

# Behavior of 21 MPa Concrete with the Addition of Gray Cast Iron Chips in Compression and Flexural Tests

Isidoro Julca Quispe, bachiller<sup>1</sup> , Brian Miñano Yucra, Bachiller<sup>1</sup> , Carlos Mario Fernández Díaz, Doctor<sup>1</sup> , Marco Antonio Cerna Vásquez, Doctor<sup>1</sup> , Paolo Andre Amaya-Alvarado, Doctor<sup>1</sup> , Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo (UCV). Perú, [ijulcaq@ucvvirtual.edu.pe](mailto:ijulcaq@ucvvirtual.edu.pe), [bminanoy@ucvvirtual.edu.pe](mailto:bminanoy@ucvvirtual.edu.pe), [cmfernandezd@ucvvirtual.edu.pe](mailto:cmfernandezd@ucvvirtual.edu.pe), [mcernav@ucvvirtual.edu.pe](mailto:mcernav@ucvvirtual.edu.pe), [pamayaal@ucvvirtual.edu.pe](mailto:pamayaal@ucvvirtual.edu.pe), [calvanaponfa@ucvvirtual.edu.pe](mailto:calvanaponfa@ucvvirtual.edu.pe)

**Abstract** - This research analyzed the physical-mechanical behavior of the incorporation of gray cast iron chips to a mix design of 21 MPa, subjected to compression and flexural tests, corresponding to an age of 7, 14, 21 and 28 days and 7 and 28 days carried out under the parameters of the NTP, acquiring materials from the main quarries of Trujillo, under a strict quality control, with a selected population of 72 specimens with a pure experimental research design, with a quantitative methodology. The compression results show that the optimum result was reached in G4 = 10%, being 11.27% more resistant than the standard concrete and achieving a resistance of 252 Kg/cm<sup>2</sup> (120.16%) in compression tests; while in traction the most optimum result is G1 = 0% (standard concrete), reaching 39.60 Kg/cm<sup>2</sup> (18.86%). It is established that the incorporation of gray cast iron chips favors a gain in resistance to compressive stresses, while in tensile stresses the behavior of the concrete is totally different in all the study groups.

**Keywords** - Concrete, compression test, flexural test and gray cast iron.

**Identificador de Objeto Digital:**(solo para trabajos completos, insertados por LACCEI).  
**ISSN, ISBN:**(a ser insertado por LACCEI).

# Comportamiento del Concreto de 21 MPa Adicionando Viruta de Fundición Gris en Ensayos de Compresión y Flexión

Isidoro Julca Quispe, bachiller<sup>1</sup>, Brian Miñano Yucra, Bachiller<sup>1</sup>, Carlos Mario Fernández Díaz, Doctor<sup>1</sup>, Marco Antonio Cerna Vásquez, Doctor<sup>1</sup>, Paolo Andre Amaya-Alvarado, Doctor<sup>1</sup>, Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad César Vallejo (UCV). Perú, [ijulcaq@ucvvirtual.edu.pe](mailto:ijulcaq@ucvvirtual.edu.pe), [bminanoy@ucvvirtual.edu.pe](mailto:bminanoy@ucvvirtual.edu.pe), [cmfernandezd@ucvvirtual.edu.pe](mailto:cmfernandezd@ucvvirtual.edu.pe), [mcernav@ucvvirtual.edu.pe](mailto:mcernav@ucvvirtual.edu.pe), [pamayaal@ucvvirtual.edu.pe](mailto:pamayaal@ucvvirtual.edu.pe), [calvanaponfa@ucvvirtual.edu.pe](mailto:calvanaponfa@ucvvirtual.edu.pe)

**Resumen** – Esta investigación se analizó el comportamiento físico mecánico de la incorporación de la viruta de fundición gris a un diseño de mezcla de 21 MPa, sometidos a ensayos de compresión y flexión, correspondientemente a una edad de 7, 14, 21 y 28 días y 7 y 28 días realizados bajo los parámetros de la NTP, adquiriendo materiales de las principales canteras de Trujillo, bajo un estricto control de calidad, contando con una población selecta de 72 probetas con un diseño de investigación experimental puro, con una metodología cuantitativa. Los resultados a compresión demuestran que se alcanzó el resultado óptimo en  $G4 = 10\%$ , logrando ser un 11.27% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 252 kg/cm<sup>2</sup> en cuanto a los ensayos a compresión; mientras que a tracción el resultado óptimo es  $G1 = 0\%$  (concreto patrón), alcanzando 39.60 kg/cm<sup>2</sup> (18.86%). Se establece que la incorporación de viruta de fundición gris favorece a una ganancia de resistencia a esfuerzos de compresión, mientras que a esfuerzos de tracción el comportamiento del concreto es totalmente distinto en todos los grupos de estudio.

**Palabras clave:** Concreto, ensayo de compresión, ensayo de flexión y fundición gris.

## I. INTRODUCCIÓN

El empleo del concreto estructural ha sido indispensable en la industria de la construcción dada su versatilidad, funcionabilidad y trabajabilidad [1]; con el paso del tiempo el American Concrete Institute (ACI), ha estandarizado su uso [2]; sin embargo en la comunidad académica, que se encuentra en un constante proceso de investigación, ha tenido una importante contribución en las propiedades físico — mecánicas, que ayudan a tener a los elementos estructurales un mejor desempeño, gracias a la incorporación de adiciones suplementarias tales como fibras de acero, micro sílice, vidrio, polipropileno, cáscara de huevo, fibra de caucho.

Así mismo hay que recordar que el concreto es un material integrado por varios componentes y que la proporción y calidades de éstas determinarán las características finales del concreto [2].

