



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia del cable acerado de llantas en desuso en las propiedades  
mecánicas del concreto endurecido en lima, 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Sosa Zarabia, Ronnie Brandon

**ASESOR:**

Ing. Ph.D. Quiroz Torres, Luis Gabriel

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA- PERÚ**

**2018**

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don:

RONNIE BRANDON SOSA ZARABIA

cuyo título es:

"INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

..... 13 ..... (número) ..... *buena* ..... (letras).

Lima, 15 de Diciembre del 2018

.....  
**PRESIDENTE**

Dr. Gerardo Enrique Cancho Zuñiga

.....  
**SECRETARIO**

Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

.....  
**VOCAL**

Dr. Luis Gabriel Quiroz Torres

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia, a mis padres José Luis y Marina, a mis hermanas Geniffer y Kristell, y en especial a mi hermanito Paolo puesto que espero ser un ejemplo a seguir para él. Por ultimo a todas las personas que me brindaron su apoyo durante toda mi etapa universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor de tesis el Ing. Luis Gabriel Quiroz Torres, PH. D, por su paciencia, comprensión y sabiduría para guiarme a lo largo del desarrollo de la investigación.

A la Universidad César Vallejo por la formación brindada a lo largo de estos 5 años de carrera.

A la Universidad Nacional Federico Villareal y al técnico Fredy Villanueva Osorio por haberme brindado sus instalaciones para desarrollar mis ensayos de laboratorio.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, SOSA ZARABIA, Ronnie Brandon, estudiante de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 76306544, con la tesis titulada “INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018” declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de Diciembre del 2018



SOSA ZARABIA, Ronnie Brandon

DNI N° 76306544

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros de jurado:

Pongo a su disposición la tesis titulada “INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018” en cumplimiento de las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo para la obtención del título profesional de ingeniero civil la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El documento consta de XI capítulos: capítulo I: Introducción, capítulo II: Métodos, capítulo III: Resultados, capítulo IV: Discusión, capítulo V: Conclusiones, capítulo VI: Recomendaciones, Referencias bibliográficas y Anexos.

SOSA ZARABIA, Ronnie Brandon

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.1 Realidad problemática .....	18
1.2 Trabajos previos.....	19
1.2.1 Antecedentes internacionales.....	19
1.2.2 Antecedentes nacionales.....	21
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	22
1.3.1 Cable de acero para refuerzo de llantas.....	22
1.3.2 Fibras de acero .....	23
1.3.2.1 Clasificación de las fibras de acero.....	24
1.3.3 Concreto reforzado con fibras.....	26
1.3.3.1 Componentes del concreto reforzado con fibras de acero (SFRC).....	26
1.3.4 Características mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero (SFRC).....	29
1.3.4.1 Resistencia a la compresión.....	29
1.3.4.2 Resistencia a la tracción.....	29

1.3.4.3 Resistencia a la flexo-tracción.....	29
1.4 Formulación del problema.....	30
1.4.1 Problema general.....	30
1.4.2 Problemas específicos.....	30
1.5 Justificación del estudio.....	30
1.5.1 Justificación económica.....	30
1.5.2 Justificación técnica.....	30
1.5.3 Justificación socio ambiental.....	31
1.6 Hipótesis.....	31
1.6.1 Hipótesis general.....	31
1.6.2 Hipótesis específicas.....	31
1.7 Objetivos.....	31
1.7.1 Objetivo general.....	31
1.7.2 Objetivos específicos.....	32
<b>II.MÉTODO.....</b>	<b>33</b>
2.1 Diseño, tipo, nivel de investigación.....	34
2.1.1 Diseño de investigación.....	34
2.1.2 Tipo de investigación.....	34
2.1.3 Nivel de investigación.....	34
2.2 Variables, operacionalización.....	34
2.2.1 Definición conceptual.....	35
2.2.2 Definición operacional.....	35
2.3 Población, muestra y muestreo.....	36
2.3.1 Población.....	36



2.3.2 Muestra.....	36
2.3.3 Muestreo.....	37
2.3.3.1 Tipo.....	37
2.4 Técnicas, instrumentos de obtención de datos y validez.....	37
2.4.1 Técnica.....	37
2.4.2 Instrumentos.....	38
2.4.3 Validez.....	38
2.4.4 Confiabilidad.....	39
2.5 Método de análisis de datos.....	39
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
3.1 Ensayos en agregados.....	42
3.1.1 Análisis granulométrico por tamizado para agregado fino y grueso.....	43
3.1.2 Contenido de humedad total de agregado fino y grueso por secado.....	45
3.1.3 Peso específico y absorción de los agregados.....	46
3.1.4 Peso unitario de los agregados.....	49
3.2 Diseño de mezcla mediante el método del comité 211 del ACI .....	50
3.2.1 Diseño de mezcla para concreto patrón (210kg/cm <sup>2</sup> ) .....	50
3.2.2 Diseño de mezcla para concreto patrón (210kg/cm <sup>2</sup> ) con inclusión de 0.5% de volumen de fibra reciclada.....	59
3.2.3 Diseño de mezcla para concreto patrón (210kg/cm <sup>2</sup> ) con inclusión de 0.8% de volumen de fibra reciclada.....	61
3.3 Elaboración de probetas.....	62
3.3.1 Moldes para probetas .....	62
3.3.2 Preparación de mezcla .....	64

3.3.3 Elaboración de especímenes y curado .....	66
3.4 Ensayos al concreto endurecido.....	68
3.4.1 Ensayo para determinación de la resistencia a la compresión del concreto .....	68
3.4.2 Ensayo para determinación de la resistencia a la tracción simple por compresión diametral.....	75
3.4.3 Ensayo para determinación de la resistencia a la flexo-tracción en vigas simplemente apoyadas.....	76
3.5 Influencia del concreto con fibra reciclada en los desplazamientos de una estructura aporticada de concreto armado.....	79
3.6 Influencia del concreto con fibra reciclada en el área de acero de un pórtico de concreto armado.....	84
<b>IV. DISCUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de un neumático.....	23
Figura 2 Ensayo de fatiga y fractura de alambre de refuerzo de neumáticos.....	23
Figura 3 Ejemplo de fibra doblada metálica.....	24
Figura 4 Efecto del tamaño del árido en la distribución de las fisuras.....	24
Figura 5 Ejemplo de fibras de diferentes formas.....	25
Figura 6 Agregado fino.....	42
Figura 7 Agregado grueso.....	42
Figura 8 Tamices del laboratorio de materiales de la UNFV.....	43
Figura 9 Muestra de agregado grueso sumergido.....	47
Figura 10 Muestra de agregado grueso para ser pesado en condición saturada.....	47
Figura 11 Piezas para encofrado de moldes.....	62
Figura 12 Vista en planta del encofrado.....	63
Figura 13 Cortes del encofrado.....	63
Figura 14 Vista isométrica del encofrado ensamblado .....	64
Figura 15 Elaboración de probetas con concreto patrón.....	67
Figura 16 Vigas prismáticas.....	67
Figura 17 Moldeo de especímenes por apisonado .....	68
Figura 18 $F'c$ promedio vs días de curado para concreto patrón .....	69
Figura 19 $F'c$ promedio vs días de curado para concreto con adición de 0.5% de fibra.....	70
Figura 20 $F'c$ promedio vs días de curado para concreto con adición de 0.8% de fibra.....	71
Figura 21 Resumen de la resistencia a la compresión promedio vs días de curado.....	72
Figura 22 $F'c$ promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 7 días.....	72
Figura 23 $F'c$ promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 14 días .....	73

Figura 24 $F'_c$ promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 28 días .....	74
Figura 25 Resumen de la resistencia a la compresión promedio vs porcentaje de fibra .....	74
Figura 26 $f_r$ promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 21 días .....	76
Figura 27 Viga en la máquina de ensayos.....	77
Figura 28 $M_r$ promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 21 días.....	78
Figura 29 Estructura modelada en ETABS.....	79
Figura 30 Propiedades del concreto patrón introducidos al ETABS.....	80
Figura 31 Propiedades del concreto con 0.5% de fibras introducidos al ETABS.....	81
Figura 32 Propiedades del concreto con 0.8% de fibras introducidos al ETABS .....	82
Figura 33 Máximos desplazamientos en el eje x-x .....	83
Figura 34 Máximos desplazamientos en el eje y-y .....	84
Figura 35 Estructura en planta para diseño de viga central .....	84
Figura 36 Coeficientes para momentos en vigas de pórticos .....	85
Figura 37 Momentos calculados con los coeficientes .....	85
Figura 38 Sección de viga con acero calculado .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.....	44
Tabla 2 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.....	44
Tabla 3 Características del agregado fino.....	45
Tabla 4 Características del agregado grueso.....	46
Tabla 5 Gravedad específica del agregado grueso.....	48
Tabla 6 Gravedad específica del agregado fino.....	48
Tabla 7 Peso unitario suelto del agregado fino.....	49
Tabla 8 Peso unitario compactado del agregado fino.....	49
Tabla 9 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	50
Tabla 10 Peso unitario compactado del agregado grueso.....	50
Tabla 11 Resistencia a la compresión promedio.....	52
Tabla 12 Volumen unitario de agua.....	53
Tabla 13 Relación agua-cemento por resistencia.....	53
Tabla 14 Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	55
Tabla 15 Volumen unitario de agua.....	56
Tabla 16 Relación agua-cemento por resistencia.....	56
Tabla 17 Valores de diseño.....	57
Tabla 18 Aporte de agua de los agregados.....	58
Tabla 19 Propiedades mecánicas de las fibras de uso común en el concreto.....	59
Tabla 20 Dosificación de concreto con 0.5% de volumen de fibra.....	60
Tabla 21 Dosificación de concreto con 0.8% de volumen de fibra.....	61
Tabla 22 Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón.....	68

Tabla 23 Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 0.5% de volumen de fibra.....	69
Tabla 24 Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 0.8% de volumen de fibra.....	70
Tabla 25 Resultados de ensayo de resistencia a la tracción simple por compresión diametral a los 21 días.....	75
Tabla 26 Resultados de ensayo de resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas a los 21 días.....	77
Tabla 27 Resultados globales de los ensayos al concreto endurecido.....	78
Tabla 28 Máximos desplazamientos en eje x-x patrón .....	80
Tabla 29 Máximos desplazamientos en eje y-y patrón .....	80
Tabla 30 Máximos desplazamientos en eje x-x concreto con 0.5% de fibra.....	81
Tabla 31 Máximos desplazamientos en eje y-y concreto con 0.5% de fibra.....	82
Tabla 32 Máximos desplazamientos en eje x-x concreto con 0.8% de fibra .....	82
Tabla 33 Máximos desplazamientos en eje y-y concreto con 0.8% de fibra .....	83
Tabla 34 Área de acero calculado para la viga .....	86

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar la influencia del cable acerado de llantas en desuso en las propiedades mecánicas del concreto endurecido, esta investigación se llevó a cabo en Lima por un espacio de tiempo de 9 meses que comprende desde Abril del 2018 hasta Diciembre del mismo año. El diseño de la investigación fue experimental, de tipo aplicada y de nivel correlacional.

La investigación se desarrolló mediante una propuesta de diseños de mezcla con adición de porcentajes de fibra de 0.5% y 0.8% en volumen para ser comparados con un diseño patrón de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , estas fibras fueron elaboradas a partir de material reciclado proveniente de las llantas en desuso. Los diseños de las mezclas fueron realizados mediante el método del Comité 211 del ACI.

Se ensayaron especímenes cilíndricos para determinar la resistencia a la compresión y tracción, y especímenes prismáticos para determinar la resistencia a la flexión. Los ensayos arrojaron resultados positivos, concluyendo que el cable acerado de llantas en desuso influye en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto endurecido, pero no de manera significativa.

Finalmente se realizó un análisis sísmico para determinar si existía una influencia en los desplazamientos, así como también el cálculo de acero para analizar la posibilidad de reducir costos.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, Esfuerzo de rotura, Modulo de rotura.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis was to determine the influence of steel cable from disused tires in the mechanical properties of hardened concrete. This investigation was carried out in Lima for a period of 9 months, from April 2018 to December of the same year. The design of the research was experimental, applied type and correlational level.

The research was developed through a proposal of mix designs with addition of 0.5% and 0.8% by volume fiber percentages to be compared with a standard design of  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , these fibers were made from recycled material from of the disused tires. The designs of the mixtures were made using the method of Committee 211 of the ACI.

Cylindrical specimens were tested to determine compressive and tensile strength, and prismatic specimens were used to determine the flexural strength. The tests yielded positive results, concluding that the steel wire of disused tires influences in the improvement of the mechanical properties of the hardened concrete, but not in a significant way.

Finally, a seismic analysis was carried out to determine if there was an influence on the displacements, as well as the calculation of steel to analyze the possibility of reducing costs.

**Key words:** Compression resistance, Break stress, Break module.



## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

El ser humano ha buscado mejorar su calidad de vida desde épocas ancestrales, la necesidad de protegerse de diversos factores climáticos, principalmente del frío, lo llevo a construir casas de adobe, arcilla entre otros materiales que pudo obtener en la naturaleza, posteriormente unió adobe y paja siendo esta una de las primeras técnicas de reforzamiento en la antigüedad. Esta técnica se usó por mucho tiempo, aún existen edificaciones con este tipo de reforzamiento llamado quincha.

“El uso de fibras en la construcción no es un concepto nuevo, existen numerosas evidencias arqueológicas dan fe de que se usaban las fibras vegetales se combinadas con arcilla para fabricar elementos estructurales. Esta técnica dejo de usarse con el tiempo, hasta que a mediados del siglo XX se retomó con un enfoque investigador” (López, 2015, p.6).

Actualmente el concreto es el material más usado para la construcción de diversos tipos de edificaciones y estructuras, este presenta gran resistencia a la compresión pero poca resistencia a la tracción generando aparición de fisuras, para ello se coloca un refuerzo de barras de acero que se encarga de absorber tracción pero solo en el sentido que son colocadas las barras, dejando espacios libres donde siguen apareciendo pequeñas fisuras, es por ello que aparece la problemática de mejorar ciertas propiedades del concreto con la inclusión de nuevos productos y técnicas constructivas en función al avance tecnológico de nuestra sociedad.

En los últimos años el desarrollo de nuevas metodologías en la construcción también trajo consigo la aparición de fibras para el refuerzo de elementos estructurales de concreto armado, estas principalmente son añadidas en el mezclado para garantizar la mejora de las propiedades del concreto. Se pueden encontrar fibras metálicas, sintéticas, de vidrio y naturales. Respecto al tema Mc Cormac y Brown (2011) manifiestan que el concreto reforzado con fibras ha generado un enorme interés llevándose a cabo numerosas investigaciones. Estas investigaciones han demostrado que una adecuada adición de las fibras en cantidades de entre 1 y 2% del volumen tienen influencia positiva en las propiedades del concreto.

Se han realizado constantes investigaciones para evaluar el desempeño de las fibras de acero en elementos de concreto armado, teniendo como resultados incrementos en la resistencia a la flexión y cortante.

Así como lo afirman Carrillo y Alcocer:

“El CRFA es usado como material de construcción en estructuras. Estudios actuales han demostrado que estas fibras pueden ser usadas para mejorar el comportamiento de estructuras, también para incrementar la capacidad de momento flector y de la resistencia a cortante de elementos de concreto armado” (2016, p.125).

Las fibras para refuerzo de concreto en nuestro país han generado mayor repercusión en las últimas décadas debido al “boom” de la construcción, pero hay investigaciones que datan desde mediados del siglo pasado.

Millán sostiene al respecto:

“A mediados del siglo pasado se realizaron estudios sobre la utilización de fibras de acero en el concreto, observando la mejora en sus propiedades. La inclusión de estas fibras, añaden a la matriz del concreto una red de micro-armaduras que le brindan mayor adherencia al elemento; después en los años 60 aparecen las primeras investigaciones sobre concreto fibro-reforzados con fibras” (2013, p.2).

## **1.1 Trabajos previos**

### **1.2.1 Antecedentes internacionales**

Tenemos los siguientes antecedentes internacionales:

a. Mármol, P. (2010). Concretos con fibras de acero - Características mecánicas. Tesis para obtener del grado de Master en Ingeniería de Estructuras, Cimentaciones y Materiales, en la Universidad Politécnica de Madrid, España. La autora sostiene que las fibras han ido apareciendo debido a la necesidad de complementar ciertas deficiencias del concreto como la baja resistencia a la tracción que generan fisuras en el concreto a temprana edad de curado, las fibras además de disminuir costos operativos también influyen en la mejora de ciertas propiedades mecánicas del concreto. La investigación

consiste en elaborar una comparación de resultados de diferentes autores mediante una recolección de ensayos de laboratorio de otras investigaciones y tesis, enfocándose exclusivamente en las características del concreto reforzado con fibras de acero. Finalmente concluye que el concreto reforzado con fibras actualmente son mas utilizados debido a las ventajas que ofrecen para su ejecución y que pueden trabajar estructuralmente, además recomienda asegurar una excelente adherencia para evitar que la fibra rompa antes que se deslice.

b. López, J. (2015). Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno. Tesis para obtener el grado Maestro en Ingeniería Civil- Construcción, en la Universidad Nacional Autónoma de México. El autor evalúa la incidencia de las fibras de acero en las características mecánicas del concreto endurecido, basándose en investigaciones anteriores donde se utilizaron éstas fibras en distintos porcentajes de volumen menores al 1%, analizando en estado endurecido la resistencia a la compresión, tensión, flexo-tracción, cortante, impacto, abrasión. Una de las conclusiones es que la resistencia a la tracción aumenta proporcionalmente al consumo de fibra, para porcentajes mayores a 0.51 % haciendo más eficiente el desempeño del concreto.

c. Khalo, A., Molaei, E., Hosseini, P. y Tahsiri, H. (2014). Mechanical performance of self-compacting concrete reinforced with steel fibers.. En el presente artículo científico los autores se enfocan en una investigación al concreto auto compactante reforzado con fibras de acero, resaltando que este tipo de concreto no necesita ser vibrado por su facilidad de llenar el encofrado. La investigación tuvo como objetivo analizar la influencia de las fibras de acero en la resistencia a la compresión, tracción y flexo-tracción del concreto auto compactante, utilizando porcentajes de fibra de (0.5 %, 1%, 1.5 % y 2%) y considerando concretos de 40 y 60 MPa. Los ensayos de la resistencia a la compresión y tracción se realizaron mediante probetas de 15 x 30 cm, mientras que la resistencia a la flexión se ensayó por medio de probeta prismáticas de 10x14x120 cm. Los resultados fueron los siguientes; en estado fresco se disminuye la trabajabilidad al agregar las fibras de acero, por otro lado, respecto a las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido la resistencia a la tracción y flexo-tracción incrementaron

proporcionalmente a la inclusión de las fibras, mientras que en la resistencia a la compresión el efecto es contrario, esta se reduce al aumentar las fibras.

### 1.2.2 Antecedentes nacionales

Tenemos los siguientes antecedentes internacionales:

a. De La Cruz, W. y Quispe, W. (2014). Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la Provincia de Huamanga- Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Huancavelica. Los autores tuvieron como finalidad analizar la incidencia de la adición de fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto, realizando ensayos donde compararon concreto patrón con un concreto fibro-reforzado. La parte experimental se desarrolló utilizando un concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, ensayando mediante probetas cilíndricas y prismáticas (tipo viga). Respecto a la resistencia a la compresión el incremento debido a las fibras de acero es muy pequeño, pero le aporta ductilidad evitando la falla frágil del elemento, por otro lado, lo más relevante es que la resistencia a la flexo-tracción aumenta considerablemente. Finalmente, los autores recomiendan no agregar las fibras al inicio del mezclado, sino introducirlas al final.

b. Córdova, C., Cuellar, L. y Guizado, M. (2012). Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las producidas en Perú. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Las autoras tuvieron como objetivo determinar experimentalmente la resistencia del concreto endurecido utilizando fibras producidas en la fábrica Maccaferri-Perú y compararlas con estudios anteriores realizados en Maccaferri de Italia. Se ensayaron concretos de (210, 245 y 280 kg/cm<sup>2</sup>) con volúmenes de fibra de (20 y 25 kg/m<sup>3</sup>). Como resultado se obtuvo que se produjo un aumento de la resistencia a la compresión de las probetas ensayadas, con una variación de 15% en promedio.

c. Lao, W. (2007). Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en Pucallpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Ricardo Palma. Indica que la resistencia a la compresión a los 7 días varía en 15%

favorablemente y para los 14, 21 y 28 días la resistencia es mayor a 20% según etapas, además sostiene que la inclusión de las fibras trae como consecuencia disminución de la trabajabilidad y por lo tanto aumenta su consistencia, disminuyendo el slump. También manifiesta que en la resistencia a la compresión las fibras tienen como gran aporte evitar la falla frágil, brindándole ductilidad al elemento. Finalmente nos recomienda que, para el proceso de mezclado, las fibras deben ser añadidas al momento de colocar los agregados o al final, pero nunca al principio ya que podría traer como consecuencia una mala distribución de las fibras ocasionando fisuras en las zonas con poca presencia de éstas, también recomienda agregar aditivos plastificantes para tener un concreto más trabajable debido a que las fibras metálicas disminuyen el slump de manera considerable.

