase its resistance to bending and prevent its deformation. In the construction of civil works, hydraulic concrete is excellent for working in compression, when it is reinforced with various materials to cover its defects themselves, however, it is not good when it is working in bending because it is very susceptible to failure if it does not have reinforcing steel, because it helps it by covering the tensile stresses that it would have, at the same time, it can reach its plastic moment of state and cause a deformation that will not return to its original state and cause fracture in the element. To achieve the objective, mixtures were made incorporating different percentages of steel fibers in cylinder tests and concrete beams that were subjected to mechanical tests at 14 and 28 days. It was observed that the addition of steel fibers in amounts of 2 and 5% in relation to the volume of the test, obtained an improvement in the mechanical properties of the concrete, compared to the conventional one.

**Keywords:** Hydraulic concrete, steel fiber, aggregate, strength, bending.

---

#### **Resumen:**

La presente investigación analizó el comportamiento del concreto hidráulico al incorporar fibras de acero para incrementar su resistencia a la flexión y evitar su deformación. En la construcción de obras civiles, el concreto hidráulico es excelente para trabajar a compresión, cuando se refuerza con diversos materiales para cubrir los defectos del mismo, sin embargo, no es bueno cuando se trabaja a flexión debido a que es muy propenso a fallar si no tiene acero de refuerzo, debido a que éste lo ayuda cubriendo los esfuerzos a tensión que llegaría a tener, a su vez, puede llegar a su momento de estado plástico y causar una deformación que no regresará a su estado original y provocar la fractura en el elemento. Para cumplir con el objetivo, se elaboraron mezclas incorporando diferentes porcentajes de fibras de acero en ensayos de cilindros y viguetas de concreto que se sometieron a pruebas mecánicas a los 14 y 28 días. Se observó que la adición de fibras de acero en cantidades de 2 y 5% en relación

al volumen del ensaye, obtuvo una mejora en las propiedades mecánicas del concreto, en comparación al convencional.

**Palabras clave:** Concreto hidráulico, fibra de acero, agregado, resistencia, flexión.

---

\* Corresponding author: E-mail: imendoza@itesa.edu.mx  
Tel. 7751459161

## 1. Introducción

El concreto hidráulico reforzado con fibra de acero es una alternativa para mejorar, el concreto convencional simple. El comportamiento a tensión del concreto simple es deficiente, lo cual mejora con la adición de fibras (Meza et al., 2021). El concreto al ser el material más usado para las obras civiles como la construcción de edificaciones, puentes, túneles, vías y viaductos entre otras, debe poseer ciertas características mecánicas que proporcionen los requerimientos mínimos para el desarrollo de obras constructivas mediante sus propiedades físicas como la compresión, duración, impermeabilidad, peso unitario y apariencia entre muchas otras, Además de ser un material versátil en cuanto a forma y función (Sarta, et al., 2017).

Cobo-Sáenz y Valle-Benítez (2021) mencionan que el concreto hidráulico es bueno por su resistencia a la compresión, sin embargo, tiene deficiencias en su capacidad de soportar esfuerzos de torsión, flexión y tracción, por ello, se incorporan fibra para reforzar el concreto, evitando de esta forma las fisuras. El concreto por sí solo no es capaz de tener una alta resistencia a la flexión, sus propiedades naturales indican que es bueno a compresión, lo que ha derivado en el uso de diferentes fibras entre ellas la crin de caballo en el reforzamiento del concreto y la paja para reforzar bloques de barro. En la época de los 50's se da mayor interés al concreto reforzado con fibras. Se ha utilizado el uso de diferentes tipos de fibras para reforzar concretos, y mejorar la carencia de resistencia a la tensión de este tipo de materiales, e incrementar su tenacidad (Ortega y Gil, 2019). A su vez Meza et al. (2021) adicionaron fibras de PET en el concreto con resultados similares o superiores en cuanto a resistencia residual comparada con el concreto reforzado con fibras vírgenes. El concreto reforzado es diseñado para resistir cargas externas produciendo esfuerzos y deformaciones de diferentes tipos, estos se basan en reglamentos de construcción y procedimientos bien definidos, éstos han sido adecuados para la mayoría de las estructuras.