De tal modo los residuos del proceso manufacturado (viruta), el cual se desperdicia, resulta funcional como la viruta de acero, el cual se ha evidenciado que mejora gradualmente la resistencia del concreto, así mismo se espera que tenga el mismo comportamiento, incrementando la proporción y reduciendo los gastos de adquisición.

La presente investigación permite analizar el proceso de evaluación para determinar las dimensiones, de esa manera sustentar las pruebas de ensayo, favoreciéndolo metodológicamente a futuras investigaciones, permitiendo mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, incluyendo diferentes insumos. Contribuye al desarrollo social del país, pues beneficia a todos aquellos proyectos que utilicen concreto adicionando viruta de fundición gris, permitiendo reducir costos y facilitando la construcción en zonas de menos recursos, además será un referente para futuros estudios, favoreciendo a incrementar sus conocimientos sobre las variables y puedan utilizar la dosificación necesaria para adicionar viruta de fundición gris en el concreto y tener mejor resultado.

La formulación del problema es: ¿Cómo es el comportamiento del concreto de 21 MPa adicionando viruta de fundición gris en ensayos de compresión y flexión?

El objetivo para esta investigación es: determinar el comportamiento del concreto de 21 MPa adicionando viruta de fundición gris en ensayos de compresión y flexión.

En la actualidad se han realizado varias investigaciones relacionadas al tema, entre ellas: Camarena [3], investigó el uso de la escoria de acero para optimizar el esfuerzo a compresión y tracción del concreto con un diseño de  $f'c = 21$  MPa por la técnica ACI-Comité 211. Donde los grupos de estudio son  $G1 = 0\%$  escoria;  $G2 = 10\%$  escoria;  $G3 = 15\%$  escoria y  $G4 = 20\%$  escoria; para el ensayo de compresión con pruebas de rotura, fueron establecidas a los 7, 14 y 28 días. Los resultados a compresión se tienen a los 7, 14 y 28 días,  $G2$  (10% escoria), presenta mejores resultados que los demás grupos de estudio, teniendo los valores de 173.22 Kgf/cm<sup>2</sup>, 208.46 Kgf/cm<sup>2</sup> y 268.45 Kgf/cm<sup>2</sup> correspondientemente; siendo 4.35% más que  $G1$  y 27.83% más que el diseño de mezcla; así mismo  $G3$  y  $G4$

**Identificador de Objeto Digital:**(solo para trabajos completos, insertados por LACCEI).  
**ISSN, ISBN:**(a ser insertado por LACCEI).

demuestran un decaimiento menor a G1 a esfuerzos de compresión. Por otra parte, para el ensayo a flexión se tiene que se tiene, a los 28 días, G2 (10% escoria), presenta mejores resultados que los demás grupos de estudio, teniendo 40 Kgf/cm<sup>2</sup>; siendo 3.70% más que G1; así mismo G3 y G4 demuestran un decaimiento menor a G1 a esfuerzos de compresión en todo el proceso de investigación.

Farfán et al. [4], investigó el uso de las fibras de acero (SikaFiber CHO 65/35 NB), para optimizar el esfuerzo a compresión del concreto con un diseño de  $f'c = 21$  MPa por la técnica ACI-Comité 211. Las pruebas de roturas fueron establecidas a los 14 días, estableciendo 3 grupos de estudio, donde G1 = Grupo Control, G2 = Adición 25 Kg/m<sup>3</sup> y G3 = Adición 30 kg/m<sup>3</sup> en especímenes cilíndricos de 0.15m de diámetro en la base y 0.30m de altura para el ensayo correspondiente. La investigación se puede describir como básica (Finalidad), Cuantitativa (Enfoque), Explicativa (Nivel) y Transversal (Temporalidad). Posteriormente al estudio de la caracterización de sus materiales y rotura de probetas a esfuerzo de compresión obtenidas, la resistencia optima se encuentra en G2 = Adición 25 Kg/m<sup>3</sup> lo cual con MPa con G1 es 1.13% más resistente y con G3 es 9.02% más resistente.

Garay y Pizango [5], en su investigación realizada respecto al uso de las fibras de acero (Material reciclado) para optimizar el esfuerzo a compresión y flexión del concreto con un diseño de  $f'c = 21$  MPa por la técnica ACI-Comité 211. Donde los grupos de estudio son G1 = 0.00% VA, G2 = 0.20% VA, G3 = 0.40% VA, G4 = 0.60% VA para el ensayo de compresión con pruebas de rotura, fueron establecidas a los 7,14 y 28 días en especímenes cilíndricos de 0.10 m de diámetro en la base y 0.20m de altura para el ensayo correspondiente.; mientras que para el ensayo de flexión solo se realizó a los 28 días, en especímenes rectangulares de 0.15 m x 0.15 m para el área transversal y 0.45 m de distancia entre apoyos. La investigación se puede describir como básica (Finalidad), Cuantitativa (Enfoque), Explicativa (Nivel) y Transversal (Temporalidad). Posteriormente al estudio de la caracterización de sus materiales y rotura de 36 probetas y el análisis de los resultados a esfuerzo de compresión se consideró que G2, G3 y G4 respecto de G1 a los 28 días es de 5.85%, 20.89% y 13.09% respectivamente, posee mejor resistencia a esfuerzos a compresión; mientras que al ensayo de flexión resulta -11.41%, 2.20% y -6.04% menos favorable.