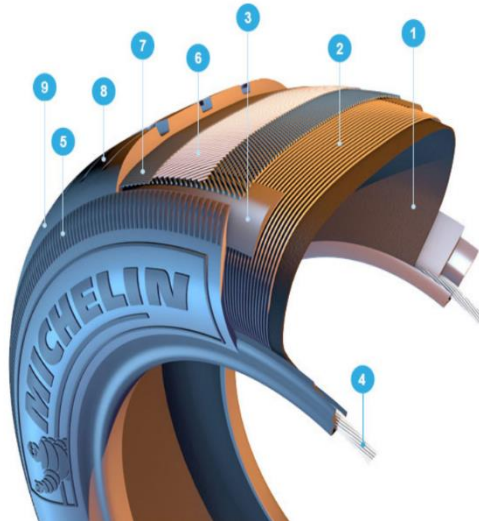
### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Cable de acero para refuerzo de llantas**

Las llantas en su estructura presentan un refuerzo de acero equivalente al 15 % aproximadamente, una parte del acero se distribuye embebidos en el caucho en forma de hilos aportando resistencia en la carcasa, la otra parte del acero se encuentra en el talón y se encarga de fijar herméticamente la llanta en el aro, cada uno de estos cables puede resistir cargas de 1.800 kg. Existen ocho en el auto, dando un equivalente de 14.400 kg de resistencia. Un auto de uso común pesa aproximadamente 1.500 kg.

En la **figura 1** se puede ver la composición de una llanta estándar fabricada por la empresa Michelin, se pueden distinguir cada una de las partes, el cable acerado se encuentra en el punto 4 que es el talón.

Estos cables acerados con grosores tan finos tienen una gran tarea que es reforzar las llantas para soportar cargas muy complejas, este cable suele fallar principalmente por fatiga y fractura. La empresa Instron realiza estos ensayos aplicando fuerzas entre 0.5N y 1.5N con frecuencias de hasta 80 Hz. (**ver figura 2.**)



**Figura 1.** Estructura de un neumático

**Fuente:** Michelin



**Figura 2.** Ensayo de fatiga y fractura de alambres de refuerzo de neumáticos

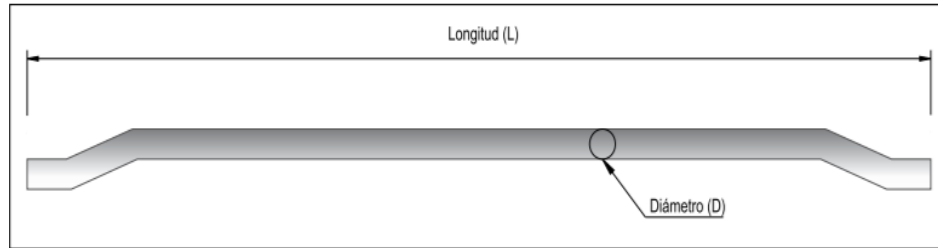
**Fuente:** Instron

### 1.3.2 Fibras de acero

Las fibras de acero son refuerzos artificiales de pequeña sección y longitud corta que son adicionados al concreto con la finalidad de otorgarle ciertas características dispersándose de manera homogénea.

En su manual técnico Maccaferri (2009) define:

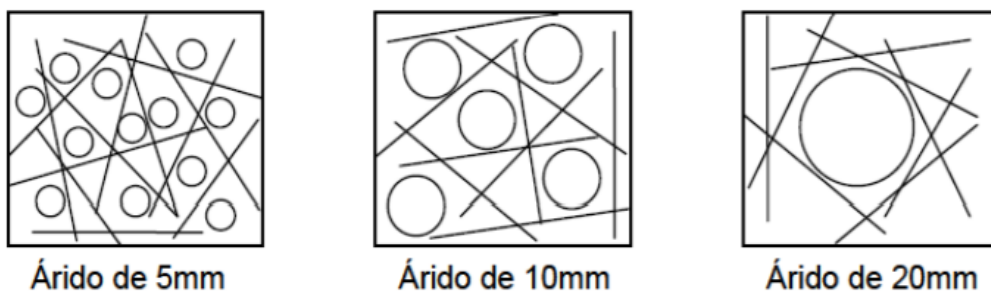
“Las fibras son pequeños elementos, con diferentes tipos de formas y dimensiones. Están destinados de manera específica para uso de concreto. Tiene como objetivo principal evitar la aparición de fisuras, y si aparecen estas evitan su propagación en elementos estructurales de concreto armado en general”.



**Figura 3.** Ejemplo de fibra doblada metálica

**Fuente:** Maccaferri, Manual técnico

Las fibras tienen mejor distribución en función a la proporción y tamaño de los agregados, cuanto mayor sean estos parámetros la distribución de las fibras no será adecuada, se plantea que el tamaño máximo del agregado sea menor que la mitad de la longitud de la fibra, esto para evitar fisuras. (ver figura 4.)



**Figura 4.** Efecto del tamaño del árido en la distribución de las fibras

**Fuente:** Hannant 1978

### 1.3.2.1 Clasificación de las fibras de acero

Las fibras se clasifican principalmente por sus características geométricas, una de las más relevantes es la esbeltez que se obtiene a partir de la relación entre longitud y el diámetro.

Según la norma ASTM A 820 podemos definir los siguientes símbolos:



A=área de la sección

D= diámetro

L=longitud

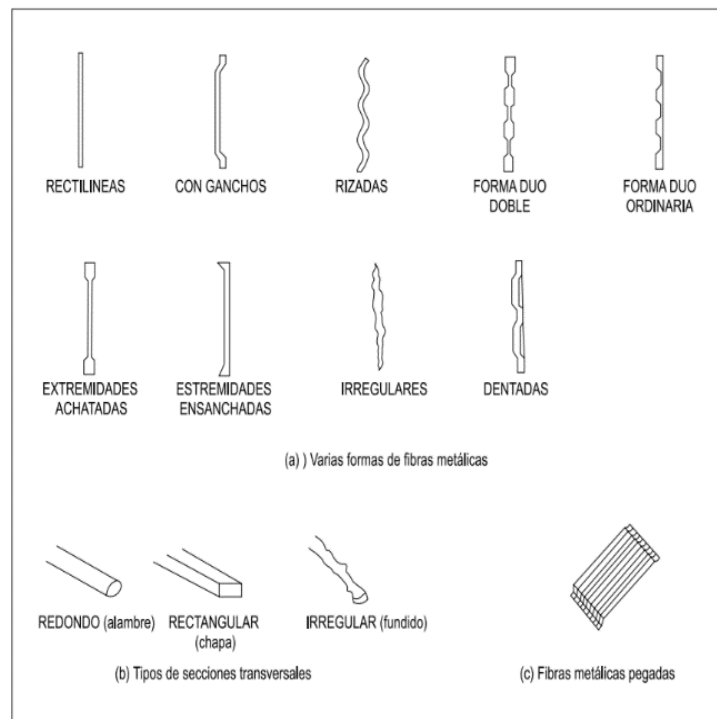
De = Diámetro equivalente

$\lambda$ =relación de aspecto= Longitud/Diámetro Equivalente

La norma ASTM A 820 las clasifica según su proceso de fabricación, estas pueden ser:

- a) Tipo I: Alambre estirado en frío, son las más comerciales
- b) Tipo II: Laminas cortadas, estas fibras son cortadas en chapas de acero.
- c) Tipo III: Fundidas, estas fibras son fabricadas mediante metal líquido
- d) Tipo IV: Otras.

Existen fibras con diferentes formas y tipos de secciones, todas estas deformaciones o presentaciones tienen como finalidad proporcionar una adecuada adherencia entre el concreto y la fibra para garantizar que la fibra no se deslice antes que se rompa. (ver figura 5.)



**Figura 5.** Ejemplo de fibras de diferentes formas

**Fuente:** Maccaferri, Manual técnico

### **1.3.3 Concreto reforzado con fibras**

El concreto es el material compuesto más usado en el rubro de la construcción, formado por un aglomerante que es el cemento añadido a agregados áridos y que se logran mezclar por medio de agua, también pueden añadirse aditivos para darle ciertas características dependiendo de las condiciones que se presenten.

El concreto reforzado con fibras, según el ACI, es un concreto realizado a partir de cemento, con contenido de agregados finos y grueso, agua y fibras discontinuas cuyo objetivo principal es mejorar determinadas características del concreto (ACI544.1R, 1996).

Evaluando fines estructurales un concreto reforzado con fibras proporciona mayor esfuerzo de rotura pudiendo así generar la sustitución del refuerzo de acero en ciertas aplicaciones; cuando las fibras no logran cumplir una función estructural brindan una mejora en algunas características del concreto como el control de las fisuras (Mármol, 2010).

#### **1.3.3.1 Componentes del concreto reforzado con fibras de acero (SFRC)**

Los concretos que llevan refuerzo de fibras de acero están elaborados con la misma manera e iguales materiales que un concreto convencional, la diferencia es la incorporación de las fibras. La inclusión de fibras modifica el comportamiento del concreto tanto en estado fresco como endurecido, también el porcentaje añadido y la geometría de las fibras influyen en las características de los componentes a usarse. El comité 544 del ACI indica: “Estas variaciones están determinadas por una restricción en el tamaño máximo de la piedra, valores menores en relación piedra-arena, mayores porcentajes de plastificantes, y mayor volumen de arena, entre otros (ACI 544,1R -96, 2009).

#### **Cemento**

El cemento es el componente principal del concreto aportando trabajabilidad a la mezcla en estado fresco, y luego las características mecánicas en estado endurecido. Existen

diferentes tipos de cemento que serán usados de acuerdo a los parámetros técnicos que el proyecto exija para el concreto. Entre los tipos tenemos:

a) Tipo I

Es el cemento más comercial debido a su bajo costo respecto a los otros, es de uso general en las construcciones para elementos que no necesiten solicitaciones específicas en el concreto.

b) Tipo II

Este tipo de cemento es usado mayormente en cimentaciones expuestas a baja concentración de sulfatos ya que presenta una resistencia moderada a sulfatos.

c) Tipo III

Este cemento se caracteriza por alcanzar gran resistencia a temprana edad de curado (3 y 7 días), facilita el desencofrado cubriendo ciertas necesidades del proyecto.

d) Tipo IV

Este cemento presenta bajo proceso de fraguado por lo que es usado cuando se tiene programado grandes vaciados.

e) Tipo V

El cemento tipo V es utilizado generalmente en construcciones cercanas a playas o terrenos donde haya gran presencia de elementos salinos debido a que presenta alta resistencia a sulfatos.

### **Agua**

El agua utilizada para la elaboración del concreto debe ser potable, sin presencia de altos contenidos de sales, ácidos, álcalis y materias orgánicas, la presencia de sólidos sueltos debe estar en el rango de 1000 y 2000 ppm. El agua cumple función de hidratante y aporta trabajabilidad a la pasta producida. Una correcta relación agua – cemento tendrá influencia positiva en la obtención del  $f'c$  requerido.

### **Agregados**

Los agregados finos y gruesos conforman la mayor parte del concreto tanto en peso como en volumen, influyendo significativamente en los requerimientos de composición, resistencia y durabilidad, para esto debe tener un control de los tamaños y granulometría. Para dar una definición técnica el agregado grueso es el material retenido en el tamiz N4 (4.75mm) y el agregado fino son las partículas pasantes al tamiz N4.

### **Aditivos**

Se encargan de mejorar ciertas propiedades del concreto dependiendo los requerimientos técnicos. Se clasifican en:

#### **a) Acelerantes**

Acortan el tiempo de fraguado del concreto, utilizado en climas fríos.

#### **b) Plastificantes**

Estos aditivos disminuyen el contenido de agua aumentando la trabajabilidad para facilitar su colocación y obtener mejores acabados.

#### **c) Retardantes**

Alargan el fraguado del concreto, esencial en climas calurosos para evitar fisuras en el concreto.

#### **d) Incorporadores de aire**

Agregan burbujas de aire al concreto, utilizado cuando se presentan heladas.

En los concretos fibro-reforzados la adición de fibras disminuye considerablemente el revenimiento, por tanto, es necesario usar aditivos plastificantes para no agregar más agua ya que podría afectar la resistencia de diseño.

### **Fibras de acero**

Las fibras de acero son refuerzos artificiales de pequeña sección y longitud corta que son adicionados al concreto con la finalidad de otorgarle al concreto ciertas propiedades dispersándose de manera homogénea.

### **1.3.4 Características mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero (SFRC)**

Las propiedades del concreto reforzado con fibras de acero dependen principalmente de la geometría y/o rugosidad de la fibra y su grado de adherencia con el concreto, estas propiedades son determinadas mediante probetas realizando ensayos normados.

#### **1.3.4.1 Resistencia a la compresión**

El concreto presenta una gran resistencia a la compresión, la incorporación de fibras de acero no representa un incremento significativo de esta resistencia, se debe tener cuidado para realizar una correcta dosificación de las fibras para obtener los valores máximos de resistencia. Estudios anteriores han demostrado diferentes comportamientos del concreto, en algunos casos el concreto incrementa su resistencia entre 15 % y 20%, en otros no se manifiestan cambios respecto a un concreto sin reforzar, y en el peor de los casos la resistencia disminuye ligeramente, todo esto en función a las características de los componentes y principalmente el porcentaje de fibras adicionadas a la mezcla.

Por otro lado, las fibras influyen en el comportamiento del concreto cuando es sometido a compresión, la distribución homogénea de las fibras en el concreto hace que presente una falla dúctil en lugar de una falla frágil.

#### **1.3.4.2 Resistencia a la tracción**

Se sabe que el concreto presenta una baja resistencia a la tracción siendo esta una de sus grandes limitaciones, esto ocasiona que se presenten fisuras en el concreto. Las fibras de acero aportan resistencia a la tracción de manera significativa en porcentajes de entre 30 y 40 %, este incremento es proporcional al volumen de fibra agregada y de la correcta preparación de la mezcla que garantiza la adherencia entre el concreto y la fibra.

#### **1.3.4.3 Resistencia a la flexo-tracción**

El incremento de la resistencia a la flexo-tracción al añadir fibras de acero al concreto es mucho mayor que la influencia de las fibras en las resistencias de compresión y tracción, se han presentado incrementos en estudios anteriores que oscilan entre el 50 y 70 %. Esto se debe a que la zona de tracción con la presencia de fibras presenta un comportamiento dúctil.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en las propiedades mecánicas del concreto endurecido?

### **1.4.2 Problema específico**

- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la compresión del concreto endurecido?
- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la tracción del concreto endurecido?
- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido?

## **1.5 Justificación del estudio**

### **1.5.1 Justificación económica**

La necesidad de mejorar las propiedades mecánicas del concreto para garantizar un mejor desempeño de los elementos de concreto armado ha generado la aparición de diferentes técnicas y formas de obtener mejoras sustanciales en las propiedades mecánicas, entre ellas las fibras, convirtiéndose en uno de los elementos más usados para este fin. Es por ello la propuesta de obtener las fibras de elementos reciclados como las llantas que no representan un costo significativo ya que es posible adquirirlas a un costo muy bajo de los recicladores.

### **1.5.2 Justificación técnica**

Uno de los componentes esenciales de las llantas son los cables de acero ubicado en el aro de talón, y su función principal es transferir los esfuerzos de frenado y aceleración del vehículo. Según datos de los fabricantes, estos cables deben soportar hasta 1.8 toneladas sin riesgo de rotura. Mediante este cable se elaborarán fibras para añadirlas al concreto y mejorar las propiedades mecánicas del concreto cumpliendo todas las especificaciones que requiere un concreto estructural.

### **1.5.3 Justificación socio ambiental**

El crecimiento del sector construcción en el Perú en la última década se ha visto fortalecido contribuyendo a la sobreexplotación de recursos naturales y no renovables trayendo como consecuencia secundaria la desaparición de diversos ecosistemas incluyendo extinción de algunas especies. Es por ello la necesidad de crear proyectos sostenibles con materiales eco amigables. Teniendo en cuenta la alta producción de neumáticos en el mundo, se convierte en un material altamente potencial para ser reutilizado.

La implementación de esta propuesta traería consigo un mejor uso de las llantas, teniendo en cuenta que se tienen malas prácticas como almacenarlas y quemarlas. Las llantas almacenadas podrían tardar más de 500 años en degradarse, y la quema de éstas emite gases cancerígenos, trayendo como consecuencia principal enfermedades pulmonares y respiratorias. Con esta propuesta se busca disminuir estas malas prácticas, que por lo anteriormente explicado son totalmente nocivos para los seres vivos y medio ambiente.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora la resistencia a la compresión del concreto endurecido.

- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora la resistencia a la tracción del concreto endurecido.

- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido.

## **1.7 Objetivo**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la compresión del concreto endurecido.
- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la tracción del concreto endurecido.
- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido.



## **II. MÉTODO**

## **2.1 Diseño, tipo y nivel de investigación**

### **2.1.1 Diseño de investigación**

“En este tipo de investigación se desea comprobar los efectos de una participación específica, donde el investigador tiene el papel principal, pues interviene de manera activa” (Behar, 2008, p. 18).

En este proyecto de investigación el diseño es experimental porque se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto endurecido mediante un tipo de fibra que serán obtenidas a partir de llantas recicladas, que serán cortadas y dobladas para garantizar una adecuada distribución y adherencia, para ello se manipularán deliberadamente las variables en estudio.

### **2.1.2 Tipo de investigación**

“Este tipo de investigación tiene como objetivo resolver o mejorar una determinada situación, para comprobar un método o propuesta mediante la aplicación innovadora y creativa de una participación, tiene como finalidad orientar a un grupo de personas u organización” (Vargas, 2009, p. 162).

En este proyecto de investigación el tipo de investigación es aplicada ya que tiene como fin a corto o mediano plazo generar una alternativa nueva y atractiva para refuerzo del concreto con una técnica sostenible y económica.

### **2.1.3 Nivel de investigación**

“Este nivel de investigación representa medir dos variables para determinar el tipo de correlación existente entre ellos. El objetivo de estos estudios es medir el grado de asociación entre dos o más variables, primero se mide la coherencia individual. Dichas correlaciones se sostienen como hipótesis” (Hernández, Fernández y Baptista, 2004, p.157).

En este proyecto de investigación el nivel es correlacional porque evaluará el desempeño del concreto endurecido con la influencia de las fibras obtenidas de llantas recicladas.

## **2.2 Variables, operacionalización**

## **2.2.1 Definición conceptual**

### **Variable independiente**

#### **Cable acerado de llantas en desuso**

“El alambre de acero trefilado es un compuesto que genera gran interés en el sector industrial. Se emplea comúnmente en las obras del concreto pre fabricado, en los cables usados en minería y en la industria del automóvil, como hilos finos para refuerzo de llantas” (Gálvez, *et al* ,2001, p.185).

### **Variable dependiente**

#### **Propiedades mecánicas del concreto endurecido**

“El concreto presenta características positivas en estado endurecido, lo que lo hace un material de uso constante. Las propiedades más relevantes son: resistencia a compresión y durabilidad. Existen propiedades importantes que permiten mayores estudios este material, estos son: módulo de elasticidad y módulo de ruptura” (Abad y Romero, 2016, p.52).

## **2.2.2 Definición operacional**

### **Variable independiente**

#### **Cable acerado de llantas en desuso**

El cable acerado de llantas en desuso será el material para la elaboración de las fibras de acero que usaremos como refuerzo para nuestro concreto, la extracción del acero de las llantas se realizará mediante una destalonadora de alambres para llantas. A partir del material obtenido se elaborarán de forma manual las fibras con las dimensiones y secciones circulares de acuerdo a las especificaciones de las fibras convencionales existentes en el mercado peruano.

Se medirá el tipo de incidencia del cable en las propiedades mecánicas (compresión, esfuerzo de rotura, módulo de rotura) del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en forma de fibras mediante la adición de porcentajes de fibra de 0.5% y 0.8% del volumen (para  $1\text{m}^3$  de concreto), los resultados se compararán con un concreto de diseño  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin refuerzo de fibras.

## **Variable dependiente**

### **Propiedades mecánicas del concreto endurecido**

El concreto reforzado presenta propiedades mecánicas diferentes al concreto convencional debido a la adición de fibras de acero que contribuyen a la mejora de algunas de estas propiedades. Para la presente investigación se ensayarán probetas cilíndricas (15.22 cm x 30.50 cm) para el estudio de la resistencia a la compresión y tracción, y probetas prismáticas (15.20 cm x 15.20 cm x 55.88 cm) para el estudio de la resistencia a la flexo-tracción. La resistencia a la compresión se medirá mediante un ensayo que determinará el esfuerzo de compresión, para la resistencia a la tracción se realizará el ensayo a la tracción indirecta donde se obtendrá el esfuerzo de rotura y para evaluar la resistencia a la flexo-tracción se realizarán ensayos a vigas para obtener el módulo de rotura.

## **2.3 Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1 Población**

Según Tamayo y Tamayo (2003) la población es:

“representa la totalidad de elementos de estudio, incluye todos los participantes que interactúan de manera directa y que debe estimarse para un estudio específico integrando un grupo de elementos que participan de una determinada característica, y se le denomina población para construir una característica general establecida” (p.176).

La población en esta investigación será el concreto endurecido de  $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$  sin la adición de fibras de acero usado en Lima.

### **2.3.2 Muestra**

Behar (2008) define la muestra de la siguiente manera:

“La muestra se desprende en parte de la población. Son subconjuntos de elementos que pertenecen a un conjunto principal al que se denomina población. De la población se extraen muestras significativas que representan el total. Se debe definir los objetivos del estudio, el tamaño de la muestra, el método a utilizar y el proceso recolección de datos” (p.51).

La muestra en esta investigación para los ensayos de compresión (NTP 339.034) y tracción (NTP 339.084) serán 24 probetas cilíndricas de dimensiones (15.22 cm x 30.50 cm), las probetas serán constituidas por concreto de  $f'c$  (210 kg/cm<sup>2</sup>) sin fibras y con porcentajes de fibra de acero reciclado de (0.5% y 0.8%) en volumen para ensayos a 7, 14 y 28 días para compresión y 21 días para tracción debido a que la resistencia a la tracción del concreto a tempranas edades es muy baja. Para el ensayo de flexo-tracción (NTP 339.078) se usarán 6 probetas prismáticas de dimensiones (15.20 cm 15.20 cm x 55.88 cm), estas probetas estarán constituidas por concreto de  $f'c$  (210 kg/cm<sup>2</sup>) sin fibras y con porcentajes de fibra de acero reciclado de (0.5 % y 0.8%) en volumen para ensayos a los 21 días.