Las investigaciones hechas con fibra de acero muestran que éstas aportan ductilidad e incrementan la resistencia mecánica a tensión del concreto. Así lo demuestra Intriago-Álava et al. (2022) quienes mencionan que las fibras metálicas y sintéticas aportan 16.7% al incremento de la resistencia con referencia al concreto tradicional. No es fácil obtener la resistencia a tensión del concreto en forma directa, por lo que se determina por métodos indirectos, como son las pruebas de tensión por compresión y de tensión por flexión. Los

resultados de la primera se utilizan para determinar el agrietamiento por cortante, mientras que los de la segunda, para el agrietamiento por flexión. Se ha observado que la variabilidad de los resultados es mayor en la prueba de tensión por flexión. Camarena et al. (2022) indican que en el mundo se han desarrollado métodos para mejorar sus propiedades sobre el uso de concreto reforzado con fibra de acero, permitiendo una aplicación optimizada en la estructura como una alternativa más para el diseño y construcción de estructuras que requieran propiedades especiales. Alvarado y Andia (2021), evaluaron las propiedades del concreto en porcentajes de 3, 6, y 9% con fibra de acero, vidrio y propileno. Los resultados con mejor desempeño a la resistencia en el concreto fue con la adición de 6%. El mismo comportamiento se presentó en la resistencia a flexión en donde a dosificación de 6% incrementó en 35.14%. Datos similares obtuvieron Pinedo y Saldaña (2021) quienes observan que con 6% se mejora el incremento a la resistencia.

Apaza y Goberich (2022) mostraron la influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto autocompactante, obtuvieron como resultados la disminución de la fluidez, incremento de la resistencia a compresión y flexión y disminución de la resistencia a tracción en el concreto. La adición de 0.75% de fibras de acero presentó buenos resultados comparado con la adición de 1.5% tanto en las propiedades físicas, mientras que en las propiedades mecánicas en estado endurecido mejoraron 5.27% en promedio con la adición de 0.75% de fibras de acero. Resultados similares presentaron Castillo e Hidalgo (2021) quienes diseñaron un concreto hidráulico utilizando fibra metálica en dosis de 2, 4, y 6% de fibra. Encontraron que utilizar menos porcentaje de fibra metálica en el concreto se obtuvo mayor resistencia a la compresión, lo anterior se comprueba con la investigación de Vega Alvarez (2021) en los resultados experimentales encontró que la resistencia a la flexión se mejoró en 1.2% en 28 días.

Penadillo y Prieto (2021) determinaron que existe influencia positiva en la resistencia a la compresión con la adición a la mezcla de concreto de fibra de acero Corta SikaFiber CHO 80/60NB de 2 kg, la cual presentó mayor resistencia a la compresión. Se comprueba que la incorporación de fibras a menor porcentaje incrementan significativamente la resistencia a la compresión y flexión, tal como lo mostraron Crispin y Macalopu, (2021) quienes con 5% de fibra incorporada a la mezcla convencional no presentaron incrementos significativos al añadir 10 ni 15%. En otro estudio hecho por Martínez y Salas (2021), sobre la influencia de la aplicación de fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto encontraron que a los 28 días con 2% de fibras se obtuvo una  $f'c = 383.20 \text{ kg cm}^{-2}$ , superando al testigo en 4.41%. Sintetizando la revisión de literatura, es notable observar que el porcentaje adecuado de fibras de acero para mejorar la resistencia a la compresión del concreto es de 2%. Con base en ello, se propone la siguiente hipótesis: Si al concreto tradicional se le agrega fibras de acero en proporciones bajas, se incrementa la resistencia a la compresión y flexión.

Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación, fue evaluar el desempeño a resistencia y flexión del concreto reforzado con fibras de acero, con base en la normatividad vigente para incrementar la resistencia a la ruptura y deformación en las estructuras que soportan constante tránsito de carga pesada. Con los datos obtenidos se mostró la conveniencia de agregar fibras al concreto tradicional en proporciones bajas (2%), para incrementar la resistencia a flexión.