García [6], en su investigación referente al uso de las fibras de acero (material reciclado) para optimizar el esfuerzo a compresión y flexión del concreto con un diseño de  $f'c = 21$  MPa por la técnica ACI-Comité 211. Donde los grupos de estudio son G1 = 0.00%, G2 = 3%, G3 = 7%, G4 = 11%, G5 = 16%, G6 = 20.50% para el ensayo de compresión con pruebas de rotura, fueron establecidas a los 3, 7, 14 y 28 días en especímenes cilíndricos de 84 cm de

perímetro de la base circular y 0.30m de altura para el ensayo correspondiente; mientras que para el ensayo de flexión se solo se realizó a los 28 días, en especímenes rectangulares de 0.15 m x 0.15 m para el área transversal y 0.45 m de distancia entre apoyos. Investigación básica, cuantitativa, explicativa y transversal. Posteriormente al estudio de la caracterización de sus materiales y rotura de 2 probetas para cada grupo de estudio, con un total 10 a esfuerzo de compresión, Como conclusión a compresión G1 = 0% ha logrado una resistencia de 241.67 (114.98%), mientras que, para el ensayo de tracción, el resultado óptimo fue de G5 (16%) a los 28 días, alcanzó la resistencia de 42.80 Kgf/cm<sup>2</sup> (20.38%), alcanzando un excedente de 14.95 Kgf/cm<sup>2</sup> (53.49%), cumplido los 28 días de realizado el ensayo.

Obregón [7], investigo el uso de las fibras de acero (material reciclado) para optimizar el esfuerzo a compresión y flexión del concreto con un diseño de  $f'c = 24.50$  MPa por la técnica ACI-Comité 211. Donde los grupos de estudio son G1 = 0.00% VA, G2 = 6% VA, G3 = 7.50% VA, G4 = 9% VA para el ensayo de compresión con pruebas de rotura, fueron establecidas a los 7,14 y 28 días en especímenes cilíndricos de 0.10m de diámetro en la base y 0.20m de altura para el ensayo correspondiente.; mientras que para el ensayo de flexión se solo se realizó a los 28 días, en especímenes rectangulares de 0.15 m x 0.15 m para el área transversal y 0.45m de distancia entre apoyos. La investigación se puede describir como básica (Finalidad), Cuantitativa (Enfoque), Explicativa (Nivel) y Transversal (Temporalidad). Posteriormente al estudio de la caracterización de sus materiales y rotura de probetas, como conclusión se consideró que G2, G3 y G4 respecto de G1 a los 28 días es de -20.59% (-61.20 Kgf/cm<sup>2</sup>), -8.88% (-26.40 Kgf/cm<sup>2</sup>), y 0.47% (1.40 Kgf/cm<sup>2</sup>), respectivamente, posee mejor resistencia a esfuerzos a compresión; mientras que al ensayo de flexión resulta que la resistencia optima acorde a G2, G3 y G4, es de 46.00 Kgf/cm<sup>2</sup> (18.78%) con adición al 9% de viruta de acero.

Sandoval [8], investigo el uso de las virutas de acero comercial fundido y virutas de acero comercial fundido para optimizar el esfuerzo a compresión y Tracción del concreto con un diseño de  $f'c = 24$  MPa por la técnica ACI-Comité 211. Donde los grupos de estudio son G1 = 0.00% VA, G2 = 1.00% VA, G3 = 1.25% VA, G4 = 1.50% VA para el ensayo de compresión con pruebas de rotura, fueron establecidas a los 7,14 y 28 días. La investigación se puede describir como básica, Cuantitativa, Explicativa y Transversal. Posteriormente al estudio de la caracterización de sus materiales y rotura de probetas se consideró para el ensayo de compresión sobre la muestra de la viruta de acero comercial fundido G3 (1.25%) era el más óptimo con 281.20 Kgf/cm<sup>2</sup>, (117.17%); mientras que para la muestra de la fibra de acero comercial fundido G4 (1.50%) era el más óptimo con 258.56 Kgf/cm<sup>2</sup>, (107.73%); para el ensayo de tracción sobre la muestra de la viruta de acero comercial

fundido G4 (1.50%) era el más óptimo con 30.68 Kgf/cm<sup>2</sup> (12.78%); mientras que para la muestra de la fibras de acero comercial fundido G4 (1.50%) era el más óptimo con 28.96 Kgf/cm<sup>2</sup>, (12.07%).

Como conclusión de la revisión de todos estos antecedentes se puede decir que todos estos trabajos tienen una gran validez, pero para poder encontrar un verdadero cálculo de la resistencia no sólo se puede considerar las investigaciones realizadas, sino que es necesario otros cálculos que ayuden a una mayor verificación del estudio a realizar.

Las teorías y técnicas del concreto reforzado con ciertas fibras metálicas, hoy en el mundo entero se está dando de manera general en lo que corresponde al campo de la construcción. Estos refuerzos de este material se están dando en construcciones como: los pavimentos, túneles, pisos industriales y otras formas de aplicación constructiva.

Pero leyendo parte de información se ha encontrado que esta técnica no es nueva en lo que respecta al campo de la construcción, pues se sabe que en años pasados se usaron mucho las fibras extraídas de la naturaleza, tales como los hilos, la paja, los pelos de los animales, siendo uno de ellos el de los caballos, los mismos que eran agregados al preparado de aglutinantes que en ese caso se le llamaba mortero, que también podía estar conformado por un adobe. Se le echaba para que la mezcla no sufra ninguna fisura al mismo tiempo que se volvía más resistente a las partes tensionada. De acuerdo con las bases teóricas, sobre el concreto reforzado con fibras el concreto reforzado con fibras tiene la particularidad de que no solo puede soportar los esfuerzos a compresión sino también la tensión, flexión y la cortante. Las fibras al ser agregadas al concreto tienen la particularidad de distribuirse homogéneamente en toda la mezcla. También se puede decir que genera un refuerzo que se transmite igualmente en todas direcciones. El concreto con fibras permite una mayor tenacidad, volviéndolo un material dúctil y con una mayor resistencia debido a la cantidad de fibras que contiene [9].