Se elaborarán y ensayarán 24 probetas cilíndricas y 6 probetas prismáticas, dando un total de 30 probetas.

### **2.3.3 Muestreo**

#### **2.3.3.1 Tipo**

Hernández, Fernández y Baptista (2004) manifiestan al respecto:

“En las muestras no probabilísticas, no podemos determinar una probabilidad, sino la elección es respecto a las características de la investigación o del individuo que selecciona la muestra. La secuencia a seguir para un estudio no probabilístico depende del proceso de elección de un investigador y, desde luego, las muestras seleccionadas están en función a las características del estudio” (p.176).

El tipo de muestreo en esta investigación es no probabilístico ya que la elección de las probetas será de acuerdo a sus características en función a los indicadores en estudio al momento de recolectar los datos.

### **2.4 Técnicas, instrumentos de obtención de datos y validez**

#### **2.4.1 Técnica**

“son procedimientos automatizados, que sirven para la solución de problemas. Las técnicas son seleccionadas teniendo en cuenta lo que busca el investigador en sus objetivos planteados. Las técnicas más comunes son: La observación, la entrevista, el análisis de documentos” (Abanto, 2014, p.47).

Las técnicas para esta investigación serán por observación directa y ensayos de laboratorio a probetas cilíndricas y prismáticas.

Para el diseño de mezcla

- Método comité 211 del ACI

Para los ensayos de laboratorio

- Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto. NTP 339.034
- Ensayo para determinar la resistencia a tracción simple del concreto. NTP 339.084
- Ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas. NTP 339.078
- Observación directa

#### **2.4.2 Instrumentos**

“Son medios secundarios que usa el investigador para recolectar los datos. Son herramientas con la cual se va recoger, filtrar y codificar los datos para ser utilizados en la elaboración de cualquier proceso estadístico. Los instrumentos tienen mucha relación con el metro de recolección de datos” (Valderrama, 2013, p.70).

Los instrumentos para las técnicas antes mencionadas serán:

- Formato de laboratorio para diseño de mezclas
- Norma técnica peruana (NTP 339.034, NTP 339.084, NTP 339.078)
- Maquina universal electromecánica para ensayos de resistencia de materiales
- Formato excel para obtención del esfuerzo a compresión
- Formato excel para obtención del esfuerzo de rotura
- Formato excel para obtención del módulo de rotura

#### **2.4.3 Validez**

“La validez, tiene relación con el grado en que un instrumento realmente puede estudiar de manera precisa una variable en estudio. Por ejemplo, un instrumento válido para medir la una longitud debe ser una wincha y no una regla” (Hernández, et al., 2014, p.201).

Se realizarán ensayos de laboratorio a los agregados para obtener datos reales y confiables para la elaboración del diseño de mezcla, además para la elaboración del concreto se usará agua potable y cemento Sol tipo I que cuenta con certificación NTP 334.009.

Para las probetas; el proceso de elaboración, dimensiones y ensayos serán realizadas de acuerdo a lo indicado en las normas (NTP 339.034, NTP 339.084, NTP 339.078) para compresión, tracción indirecta y flexión con cargas a los tercios de tramo respectivamente.

#### **2.4.4 Confiabilidad**

“La confiabilidad se refiere a la versatilidad de la escala, es decir no se ve condicionada por distintos factores. En este sentido todo instrumento debe tener un determinado certificado de confiabilidad” (Abanto, 2014, p.49).

Todos los ensayos necesarios en este proyecto de investigación serán realizados en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional Federico Villareal bajo la asesoría y supervisión de un técnico de laboratorio certificado. Cabe resaltar que la maquina universal electromecánica a usarse no presenta errores de calibración.

#### **2.5 Método de análisis de datos**

Para el presente estudio se analizará la influencia del cable acerado en forma de fibras en las propiedades mecánicas del concreto endurecido.

Para analizar la influencia del cable acerado en la resistencia a la compresión y tracción del concreto endurecido se prepararán probetas cilíndricas de dimensiones (15.22 cm x 30.50 cm). Estas probetas estarán constituidas por concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  sin fibra y con porcentajes de fibra de (0.5 % y 0.8%) en volumen, en cada caso se ensayarán 2 probetas para así obtener la carga P máxima con la cual se calculará un  $f'c$  promedio y  $F_r$  promedio para los 7, 14 y 28 días en compresión y 21 días en tracción. Con los datos obtenidos se elaborarán gráficos (Resistencia a la compresión promedio – Número de días, Resistencia a la compresión promedio – Porcentaje de fibra, Esfuerzo de rotura promedio – Porcentaje de fibra) para los 3 tipos de muestra.

Para analizar la influencia del cable acerado en la resistencia a la flexo-tracción del concreto endurecido se prepararán probetas prismáticas de dimensiones (15.20 cm x 15.20 cm x 55.88 cm), estas probetas estarán constituidas por concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  sin fibra y con porcentajes de fibra de (0.5 % y 0.8%) en volumen, en cada caso se ensayarán 2 probetas para así obtener la carga P máxima con la cual se calculará el módulo de rotura promedio para los 21 días. Con los datos obtenidos se elaborará el grafico Modulo de rotura promedio – Porcentaje de fibras.



### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Ensayos en agregados

Para preparar el diseño de mezcla necesitamos conocer algunas características físicas de los agregados, para ello el agregado fino y grueso han sido sometidos a ensayos de laboratorio.

Rivva (2013) afirma lo siguiente:

“Las propiedades físicas del agregado, normalmente empleadas en la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, incluyen el análisis granulométrico, con el cual se calcula el módulo de fineza y el tamaño máximo nominal del agregado, el peso específico de masa, la absorción y contenido de humedad, así como también el peso suelto y compactado” (p. 279).



*Figura 6.* Agregado fino

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 7.* Agregado grueso

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.1.1 Análisis granulométrico por tamizado para agregado fino y grueso

Este método nos permite determinar la forma en cómo se distribuyen las partículas según su tamaño a partir de una serie de tamices de una abertura mayor que progresivamente se hacen menores según indicaciones de la norma NTP 400.012.

#### Instrumentos

- Balanza: precisión de 0.1 g y 0.5 g para agregado fino y grueso respectivamente.
- Tamices: los tamices se deben sellar herméticamente en sus bordes entre sí para evitar la pérdida de material.
- Horno: horno a temperatura promedio de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Brocha y cepillo de alambre.

Los datos relevantes en este ensayo para nuestro diseño de mezcla serán el módulo de fineza en caso del agregado fino y el tamaño máximo nominal en caso del agregado grueso.

En ambos casos se requiere una muestra que haya sido deshidratada a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas.

La porción de material se debe colocar sobre el tamiz superior para luego agitar los tamices manualmente, el material retenido en cada tamiz debe ser pesado para así poder elaborar nuestra curva granulométrica,



**Figura 8.** Tamices. Laboratorio de materiales UNFV

**Fuente:** Elaboración propia

#### Agregado Fino

**Tabla 1.** Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.

GRANULOMETRIA				
Malla	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/8 "	-	-	-	100.0
#4	24.4	3.4	3.4	96.6
#8	127.5	17.9	21.3	78.7
#16	173.4	24.3	45.6	54.4
#30	149.8	21.0	66.6	33.4
#50	109.5	15.3	81.9	18.1
#100	88.6	12.4	94.3	5.7
FONDO	40.4	5.7	100.0	0.0
Total	713.6	100.0		

**Fuente:** Elaboración propia

Teniendo los valores de los porcentajes retenidos acumulados podemos calcular el módulo de fineza con la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$MF = \frac{3.4 + 21.3 + 45.6 + 66.6 + 81.9 + 94.3}{100} = 3.13$$

### Agregado grueso

**Tabla 2.** Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.

GRANULOMETRIA				
Malla	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
1 1/2"	-	-	-	100.0
1"	55.1	0.7	0.7	99.3
3/4"	346.3	4.6	5.4	94.6
1/2"	3903.0	52.2	57.6	42.4
3/8"	1299.0	17.4	75.0	25.0
#4	1595.0	21.3	96.3	3.7
#8	162.0	2.2	98.5	1.5
FONDO	114.0	1.5	100.0	0.0
Total	7474.4	100.0		

**Fuente:** Elaboración propia

Con estos valores determinamos que el tamaño máximo nominal del agregado grueso es 3/4".

### 3.1.2 Contenido de humedad total de agregado fino y grueso por secado

Los agregados tienen poros que se encuentran al aire libre, estos pueden estar llenos de agua dándole cierta humedad al agregado, es de suma importancia determinar este valor ya que el agregado podría agregarle agua a la mezcla o en su defecto quitarla.

Este ensayo esta estandarizado por la norma NTP 339.185.

#### Instrumentos

- Balanza: con sensibilidad del 0.1%
- Horno: horno a temperatura promedio de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Recipiente: resistente al calor
- Revolvedor

Para realizar este ensayo debemos pesar la muestra en la balanza, después la muestra será colocada en el horno, durante el secado debemos revolver la muestra para evitar el sobrecalentamiento localizado y acelerar el secado. Finalmente se pesa la muestra seca.

El contenido de humedad será calculado con la siguiente formula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(B - C) * 100}{C - A}$$

#### Agregado fino

**Tabla 3.** Características físicas del agregado fino.

CARACTERISITICAS FÍSICAS		
Descripción	Símbolo	Cantidad
Peso de tara	A	537.4
Peso de muestra original húmeda	B	1330.1
Peso de muestra seca	C	1316.3

**Fuente:** Elaboración propia

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(1330.1 - 1316.3) * 100}{1316.3 - 537.4} = 1.77\%$$

## Agregado grueso

**Tabla 4.** Características físicas del agregado grueso.

CARACTERISITICAS FÍSICAS		
Descripción	Símbolo	Cantidad
Peso de tara	A	1230.4 gr
Peso de muestra original húmeda	B	3943.1 gr
Peso de muestra seca	C	3928.0 gr

**Fuente:** Elaboración propia

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(3943.1 - 3928.0) * 100}{3928.0 - 1230.4} = 0.56\%$$

### 3.1.3 Peso específico y absorción de los agregados

El peso específico es un factor muy importante, con este dato se determina la cantidad de material necesario por metro cubico, por otro lado, la absorción se define como el incremento de la masa del agregado debido a la presencia de agua en los poros.

Para el agregado grueso el ensayo esta estandarizado por la norma NTP 400.021 y para el agregado fino el ensayo sigue los pasos indicados en la NTP 400.022.

#### Instrumentos

- Balanza: precisión 0.5 g y con capacidad mínima de 5 kg,
- Recipiente de agua
- Canasta de alambre
- Fiola
- Molde cónico
- Estufa: temperatura de 110° C ±5° C

## **Agregado grueso**

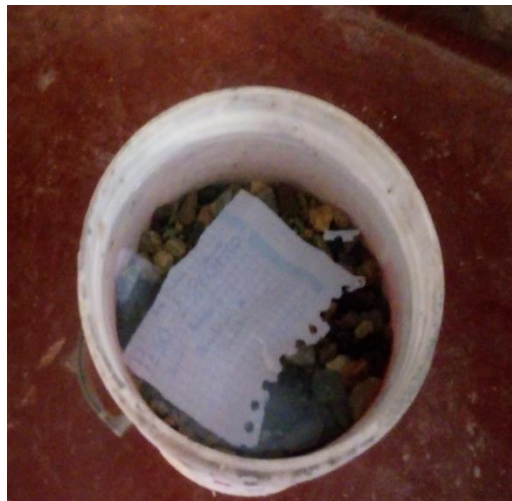
Para el agregado grueso la muestra debe ser secada a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego retirar y ventilar a temperatura ambiente por un espacio de entre 1h y 3h, inmediatamente después poner la muestra en la cesta y sumergir en agua a temperatura ambiente por  $24\text{h} \pm 4\text{h}$ .



**Figura 9.** Muestra de agregado grueso sumergido

**Fuente:** Elaboración propia

Después de estar sumergida durante  $24\text{h} \pm 4\text{h}$  se retira la muestra y se extiende en un paño absorbente hasta hacer eliminar todo rastro de agua visible para obtener el peso bajo condición de saturación en superficie seca. Esta muestra se sumerge en agua y se pesa para obtener el peso bajo condición saturada.



**Figura 10.** Muestra de agregado para ser pesada bajo condición saturada

**Fuente:** Elaboración propia

Para determinar el peso específico aparente se debe secar nuevamente la muestra a temperatura  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y dejar a ventilar hasta que el agregado haya enfriado a  $50^{\circ}\text{C}$  aproximadamente y se pesa.

**Tabla 5.** *Gravedad específica del agregado grueso.*

Descripción	Peso específico	Unidad
Peso específico Bulk ( Base Seca)	2.753	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico Bulk ( Base Saturada)	2.785	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico Aparente (Base Seca)	2.810	gr/cm <sup>3</sup>
Aborción	0.65	%

**Fuente:** Elaboración propia

### **Agregado fino**

La muestra debe ser secada a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego retirar y ventilar a temperatura ambiente por un espacio de entre 1h y 3h, después se sumerge en agua por un tiempo de  $72\text{ h} \pm 4\text{h}$  agitando durante 1 minuto cada 24 h. Pasado el periodo se retira el agua y se extiende la muestra en una superficie plana no absorbente y se deja secar.

Para determinar la humedad superficial se debe introducir la muestra en el molde cónico con el diámetro mayor hacia abajo y apisonar el material con 25 golpes mediante una barra compactadora. Después de la compactación se retira el molde verticalmente hacia arriba y si existe caída del agregado fino quiere decir que se ha llegado a la condición de superficie seca.

Cuando la mezcla alcanza el estado de superficie seca se realiza el ensayo mediante el procedimiento volumétrico que consiste en llenar la fiola con agua hasta la parte del cuello en la marca de 1ml y agregar la muestra en estado de superficie seca ( $55\text{ g.} \pm 5\text{g}$ ). Después se coloca un tapón al frasco y rodamos en posición inclinada formando un círculo y se toma una lectura que se compara con la lectura inicial sin la adición del fino.

**Tabla 6.** *Gravedad específica del agregado fino.*

Descripción	Peso específico	Unidad
Peso específico Bulk ( Base Seca)	2.571	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico Bulk ( Base Saturada)	2.620	gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico Aparente (Base Seca)	2.651	gr/cm <sup>3</sup>
Aborción	2.03	%

**Fuente:** Elaboración propia



### 3.1.4 Pesos unitarios de los agregados

Este ensayo se realiza siguiendo indicaciones de la norma NTP 400.017 y nos permite conocer la masa por volumen de nuestras muestras de agregados.

#### Instrumentos

- Balanza: sensible a 0.5 g
- Barra compactadora: esta barra debe ser de acero liso con un diámetro de 5/8"
- Recipiente de medida: metálico y con asas
- Pala de mano

El procedimiento correspondiente al tamaño máximo nominal es el de apisonado que consiste en llenar el recipiente cilíndrico en 3 capas, cada capa compactada con 25 golpes, finalmente se enrasa utilizando la misma barra. Se registra el peso del recipiente vacío y el recipiente más la muestra compactada.

#### Agregado fino

**Tabla 7.** *Peso unitario suelto del agregado fino.*

PESO UNITARIO SUELTO			
Ensayo N°	1	2	3
Peso de molde + muestra (kg)	7.083	7.102	7.095
Peso de molde (kg)	2.639	2.639	2.639
Peso de muestra (kg)	4.444	4.463	4.456
Volumen de molde (m3)	0.0028317	0.002832	0.0028317
Peso unitario (kg/m3)	1569	1576	1574
Peso unitario promedio (kg/m3)	1546		

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 8.** *Peso unitario compactado del agregado fino.*

PESO UNITARIO COMPACTADO			
Ensayo N°	1	2	3
Peso de molde + muestra (kg)	7.982	8.0077	7.992
Peso de molde (kg)	2.639	2.639	2.539
Peso de muestra (kg)	5.343	5.368	5.353
Volumen de molde (m3)	0.0028317	0.002832	0.0028317
Peso unitario (kg/m3)	1887	1896	1890
Peso unitario promedio (kg/m3)	1858		

**Fuente:** Elaboración propia

## Agregado grueso

**Tabla 9.** *Peso unitario suelto del agregado grueso.*

PESO UNITARIO SUELTO			
Ensayo N°	1	2	3
Peso de molde + muestra (kg)	20.480	20.389	20.400
Peso de molde (kg)	6.226	6.226	6.226
Peso de muestra (kg)	14.254	14.163	14.174
Volumen de molde (m3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389
Peso unitario (kg/m3)	1510.000	1500.000	1502.000
Peso unitario promedio (kg/m3)	1494		

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 10.** *Peso unitario compactado del agregado grueso.*

PESO UNITARIO COMPACTADO			
Ensayo N°	1	2	3
Peso de molde + muestra (kg)	21.777	21.886	21.975
Peso de molde (kg)	6.226	6.226	6.226
Peso de muestra (kg)	15.551	15.66	15.749
Volumen de molde (m3)	0.0094389	0.0094389	0.0094389
Peso unitario (kg/m3)	1648	1659	1669
Peso unitario promedio (kg/m3)	1647		

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2 Diseño de mezcla mediante el método del comité 211 del ACI

Para elaborar del diseño de mezcla debemos conocer las características físicas de los materiales a emplear, estas características han sido obtenidas mediante ensayos de laboratorio para el agregado fino y agregado grueso.

“El cálculo de las cantidades de materiales necesarios para preparar un cubo de concreto comprende una secuencia que debe respetarse, en función de las propiedades de los materiales para preparar una mezcla adecuada en función del trabajo a realizar.” (Rivva, 2013, p.132).

#### 3.2.1 Diseño de mezcla para concreto patrón (210 kg/cm<sup>2</sup>)

##### Materiales

a) Cemento

- “Sol” Portland ASTM Tipo I
- Peso específico = **3.12**

b) Agua

- Potable

c) Agregado fino

- Peso específico de masa = **2651 kg/m<sup>3</sup>**
- Absorción = **2.03%**
- Contenido de humedad = **1.77%**
- Módulo de fineza = **3.13**

d) Agregado grueso

- Tamaño máximo nominal =  $\frac{3}{4}$ ”
- Peso seco compactado = **1647 kg/m<sup>3</sup>**
- Peso específico de masa = **2810 kg/m<sup>3</sup>**
- Absorción = **0.65%**
- Contenido de humedad = **0.56 %**

**Selección de resistencia a la compresión promedio**

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (resistencia de diseño)

Cuando no se puede calcular la desviación estándar debido a la falta de registros de ensayos anteriores la resistencia promedio requerida será calculada usando los siguientes valores:

**Tabla 11.** Resistencia a la compresión promedio

<b>f'c</b>	<b>f'cr</b>
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

**Fuente:** Adaptado de tabla 7.4.3 Diseño de mezclas, Enrique Rivva López

$$f'_{cr} = f'_{c} + 84$$

$$f'_{cr} = 210 + 84$$

$$f'_{cr} = \mathbf{294 \text{ kg/cm}^2}$$

### **Volumen unitario de agua**

Para calcular el volumen de agua debemos conocer el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el slump del concreto a diseñar.

Según la NTP 400.037 el tamaño máximo es aquel que representa al menor tamiz por el cual la muestra ha ido pasando y el tamaño máximo nominal se determina cuando el tamiz retiene valores de muestra de entre 5% y 10%.

$$\text{Tamaño máximo nominal} = \frac{3}{4}''$$

Rivva (2013) clasifica al concreto de acuerdo a su consistencia de la siguiente manera:

- a) Mezclas secas; son las mezclas donde su valor de asentamiento está en el rango de 0 y 2 pulgadas.
- b) Mezclas plásticas; son las mezclas donde su valor de asentamiento está en el rango de 2 y 4 pulgadas.
- c) Mezclas fluidas; son las mezclas donde su valor de asentamiento está en el rango de 5 a más pulgadas.

Para esta investigación se diseñó un concreto plástico con 3'' de asentamiento ya que la adición de fibras metálicas le disminuirá trabajabilidad.

$$\text{Asentamiento (SLUMP)} = 3''$$

**Tabla 12.** Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua, l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
	Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

**Fuente:** Adaptado Comité 211 del ACI

**\*El diseño de esta mezcla será para concreto sin aire incorporado, usualmente se incorpora aire en climas fríos.**

Ingresando a la tabla con los datos ya mencionados obtenemos un valor unitario de agua de **205 lt/m<sup>3</sup>**.

### Selección de relación agua – cemento por resistencia

La relación agua – cemento se considera una de las etapas fundamentales en la elaboración de una mezcla teórica de concreto.

**Tabla 13.** Relación agua-cemento por resistencia

f'cr a 28 días	Relacion Agua/Cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

**Fuente:** Adaptado Comité 211 del ACI

Como no hay un valor exacto para  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$  tenemos que interpolar valores para calcular nuestra relación a/c.

$$\frac{250 - 300}{0.62 - 0.55} = \frac{294 - 300}{x - 0.55}$$

$$(250 - 300)(x - 0.55) = (294 - 300)(0.62 - 0.55)$$

$$x = 0.56$$

$$a/c = 0.56$$

### Calculo del contenido de cemento

Factor cemento = agua /cemento

$$\frac{205}{c} = 0.56$$

$$C = \frac{205}{0.56}$$

$$C = 367 \text{ kg}$$

Donde:

C= cemento

### Selección del agregado grueso

En el método del comité 211 del ACI se determina el porcentaje de agregado grueso y por diferencia el porcentaje de agregado fino, el caso contrario sucede en el método de Walker donde primero se calcula el porcentaje del agregado fino.