## **2. Materiales y Métodos**

### *2.1 Localización y obtención de residuos de fibras de acero*

Los residuos de fibra de acero se obtuvieron de las pequeñas empresas de torno de la región del Altiplano Hidalguense, se recolectó la viruta (fragmento de material que se obtiene al labrar un metal). La fase experimental se desarrolló en el Laboratorio de Concretos del Programa de Ingeniería Civil, ubicado en km 3.5, Carretera Apan-Ciudad Sahagún, Hidalgo, México. C.P. 43900.

### *2.2 Unidades de estudio*

Las unidades de estudio consistieron en 12 cilindros de concreto de 0.15 x 0.30 m y 12 vigas de concreto de 0.15 x 0.15 x 0.45 m. El método que se utilizó para preparar los cilindros de concreto se basó en la NMX-C160-ONNCCE-2004.

### *2.3 Prueba de granulometría a los agregados*

Se obtuvo el peso de los agregados (residuos de fibra de acero) con base en la NCMT•2•02•002, realizando un cuarteo de la muestra, para la obtención de una cuarta parte del peso total del agregado y, dejando secar el material para ser pesado nuevamente. Se realizó el tamizado y cribado de los agregados durante tres minutos con base en la M•MMP•2•02•020 para cada agregado. Se pesaron cada una de las mallas con el material retenido. Los datos se pasaron a una tabla para mostrar la diferencia de pesos y el porcentaje de granulometría que se obtiene en cada uno de los agregados.

### *2.4 Pruebas físicas a los agregados*

La prueba de porcentaje de absorción, se realizó con base en la M•MMP•4•04•003/18 en el cual los agregados se pesan totalmente secos para ser sometidos a saturación durante 24 horas y de esa forma obtener el porcentaje de absorción de cada material. La grava por ser un agregado grande solo debe de ser secada de manera superficial, para después pesar y la diferencia de pesos entre seco y húmedo, dando el porcentaje de absorción de la grava. En el

caso de la arena se obtuvo mediante un cono de absorción, el cual consiste en llenar en tercios con quince golpes con ayuda del pisón. Para obtener el contenido óptimo de humedad, de ese modo proceder al secado, con ayuda de la diferencia de pesos obtener el porcentaje de absorción.

## 2.5 *Densidad relativa*

Las pruebas de contenido de aire a los diferentes agregados, se realizaron con base en la NMX-C-165-ONNCCE-2014, con ayuda de un matraz, un corcho y una bomba de presión.

## 2.6 *Diseño de mezcla*

Una vez terminadas las pruebas a los agregados pétreos, se realizó una dosificación de acuerdo con la ACI (American Concrete Institute ). Con los datos obtenidos, se obtienen las proporciones para elaborar las muestras de ensaye. Homogeneizando cada uno de los agregados, por medios manuales para formar el aglomerante.

## 2.7 *Prueba de revenimiento*

Para elaborar las muestras de ensaye se realizó la prueba de revenimiento de acuerdo con la M•MMP•2•056, en estado fresco, con ayuda del cono de Abrams llenado en tercios con penetraciones de no mayores de 1" de la capa anterior, enrasando la parte superior. Después de haber llenado y enrasado el cono, se retira verticalmente y no mayor a cinco segundos para ser volteado y con ayuda de la varilla punta de bala, midiendo la distancia del punto más alto del concreto en estado fresco a la parte inferior de la varilla.

## 2.8 *Realización de ensayes*

El método que se utilizó para preparar los cilindros de concreto es la NMX-C160-ONNCCE-2004. Después de la homogeneización se procede al llenado de los moldes de ensaye. Se realizaron 12 cilindros y 12 vigas con dosificación de 2 y 5% de fibra de acero, considerando el testigo.

## 2.9 *Curado*

Después del vaciado del concreto hidráulico a cada uno de los ensayes. Se deja reposar la muestra 24 h para proseguir al desmolde de los especímenes. Una vez desmoldados se procede a curar sumergiendo en agua en el tanque durante los tiempos correspondientes, para su fraguado.