“El concreto que está reforzado con fibra (FRC) está fabricado con el cemento hidráulico, algunos agregados y fibras que sirven de refuerzo, pudiendo ser estas fibras como el acero, el vidrio y las fibras sintéticas”, Respecto a las fibras de acero, da una definición sobre las fibras de acero con la característica de que son cortas, pero que son esbeltas considerando su longitud y su diámetro, los mismos que oscilan entre 20 a 100, tienen una sección transversal variada. La característica de estas fibras es que se distribuyen de manera aleatoria en todo el concreto mezclado de acuerdo con procedimientos convencionales, [10]

Así mismo las fibras de acero refuerzan al concreto de manera primaria, considerando su elevado módulo de elasticidad que viéndolo de otra manera no solo controlan lo que es la fisuración. Con relación a los diámetros, estos varían de 0.25 y 0.80 mm, mientras que su largo está entre

10 y 75 mm, [11]

Correspondiente al hormigón se menciona que el concreto es mezcla de cemento Portland, agregado grueso, fino y agua que puede ser con o sin elementos aditivos. Este concreto u hormigón de acuerdo con su peso por lo general se usa en estructuras de construcción, teniendo una densidad variable de 2155 hasta 2555 kg/m<sup>3</sup> [12].

La densidad de este concreto puede variar dependiendo de las cantidades y densidad de los agregados, el aire que se acumula sumado a ello el agua y el cemento. El material de hormigón simple se usa mucho en las construcciones de estructuras es por ello que su estudio ha sido muy cuidadoso en lo que respecta a sus componentes y propiedades. Para hacer mucho más resistente a la estructura, ésta se complementa con armazón de acero en su parte interna. Entonces ahora se denomina hormigón o concreto armado. Respecto a las características de la resistencia antes de dosificar las mezclas de hormigón es recomendable hacer una prueba con la finalidad de determinar las características deseadas, obteniendo de esta manera proporciones óptimas en la construcción. Con esto no se debe pensar que el hormigón ya esté con la resistencia uniforme de acuerdo con la determinada con base en la mezcla de prueba. Así mismo la resistencia del concreto aumenta con el paso del tiempo. Como es sabido su resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, se determina según los ensayos normalizados.

De acuerdo con sus características y comportamientos del hormigón tenemos, las características mecánicas, consiste en resistir los esfuerzos de compresión es una de sus principales características. Pero son bajísimas en lo que respecta a la resistencia a la tracción, flexión y su esfuerzo cortante. Estas debilidades se superan colocando en la parte interna acero, lo cual lo hará compacto y resistente, asimismo también se podrá colocar refuerzos con barras de acero haciendo una estructura más compacta. Hay que tener en cuenta que estas barras se colocan antes del fraguado. Conforme a las características físicas del hormigón: tiene una densidad de 2350 kg/m<sup>3</sup>, su resistencia a la compresión desde 150 hasta 500 Kgf/cm<sup>2</sup> (De 15 a 50 MPa). En los hormigones especiales alcanzan los 2000 Kgf/cm<sup>2</sup> (200 MPa). En lo que respecta a la resistencia a la tracción, es completamente baja. El tiempo de endurecimiento puede variar de acuerdo con la temperatura y la humedad que hay en el medio ambiente. El ensayo más usado es el de asentamiento con cono o slump, que definirá la consistencia del concreto. Estos pueden ser: fluidos, blandos, plásticos y secos. Respecto a la durabilidad, se dice que un concreto es durable cuando su resistencia es satisfactoria de acuerdo con las condiciones a las que estará sometido, vale decir resistencia a cargas, desgaste, como también a reacciones en su interior que pueden ser reacciones químicas, higrótérmicas, desgaste.

Sobre la viruta de hierro fundido gris, este material se obtiene de diversos procesos de industrialización del acero,

son pequeños trozos de hierro que se obtienen del desgaste de superficies de piezas de hierro fundido gris. El proceso de obtención puede ser mediante un mecanizado de piezas. Se puede decir que este material tiene una buena concentración de carbono y silicio, lo cual hace que sea un material duro y resistente. Su composición química, es uno de los materiales ferrosos más utilizado ampliamente. Es un componente que contiene más del 2% de carbono más 1% de silicio con adición de otros elementos como fósforo, manganeso y azufre. Sus usos, debido a que tiene buenas ventajas económicas, el hierro fundido gris tiene múltiples usos y aplicaciones teniendo por ejemplo que se puede usar en automoción, procesamiento de industrias metálicas, fabricación. Asimismo, se usa bastante en la fabricación de bombas de agua marina, rodillos de molinos y parte automotriz (equipos móviles).

## II. METODOLOGÍA

El presente investigación es aplicada, descriptiva, diseño experimental, por lo que esencialmente se analizará las variaciones de la incorporación de la viruta de fundición gris dentro de la dosificación de mezcla de 21 MPa, dentro de los E. a compresión (probeta cilíndrica con carga aplicada bajo una prensa hidráulica) y ensayo a flexión, correspondientemente a la NTP 339.034:2015 y NTP 339.079:2017.