Para obtener el contenido de agregado grueso se requiere conocer el tamaño máximo nominal y la granulometría del agregado fino para determinar el módulo de fineza, con estos datos obtenemos el coeficiente  $b/b_0$  mediante la **tabla 14.**, este coeficiente se multiplica por el peso unitario seco compactado del agregado.

**Tabla 14.** *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.*

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** Adaptado Comité 211 del ACI

$$b/b_0 = 0.60$$

$$Pd = (b/b_0) \times P.U.S.C$$

$$Pd = 0.60 \times 1647 \text{ kg/m}^3$$

$$Pd = 989 \text{ kg.}$$

Donde:

Pd= Piedra

(b/b<sub>0</sub>) = Coeficiente

P.U.S.C = Peso unitario seco compactado o varillado

### Contenido de aire atrapado

Rivva (2013) manifiesta al respecto:

“en todo tipo de concreto siempre hay una pequeña cantidad de aire atrapado, esta cantidad depende de los materiales, la forma de almacenamiento y la granulometría y tamaño máximo del agregado. Este aire atrapado se caracteriza por tener un diámetro aproximado a 1mm” (pag.85).

**Tabla 15.** *Contenido de aire atrapado.*

Tamaño máximo nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

**Fuente:** Adaptado Comité 211 del ACI

El contenido de aire atrapado para nuestro agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4" es de **2.0 %**.

#### **Calculo de volúmenes absolutos**

Conocidos los pesos de los materiales se puede calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos.

**Tabla 16.** *Volumen absoluto de los materiales.*

Materiales	Peso (kg)	Peso específico (kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	367.00	3110	0.1180
Piedra	988.20	2753	0.3590
Agua	205.00	1000	0.2050
Aire	2%	...	0.0200
Suma de volúmenes conocidos			0.7020

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Contenido de agregado fino**

Para conocer el contenido de agregado fino restamos a la unidad la suma de volúmenes absolutos obtenidos anteriormente.

Volumen absoluto de agregado fino =  $1 - 0.7020 = 0.2980 \text{ m}^3$

$A.f = \text{Vol. A.f} \times P.e \text{ A. f}$

$A.f = 0.2980 \times 2571$



$$A.f = 766.42 \text{ kg}$$

Donde:

A.f = agregado fino

Vol. A.f = volumen absoluto de agregado fino

P.e A.f = peso específico de agregado fino

### Valores de diseño

**Tabla 17.** *Valores de diseño.*

Materiales	Valores de diseño
Cemento	367.00 kg
Agua de diseño	205.00 kg
Agregado fino seco	766.42 kg
Agregado grueso seco	988.20 kg

**Fuente:** Elaboración propia

### Corrección por humedad del agregado

Para corregir el peso de los agregados por humedad multiplicamos el peso seco de los agregados por su respectivo contenido de humedad.

$$A.f.h = A.f \times (1 + CH)$$

$$A.f.h = 766.42 \times (1 + 0.0177) = \mathbf{779.99 \text{ kg}}$$

$$A.g.h = A.g \times (1 + CH)$$

$$A.g.h = 988.20 \times (1 + 0.0056) = \mathbf{993.73 \text{ kg}}$$

Donde:

A.f.h = Agregado fino húmedo

A.g.h = Agregado grueso húmedo

CH = Contenido de humedad

### Humedad superficial

La humedad superficial se calcula restando el contenido de humedad y la absorción del material, ambos valores expresados en porcentaje.

$$A. f = CH - \% \text{ Abs.}$$

A. f= 1.77 % - 2.03 %

A. f= **-0.26%**

A. g= CH - %Abs.

A. g= 0.56 % - 0.65%

A. g= **-0.09%**

### **Aporte de agua de los agregados por humedad**

**Tabla 18.** *Aporte de agua de los agregados.*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Humedad superficial</b>	<b>Aporte de agua (lt/m3)</b>
Agregado fino	766.42	-0.0026	-1.9927
Agregado grueso	988.20	-0.0009	-0.8894
			-2.8821

**Fuente:** Elaboración propia

El aporte de agua resulta negativo, esto debido a que el porcentaje de absorción es mayor que el contenido de humedad, en consecuencia, se debe sumar este aporte de agua negativo al agua de diseño para no disminuir su valor.

Agua efectiva = 205 + 2.8821 = **207.8821 lt/m3**

### **Valores de diseño corregidos por humedad**

- Cemento = 367 kg/m<sup>3</sup>
- Agua efectiva = 207.88lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo = 779.99 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo = 993.73 kg/m<sup>3</sup>

### **Proporción en peso**

Proporción en peso seco

- Relación a/c de diseño = 205/367 = 0.56

$$\frac{367}{367} : \frac{766.42}{367} : \frac{988.20}{367}$$

1 : 2,08 : 2.69 ; 23.8 litros

Proporción en peso húmedo

- Relación a/c efectivo =  $207.88/367 = 0.5664$

$$\frac{367}{367} : \frac{779.99}{367} : \frac{993.73}{367}$$

1 : 2,13 : 2.71 ; 24.07 litros

### Peso por una tanda de cemento

- Cemento =  $1 \times 42.5 = 42.5$  kg
- Agua efectiva = 24 litros
- Agregado fino húmedo =  $2.13 \times 42.5 = 90.53$  kg
- Agregado grueso húmedo =  $2.71 \times 42.5 = 115.18$  kg

### 3.2.2 Diseño de mezcla para concreto patrón (210 kg/cm<sup>2</sup>) con inclusión de 0.5% de volumen de fibra reciclada.

Para el diseño de la mezcla con la inclusión de 0.5% de volumen de fibra reciclada necesitamos conocer su peso específico, como no es posible determinar el peso específico de nuestro material consideraremos ese valor de acuerdo a la tabla 19 adaptada del ACI, esto debido a que tanto la fibra de acero comercial y el cable acerado de las llantas están compuestas de alambre trefilado con bajo contenido de carbono.

**Tabla 19.** *Propiedades mecánicas de las fibras de uso común en el concreto.*

Tipo de fibra	Diametro (mm)	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la tracción (Mpa)	Modulo de young (Gpa)	Maxima elongación (%)
Acero	0.15 - 1	7840	345 - 3000	200	4.0 - 10
Carbon	-	1400	4000	230 - 240	1.4 - 1.8
Poliester	0.02 - 0.40	1400	720-860	8.3	11 - 13
Nylon	0.02 - 0.40	1100	760 - 820	4.1	16 - 20
Vidrio	0.005 - 0.15	2500	1000 - 2600	70 - 80	1.5 - 3.5
Acrilico	0.02 - 0.35	1100	200 - 400	2	1.1

**Fuente:** Adaptado de ACI 544.5R-10

Volumen de fibra = 0.5%

Peso específico = 7840 kg/m<sup>3</sup>

Masa de fibra para 0.5% de volumen = 0.005 x 7840 kg/m<sup>3</sup> = 39.20 kg

Peso específico de concreto patrón = 2348.6 kg/m<sup>3</sup>

Concreto patrón → 0.995 m<sup>3</sup> = 2336.86 kg

Fibra reciclada → 0.005 m<sup>3</sup> = 39.20 kg

### Corrección de valores por inclusión de 0.5% en volumen de fibra

Tabla 20. Dosificación de concreto con 0.5% de volumen de fibra.

Material	Concreto patrón	%	0.5 % adición fibra
Cemento	367 kg	-	367 kg
Agua	207.88 litros	-	207.88 litros
Agregado fino	779.99 kg	43.97	774.74 kg
Agregado grueso	993.73 kg	56.03	987.24
Fibra	-	-	39.20 kg
Peso específico	2348.60 kg/m <sup>3</sup>	100	2376.06 kg/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

### Proporción en peso

Proporción en peso húmedo

- Relación a/c efectivo = 207.88/367 = 0.5664

$$\frac{367}{367} : \frac{774.74}{367} : \frac{987.24}{367}$$

1 : 2.11 : 2.69 ; 24.07 litros

### Peso por una tanda de cemento

- Cemento = 1 x 42.5 = 42.5 kg
- Agua efectiva = 24.07 litros
- Agregado fino húmedo = 2.11 x 42.5 = 89.675 kg
- Agregado grueso húmedo = 2.69 x 42.5 = 114.325 kg

### 3.2.3 Diseño de mezcla para concreto patrón (210 kg/cm<sup>2</sup>) con inclusión de 0.8% de volumen de fibra reciclada.

Volumen de fibra = 0.8%

Peso específico = 7840 kg/m<sup>3</sup>

Masa de fibra para 0.8% de volumen = 0.008 x 7840 kg/m<sup>3</sup> = 62.72 kg

Peso específico de concreto patrón = 2348.6 kg/m<sup>3</sup>

Concreto patrón → 0.992 m<sup>3</sup> = 2329.81 kg

Fibra reciclada → 0.008 m<sup>3</sup> = 62.72 kg

#### Corrección de valores por inclusión de 0.8% en volumen de fibra

**Tabla 21.** Dosificación de concreto con 0.8% de volumen de fibra.

Material	Concreto patrón	%	0.8 % adición fibra
Cemento	367 kg	-	367 kg
Agua	207.88 litros	-	207.88 litros
Agregado fino	779.99 kg	43.97	771.643 kg
Agregado grueso	993.73 kg	56.03	983.283 kg
Fibra	-	-	62.72 kg
Peso específico	2348.6 kg/m <sup>3</sup>	100	2392.53 kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

#### Proporción en peso

Proporción en peso húmedo

- Relación a/c efectivo = 207.88/367 = 0.5664

$$\frac{367}{367} : \frac{771.643}{367} : \frac{983.283}{367}$$

$$1 : 2.10 : 2.68 ; 24.07 \text{ litros}$$

#### Peso por una tanda de cemento

- Cemento = 1 x 42.5 = 42.5 kg
- Agua efectiva = 24.07 litros

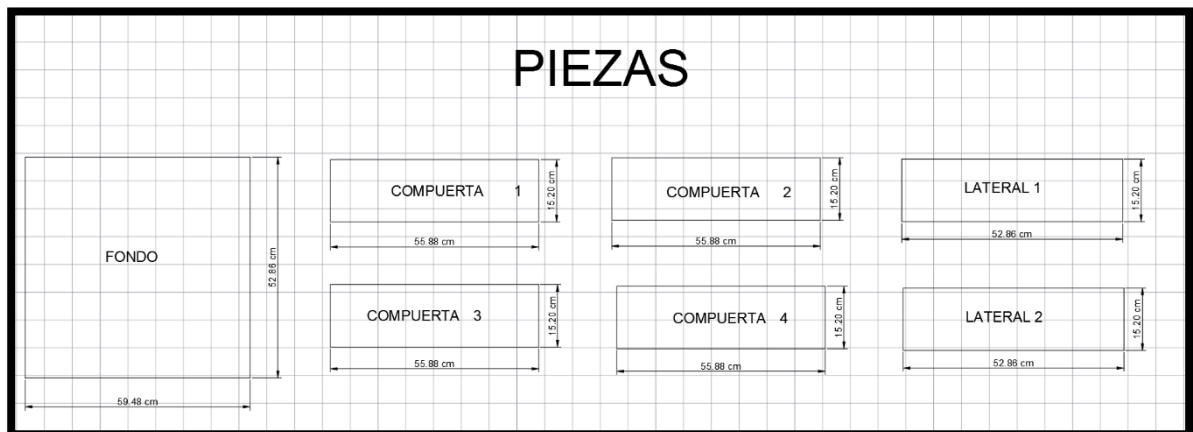
- Agregado fino húmedo =  $2.10 \times 42.5 = 89.25 \text{ kg}$
- Agregado grueso húmedo =  $2.68 \times 42.5 = 113.90 \text{ kg}$

### 3.3 Elaboración de probetas

#### 3.3.1 Moldes para probetas

Para la elaboración de las muestras usaremos los moldes disponibles en laboratorio para probetas cilíndricas de 15,22 cm x 30.50 cm, en el caso de las probetas prismáticas al no contar con los moldes en laboratorio confeccionaremos el espécimen con dimensiones 15,20 cm x 15,20 cm x 55.88 cm según recomendación del técnico de la UNFV.

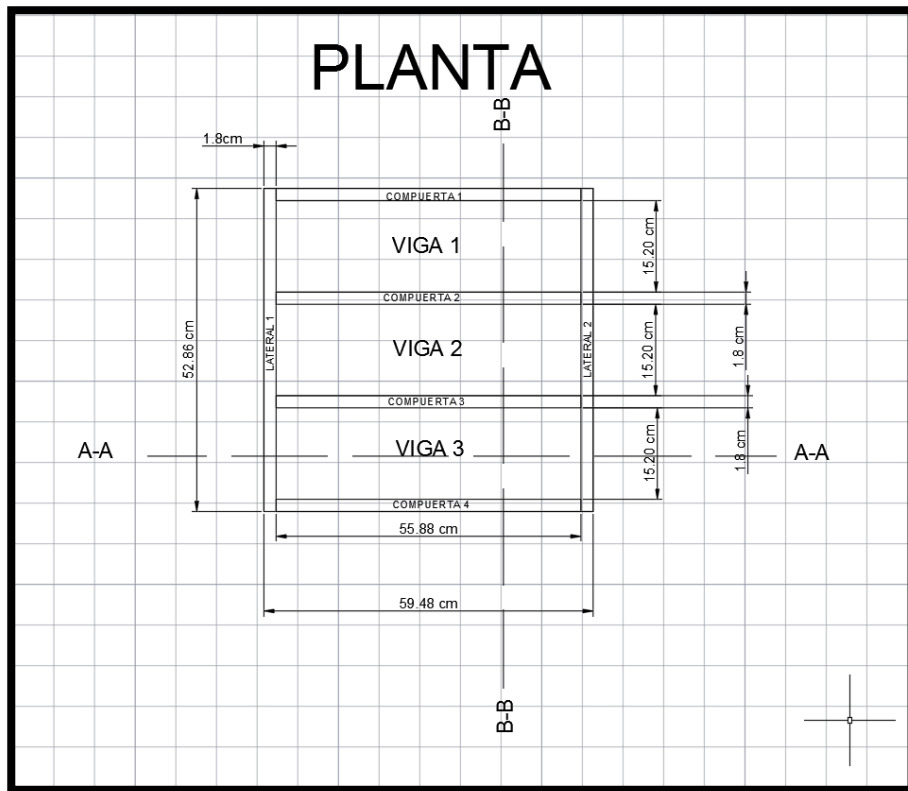
Para ellos usaremos el fenólico como material de encofrado cortado en las dimensiones como indica la **figura 11**, **figura 12** y **figura 13**.



**Figura 11.** Piezas para encofrado de moldes.

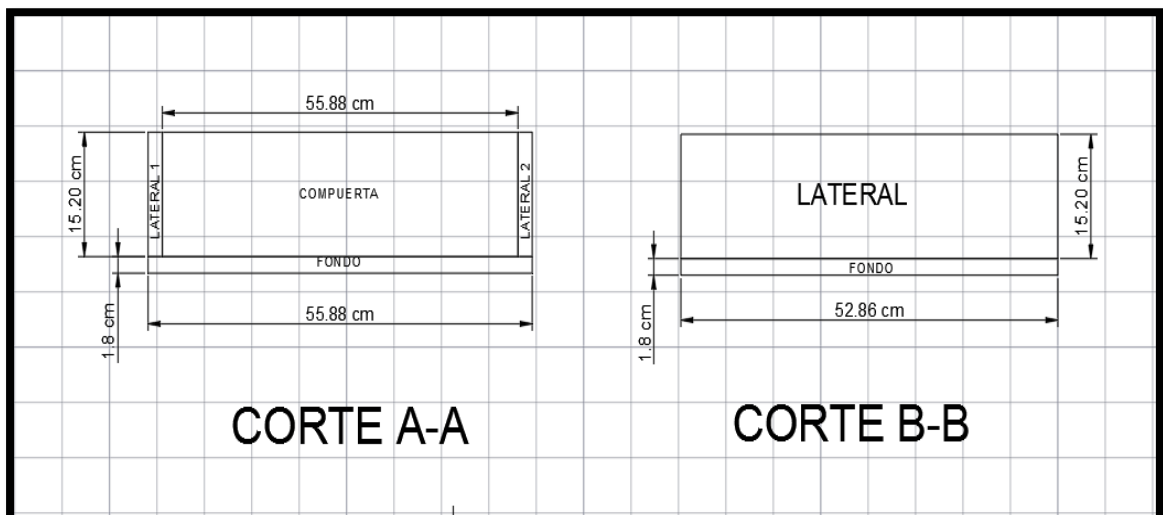
**Fuente:** Elaboración propia.

Estas piezas serán ensambladas mediante pernos autoroscantes, colocando la pieza denominada fondo (59.48 cm x 52.86 cm) en la base, encima los laterales 1 y 2 (52.86 cm x 15.20 cm), después de ensamblar y asegurar estas piezas se colocan las compuertas (55.88 cm x 15.20 cm), quedando al interior 3 formas con dimensiones 15.20 cm x 15.20 cm x 55.88 cm como se observa en la **Figura 14**.



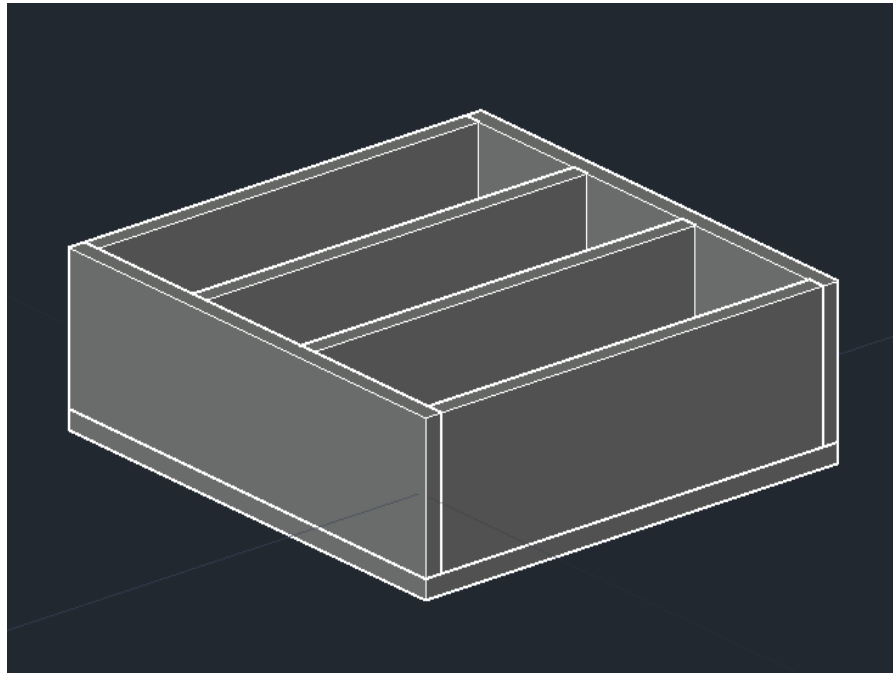
**Figura 12.** Vista en planta del encofrado

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 13.** Cortes del encofrado.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 14.** Vista isométrica del encofrado ensamblado.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2 Preparación de mezcla

Los valores obtenidos en el diseño de mezcla corresponden a la cantidad de materiales necesarios para una bolsa de cemento, pero debido al trompito mezclador disponible en el laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional Federico Villareal de capacidad 3 pies<sup>3</sup> debemos calcular la cantidad de materiales para ese volumen, además por recomendación del técnico, solo se hizo trabajar al trompito a un 75% de su capacidad, siendo el volumen efectivo **2.25 pies<sup>3</sup>**.

#### Capacidad del trompo mezclador

$$2.25 \text{pies}^3 \times \frac{0.3048^3 \text{ m}^3}{1^3 \text{pies}^3} = 0.0637 \text{ m}^3$$

Para los 3 tipos de concreto se elaboraron 8 probetas cilíndricas y 2 prismáticas, a continuación, se calculó el volumen total de estas probetas para comprobar si es posible elaborarlas en una tanda.

#### Volumen de tanda para 8 probetas cilíndricas y 2 prismáticas

- Volumen probetas cilíndricas (15.22 cm x 30.50 cm)



$$\text{Área} = \pi \times 7.61^2 = 181.936 \text{ cm}^2$$

$$\text{Altura} = 30.50 \text{ cm}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de probetas} = 8$$

$$\text{Volumen total} = 0.005549 \times 0.305 \times 8 = 0.013540 \text{ m}^3$$

- Volumen probetas prismáticas (15.20 cm x 15.20 cm x 55.88 cm)

$$\text{Volumen} = 0.152 \times 0.152 \times 0.5588 = 0.012911 \text{ m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ de probetas} = 2$$

$$\text{Volumen total} = 0.012911 \times 2 = 0.025822 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. tanda} = 0.013540 + 0.025822 = \mathbf{0.039362 \text{ m}^3}$$

Con este cálculo comprobamos que el volumen de concreto requerido para elaborar nuestras probetas es menor a la capacidad del trompo mezclador.

#### **Peso de tanda para concreto patrón (210 kg/cm<sup>2</sup>)**

Con el peso total de los materiales para 1 m<sup>3</sup> calculados anteriormente y el volumen de la tanda podemos calcular el peso de la tanda.

$$W. \text{ tanda} = 2348.60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.039362 \text{ m}^3 = 92.45 \text{ kg}$$

$$C = 14.45 \text{ kg}$$

$$\text{Af.} = 30.70 \text{ kg}$$

$$\text{Ag.} = 39.12 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 8.18 \text{ litros}$$

#### **Peso de tanda para concreto patrón (210 kg/cm<sup>2</sup>) con adición de 0.5% en volumen de fibra.**

$$W. \text{ tanda} = 2376.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.039362 \text{ m}^3 = 93.53 \text{ kg}$$

C = 14.45 kg  
Af. = 30.49 kg  
Ag. = 38.86 kg  
Agua = 8.18 litros  
Fibra = 1.55 kg

**Peso de tanda para concreto patrón (210 kg/cm<sup>2</sup>) con adición de 0.8% en volumen de fibra.**

$$W. tanda = 2392.53 \frac{kg}{m^3} \times 0.039362 m^3 = 94.17 kg$$

C = 14.45 kg  
Af. = 30.37 kg  
Ag. = 38.70 kg  
Agua = 8.18 litros  
Fibra = 2.47 kg

Con estos valores se prepararon los distintos tipos de muestras, para cada caso se realizó el pesaje de cada uno de los componentes y se procedió a mezclar por un espacio de 10 minutos, en el caso del concreto con adición de fibras estas fueron añadidas al final para garantizar una correcta distribución.