## 2.10 Realización de pruebas mecánicas

Después de haber cumplido los 14 y 28 días respectivamente, las muestras de ensaye se cabecearon con azufre para corregir irregularidades de las caras. Solo este método es ocupado para los ensayos cilíndricos como lo establece la N•CMT•2•005.

### 2.10.1 Resistencia a la compresión

Para esta prueba se somete a la fuerza de compresión con la máquina prensadora marca Controls con capacidad de 1500 KN como lo indica la M•MMP•2•02•058. A los especímenes a 14 y 28 días.

### 2.10.2 Resistencia a la flexión

Esta prueba se realizó tomando en cuenta la NMX-C-191-ONNCCE-2015. Los ensayos se sometieron a la fuerza de Flexión y con los diferentes porcentajes de fibra, en la prensa marca Controls con capacidad de 1500 KN.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla se realizó de acuerdo con el método ACI (American Concrete Institute) en el que se busca la relación máxima de agua/cemento, el contenido mínimo de cemento, la resistencia mínima, la manejabilidad mínima, el tamaño máximo del agregado y el contenido de aire dentro de los límites especificados. En la tabla 1, se muestran las porciones que se tienen que elaborar para cada uno de las muestras de ensaye.

**Tabla 1.** Dosificación de acuerdo con el método ACI

MATERIAL	PORCIÓN BASE		HUMEDAD		ABSORCIÓN		PROPORCIÓN REAL			
	kg	L	%	kg	%	kg	kg	L	kg	L
CEMENTO	301.5	-	-	-	-	-	301.5	-	56.359	-
ARENA	709.8	-	0.06	42.59	0.0528	37.48	714.89	-	133.64	-
GRABA	882	-	0.027	23.81	0.045	39.69	866.12	-	161.92	-
AGUA	-	205	-	66.4	-	77.17	-	215.77	-	40.34
TOTAL	2098						2098			

### 3.2 Prueba de granulometría

Los resultados de las pruebas de granulometría de los agregados se muestran en tabla 2 y 3.

**Tabla 2.** Resultados de granulometría en la graba

<b>MALLA</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>WTAMIZ (s)</b>	<b>WTAMIZ (c)</b>	<b>WRETE (g)</b>	<b>WRETE (%)</b>	<b>% PASA</b>
2"	50	488.3		-488.3	-488.3	100
1 1/2"	37.5	398.1		-398.1	-39.81	100
3/4"	20	496.6	659.5	162.9	10.018	89.982
1/2"	12.1	537.1	1061	527.9	6.368	83.614
3/8"	10	663.5	1010.5	347	8.177	75.437
1/4"	6.2	550.4	660.3	109.9	10.548	64.889
No.4	4.75	518.4	528.4	10	11.547	53.342

**Tabla 3.** Resultados de granulometría en la graba

<b>MALLA</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>	<b>WTAMIZ (s)</b>	<b>WTAMIZ (c)</b>	<b>WRETE (g)</b>	<b>WRETE (%)</b>	<b>% PASA</b>
4	50	518.4	520.5	2.1	11.274	100
8	37.5	426.5	481	54.5	10.75	89.25
16	20	415.6	648	232.4	8.971	80.279
30	12.1	429.5	685.9	256.4	68.731	71.548
60	10	415.7	527.7	112	10.175	61.373
100	6.2	343.3	419.8	76.5	10.53	50.843
BASE			544.3			

En la tabla 4. Se observa los resultados obtenidos de los porcentajes de humedad de cada uno de los agregados.

**Tabla 4.** Resultados de porcentaje de absorción

	<b>Seco</b>	<b>Humedo</b>	<b>% (dif. W)</b>
Saturación de la graba	100	105.3	5.3
Saturación de la arena	429.5	427.6	1.9

### 3.3 Resistencia a la compresión

Los resultados de la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto a los 14 y 28 días se observa en la tabla 5, de acuerdo con el procedimiento establecido en la M•MMP•2•02•058.