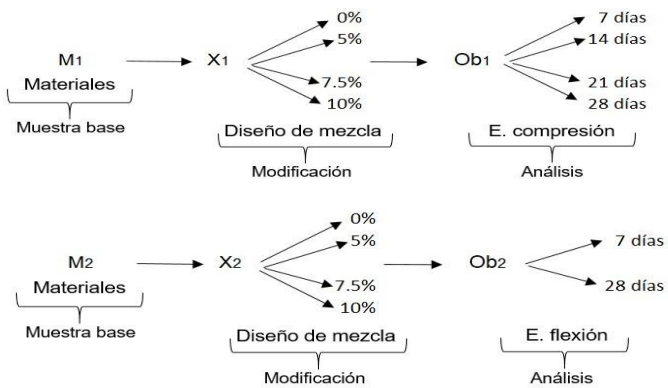


Fig. 1. Resumen del Diseño de Investigación para P.I

La población se determinó en base a los ensayos a realizadas y las variaciones del agente incorporado para el diseño de mezcla provisto. Acorde a la NTP. 339.034:2015, la cantidad mínima por ensayo es de 3 probetas, por lo que para el ensayo a compresión se analizará la variación correspondiente de la viruta de fundición gris al 0%, 5%, 7.50% y 10% del peso del cemento, para ejecutar el ensayo a los 7, 14, 21 y 28 días, teniendo un total de 48 probetas, mientras que para que el ensayo a flexión se analizará la variación correspondiente de la viruta de fundición gris al 0%, 5%, 7.50% y 10% del peso del cemento, para ejecutar el ensayo a los 7 y 28 días, teniendo un total de 24 probetas; teniendo un total para ambos ensayos de 72 probetas para

llevar con éxito esta investigación.

TABLA I  
MUESTRA ESTABLECIDA PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN

E. Compresión	0%	5%	7.50%	10%	Total
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
21 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Total	12	12	12	12	48 prob.

Se puede visualizar la cantidad exacta para llevar a cabo el ensayo de compresión, contando con 3 probetas para cada caso de estudio (7, 14, 24 y 28 días con 0%, 5%, 7.50% y 10% de adición de viruta de fundición gris), teniendo en su totalidad, 48 probetas

TABLA II  
MUESTRA ESTABLECIDA PARA ENSAYO DE FLEXIÓN

E. Compresión	0%	5%	7.50%	10%	Total
7 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Total	6	6	6	6	24 prob.

Se puede visualizar la cantidad exacta para llevar a cabo el ensayo de flexión, contando con 3 probetas para cada caso de estudio (7 y 28 días con 0%, 5%, 7.50% y 10% de adición de viruta de fundición gris), teniendo en su totalidad, 24 probetas.

Técnica observación directa, de los cuales los instrumentos empleados están especificados en la guía de observación, siendo estas, fuentes del RNE, NTP, ASTM y ACI, por ejemplo, para el indicador peso específico y absorción de agregados gruesos se utilizó el instrumento NTP 400.021. [21]; para el indicador gravedad específica y absorción de agregados finos se utilizó el instrumento NTP 400.022. [22]; para el indicador peso unitario y vacíos de agregados se utilizó el instrumento NTP 339.046.[16]; para el indicador análisis granulométrico de agregados gruesos y finos se utilizó el instrumento NTP 400.012.[21]; para el indicador contenido de humedad de los agregados por secado se utilizó el instrumento NTP 339.185.[21]; para el indicador Slump se utilizó el instrumento NTP 339.035. [14] Mientras que para el ensayo de resistencia a compresión e indicadores se utilizó la NTP 339.034:[13] y finalmente para el ensayo de resistencia a la flexión con carga en el tramo central e indicadores se utilizó la NTP 339.079:[17]

## III. RESULTADOS

Resultados según la tesis de Julca [22]. Se determinó la dosificación de mezclas para un concreto de 21 MPa adicionando viruta de fundición gris al 0.00%, 5.00%, 7.50% y 10.00% respecto al peso de los materiales usados para cada molde.

TABLA III  
DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS RESPECTO AL ACI 211

Material	Volumen /m <sup>3</sup>		Peso (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	0.11572	11.57%	346
Agua	0.19300	19.30%	225
Agregado Fino	0.20769	20.77%	516
Agregado Grueso	0.46859	46.86%	1189
P.U.C.	1.00000	100%	2276

Se puede visualizar la cantidad de materiales necesarios para la elaboración de 1 m<sup>3</sup> de concreto de resistencia 21 MPa por el método ACI 211-1.

TABLA IV  
MUESTRA ESTABLECIDA PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN

E. Compresión (Kg/cm <sup>3</sup> )		0%	5%	7.50%	10%
7 días	M <sub>1</sub>	93	97	108	115
	M <sub>2</sub>	91	97	98	117
	M <sub>3</sub>	80	99	106	109
	$\bar{X}_1$	88	98	104	114
	$\sigma$	7.00	1.15	5.29	4.16
	%	41.90%	46.51%	49.52%	54.13%
14 días	M <sub>1</sub>	151	163	177	182
	M <sub>2</sub>	153	167	170	192
	M <sub>3</sub>	143	165	187	183
	$\bar{X}_1$	149	165	178	186
	$\sigma$	5.29	2.00	8.54	5.51
	%	70.95%	78.57%	84.76%	88.41%
21 días	M <sub>1</sub>	228	226	242	254
	M <sub>2</sub>	222	232	232	246
	M <sub>3</sub>	219	238	247	247
	$\bar{X}_1$	223	232	240	249
	$\sigma$	4.58	6.00	7.64	4.36
	%	106.19%	110.48%	114.44%	118.57%
28 días	M <sub>1</sub>	219	242	249	261
	M <sub>2</sub>	237	227	238	252
	M <sub>3</sub>	230	239	245	244
	$\bar{X}_1$	229	236	244	252
	$\sigma$	9.07	7.94	5.57	8.50
	%	108.89%	112.38%	116.19%	120.16%

Se visualiza la resistencia promedio de que va adquiriendo las probetas cilíndricas sometidas al ensayo de compresión; que son producto de la relación de la carga aplicada respecto al área de contacto; a edades de 7, 14, 21 y 28 días correspondientemente para las adiciones de viruta de fundición gris del 0.00%, 5.00%, 7.50% y 10.00% del volumen del recipiente. Estadísticamente, se observa el valor

mínimo, valor máximo, promedio aritmético y desviación estándar, para un análisis más simplificado.