### **3.3.3 Elaboración de especímenes y curado**

La elaboración y curado de los especímenes tanto cilíndricos como prismáticos se realizaron siguiendo las consideraciones de la NTP 339.033.

Para las probetas cilíndricas se llenó el concreto a cada tercio de altura, se varilló 25 veces en espiral, número de varilladas correspondientes al diámetro del molde, tal como indica la **tabla 27**, adicionalmente a esta indicación se golpeó el perímetro del molde con un martillo de goma, después de varillar la tercera capa se agrega más concreto para realizar el enrasado final.



**Figura 15.** Elaboración de probetas con concreto patrón

**Fuente:** Elaboración propia

En el caso de las probetas prismáticas se realizó el mismo proceso en 2 capas, la NTP 339.033 en el punto 10.3 indica que para vigas de entre 150 mm y 200 mm de ancho el número de varilladas corresponde a 1 por cada 14 cm<sup>2</sup> de superficie. La superficie de nuestro molde es de 849.38 cm<sup>2</sup> por lo tanto el número de varilladas fueron 61.

Se retiraron los moldes al día siguiente de la preparación y se llevaron las probetas a la cámara de curado.



**Figura 16.** Vigas prismáticas

**Fuente:** Elaboración propia

Tipo de espécimen y tamaño	Número de capas de igual altura	Número de golpes por capa
Cilindros: diámetro, mm		
100	2	25
150	3	25
225	4	50
Vigas: ancho, mm		
150 a 200	2	Véase 10.3
> 200	3 ó más de igual altura, sin exceder 150 mm	Véase 10.3

**Figura 17.** Moldeo de especímenes por apisonado.

**Fuente:** NTP 339.033, Tabla 3. Moldeo de especímenes por apisonado. Requisitos.

### 3.4 Ensayos al concreto endurecido

Se realizaron ensayos de compresión, tracción por compresión diametral y flexo-tracción según las NTP 339.034, NTP 339.084 y NTP 339.078 respectivamente.

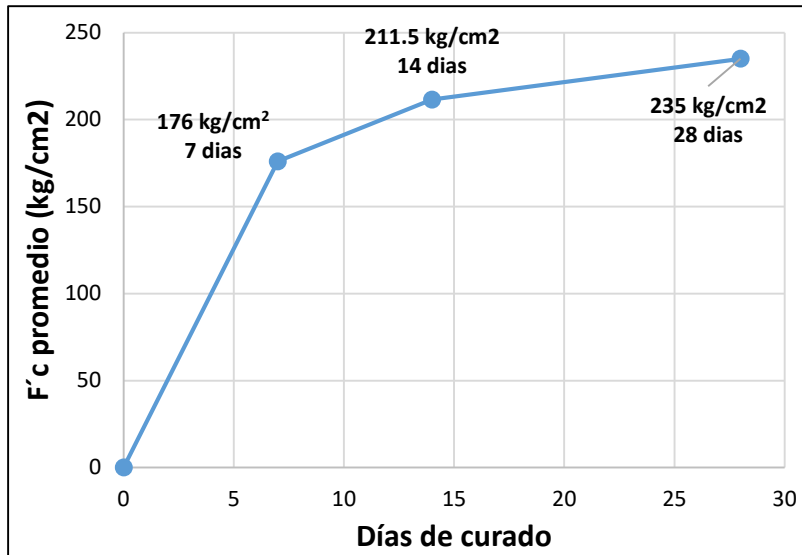
#### 3.4.1 Ensayo para determinación de la resistencia a la compresión del concreto

Para este ensayo se aplicó una carga axial constante a las probetas cilíndricas hasta que estas fallen. La resistencia a la compresión se calculó dividiendo la máxima carga obtenida entre el área de la sección de la probeta, en este caso circular. La carga expresada en kg y el área en  $\text{cm}^2$  para así obtener el  $f'c$  con unidad  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Se ensayaron un total de 18 probetas de dimensiones 15.22 cm x 30.50 cm, para obtener resistencias a los 7, 14 y 28 días para muestras de concreto patrón ( $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ) y con la adición de porcentajes en volumen de fibras de 0.5% y 0.8%.

**Tabla 22.** Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de concreto patrón.

Testigo		Fecha		Edad	Carga	Diametro	$f'c$	$f'c$ promedio
N°	Elemento	Moldeo	Rotura	Días	Kg	cm	$\text{Kg}/\text{cm}^2$	$\text{Kg}/\text{cm}^2$
M1	Patrón	02/10/2018	09/10/2018	7	31656.91	15.22	174	176
M2	Patrón	02/10/2018	09/10/2018	7	32384.65	15.22	178	
M3	Patrón	02/10/2018	16/10/2018	14	38024.68	15.22	209	211.5
M4	Patrón	02/10/2018	16/10/2018	14	38934.36	15.22	214	
M5	Patrón	02/10/2018	28/10/2018	28	42209.21	15.22	232	235
M6	Patrón	02/10/2018	28/10/2018	28	43300.83	15.22	238	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 18.** F'c promedio vs días de curado para concreto patrón.

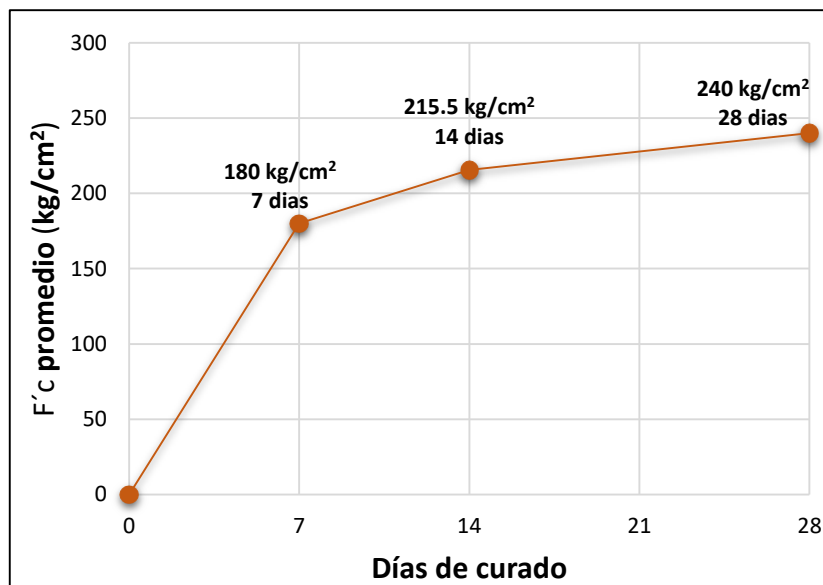
**Fuente:** Elaboración propia

La **tabla 22** nos muestra los resultados del ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón. Como se puede apreciar en la **figura 18** a los 7 días se obtuvo una resistencia promedio de 176 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 211.5 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 235 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 23.** Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 0.5% de volumen de fibra.

Testigo		Fecha		Edad	Carga	Diametro	f'c	f'c promedio
N°	Elemento	Moldeo	Rotura	Días	Kg	cm	Kg/cm2	Kg/cm2
M1	0.5 % Fibra	06/10/2018	13/10/2018	7	32566.59	15.22	179	180
M2	0.5 % Fibra	06/10/2018	13/10/2018	7	32930.46	15.22	181	
M3	0.5 % Fibra	06/10/2018	20/10/2018	14	38934.36	15.22	214	215.5
M4	0.5 % Fibra	06/10/2018	20/10/2018	14	39480.17	15.22	217	
M5	0.5 % Fibra	06/10/2018	03/11/2018	28	43300.83	15.22	238	240
M6	0.5 % Fibra	06/10/2018	03/11/2018	28	44028.57	15.22	242	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 19.** F'c promedio vs días de curado para concreto con adición de 0.5% de fibra.

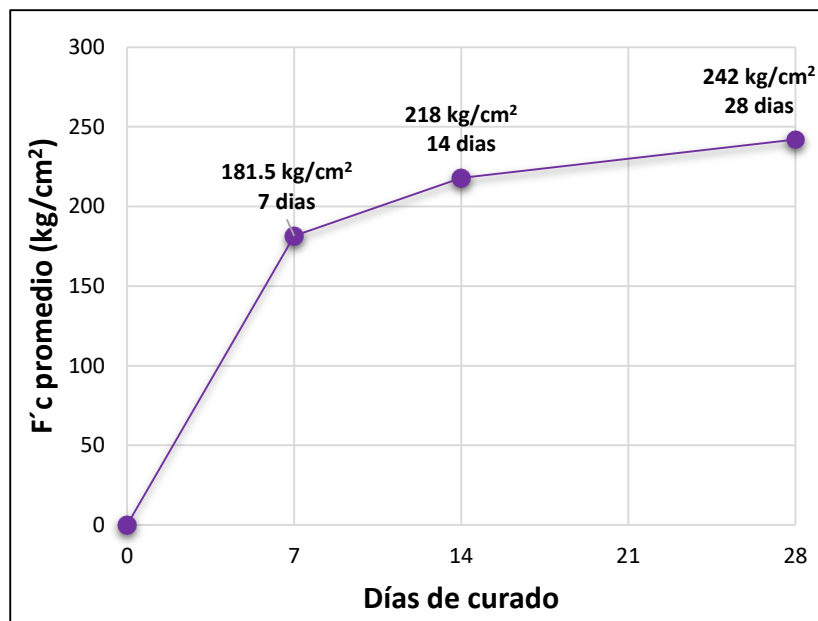
**Fuente:** Elaboración propia

La **tabla 23** nos muestra los resultados del ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición del 0.5% de fibra en volumen. Como se puede apreciar en la **figura 19** a los 7 días se obtuvo una resistencia promedio de 180 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 215.5 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 240 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 24.** Resultados de ensayo de resistencia a la compresión de concreto con adición de 0.8% de volumen de fibra.

Testigo		Fecha		Edad	Carga	Diametro	f'c	f'c promedio
N°	Elemento	Moldeo	Rotura	Dias	Kg	cm	Kg/cm2	Kg/cm2
M1	0.8 % Fibra	09/10/2018	16/10/2018	7	32748.52	15.22	180	181.5
M2	0.8 % Fibra	09/10/2018	16/10/2018	7	33294.33	15.22	183	
M3	0.8 % Fibra	09/10/2018	23/10/2018	14	39298.23	15.22	216	218
M4	0.8 % Fibra	09/10/2018	23/10/2018	14	40025.97	15.22	220	
M5	0.8 % Fibra	09/10/2018	06/11/2018	28	43664.70	15.22	240	242
M6	0.8 % Fibra	09/10/2018	06/11/2018	28	44392.44	15.22	244	

**Fuente:** Elaboración propia

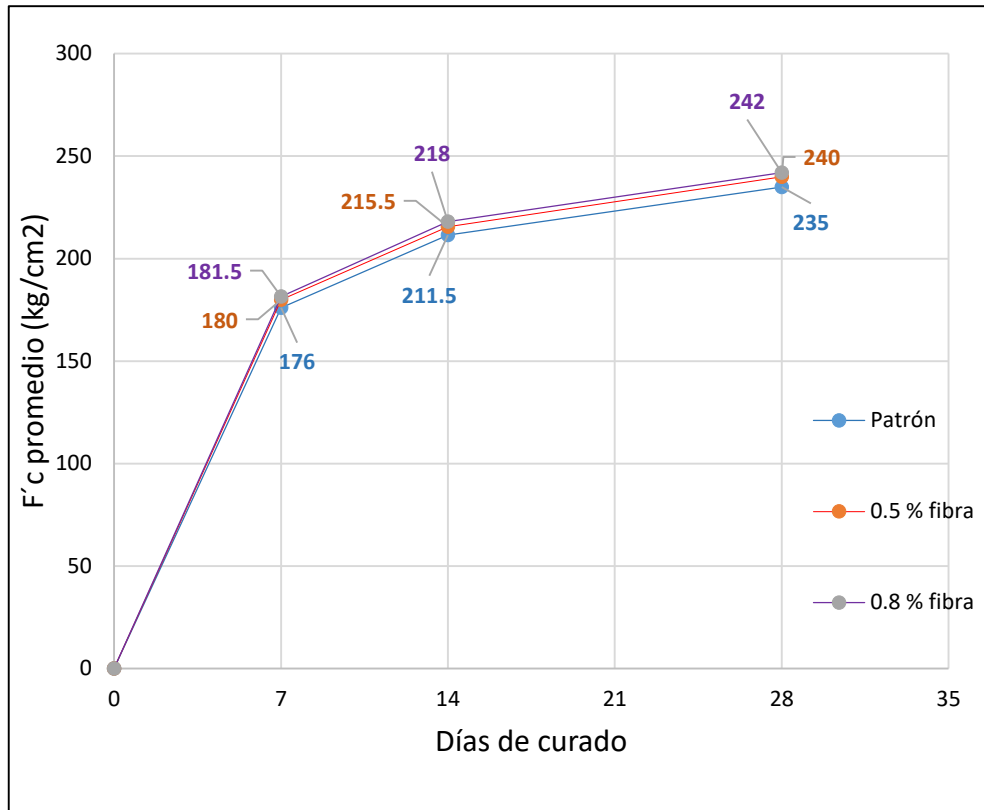


*Figura 20.* F'c promedio vs días de curado para concreto con adición de 0.8% de fibra.

**Fuente:** Elaboración propia

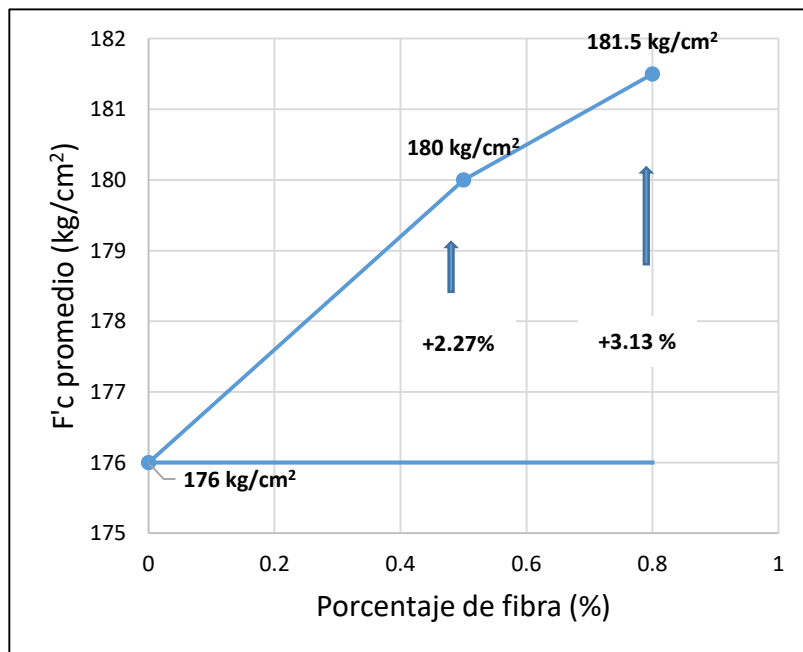
La **tabla 24** nos muestra los resultados del ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón con adición del 0.8% de fibra en volumen. En la **figura 20** se puede apreciar que a los 7 días se obtuvo una resistencia promedio de 181.5 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días se obtuvo una resistencia promedio de 218 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 242 kg/cm<sup>2</sup>.

En la **figura 21** se puede apreciar que el incremento de la resistencia a la compresión es directamente proporcional a la adición de fibras y los días de curado. Tomando como referencia la resistencia a la compresión a los 7 días, se puede observar que a los 14 días el concreto patrón tuvo mayor crecimiento con 20.17% mientras que el concreto con adición de 0.5% de fibra en volumen tuvo el menor porcentaje de crecimiento con un valor de 19.72%, entre los 14 y 28 días la resistencia siguió aumentando, pero el porcentaje de crecimiento disminuyó en los 3 casos, el concreto con adición de 0.8% de fibra presentó la mayor disminución con un valor de 9.1% y el concreto con adición de 0.5% de fibra solo disminuyó 8.35%.



**Figura 21.** Resumen de la resistencia a la compresión promedio vs días de curado.

**Fuente:** Elaboración propia

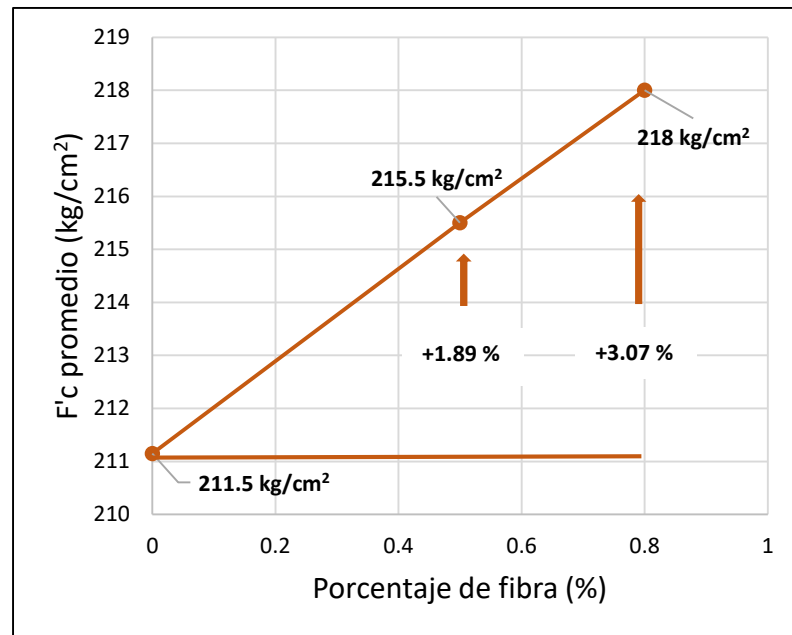


**Figura 22.** F'c promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 7 días.

**Fuente:** Elaboración propia



La **figura 22** nos muestra el aumento de la resistencia a la compresión según los porcentajes de fibra para las probetas con 7 días de curado. Con el concreto patrón se obtuvo  $f'c= 176 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto con adición de 0.5% de fibra en volumen obtuvo una resistencia de  $180 \text{ kg/cm}^2$  que representa un incremento de 2.27%, por otro lado, el concreto con adición de 0.8% de fibra en volumen obtuvo una resistencia de  $181.5 \text{ kg/cm}^2$  que representa un incremento de 3.13%.



**Figura 23.** F'c promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 14 días.

**Fuente:** Elaboración propia

La **figura 23** nos muestra el incremento de la resistencia a la compresión según los porcentajes de fibra para las probetas con 14 días de curado. Con el concreto patrón se obtuvo  $f'c= 211.5 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto con adición de 0.5% de fibra en volumen obtuvo una resistencia de  $215.5 \text{ kg/cm}^2$  que representa un incremento de 1.89%, por otro lado, el concreto con adición de 0.8% de fibra en volumen obtuvo una resistencia de  $218 \text{ kg/cm}^2$  que representa un incremento de 3.07%.

La **figura 24** nos muestra el aumento de la resistencia a la compresión según los porcentajes de fibra para las probetas con 28 días de curado. Con el concreto patrón se obtuvo  $f'c= 235 \text{ kg/cm}^2$ , el concreto con adición de 0.5% de fibra en volumen obtuvo

una resistencia de 240 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento de 2.13%, por otro lado, el concreto con adición de 0.8% de fibra en volumen obtuvo una resistencia de 242 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento de 2.98%.