El comportamiento se presenta en la figura 1. Los resultados muestran que con 2% de agregado de fibra se incrementa en comparación al testigo, sin embargo, al agregar 5% tiende a disminuir.

La resistencia desde los 14 días es mayor en los concretos con 2% de fibra de acero, manteniendo esa tendencia hasta los 28 días en comparación con los cilindros con 5% de

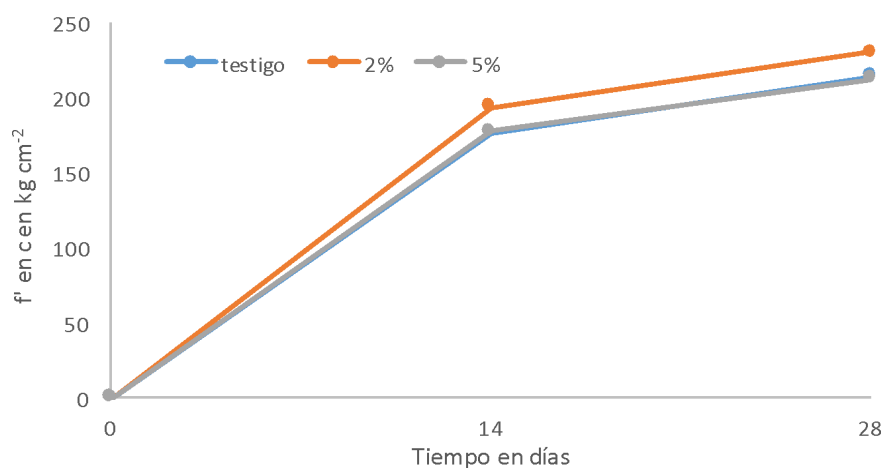
fibra y el testigo, lo cual muestra que aun cuando se tiene un comportamiento similar en el testigo y los cilindros con 2 y 5%. Resultados similares han tenido Alvarado y Andia, (2021), Pinedo y Saldaña (2021), Apaza y Goberich (2022), Castillo e Hidalgo (2021) y Vega Alvarez (2021) quienes coinciden que el incrementar el porcentaje de fibra disminuye la resistencia.

**Tabla 5.** Resultados de las pruebas a compresión en los cilindros

Promedio del Ensaye No.	Fibra (%)	Tiempo	Resistencia (kg cm <sup>-2</sup> )
CO1	0	14	176.32
C21	2	14	193.32
C51	5	14	177.50
CO2	0	28	213.47
C22	2	28	230.34
C52	5	28	212.02

Los resultados muestran que con 2% de agregado de fibra a los 14 y 28 días, se incrementa en comparación al testigo, sin embargo, al agregar 5% a 14 y 28 días tiende a disminuir. Resultados similares son los encontrados por Martínez y Salas (2021) quienes a los 28 días con 2% de fibras obtuvieron una  $f'c$  mayor que a dosificaciones menores.

Así mismo en la figura 1, se muestra la resistencia obtenida a los 14 días, es notable el incremento a dosificaciones de 2% de fibra de acero, manteniendo esa tendencia hasta los 28 días, comparando con 5% de fibra y el testigo. De acuerdo con las investigaciones realizadas y los datos obtenidos, se comprobó la conveniencia de agregar fibras al concreto tradicional en proporciones bajas (2%), para incrementar la resistencia a flexión.