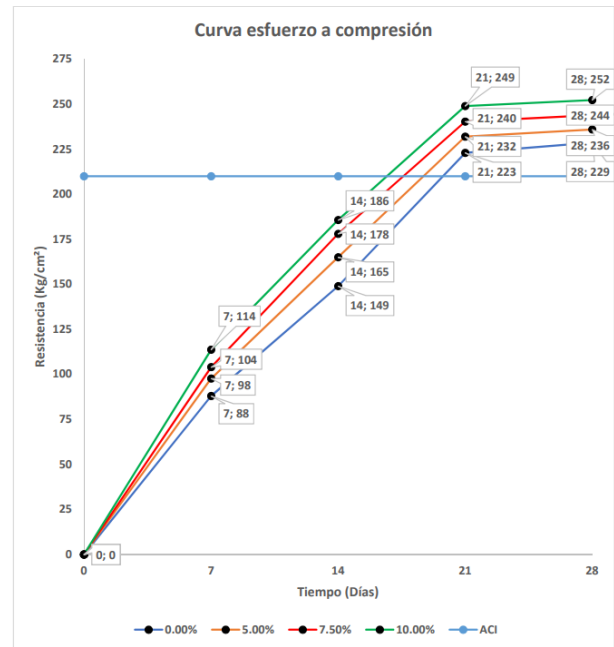


Fig. 2. Comportamiento Mecánico del concreto de compresión.

Se visualiza las curvas de resistencia a edades de 7, 14, 21 y 28 días correspondientemente para las adiciones de viruta de fundición gris del 0.00%, 5.00%, 7.50% y 10.00% del 49 volumen del recipiente, teniendo como referencia el diseño de mezcla para un concreto de 21 MPa, que modificado sus unidades equivale a 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

TABLA V  
CUADRO RESUMEN DEL ENSAYO DE FLEXIÓN

E. Compresión (Kg/cm <sup>3</sup> )		0%	5%	7.50%	10%
7 días	M <sub>1</sub>	23	23.2	17.8	18.3
	M <sub>2</sub>	21	19.5	22	19.9
	M <sub>3</sub>	25.1	21	18.9	16.7
	$\bar{X}_1$	23	21.2	19.6	18
	$\sigma$	2.05	1.86	2.18	1.60
	%	10.97%	10.11%	9.32%	8.71%
28 días	M <sub>1</sub>	36.3	38.8	31.4	28.0
	M <sub>2</sub>	39.8	34.9	34.6	33.1
	M <sub>3</sub>	42.7	35.4	36.2	29.9
	$\bar{X}_1$	40	36	34	30
	$\sigma$	3.20	2.12	2.44	2.58
	%	18.86%	17.32%	16.22%	14.44%

Se puede visualizar la resistencia promedio de que va adquiriendo las probetas rectangulares sometidas al ensayo de flexión; a edades de 7, y 28 días correspondientemente para las adiciones de viruta de fundición gris del 0.00%, 5.00%, 7.50% y 10.00% del volumen del recipiente. Estadísticamente, se observa el valor mínimo, valor máximo,

promedio aritmético y desviación estándar, para un análisis más simplificado.

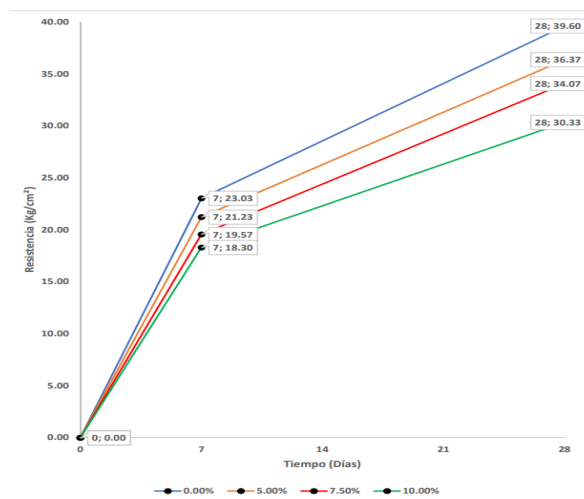


Fig. 3. Comportamiento Mecánico del Concreto a Flexión.

Se puede visualizar las curvas de resistencia del ensayo de resistencia a la flexión a edades de 7 y 28 días correspondientemente para las adiciones de viruta de fundición gris del 0.00%, 5.00%, 7.50% y 10.00% del volumen del recipiente, teniendo como referencia el diseño de mezcla para un concreto de 21 MPa, que modificado sus unidades equivale a 210 Kgf/cm<sup>2</sup>.

#### IV. DISCUSIÓN

Respecto al Objetivo Especifico 1, en todos los antecedentes existe una variación de las cantidades de sus componentes para al concreto patrón, dado que el material proviene de diferentes lugares, pero sin embargo las características de cada investigación se han realizado en base al método ACI 211, del cual dichos valores se ajustan acorde al diseño de mezcla provisto, siendo el caso 21 MPa, como también se conoce como 210 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Respecto al Objetivo Especifico 2, acorde a nuestro diseño de mezclas, según el código ACI 211, para un concreto  $f_c = 21$  MPa, 210 Kgf/cm<sup>2</sup> o 3000 psi, la capacidad resistente a compresión se refleja a los 28 días, así mismo hay que tener en consideración, el factor de conversión de Kgf/cm<sup>2</sup> a MPa en la literatura extranjera es de 10.1972, aunque de uso práctico se emplea aproximadamente 10 (E 060, 2018), de Kgf/cm<sup>2</sup> a PSI es de 14.2233 y finalmente de Kgf/cm<sup>2</sup> a MPa es de 98.06614.