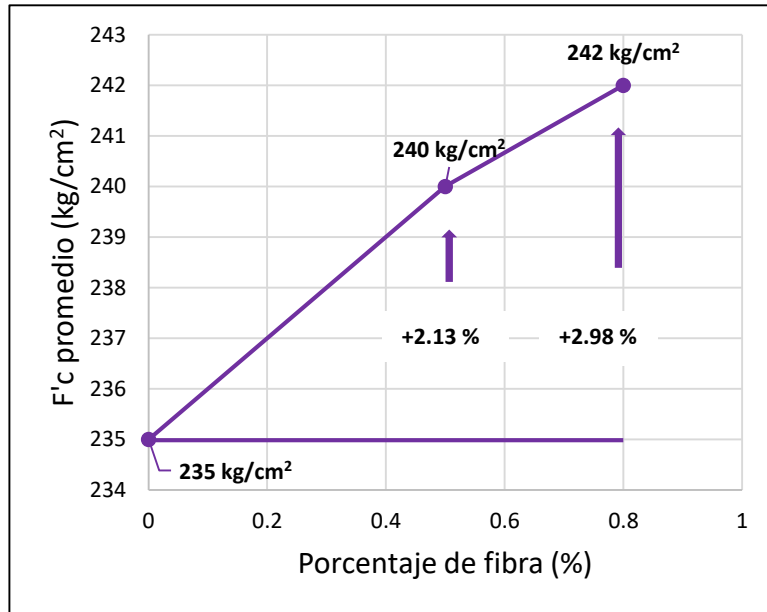


Figura 24. F'c promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia

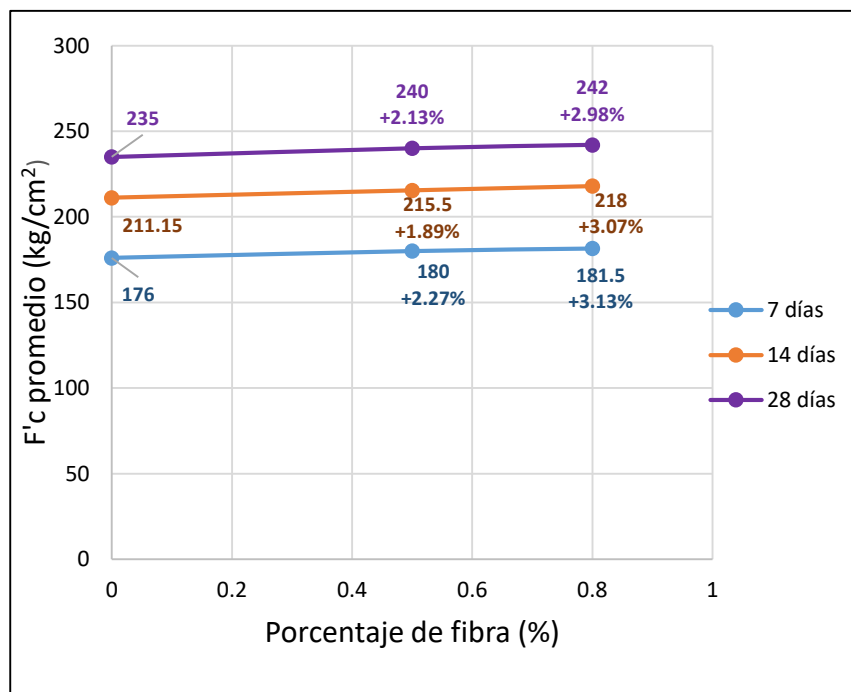


Figura 25. Resumen de la resistencia a la compresión promedio vs porcentaje de fibra

Fuente: Elaboración propia

La **figura 25** representa la resistencia a la compresión promedio según el porcentaje de fibras, para los 7, 14 y 28 días. Podemos apreciar que para los 7 días la influencia de la fibra en volúmenes de 0.5% y 0.8% es positiva con incrementos de 2.27 % y 3.13 % respectivamente, a los 14 días sigue siendo positiva pero en ambos casos el porcentaje de incremento se reduce a 1.89 % y 3.07% respectivamente, a los 28 días sigue dándose de manera favorable y el porcentaje de incremento para el concreto con adición de 0.5% de fibra crece a 2.13% mientras que el porcentaje de incremento para el concreto con adición de 0.8% de fibra sigue reduciéndose presentando un valor de 2.98%.

### 3.4.2 Ensayo para determinación de la resistencia a la tracción simple por compresión diametral

Para este ensayo se aplicó una carga de compresión a lo largo de la probeta hasta fallar a lo largo de su diámetro, para este ensayo se rompieron 6 probetas a los 21 días para los 3 tipos de muestra, solo se ensayó a los 21 días debido a la sugerencia del técnico de laboratorio basándose en su experiencia que indica que la resistencia a la tracción a los 7 y 14 días es muy baja. El esfuerzo de tracción obtenido se expresa en (kg/cm<sup>2</sup>) mediante la siguiente formula:

$$Fr = \frac{2P}{\pi \cdot L \cdot D}$$

Donde:

P= carga máxima (Kg)

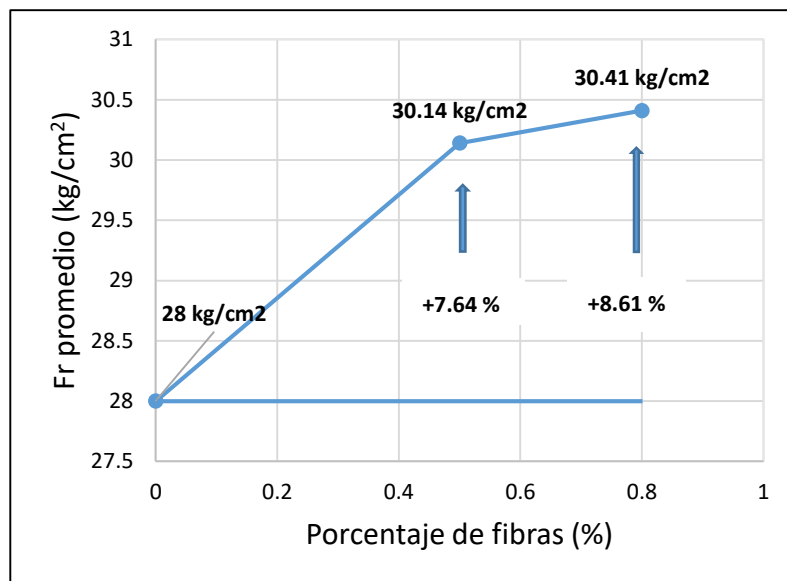
L= longitud (cm)

D= diámetro (cm)

**Tabla 25.** Resultados de ensayo de resistencia a la tracción simple por compresión diametral a los 21 días.

Identificación	Patrón	Patrón	Adición de 0.5 % fibra	Adición de 0.5 % fibra	Adición de 0.8 % fibra	Adición de 0.8 % fibra
Fecha de elaboración	16/10/2018	16/10/2018	16/10/2018	16/10/2018	16/10/2018	16/10/2018
Fecha de rotura	07/11/2018	07/11/2018	07/11/2018	07/11/2018	07/11/2018	07/11/2018
Edad	21 días	21 días	21 días	21 días	21 días	21 días
Carga (kg)	19890	20950	22050	21900	22100	22250
Esfuerzo a tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	27.28	28.73	30.24	30.03	30.31	30.51
Fr promedio	28.00		30.14		30.41	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 26.** Fr promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 21 días.

**Fuente:** Elaboración propia

La **tabla 25** nos muestra los resultados del ensayo para determinar la resistencia a la tracción indirecta mediante compresión diametral. Según se aprecia en la **figura 26**, el concreto patrón a los 21 días presenta un esfuerzo de tracción de 28 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con adición de 0.5% de fibra en volumen obtuvo un valor de 30.14 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento de 7.64 % y el concreto con adición de 0.8% de fibra en volumen obtuvo un valor de 30.41 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento de 8.61%.

Las fibras de acero recicladas presentan una influencia positiva en la resistencia a la tracción del concreto, para ambos casos el incremento considerable.

### **3.4.3 Ensayo para determinación de la resistencia a la flexo-tracción en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de tramo.**

Para este ensayo se elaboraron 2 vigas para cada tipo de dosificación y se rompió a los 21 días. La muestra se preparó marcando los puntos de apoyo y los puntos donde se concentrarían las dos cargas, obteniendo una luz libre de 46.5 cm y las cargas a 15.5 cm de cada apoyo. La finalidad de este ensayo es obtener el módulo de rotura expresado en kg/cm<sup>2</sup>, con la siguiente formula:

$$Mr = \frac{PL}{Bh^2}$$

Donde:

P= Carga máxima (Kg)

L = Luz libre (cm)

B= Ancho (cm)

h= Altura (cm)



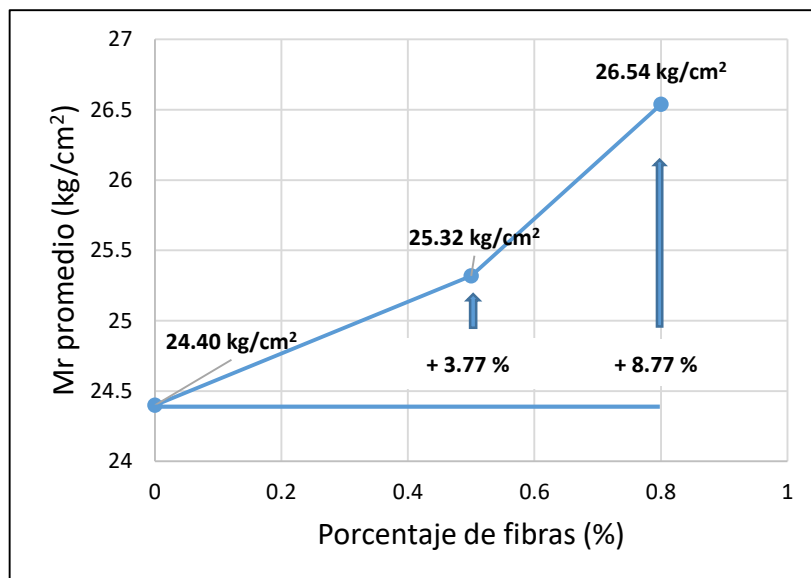
**Figura 27.** Viga en la máquina de ensayo

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 26.** Resultados de ensayo de resistencia a la flexo-tracción en vigas simplemente apoyadas a los 21 días.

Identificación	Patrón	Patrón	Adición de 0.5 % fibra	Adición de 0.5 % fibra	Adición de 0.8 % fibra	Adición de 0.8 % fibra
Fecha de elaboración	21/10/2018	21/10/2018	21/10/2018	21/10/2018	21/10/2018	21/10/2018
Luz libre (cm)	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50
Carga (kg)	1835.00	1850.00	1900.00	1925.00	2010.00	1998.00
Modulo de rotura (kg/cm2)	24.30	24.50	25.26	25.49	26.61	26.46
Mr promedio	24.40		25.38		26.54	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 28.** Mr. promedio vs porcentaje de fibra para concreto curado a los 21 días.

**Fuente:** Elaboración propia

La **tabla 26** nos muestra los resultados del ensayo para determinar la resistencia a la flexotracción en vigas simplemente apoyadas. Según la **figura 28** el concreto patrón a los 21 días presenta un esfuerzo de tracción de 24.40 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto con adición de 0.5% de fibra en volumen obtuvo un valor de 25.32 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento de 3.77 % y el concreto con adición de 0.8% de fibra en volumen obtuvo un valor de 26.54 kg/cm<sup>2</sup> que representa un incremento de 8.77%.

Las fibras de acero recicladas presentan una influencia positiva en la resistencia a la flexión del concreto, siendo el incremento del concreto con adición de 0.8% de fibra el más significativo.

**Tabla 27.** Resultados globales de los ensayos al concreto endurecido

ENSAYO	Compresión	Incremento	Tracción	Incremento	Flexión	Incremento
Días de curado	28 días		21 días		21 días	
PATRON	235 kg/cm <sup>2</sup>		28 kg/cm <sup>2</sup>		24.4 kg/cm <sup>2</sup>	
0.50%	240 kg/cm <sup>2</sup>	2.13%	30.14 kg/cm <sup>2</sup>	7.64%	25.32 kg/cm <sup>2</sup>	3.77%
0.80%	242 kg/cm <sup>2</sup>	2.98%	30.41 kg/cm <sup>2</sup>	8.61%	26.54 kg/cm <sup>2</sup>	8.77%

**Fuente:** Elaboración propia

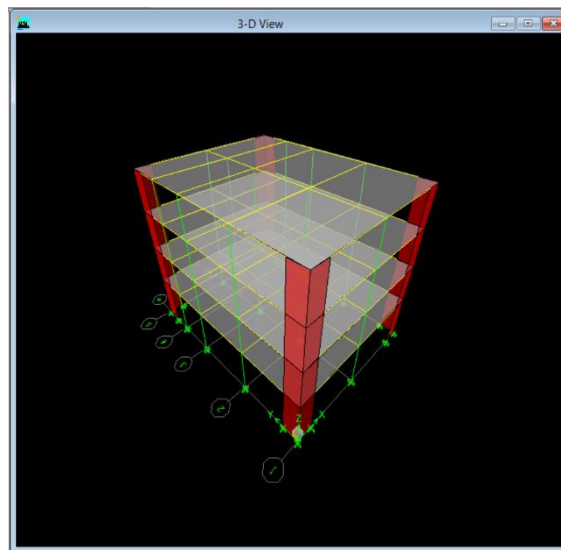
La **tabla 27** nos muestra los resultados globales donde podemos analizar el desempeño de la fibra en sus diferentes porcentajes para cada ensayo, en el caso de la resistencia a la

compresión se reflejó un incremento poco significativo con 2.13% y 2.98% para concreto con adición de 0.5% y 0.8% de fibra respectivamente, para la resistencia a la tracción se presentó una mejora con valores similares de 7.64% y 8.61% para concreto con adición de 0.5% y 0.8% de fibra respectivamente , y por ultimo para la resistencia a la flexo-tracción el módulo de rotura presentó una mejora poco significativa de 3.77% para concreto con adición de 0.5% de fibra mientras que el concreto con adición de 0.8% de fibra presentó una mejora de 8.77% siendo este el mayor incremento obtenido.

### **3.5 Influencia del concreto con fibra reciclada en los desplazamientos de una estructura aporcionada de concreto armado.**

Después de haber realizado los ensayos de laboratorio al concreto y observar una mejora en las propiedades mecánicas, se analizó la influencia de estos 3 tipos de concreto. Se modeló una estructura aporcionada de concreto armado en el programa ETABS para determinar si el concreto con fibra permite un mejor desempeño en la estructura respecto al concreto patrón. Además, también se realizó una comparación entre un modelo con 0.5% de fibra en volumen y otro modelo con 0.8% de fibra en volumen para determinar el porcentaje optimo entre estos dos, para este punto se consideró la reducción del desplazamiento.

La estructura modelada fue una edificación de 4 pisos con una altura total de 12.50 m, el sistema de losa fue aligerado de 0.20 m.



**Figura 29.** Estructura modelada en ETABS.

**Fuente:** Elaboración propia

## Desplazamientos y derivas de la estructura con propiedades del concreto patrón

Para este modelo se corrió el programa con las características de concreto que se puede apreciar en la **figura 30**.

**Figura 30.** Propiedades del concreto patrón introducidos al ETABS

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 28.** Máximos desplazamientos en eje x-x patrón.

Nivel	hi (cm)	Rd	0.75*Rd	Desp. Total (m)	Rd*Desp. Total (m)	Parcial (cm)	Delta/hi
4	300	6	4.5	0.0149	0.067050	1.71000	0.00570
3	300	6	4.5	0.0111	0.049950	1.93500	0.00645
2	300	6	4.5	0.0068	0.030600	1.84500	0.00615
1	350	6	4.5	0.0027	0.012150	1.21500	0.00347

**Fuente:** Elaboración propia

Según se aprecia en la **tabla 28** el desplazamiento máximo del último piso fue de 6.7 cm, el desplazamiento máximo de entrepiso 1.9 cm y la mayor deriva fue de 0.00615.

**Tabla 29.** Máximos desplazamientos en eje y-y patrón.

Nivel	hi (cm)	Rd	0.75*Rd	Desp. Total (m)	Rd*Desp. Total (m)	Parcial (cm)	Delta/hi
4	300	6	4.5	0.0125	0.056250	1.35000	0.00450
3	300	6	4.5	0.0095	0.042750	1.62000	0.00540
2	300	6	4.5	0.0059	0.026550	1.57500	0.00525
1	350	6	4.5	0.0024	0.010800	1.08000	0.00309

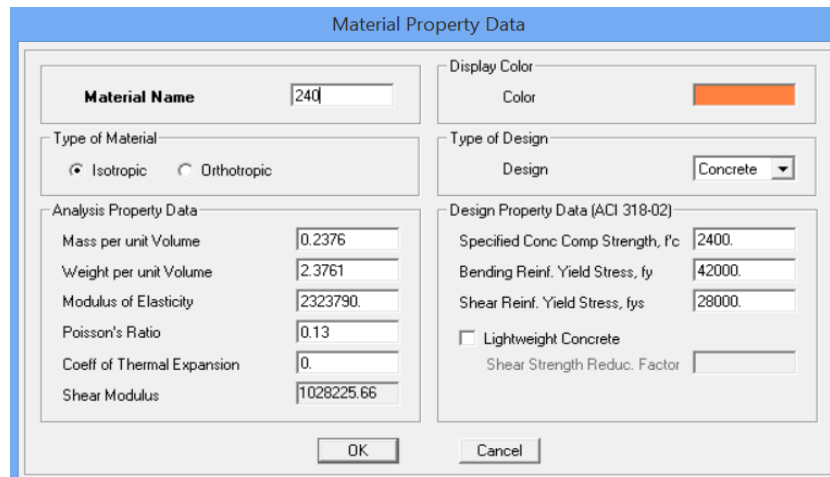
**Fuente:** Elaboración propia



Según se aprecia en la **tabla 29** el desplazamiento máximo del último piso fue de 5.6 cm, el desplazamiento máximo de entrepiso 1.6 cm y la mayor deriva fue de 0.0054.

### Desplazamientos y derivas de la estructura con propiedades del concreto con 0.5% de fibra

Para este modelo se corrió el programa con las características de concreto que se puede apreciar en la **figura 31**.



**Figura 31.** Propiedades del concreto con 0.5% de fibra introducidos al ETABS

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 30.** Máximos desplazamientos en eje x-x concreto con 0.5% de fibra.

Nivel	hi (cm)	Rd	0.75*Rd	Desp. Total (m)	Rd*Desp. Total (m)	Parcial (cm)	Delta/hi
4	300	6	4.5	0.0146	0.065700	1.66500	0.00555
3	300	6	4.5	0.0109	0.049050	1.89000	0.00630
2	300	6	4.5	0.0067	0.030150	1.84500	0.00615
1	350	6	4.5	0.0026	0.011700	1.17000	0.00334

**Fuente:** Elaboración propia

Según se aprecia en la **tabla 30** el desplazamiento máximo del último piso fue de 6.6 cm, el desplazamiento máximo de entrepiso 1.9 cm y la mayor deriva fue de 0.0063.

**Tabla 31.** Máximos desplazamientos en eje y-y concreto con 0.5% de fibra.

Nivel	hi	Rd	0.75*Rd	Desp. Total	Rd*Desp. Total	Parcial	Delta/hi
	(cm)			(m)	(m)	(cm)	
4	300	6	4.5	0.0122	0.054900	1.30500	0.00435
3	300	6	4.5	0.0093	0.041850	1.57500	0.00525
2	300	6	4.5	0.0058	0.026100	1.57500	0.00525
1	350	6	4.5	0.0023	0.010350	1.03500	0.00296

**Fuente:** Elaboración propia

Según se aprecia en la **tabla 31** el desplazamiento máximo del último piso fue de 5.5 cm, el desplazamiento máximo de entrepiso 1.6 cm y la mayor deriva fue de 0.0053.

### Desplazamientos y derivas de la estructura con propiedades del concreto con 0.8% de fibra

Para este modelo se corrió el programa con las características de concreto que se puede apreciar en la **figura 32**.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box. It contains the following fields and values:

- Material Name:** 242
- Display Color:** Color (purple)
- Type of Material:**  Isotropic,  Orthotropic
- Type of Design:** Design: Concrete
- Analysis Property Data:**
  - Mass per unit Volume: 0.2393
  - Weight per unit Volume: 2.3925
  - Modulus of Elasticity: 2333452.3
  - Poisson's Ratio: 0.12
  - Coeff of Thermal Expansion: 0
  - Shear Modulus: 1041719.78
- Design Property Data (ACI 318-02):**
  - Specified Conc Comp Strength, f'c: 2420
  - Bending Reinf. Yield Stress, fy: 42000
  - Shear Reinf. Yield Stress, fys: 28000
  - Lightweight Concrete
  - Shear Strength Reduc. Factor: (empty)

**Figura 32.** Propiedades del concreto con 0.8% de fibra introducidos al ETABS

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 32.** Máximos desplazamientos en eje x-x concreto con 0.8% de fibra.

Nivel	hi	Rd	0.75*Rd	Desp. Total	Rd*Desp. Total	Parcial	Delta/hi
	(cm)			(m)	(m)	(cm)	
4	300	6	4.5	0.0145	0.065250	1.66500	0.00555
3	300	6	4.5	0.0108	0.048600	1.89000	0.00630
2	300	6	4.5	0.0066	0.029700	1.80000	0.00600
1	350	6	4.5	0.0026	0.011700	1.17000	0.00334

**Fuente:** Elaboración propia

Según se aprecia en la **tabla 32** el desplazamiento máximo del último piso fue de 6.5 cm, el desplazamiento máximo de entrepiso 1.9 cm y la mayor deriva fue de 0.0063.

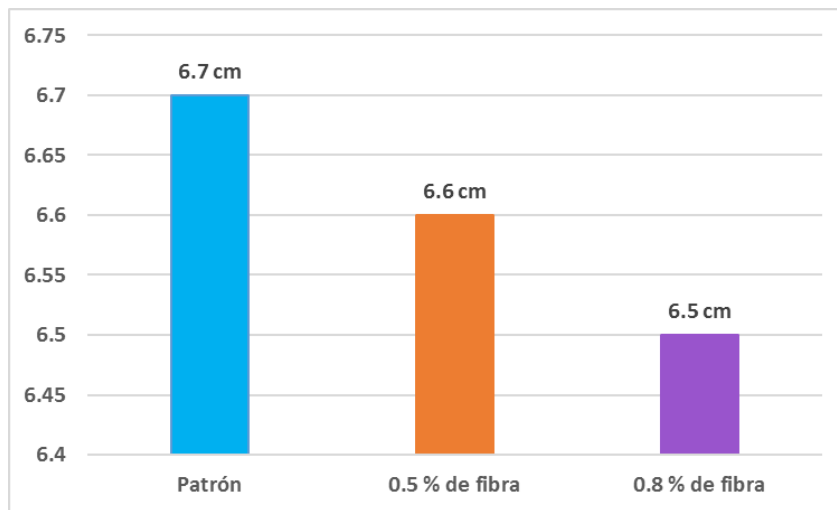
**Tabla 33.** Máximos desplazamientos en eje y-t concreto con 0.8% de fibra.