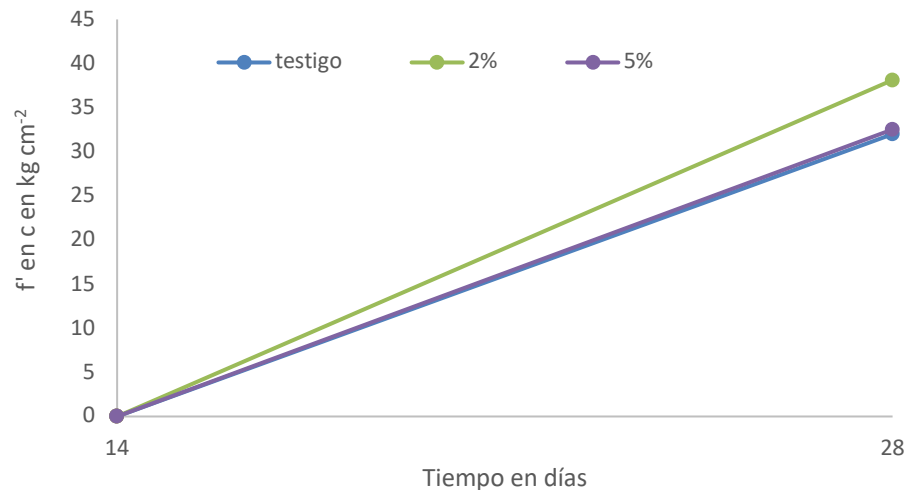
**Figura 1.** Comparación de la prueba a resistencia con 2 y 5% de fibra de acero

### 3.4 Pruebas a flexión

En la tabla 6 se muestran los resultados de flexión obtenidos en las vigas de concreto. Al igual que los valores de resistencia, la flexión se comportó de manera similar, siendo mayor en los porcentajes de 2% en comparación con 5% de fibra y el testigo (Figura 2). Los resultados coinciden con los de Meza y Siddique (2019) y Martínez y Salas (2021) quienes obtuvieron que el concreto con fibras tiene un comportamiento lineal, similar al observado, en donde al inicio alcanza su carga máxima, y posteriormente tiende a caer una ocasionada por el agrietamiento en el concreto.

**Tabla 6.** Resultados de las pruebas a flexión en las vigas

Ensaye No.	Fibra (%)	Tiempo (días)	Módulo de ruptura ( $\text{kg cm}^{-2}$ )
C0	0	28	32
C2	2	28	38.13
C5	5	28	32.53



**Figura 2.** Comparación de la prueba a flexión con 2 y 5% de fibra de acero.

## 4. Conclusiones

El concreto tradicional tiene grandes propiedades, pero es necesario modificarlas con ayuda de refuerzos para mejorar sus deficiencias. Con los datos obtenidos en este trabajo, se define un parámetro para seguir buscando la relación correcta entre acero y fibras, para la mejora de la resistencia a la flexión y de su módulo de ruptura. Con base en la literatura y los resultados obtenidos, se acepto la hipótesis, ya que con 2% de agregado la resistencia a la compresión y flexión se incrementó en comparación al concreto tradicional, y a dosificaciones mayores tiende a disminuir. El uso de fibras de acero en el concreto mejora la flexión comparado con el tradicional

## 5. Agradecimientos

Agradecemos al Programa de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo por el apoyo económico para la realización de la presente investigación.

## 6. Declaraciones

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

## 7. Referencias

- Alvarado Arismendiz RA, Andia Huaranca KA. (2021). Estudio de las propiedades plásticas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando fibras de polipropileno, acero y vidrio, Lima 2021. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Villa Vallejo. Lima Perú. file:///Users/mac/Downloads/Alvarado\_ARA-Andia\_HKA-SD%20(1).pdf
- Apaza Mozombite NC y Goberich Mejia J. (2022). Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto autocompactante. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Villa Vallejo. Lima Perú. file:///Users/mac/Downloads/Apaza\_MNC-Goberich\_MJ-SD%20(1).pdf
- Camarena Flores A, Díaz Garamendi D. (2022). Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto tradicional versus un concreto utilizando escoria de acero como agregado fino. Gaceta técnica, 23(1)20-34. <https://www.redalyc.org/journal/5703/570369777003/html/>
- Castillo Pinedo RM e Hidalgo Ríos JM. (2021). Diseño de un concreto hidráulico utilizando fibra metálica para mejorar la resistencia a compresión, Tarapoto-2021. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Tarapoto, Perú. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86813/Castillo\\_PRM-Hidalgo\\_RJM-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86813/Castillo_PRM-Hidalgo_RJM-SD.pdf?sequence=1)
- Cobos-Sáenz de Viteri LA, Valle-Benítez AW. (2021). Estudio comparativo sobre el comportamiento mecánico del concreto con fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclado y concreto con fibra de acero. Dom. Cien.,7(5):798-818. DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i5.2283>
- Crispin Doria CD, Macalopu Purisaca CJ. (2021). Análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.