En nuestra investigación la curva ha tomado los siguientes valores referentes al concreto  $f_c$  de diseño, 41.90%, 70.95%, 106.19% y 108.89 % correspondientemente a los 7, 14, 21 y 28 días para el concreto patrón ( $G1 = 0\%$ ), estos valores son muy semejantes, dado que los materiales son extraídos de la

misma cantera en el Milagro – Trujillo; por otra parte, García [6] alcanzó su resultado óptimo a los 28 días, logrando una resistencia de 241.45 Kgf/cm<sup>2</sup> (114.98%), a pesar de ser desarrollado en otro lugar, la capacidad resistente es semejante.

En cuanto al uso de la escoria de acero en la investigación de Camarena [3] alcanzó su resultado óptimo en  $G2 = 10\%$ , logrando ser un 4.35% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 268.45 Kgf/cm<sup>2</sup> (127.83%); de lo cual se difiere que la escoria de acero alcanzaría su aporte al concreto aproximadamente en el 10% de su cantidad y generaría un aporte adicional de 9.135 Kgf/cm<sup>2</sup>.

En cuanto al uso de la viruta de acero en la investigación de Obregón [7] alcanzó su resultado más óptimo en  $G4 = 9\%$ , logrando ser un 0.47% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 298.60 Kgf/cm<sup>2</sup> (121.88%); Garay y Pizango [5] alcanzó su resultado más óptimo en  $G3 = 0.40\%$ , logrando ser un 20.89% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 307.90 Kgf/cm<sup>2</sup> (153.18%), y Sandoval [8], alcanzó su resultado más óptimo en  $G3 = 1.25\%$ , logrando ser un 15.71% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 281.20 Kgf/cm<sup>2</sup> (117.17%); de lo cual se difiere que la viruta de acero alcanzaría su aporte al concreto aproximadamente en el 0.40% en función del peso de la mezcla y generaría un aporte adicional de 43.87 Kgf/cm<sup>2</sup>.

En cuanto al uso de las fibras de acero en la investigación de Sandoval [8] alcanzó su resultado más óptimo en  $G4 = 1.50\%$ , logrando ser un 6.39% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 258.56 Kgf/cm<sup>2</sup> (107.73%); Sarta y Silva [23], alcanzó su resultado más óptimo en  $G3 = 6\%$ , logrando ser un 17.55% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 305.85 Kgf/cm<sup>2</sup> (145.64%) y Farfán et al [4], alcanzó su resultado más óptimo en  $G2 = 25$  Kg/m<sup>3</sup>, logrando ser un 1.14% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 212.40 Kgf/cm<sup>2</sup> (101.14%); de lo cual se difiere que la fibra de acero alcanzaría su aporte al concreto aproximadamente en el 4% y generaría un aporte adicional de 36.33 Kgf/cm<sup>2</sup>.

En nuestra investigación se alcanzó el resultado óptimo en  $G4 = 10\%$ , logrando ser un 10.35% más resistente que el concreto patrón y logrando una resistencia de 252.33 Kgf/cm<sup>2</sup> (120.16%).

Respecto al Objetivo Especifico 3, En las investigaciones de Camarena [3], Garay y Pizango [5], Obregón [7] y Sandoval [8], sus resultados al ensayo de flexión resultan definitivamente desfavorables, dado que no genera un aporte a la resistencia a la flexión. En la investigación de Sarta y Silva [23], la utilización de fibras de acero en las mezclas de concreto definitivamente genera un aporte a la resistencia a la flexión en todos sus grupos de estudio, dado al empleo fibras Dramix, el cual está diseñado

para soportar excesivas deformaciones, mientras que García [6], en todos sus grupos de estudio al emplear otro tipo de fibra de acero obtuvo similares resultados, teniendo resultados favorables en todos sus grupos de estudio, del cual se puede asegurar que al incorporar un material dúctil y alargado en términos generales, mejora la capacidad del concreto a tracción; hubiese sido interesante ver a Farfán et al [4], desarrollar un grupo de estudio y analizar sus resultados con el empleo de la fibra de acero de la marca Sika Fiber CHO 65/35 NB.

Respecto al Objetivo General, la incorporación de diferentes componentes al concreto, tal como esta ha sido beneficiosa a futuras investigaciones, por ejemplo, al incluir G4 = 10 % de viruta de fundición gris se obtiene una ganancia del 10.35%, mientras al añadir viruta de acero reciclado según Garay y Pizango [5] se obtiene un 20.89% extra en su grupo de estudio G3 = 0.40 %, al añadir Viruta de acero comercial fundido según Sandoval (2017) se obtiene G3 = 1.25 % un 15.71% extra, mientras al añadir viruta de acero reciclado según Garay y Pizango [5] se obtiene un 17.55% extra en su grupo de estudio G3 = 6 %, etc. a esfuerzos de compresión, que es la modalidad del uso del concreto en las edificaciones