Nivel	hi	Rd	0.75*Rd	Desp. Total	Rd*Desp. Total	Parcial	Delta/hi
	(cm)			(m)	(m)	(cm)	
4	300	6	4.5	0.0121	0.054450	1.30500	0.00435
3	300	6	4.5	0.0092	0.041400	1.57500	0.00525
2	300	6	4.5	0.0057	0.025650	1.53000	0.00510
1	350	6	4.5	0.0023	0.010350	1.03500	0.00296

**Fuente:** Elaboración propia

Según se aprecia en la **tabla 33** el desplazamiento máximo del último piso fue de 5.4 cm, el desplazamiento máximo de entrepiso 1.6 cm y la mayor deriva fue de 0.0053.

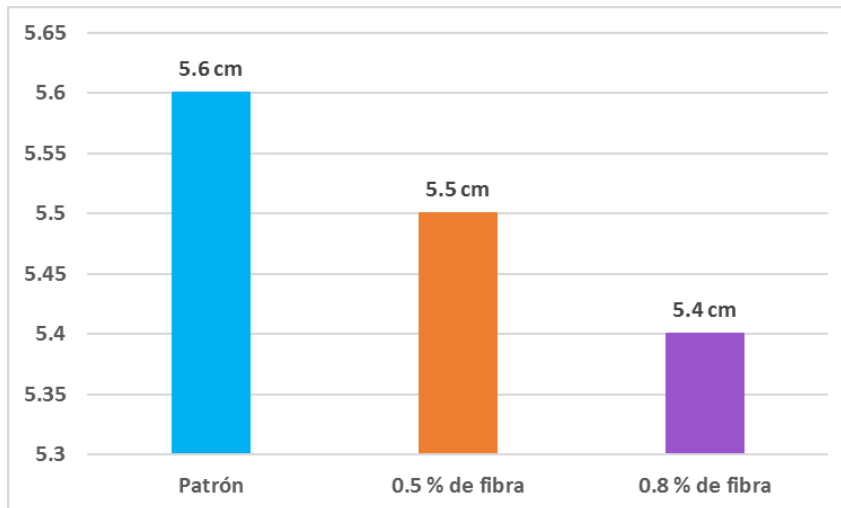
En la **figura 33** se aprecian los desplazamientos máximos en el eje x-x de la estructura para cada tipo de concreto. El concreto patrón tuvo un desplazamiento de 6.7 cm, el concreto con 0.5% de fibra tuvo un desplazamiento de 6.6 cm y el concreto con 0.8% de fibra tuvo un desplazamiento de 6.5 cm.



**Figura 33.** Máximos desplazamientos en el eje x-x

**Fuente:** Elaboración propia

En la **figura 34** se aprecian los desplazamientos máximos en el eje y-y de la estructura para cada tipo de concreto. El concreto patrón tuvo un desplazamiento de 5.6 cm, el concreto con 0.5% de fibra tuvo un desplazamiento de 5.5 cm y el concreto con 0.8% de fibra tuvo un desplazamiento de 5.4 cm.



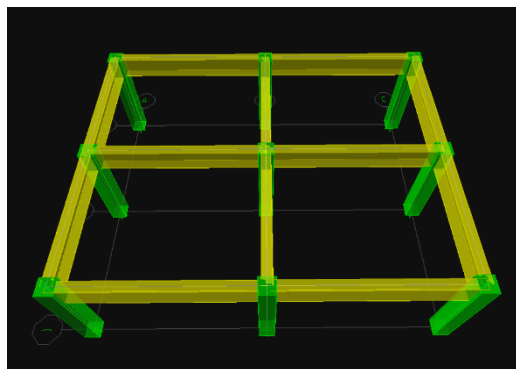
**Figura 34.** Máximos desplazamientos en el eje x-x

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.6 Influencia del concreto con fibra reciclada en el área de acero de un pórtico de concreto armado.

Para determinar la influencia de la fibra en un pórtico se realizó el cálculo de acero de una viga peraltada (25 cm x 60 cm) de un pórtico. La finalidad fue diseñar el refuerzo principal de la viga con cada tipo de concreto, y verificar si el área de acero para el elemento se reduce debido al cambio de la resistencia a la compresión para un concreto patrón, y concreto con fibras en porcentajes de volumen de 0.5% y 0.8%.

El diseño de la viga se realizó mediante el método de los coeficientes del ACI que propone unos coeficientes en fracciones para determinar momentos máximos positivos y negativos. Para el metrado de cargas se consideró una losa maciza de 15 cm y un ancho tributario de 4.40 m.



**Figura 35.** Estructura en planta para diseño de viga central

**Fuente:** Elaboración propia

## Metrado de cargas

### Carga muerta

$$\text{Viga} = 0.25 \times 0.60 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$$

$$\text{Losca maciza} = 0.15 \times 3.40 \times 2400 = 1224 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = 120 \times 4.40 = 528 \text{ kg/m}$$

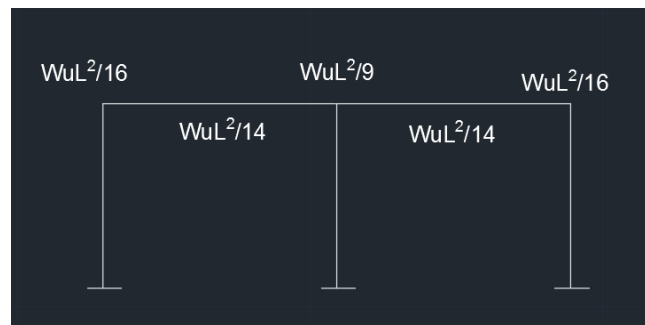
$$\text{Tabiquería} = 100 \times 4.40 = 440 \text{ kg/m}$$

### Carga viva

$$s/c = 200 \times 4.40 = 880 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga última distribuida} = 1.4 (\text{carga muerta}) + 1.7 (\text{carga viva})$$

$$W_u = 1.4 (2552) + 1.7 (880) = 5068.8 \text{ kg/m}$$

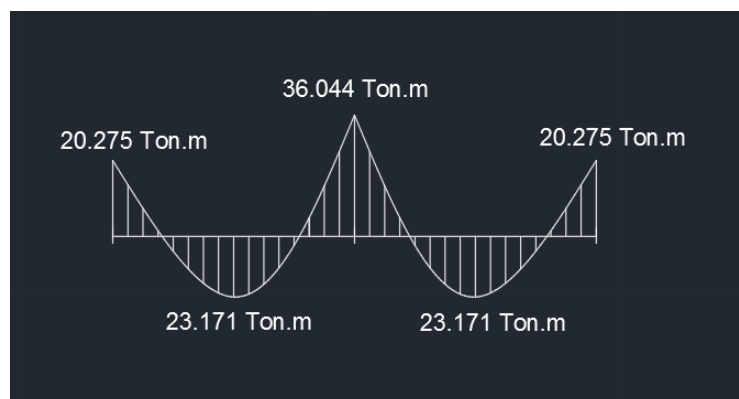


**Figura 36.** Coeficientes para momentos en vigas de pórticos

**Fuente:** Elaboración propia

Con los coeficientes que aparecen en la **figura 36** se calcularon los momentos para la viga.

Luz libre entre apoyos = 8m



**Figura 37.** Momentos calculados con los coeficientes

**Fuente:** Elaboración propia

Con los momentos obtenidos se procedió a calcular las áreas de acero con la siguiente formula:

$$\left( \frac{Fy^2}{1.7 \times F'c \times b} \right) As^2 - (Fy \times d) As + \frac{Mu}{0.90}$$

Donde:

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

b = ancho de viga

d = peralte efectivo

Mu = momento ultimo

**Tabla 34.** Área de acero calculado para la viga.

Acero	As f'c 235	As f'c 240	As f'c 242
As negativo	10.388	10.368	10.361
As negativo	20.045	19.956	19.922
As negativo	10.388	10.368	10.361
As positivo	12.030	12.006	11.995
As positivo	12.030	12.006	11.995

**Fuente:** Elaboración propia

### Acero mínimo

$$As_{min} = 1.33 \times \frac{14}{Fy} \times b \times d$$

$$As_{min} = 6.22 \text{ cm}^2$$

Con este cálculo se comprobó que para los 3 casos se cumple el área de acero mínimo.

### Acero máximo

$$C = \frac{3}{8} \times d$$

$$C = 22.5 \text{ cm}$$

$$a = \beta \times C$$

$$a = 0.85 \times 22.5 = 19.125$$

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = \frac{0.85 \times F'c \times a \times b}{Fy}$$

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = 22.74 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad F'c = 235 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok}$$

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = 23.22 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad F'c = 240 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok}$$

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = 23.41 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad F'c = 242 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok}$$

Se comprobó mediante acero máximo donde para los 3 casos se cumplió con el parámetro.

### **Determinación de acero para sección de la viga**

Para cada caso de concreto se reduce el valor numérico del área de acero, pero esta reducción no es significativa ni determinante para reducir el total del acero en la sección. Para las 3 vigas la distribución de acero fue la misma debido a que siempre el área de acero colocado es mayor al área de acero calculado.

### **Acero negativo**

Debido a que el área de acero requerida en el centro de la viga es mayor a la de los extremos, primero se cumplió con el acero principal a lo largo de la viga y el restante en el tramo central se completó con balancines.

$$A_{S_{\text{Calculado}}} = 20.045 \text{ cm}^2$$

$$2 \phi 3/4'' + 3 \phi 5/8'' = 11.71 \text{ cm}^2 \quad (\text{acero principal})$$

$$5 \phi 5/8'' = 9.95 \text{ cm}^2 \quad (\text{balancín})$$

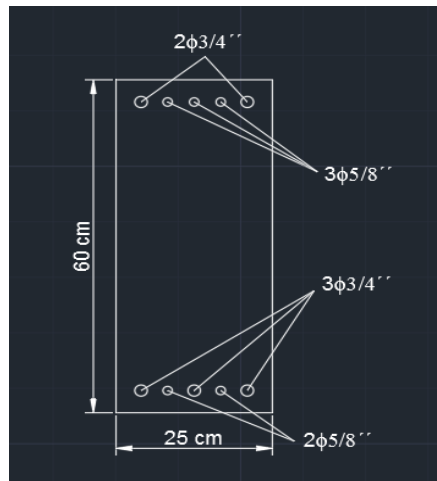
$$A_{S_{\text{Colocado}}} = 21.66 \text{ cm}^2$$

### Acero positivo

$$A_{SCalculado} = 12.030 \text{ cm}^2$$

$$3 \phi 3/4'' + 2 \phi 5/8'' = 12.59 \text{ cm}^2 \text{ (acero principal)}$$

$$A_{SColocado} = 12.59 \text{ cm}^2$$



**Figura 38.** Sección de viga con acero calculado

**Fuente:** Elaboración propia

En la **figura 38** se aprecia la distribución del acero principal, el acero positivo está conformado por 3 varillas de 3/4'' y 2 varillas de 5/8'' que completan y superan el área de acero requerida en la zona positiva del elemento. El acero negativo esta conformado por 2 varillas de 3/4'' y 3 varillas de 5/8'' que superan el acero mínimo requerido en los extremos de la viga y son completadas con 5 balancines de 5/8'' en el tramo central de la viga. Se superó el acero requerido y no se excedió del área de acero máximo.



#### **IV. DISCUSIONES**

Considerando las teorías y antecedentes internacionales presentados en esta investigación podemos confirmar lo que manifiesta Mármol, P. (2010), en su tesis “Hormigones con fibras de acero.”, donde indica que las fibras de acero influyen en la mejora de ciertas propiedades mecánicas del concreto endurecido, en nuestra investigación obtuvimos resultados positivos para compresión, tracción y flexo-tracción.

Por otro lado, López, J. (2015), en su tesis “Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno” sostiene que la adición de porcentajes de fibras de acero menores a 1% influye favorablemente en las propiedades mecánicas del concreto endurecido. Siendo más específico como resultado de su investigación concluyó que a partir de porcentajes mayores a 0.51% se reflejan aumentos proporcionales a la adición de fibra para la resistencia a la tracción. En esta investigación la tracción indirecta también presentó resultados proporcionales a la adición de fibras de acero, el incremento fue de 7.64% para 0.5% de volumen de fibra y 8.61% para 0.8% de volumen de fibra.

Khalo, A., Molaei, E., Hosseini, P. y Tahsiri, H. (2014), en un artículo científico que presentaron con el título de “Mechanical performance of self-compacting concrete reinforced with steel fibers. Manifestaron que la adición de 0.5%, 1%. 1.5% y 2% generaba una influencia positiva en la resistencia a la tracción y flexo-tracción. Sin embargo, el efecto en la resistencia a la compresión fue el contrario, este disminuyó con el aumento de porcentajes de fibra. Comparando con el resultado obtenido en la presente investigación donde utilizamos porcentajes de fibra de 0.5% y 0.8% y no obtuvimos ningún resultado adverso, podemos decir que esta disminución de resistencia a la compresión fue debido al elevado porcentaje de fibra, ya que el ACI sugiere porcentajes entre 0.2% y 1%.

Por otro lado, enfocándonos en las teorías y antecedentes nacionales encontramos la tesis “Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la Provincia de Huamanga- Ayacucho”, presentada por De La Cruz, W. y Quispe, W. (2014), donde obtuvieron como resultado un incremento de la resistencia a la compresión muy pequeña y lo más relevante fue el aumento de la resistencia a la flexión. En la presente investigación se obtuvo resultados similares, el incremento de la resistencia a la compresión fue poco considerable con un valor promedio de 2.55%, y confirmando lo mencionado anteriormente el incremento de la resistencia a la flexo-tracción fue el mayor que se obtuvo con un valor de 8.77%.

Córdova, C., Cuellar, L. y Guizado, M. (2012), en su tesis “Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las producidas en Perú”, y Lao, W. (2007), en su tesis “Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa”, obtuvieron resultados muy favorables, respecto a la compresión obtuvieron mejoras de hasta 15%. Para tracción y flexo-tracción obtuvieron incrementos de 20% en promedio, cabe resaltar que ambas investigaciones utilizaron fibras comerciales Wirand de la empresa Maccaferri con dosificaciones sugeridas por el fabricante, que previamente realizó diseños de mezcla y ensayos que garanticen los resultados. Para la presente investigación las fibras fueron elaboradas por el autor con material reciclado proveniente de las llantas, así como también fueron diseñados los 3 tipos de mezcla. Los resultados no fueron los esperados, bien es cierto que hubo mejora en las propiedades mecánicas, pero no fue significativo el aumento, podría deberse al desgaste de las fibras cuando formaban parte de la llanta, ya que estas al ubicarse en el talón absorben parte de la fuerza de frenado y aceleración del automóvil, teniendo en cuenta que las llantas se encontraban en estado de desuso podemos afirmar que se vieron disminuidas ciertas propiedades físicas del acero como la resistencia a la fatiga como consecuencia de la actividad durante su vida útil, esto no permitió el óptimo desempeño de las fibras al ser sometidas a las cargas.

## **V. CONCLUSIONES**

Las conclusiones a las que se llega en esta investigación están en concordancia con los objetivos planteados, y son las siguientes:

Se concluye, que las fibras de acero de llantas en desuso tienen una influencia positiva en todos los puntos analizados en esta investigación, en todos los casos la mejora fue mínima, pero en ninguno obtuvimos valores negativos. Se puede afirmar que el concreto con 0.8 % de fibra tuvo mejor desempeño respecto al concreto patrón y concreto con 0.5% de fibra.

Para la resistencia a la compresión, la influencia del cable acerado de llantas en desuso fue positiva, con un incremento de 2.13% para un concreto con adición de fibra de 0.5% en volumen y 2.98% para un concreto con adición de fibra de 0.8% en volumen. De esto podemos afirmar que la primera hipótesis específica que indica la mejora de la resistencia a la compresión del concreto endurecido se cumple. Para ambos casos el incremento fue proporcional a la adición de las fibras recicladas, es decir la adición en volumen fue adecuada teniendo en cuenta que existen investigaciones que tuvieron disminución de la resistencia. Este poco incremento es debido a que el concreto por naturaleza ya presenta alta resistencia a la compresión, principalmente brindada por el agregado grueso.

Para la resistencia a la tracción la influencia del cable acerado de llantas en desuso fue positiva moderada, con un incremento de 7.64% para un concreto con adición de fibra de 0.5% en volumen y 8.61% para un concreto con adición de fibra de 0.8% en volumen, con este resultado se cumple la segunda hipótesis específica planteada que indica una mejora en la resistencia a la tracción.

Para la resistencia a la flexo-tracción se concluye para cada tipo de mezcla, la influencia del cable acerado de llantas en desuso en el caso del concreto con 0.5% de fibra en volumen fue positiva pero poco significativa con un incremento de 3.77%. Para el concreto con 0.8% de fibra en volumen la influencia también fue positiva con un porcentaje de incremento de 8.77% siendo este el mayor incremento obtenido en la investigación. En ambos casos se cumple la tercera hipótesis específica que indica una mejora en la resistencia a la flexo-tracción.

Respecto al análisis de la influencia de la fibra en el comportamiento sísmico de una estructura, el desplazamiento máximo obtenido en x-x para el concreto patrón fue 6.7 cm, con el concreto con 0.5% de fibra el desplazamiento se redujo 1 mm y con el concreto con 0.8% de fibra se redujo 2 mm. De este análisis se concluye que la influencia de las fibras en

la reducción de desplazamientos es positiva pero no significativa y se hace notoria a mayor altura.

Respecto al análisis de la influencia de la fibra en la reducción del área de acero en un pórtico, en valores numéricos existe una reducción del área de acero, pero esta reducción no es determinante para hacer un análisis de costos, debido a que la armadura de acero requerida es la misma para cada viga.

## **VI. RECOMENDACIONES**

En relación a los resultados obtenidos en la investigación se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Para las fibras, se recomienda tener cuidado con el proceso de extracción del material, ya que este proceso puede alterar sus propiedades físicas y químicas.
- Se recomienda realizar un ensayo de resistencia a la fatiga del cable acerado para determinar que tanto disminuyeron durante su vida útil las propiedades físicas respecto a las características iniciales de fabricación.
- Se recomienda cortar las fibras en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso, la longitud de la fibra no debe superar el doble del tamaño de la piedra en milímetros.
- Se debería evaluar algún dobléz en la fibra para permitir la adherencia con el concreto y así evitar el deslizamiento de la fibra.
- Se sugiere investigar con otros porcentajes de fibra mayores a 0.8% para determinar el porcentaje óptimo de fibras y determinar el porcentaje con el cual la resistencia a la compresión del concreto se ve disminuida.
- Si se tiene como objetivo analizar la influencia del concreto en un análisis sísmico, se recomienda considerar el módulo de Poisson al realizar los ensayos de laboratorio.



## **REFERENCIAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, José y ROMERO, Jorge. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de concretos autocompactantes de altas prestaciones con la inclusión de fibras plásticas normalizadas y recicladas [en línea]. Ecuador: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Cuenca, 2016.
- ABANTO, Walter. Diseño y desarrollo del proyecto de investigación. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2014.
- ACI. State of art report on fiber reinforced concrete, ACI 544.1R-96. ACI Fannington Hilis, MI, 1996.
- ACI. Report on the Physical Properties and Durability of Fiber-Reinforced Concrete, ACI 544.5R-10. ACI Fannington Hilis, MI, 2010.
- BEHAR, Daniel. Metodología de la investigación. Editorial Shalom, 2008. ISBN: 978-959-212-783-7
- BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo: Ing. Manuel Borja Suarez, 2012.
- CARRILLO, Julián y ALCOCER, Sergio. Concreto reforzado con fibras de acero. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2016. 144 pp. ISBN: 978-958-771-348-0
- CÓRDOVA, Claudia, CUELLAR, Liseth. y GUIZADO, Mayra. Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las producidas en Perú [en línea]. Perú: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
- DE LA CRUZ, Wilmer y QUISPE, Walter. Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de

Huamanga –Ayacucho [en línea]. Perú: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Huancavelica, 2014.

- HANNANT, D. Fibre cements and fibre concretes. New York: John Wiley & Sons, 1978. pp.234. ISBN: 0471996203
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 5<sup>a</sup>. ed. México: Mc Graw Hill, 2004. pp. 599. ISBN: 978-607-15-0291-9
- GÁLVEZ, J, [et al.] Influencia de la velocidad de deformación en el comportamiento mecánico de alambres de acero trefilados. España: Universidad Politécnica de Madrid, 2001.
- INSTRON. Ensayos de fatiga y fractura de alambres de refuerzo de neumáticos, s.f. [en línea]. Disponible en: <http://www.instron.com.ar/es-ar/testing-solutions/by-material/metals/high-cycle-fatigue/tire-reinforcement-wire>
- KHALO, Alireza, MOLAEI, Elías, HOSSEINI, Payam. y TAHSIRI, Hamidreza. Mechanical performance of self-compacting concrete reinforced with steel fibers [en línea]. Construction and building materials, 2014 [fecha de consulta: 24 de abril del 2018]. pp. 179-186. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.054>
- LAO, Wendy. Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa [en línea]. Perú: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma, 2007.
- LÓPEZ, Jorge. Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y microfibras de polipropileno: Influencia del tipo y consumo de fibra adicionado [en línea]. México: Tesis para optar el grado de maestro en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México, 2015.