- <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27708/Crispin%20Doria%2C%20Jorge%20Ricardo%20-%20Macalopu%20Purisaca%2C%20Carlos%20Javier.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Intriago-Álava CI, Ibarra-Mora FG, Macías-Sánchez L, Ortíz-Hernández E, y Delgado-Gutiérrez D.A. (2022). Análisis comparativo entre un hormigón convencional y con el uso de fibras metálicas y sintéticas. *Ingeniería Tecnología e Investigación*. 5(9):2-17. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i9ededpjum.0065>
- M•MMP•4•04•003/18. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES. Densidades relativas y absorción de materiales pétreos para mezclas asfálticas. <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-4-04-003-18.pdf>
- M•MMP•2•02•020 MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES. Granulometría de los materiales petreos. <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-2-02-020-18.pdf>
- M•MMP•2•02•58 MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES. Resistencia a la compresión simple de cilindros de concreto. <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-2-02-058-04.pdf>
- M•MMP•2•056. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES. Revenimiento del concreto fresco. <https://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-2-02-056-06.pdf>
- Martínez Oruna EN y Salas Rios SL. (2021). Porcentaje de fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto para pavimentos rígidos – Trujillo, 2021. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. [file:///Users/mac/Downloads/Martinez\\_OEN-Salas\\_RSL-SD.pdf](file:///Users/mac/Downloads/Martinez_OEN-Salas_RSL-SD.pdf)
- Meza-de Luna A, Gurbir K, Preciado-Martínez HJ, Gutiérrez-López IA (2021). Desempeño a flexión del concreto reforzado con fibras plásticas recicladas. *Conciencia Tecnológica*, 61: 2-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94467989001>
- N•CMT•2•02•002/02. Características de los materiales. Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico. <https://normas.imt.mx/normativa/N-CMT-2-02-002-19.pdf>
- NMX - C - 165 - ONNCCE – 2014. Determinación de la densidad relativa y absorción de agua del agregado fino - Método de ensayo. <http://imcyc.com/revistacyt/pdf/septiembre2016/problemas.pdf>
- NMX-C-191-ONNCCE-2015. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5408589&fecha=17/09/2015#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5408589&fecha=17/09/2015#gsc.tab=0)
- NMX-C160-ONNCCE-2004-ConcretoElaboración y curado en obra de especímenes de concreto. <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas39.pdf>
- Ortega Sánchez AD, y Gil H. (2019). Estudio del comportamiento mecánico de morteros modificados con fibras de aserrín bajo esfuerzos de compresión. *Ingeniería y*

- desarrollo. 37(1):20-35 file:///Users/mac/Downloads/11113-  
Texto%20del%20art%C3%ADculo-214421446701-1-10-20190226.pdf
- Penadillo Salazar PR, Prieto Castro YJA. (2021). Influencia del porcentaje de fibra de acero corta para la resistencia a la compresión de un concreto para fines de pavimentación. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Huaraz, Perú. file:///Users/mac/Downloads/Penadillo\_SPR-Prieto\_CYJA-SD.pdf
- Pinedo Estrella MFA y Saldaña Torres PS. (2021). Optimización de una mezcla de concreto simple, utilizando fibras de acero para mejorar su resistencia a la compresión, Juanjui-2021. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Tarapoto, Perú. file:///Users/mac/Downloads/Pinedo\_EMFA-Salda%C3%B1a\_TPS-SD.pdf
- Sarta Forero HN, Silva Rodríguez JL, Calderón Vega S. (2017). Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%. Tesis de licenciatura. Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia. <https://core.ac.uk/download/pdf/83115745.pdf>
- Vega Alvarez DA. (2021). Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con fibra de acero para pavimento rígido, Lima 2020. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Villa Vallejo. Lima Perú. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81861/Vega\\_ADA-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81861/Vega_ADA-SD.pdf?sequence=1)