## V. CONCLUSIONES

OE1: Se determinará la proporción específica gracias al diseño de mezclas por el método ACI 211, lo cual se obtuvo que para un metro cúbico (m<sup>3</sup>), de concreto se requiere de 0.11572 m<sup>3</sup> de cemento, 0.19300 m<sup>3</sup> de agua, 0.20769 m<sup>3</sup> de agregado fino y 0.46859 m<sup>3</sup> de agregado grueso. Ello se debe a la caracterización de sus componentes provistas por la cantera el Milagro - Trujillo, por ejemplo, para el agregado fino, se cuenta con un contenido de humedad promedio de 1.00%, realizados en base a la NTP 339.185, el ensayo del análisis granulométrico se tiene que la muestra simbólica no se encuentra dentro de los requisitos mínimos por la NTP 400.037 y contiene un módulo de finura correspondiente a 2.76 realizados en base a la NTP 400.012; para el ensayo peso específico y absorción realizados en base a la NTP 400.022 se cuenta que el peso específico base seca tiene un promedio de 2.46 gr/m<sup>3</sup> y que la absorción correspondiente es de 2.20% y finalmente se cuenta con ensayo peso unitario suelto y compactado realizados bajo norma de ensayo NTP 400.017 y sus resultados son 1.690 Kg/cm<sup>3</sup> y 1.899 Kg/cm<sup>3</sup> correspondientemente. En cuanto a los ensayos realizados al agregado grueso, se cuenta con un contenido de humedad promedio de 0.70%, realizados en base a la NTP 339.185, en el ensayo del análisis granulométrico se tiene un módulo de finura correspondiente a 6.97 realizados en base a la NTP 400.012; para el ensayo peso específico y absorción realizados en base a la NTP 400.021 se cuenta que el peso específico base seca tiene un promedio de 2.52 gr/m<sup>3</sup> y que la absorción correspondiente es de 2.90% y finalmente se cuenta con Ensayo Peso Unitario Suelto y Compactado realizados bajo norma de ensayo NTP 400.017 y sus resultados son 1.585 Kg/cm<sup>3</sup> y

1.752 Kg/cm<sup>3</sup> correspondientemente.

OE 2: Analizar el ensayo de resistencia a la compresión respecto al comportamiento del concreto de 21 MPa adicionando viruta de fundición gris”, se logró obtener a plenitud los resultados a edades de 7, 14, 21 y 28 días correspondientemente para las adiciones de viruta de fundición gris a 0.00%, 5.00%, 7.50% y 10.00%. En los días analizados se observa que conforme va aumentando la cantidad de viruta de fundición gris, la resistencia obtenida a esfuerzos de compresión va en aumento gradualmente y asimismo se observa que hay un incremento 3.21%, 6.71%, 10.35% respecto a G1 = 0%, correspondientemente a G2 = 5%, G3 = 7.50% y G4 = 10%. Por otra parte, se ha llegado al 108.89%, 112.38%, 116.19% y 120.16% respecto al diseño de f'c = 21 MPa correspondientemente a G1 = 0%, G2 = 5%, G3 = 7.50% y G4 = 10%.

## REFERENCIAS

- [1] SARMIENTO, Robert. Análisis comparativo entre el concreto tradicional de f'c= 210 Kg/cm<sup>2</sup> y el fibrocemento para determinar un diseño estructural óptimo en edificaciones de Puente Piedra-2019. 2019.
- [2] American Concrete Institute ACI 318-19, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, Comité de Diseño 318-19.
- [3] CAMARENA, Armando. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad para un concreto f'c= 210 kg/cm<sup>2</sup> tradicional vs un concreto utilizando escoria de acero parcialmente como agregado fino. 2022.
- [4] FARFÁN, Marlon, et al. Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto. Gaceta técnica, 2019, vol. 20, no 2, p. 4-13.
- [5] GARAY, Karen; PIZANGO, Jhonatan. Diseño estructural de platea de cimentación incorporando viruta de acero reciclada en concreto f'c= 210Kg/Cm<sup>2</sup> en una vivienda, Ventanilla 2022. 2022.
- [6] GARCÍA, Gonzalo. Adición de fibras de acero en mezclas de hormigón.
- [7] OBREGÓN, Cesar. Aplicación de viruta de acero en el diseño de concreto de pavimento rígido en la Av. Isidro Alcibar, en el distrito de San Martín de Porres-2019. 2019.
- [8] SANDOVAL, Franklin. Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales. 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
- [9] VIDAUD, I.; FRÓMETA, Z.; VIDAUD, E. Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte I). Revista técnica de Construcción y Tecnología (IMCYC), 2015.
- [10] ACI COMMITTEE 544; State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete. 2002.
- [11] SOTIL, Alfredo; ZEGARRA, Jorge. Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand® FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido. 2015.
- [12] NSR-10. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente.2011



- [13] NTP 339.034.2015. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndrica. Lima: 2008, INDECOPI.2008
- [14] NTP 339.035.2009. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima: 2018, INDECOPI.
- [15] NTP 339.036.2011. Practica Normalizada Para Muestreo De Mezclas De Concreto Fresco. Lima: 2011. INDECOPI
- [16] NTP 339.046.2008. Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. Lima: 2008. INDECOPI.
- [17] NTP 339.078. Método de ensayo para determinar la resistencia a flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. INDECOPI, 1-14.2001
- [18] NTP 339.183.2018. Práctica Normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. Lima: 2018, INDECOPI.2018
- [19] NTP 339.185.2013. Agregados. Método contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima: 2013. INDECOPI.2013.
- [20] NTP 400.021.2013. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima: 2013. INDECOPI2013.
- [21] SARTA, Helo y SILVA. José. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%, Goguta: Universidad Católica de Colombia, 2017
- [22] JULCA, Isidoro y MIÑANO, Brian. Comportamiento del concreto de 21 MPa adicionando viruta de fundición gris en ensayos de compresión y flexión, Trujillo, 2022.