- MACCAFERRI. Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón. Manual Técnico, 2009 [en línea]. Disponible en: [http://www.concretonline.com/pdf/06aditivos/art\\_tec/manual\\_fibras.pdf](http://www.concretonline.com/pdf/06aditivos/art_tec/manual_fibras.pdf)
- MARMOL, Patricia. Hormigones con fibras de acero – Características mecánicas [en línea]. España: Tesis para optar el grado de maestro en Ingeniería. Universidad Politécnica de Madrid, 2010.
- MC CORMAC, Jack y BROWN, Russell. Diseño de concreto reforzado. 8.<sup>va</sup> ed. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, 2011. 724 pp. ISBN:978-607-707-231-7
- MICHELIN. Cómo se fabrica un neumático, s.f. [en línea]. Disponible en: <https://www.michelin.com.ar/AR/es/ayuda-y-asistencia/como-se-fabrica-un-neumatico.html>
- MILLAN, María. Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua [en línea]. Ecuador: Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- MONTALVO, Marco. Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales [en línea]. Perú: Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.
- Norma ASTM A820-04: Standard Specification for steel fibers for fiber –reinforced concrete.
- Norma Técnica Peruana 339.033. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
- Norma Técnica Peruana 339.034. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

- Norma Técnica Peruana 339.078. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de tramo.
- Norma Técnica Peruana 339.084. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
- Norma Técnica Peruana 339.185. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- Norma Técnica Peruana 400.012. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Norma Técnica Peruana 400.017. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- Norma Técnica Peruana 400.021. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- Norma Técnica Peruana 400.022. Método de ensayo normalizado para densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino.
- Rivva, Enrique. Diseño de mezclas. 3<sup>ra</sup> ed. Lima, 2013. pp.292.
- TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica. 4<sup>ta</sup> ed. México: Editorial Limusa, 2003. pp.435. ISBN: 968-18-5872-7
- VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica cuantitativa, cualitativa y mixto. 5<sup>ta</sup> reimpresión. Lima: San Marcos, 2013.
- VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2009. ISBN: 0379-7082

## **ANEXOS**

## Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Cable acerado de llantas en desuso</p>	<p>“El alambre de acero trefilado es un material de gran interés industrial. Se emplea masivamente en las obras del hormigón pretensado, en los cables de la minería y de la industria pesquera y en la industria del automóvil, como hilos muy finos para refuerzo de neumáticos” (Gálvez, F. <i>et al</i> ,2001, p.185).</p>	<p>Se medirá la influencia del cable en las propiedades mecánicas (compresión, tracción y flexión) del concreto endurecido de <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> en forma de fibras mediante la adición de porcentajes de fibra de 0.5% y 0.8% del volumen (para 1m<sup>3</sup> de concreto), los resultados serán comparados con un concreto de diseño <math>f'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math> sin refuerzo de fibras.</p>	<p>Dosificación de las fibras de acero reciclado</p>	<p>Volumen de fibra</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades mecánicas del concreto endurecido</p>	<p>“El concreto presenta características muy favorables en su estado endurecido, lo que le ha hecho un material de uso masivo. Las propiedades de mayor importancia son: resistencia a compresión y durabilidad. También hay propiedades importantes que permiten la profundización del estudio de este material, estos son: módulo de elasticidad y módulo de ruptura” (Abad, J. y Romero, J., 2016, p.52).</p>	<p>Para la resistencia a la compresión se realizara un ensayo a compresión donde obtendremos el esfuerzo de compresión, para la resistencia a la tracción se realizara el ensayo a la tracción por compresión diametral donde obtendremos el esfuerzo de rotura y para evaluar la resistencia a la flexión se realizara el ensayo con carga a los tercios de tramo para obtener el módulo de rotura.</p>	<p>Resistencia a la compresión</p> <p>Resistencia a la tracción</p> <p>Resistencia a la flexión</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>F'c = \frac{P}{A}</math></li> <li>- <math>Fr = \frac{2P}{\pi L D}</math></li> <li>- <math>M_R = \frac{PL}{bh^2}</math></li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

## Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en las propiedades mecánicas del concreto endurecido?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICO:</b></p> <p>- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la compresión del concreto endurecido?</p> <p>- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la tracción del concreto endurecido?</p> <p>- ¿Cuál será la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la flexión del concreto endurecido?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en las propiedades mecánicas del concreto endurecido.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICO:</b></p> <p>- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la compresión del concreto endurecido.</p> <p>- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la tracción del concreto endurecido.</p> <p>- Determinar la influencia del uso del cable acerado de llantas en desuso en la resistencia a la flexión del concreto endurecido.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <p>- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto endurecido.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b></p> <p>- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora la resistencia a la compresión del concreto endurecido.</p> <p>- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora significativamente la resistencia a la tracción del concreto endurecido.</p> <p>- El uso del cable acerado de llantas en desuso mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto endurecido.</p>	<p><b>VARIABLE1:</b> Cable acerado de llantas en desuso</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <p>Volumen de fibra</p> <p><b>VARIABLE 2:</b> Propiedades mecánicas del concreto endurecido</p> <p><b>INDICADORES</b></p> $F'c = \frac{P}{A}$ $Fr = \frac{2P}{\pi L D}$ $M_R = \frac{PL}{bh^2}$	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Experimental</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACION:</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Correlacional</p> <p><b>TÉCNICA:</b></p> <p>Método comité 211 del ACI</p> <p>Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. NTP 339.034</p> <p>Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. NTP 339.084</p> <p>Ensayo normalizado para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de tramo. NTP 339.078</p> <p><b>INSTRUMENTO:</b></p> <p>Formato de laboratorio para diseño de mezclas</p> <p>Norma técnica peruana (NTP 339.034, NTP 339.084, NTP 339.078)</p> <p>Maquina universal electromecánica para ensayos de resistencia de materiales</p>

**Fuente:** Elaboración propia





"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

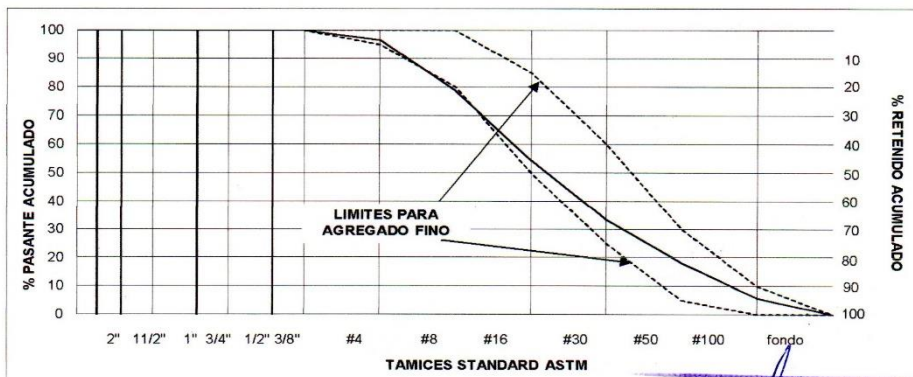
**LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
ASTM C 136 - NTP 400.012

INFORME N° : 001 - LEM 2018  
SOLICITANTE : RONME BRANDON SOSA ZARABIA  
PROYECTO : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
MATERIAL : AGREGADO FINO  
CANTERA : JICAMARCA  
FECHA : 26/09/2018

GRANULOMETRIA					CARACTERISTICAS FISICAS	
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA (c)	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	MODULO DE FINEZA	3,13
3"	-				TAMAÑO MÁXIMO	
2 1/2"	-				(A) peso de tara (gr) :	537,4
2"	-				(B) peso de muestra original húmeda (gr):	1330,1
1 1/2"	-				(C) peso de muestra seca (gr) :	1316,3
1"	-				% HUMEDAD [B-C] * 100 / [C-A]	1,77
3/4"	-				(D) peso de tara (gr) :	537,4
1/2"	-				(E) peso de muestra seca (gr) :	1316,3
3/8"	-			100,0	(F) peso de muestra después de lavado seca (gr) :	1280,0
# 4	24,4	3,4	3,4	96,6	%PASANTE DE M # 200 [E-F] * 100 / [E-D]	4,66
# 8	127,5	17,9	21,3	78,7	OBSERVACIONES	
# 16	173,4	24,3	45,6	54,4		
#30	149,8	21,0	66,6	33,4		
#50	109,5	15,3	81,9	18,1		
#100	88,6	12,4	94,3	5,7		
FONDO	40,4	5,7	100,0	0,0		
TOTAL	713,6	100,0	MODULO FINEZA	3,13		

**GRAFICO**



FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV,  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR

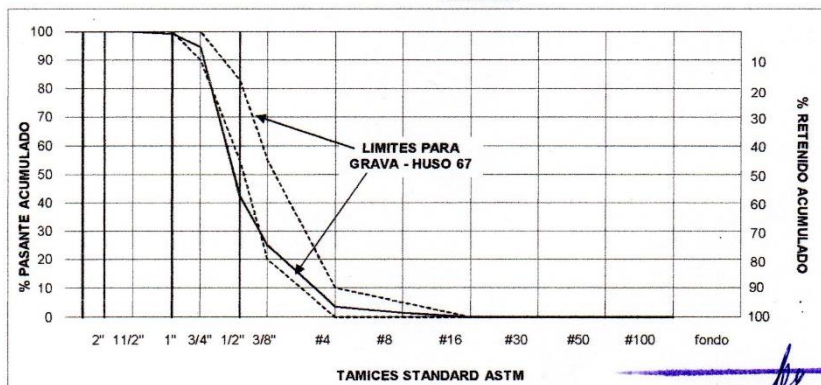


**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
ASTM C 136 - NTP 400.012

INFORME N° : 001 - LEM 2018  
SOLICITANTE : RONME BRANDON SOSA ZARABIA  
PROYECTO : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
MATERIAL : AGREGADO GRUESO - HUSO 67  
CANTERA : JICAMARCA  
FECHA : 26/09/2018

GRANULOMETRIA					CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RETENIDO en gramos (b)	% RETENIDO (c)=(b)/(a)*100	% RETENIDO ACUMUL. (d)=SUMA (c)	% PASANTE ACUMUL. 100 - (d)	MODULO DE FINEZA	
3"	-			100,0	TAMAÑO MÁXIMO	3/4
2 1/2"	-			100,0	(A) peso de tara (g) :	1230,4
2"	-			100,0	(B) peso de muestra original húmeda(g):	3943,1
1 1/2"	-			100,0	(C) peso de muestra seca(g) :	3928,0
1"	55,1	0,7	0,7	99,3	% HUMEDAD [B-C] * 100 / [C-A]	<b>0,56</b>
3/4"	346,3	4,6	5,4	94,6	(D) peso de tara (g) :	1230,4
1/2"	3.903,0	52,2	57,6	42,4	(E) peso de muestra seca (g) :	3928,0
3/8"	1.299,0	17,4	75,0	25,0	(F) peso de muestra después de lavado seca (g) :	3909,0
# 4	1.595,0	21,3	96,3	3,7	%PASANTE DE M # 200 [E-F] * 100 / [E-D]	<b>0,70</b>
# 8	162,0	2,2	98,5	1,5	OBSERVACIONES	
# 16	-					
#30	-					
#50	-					
#100	-					
FONDO	114,0	1,5	100,0	0,0		
TOTAL (a)	7474,4	100,0	MODULO FINEZA	6,75		

GRAFICO



FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV  
Laboratorio de Ensayos de Materiales




## GRAVEDAD ESPECIFICA

**INFORME N°** : 003 - LEM 2018  
**SOLICITA** : RONME BRANDON SOSA ZARABIA  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO  
**CANTERA** : JICAMARCA  
**FECHA** : 27/09/2018

<b>Peso Especifico Bulk (Base Seca)</b>	:	<b>2,571</b>	<b>gr / cm<sup>3</sup></b>
<b>Peso Especifico Bulk (Base Saturada)</b>	:	<b>2,620</b>	<b>gr / cm<sup>3</sup></b>
<b>Peso Especifico Aparente (Base Seca)</b>	:	<b>2,651</b>	<b>gr / cm<sup>3</sup></b>
<b>ABSORCION</b>	:	<b>2,03</b>	<b>%</b>

**ESPECIFICACIONES** : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 128.

**NOTA** : La muestra fue traída a este laboratorio por el interesado.

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR




## GRAVEDAD ESPECIFICA

**INFORME N°** : 004 - LEM 2018  
**SOLICITA** : RONME BRANDON SOSA ZARABIA  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**MATERIAL** : GRAVA - HUSO 67  
**CANTERA** : JICAMARCA  
**FECHA** : 27/09/2018

<b>Peso Especifico Bulk (Base Seca)</b>	:	<b>2,753</b>	<b>gr / cm<sup>3</sup></b>
<b>Peso Especifico Bulk (Base Saturada)</b>	:	<b>2,785</b>	<b>gr / cm<sup>3</sup></b>
<b>Peso Especifico Aparente (Base Seca)</b>	:	<b>2,810</b>	<b>gr / cm<sup>3</sup></b>
<b>ABSORCION</b>	:	<b>0,65</b>	<b>%</b>

**ESPECIFICACIONES** : El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 127.

**NOTA** : La muestra fue traída a este laboratorio por el interesado.

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR



## PESOS UNITARIOS

NTP 400,017


**INOFORME N°** : 005 - LEM 2018  
**SOLICITA** : RONME BRANDON SOSA ZARABIA  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN  
LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO  
EN LIMA, 2018  
**CANTERA** : JICAMARCA  
**MATERIAL** : AGAREGADO FINO  
**FECHA** : 28/09/2018

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra (kg)	7,083	7,102	7,095
Peso de molde (kg)	2,639	2,639	2,639
Peso de muestra (kg)	4,444	4,463	4,456
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	0,0028317	0,0028317	0,0028317
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1569	1576	1574
Contenido de humedad	0,017717294	0,017717294	0,017717294
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1546</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7,982	8,007	7,992
Peso de molde	2,639	2,639	2,639
Peso de muestra	5,343	5,368	5,353
Volumen de molde	0,0028317	0,0028317	0,0028317
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1887	1896	1890
Contenido de humedad	0,017717294	0,017717294	0,017717294
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1858</b>		

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR



## PESOS UNITARIOS


**INFORME N°** : 006 - LEM 2018  
**SOLICITA** : RONME BRANDON SOSA ZARABIA  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018  
**CANTERA** : JICAMARCA  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO  
**FECHA** : 28/09/2018

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra (kg)	20,48	20,389	20,400
Peso de molde (kg)	6,226	6,226	6,226
Peso de muestra (kg)	14,254	14,163	14,174
Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	0,0094389	0,0094389	0,0094389
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1510	1500	1502
Contenido de humedad	0,007007210	0,007007210	0,007007210
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1494</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	21,777	21,886	21,975
Peso de molde	6,226	6,226	6,226
Peso de muestra	15,551	15,66	15,749
Volumen de molde	0,0094389	0,0094389	0,0094389
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1648	1659	1669
Contenido de humedad	0,007007210	0,007007210	0,007007210
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>	<b>1647</b>		

  
 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
 Laboratorio de Ensayos de Materiales  
 COORDINADOR



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**INFORME N°** : 004 – EXP. 065 - LEM 2018  
**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : martes, 30 de octubre de 2018

N°	TESTIGO	SLUMP ( pulg. )	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA		
01	PATRON	-	02/10/2018	09/10/2018	7	174
02	PATRON	-	02/10/2018	09/10/2018	7	178
03	PATRON	-	02/10/2018	16/10/2018	14	209
04	PATRON	-	02/10/2018	16/10/2018	14	214
05	PATRON	-	02/10/2018	30/10/2018	28	232
06	PATRON	-	02/10/2018	30/10/2018	28	238

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.  
**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

*[Firma]*  
**FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.**  
**Laboratorio de Ensayos de Materiales**  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNFV  
 Mecánica de Suelos, Concreto y Geología  
**MANUEL ANTONIO CRUZ CHÚYES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 18374



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**INFORME N°** : 005 – EXP. 065 - LEM 2018  
**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : sábado, 03 de noviembre de 2018

N°	TESTIGO	SLUMP ( pulg. )	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA		
01	ADICION FIBRA 0,5%	-	06/10/2018	13/10/2018	7	179
02	ADICION FIBRA 0,5%	-	06/10/2018	13/10/2018	7	181
03	ADICION FIBRA 0,5%	-	06/10/2018	20/10/2018	14	214
04	ADICION FIBRA 0,5%	-	06/10/2018	20/10/2018	14	217
05	ADICION FIBRA 0,5%	-	06/10/2018	03/11/2018	28	238
06	ADICION FIBRA 0,5%	-	06/10/2018	03/11/2018	28	242

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.  
**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

  
 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
 Laboratorio de Ensayos de Materiales  
 COORDINADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - UNFV  
 Lab de Mecánica de Suelos, Concreto y Cables  
 MANUEL ANTONIO CRUZ CHUYES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 18074





"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**INFORME N°** : 006 – EXP. 065 - LEM 2018  
**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : martes, 06 de noviembre de 2018

N°	TESTIGO	SLUMP ( pulg. )	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm <sup>2</sup>
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA		
01	ADICION FIBRA 0,8%	-	09/10/2018	16/10/2018	7	180
02	ADICION FIBRA 0,8%	-	09/10/2018	16/10/2018	7	183
03	ADICION FIBRA 0,8%	-	09/10/2018	23/10/2018	14	216
04	ADICION FIBRA 0,8%	-	09/10/2018	23/10/2018	14	220
05	ADICION FIBRA 0,8%	-	09/10/2018	06/11/2018	28	240
06	ADICION FIBRA 0,8%	-	09/10/2018	06/11/2018	28	244

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.  
**OBSERVACIONES :** Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.

*[Firma]*  
**FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.**  
**Laboratorio de Ensayos de Materiales**  
 Lab de Mecánica de Materiales de Concreto y Geología  
**MANUEL ANTONIO CRUZ CHUYES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 18274




"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

**LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA**

**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS  
PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : viernes, 09 de noviembre de 2018  
**INFORME N°** : 007 – EXP. 065 - LEM 2018

IDENTIFICACION	PATRON	PATRON	ADICION FIBRA 0,5%	ADICION FIBRA 0,5%
Fecha de Rotura	07/11/2018	07/11/2018	07/11/2018	07/11/2018
Diaméto (cm)	15,22	15,22	15,22	15,22
Altura de la muestra (cm)	30,50	30,50	30,50	30,50
Carga (Kg)	19890	20950	22050	21900
Esfuerzo - Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	27,28	28,73	30,24	30,03

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C- 496 / NTP 339.084

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales

COORDINADOR  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV  
Lab de Mecánica de Suelos, Concreto y Geología  
MANUEL ANTONIO CRUZ CHUYES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 18374



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA**

**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : viernes, 09 de noviembre de 2018  
**INFORME N°** : 007 – EXP. 065 - LEM 2018

IDENTIFICACION	ADICION FIBRA 0,8%	ADICION FIBRA 0,8%	*****	*****
Fecha de Rotura	07/11/2018	07/11/2018	*****	*****
Diaméto (cm)	15,22	15,22	*****	*****
Altura de la muestra (cm)	30,50	30,50	*****	*****
Carga (Kg)	22100	22250	*****	*****
Esfuerzo - Tracción (Kg/cm2)	30,31	30,51	*****	*****

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C- 496 / NTP 339.084

*[Handwritten Signature]*  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
Lab de Mecánica de Suelos, Concreto y Geología  
COORDINADOR  
MANUEL ANTONIO CRUZ CHUYES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 18374



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

**LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : martes, 13 de noviembre de 2018  
**EXPEDIENTE N°** : 008 – EXP. 065 - LEM 2018

IDENTIFICACION	PATRON	PATRON	ADICION FIBRA 0,5%	ADICION FIBRA 0,5%
Fecha de Rotura	12/11/2017	12/11/2017	12/11/2017	12/11/2017
Ancho (cm)	15,20	15,20	15,20	15,20
Altura de la viga (cm)	15,20	15,20	15,20	15,20
Luz libre entre apoyos (cm)	46,5	46,5	46,5	46,5
Carga (Kg)	1835	1850	1900	1925
Modulo de Rotura (Kg/cm2)	24,30	24,50	25,16	25,49

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C- 78 / NTP 339.078

  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales  
COORDINADOR  
FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV  
Instituto de Mecánica de Suelos, Concreto y Geología  
MANUEL ANTONIO CRUZ CHUYES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 18374




"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"

LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES  
**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

**SOLICITA** : SOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018.  
**LUGAR** : LIMA  
**FECHA** : martes, 13 de noviembre de 2018  
**EXPEDIENTE N°** : 008 – EXP. 065 - LEM 2018

IDENTIFICACION	ADICION. FIBRA 0,8%	ADICION FIBRA 0,8%	*****	*****
Fecha de Rotura	12/11/2017	12/11/2017	*****	*****
Ancho (cm)	15,20	15,20	*****	*****
Altura de la viga (cm)	15,20	15,20	*****	*****
Luz libre entre apoyos (cm)	46,5	46,5	*****	*****
Carga (Kg)	2010	1998	*****	*****
Modulo de Rotura (Kg/cm2)	26,61	26,46	*****	*****

**ESPECIFICACIONES :** Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C- 78 / NTP 339.078

  
 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV.  
 Laboratorio de Ensayos de Materiales  
 COORDINADOR  
 FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV  
 MSc. Mecánica de Suelos, Concreto y Geología  
 MANUEL ANTONIO CRUZ CHUYES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 18374



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*JOSA ZARABIA, RONNIE BRANDON*

---

INFORME TÍTULADO:

*INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE 22ANTAS EN DEBIDO EN  
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN  
LIMA, 2018*

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

---

SUSTENTADO EN FECHA: *15/12/2018*

NOTA O MENCIÓN : *13 (TRECE)*



*[Handwritten signature]*

---

Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil

Yo, LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES,

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

"INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018"

del estudiante RONNIE BRANDON SOSA ZARABIA.

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de Diciembre del 2018.



.....  
**Firma**

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Dr. LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES

DNI: ..... 10 766246 .....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo RONNIE BRANDON SOSA ZARABIA, identificado con DNI N° 76303544

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (  ), No autorizo (  ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018";

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 76306544

FECHA: 15 de Diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TÍTULO

“INFLUENCIA DEL CABLE ACERADO DE LLANTAS EN DESUSO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ENDURECIDO EN LIMA, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Resumen del partido

24%

Navigation icons: Home, Search, Chat, 24, Filter, Funnel, Download, Info

1	Presentado a la Univer... Papel de estudiante	5%
2	Presentado a la Univer... Papel de estudiante	3%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	documents.mx Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%