

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN LA
DUCTILIDAD DE VIGAS RECTANGULARES DE CONCRETO
ARMADO DE F´C 210 KG/CM2 CON LUCES DE 3.5 Y 4.5 M EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO, 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

ALDO GIANCARLOS GONZALES MESTANZA

ASESOR

MANUEL ALEJANDRO BORJA SUAREZ

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

Chiclayo, 2021

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN LA
DUCTILIDAD DE VIGAS RECTANGULARES DE CONCRETO
ARMADO DE F´C 210 KG/CM2 CON LUCES DE 3.5 Y 4.5 M EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO, 2019**

PRESENTADA POR:
ALDO GIANCARLOS GONZALES MESTANZA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Aníbal Teodoro Díaz Orrego
PRESIDENTE

César Eduardo Cachay Lazo

SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suarez

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico esta investigación en primera instancia a nuestro Señor Jesús y a mi amada familia, pues ellos son el motivo para ser cada día mejor y porque gracias a su guía y apoyo incondicional permanecí firme hasta lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Sin duda a Dios, porque he sentido su ayuda y su dirección a lo largo de toda mi formación. Por ser mi fuerza en medio de la debilidad y por poner en mi vida las personas indicadas que me ayudaron a crecer como profesional y lo que es más importante crecer como persona.

Y como no agradecer a mis padres Idelso y Elena, si durante todo este trayecto pusieron su atención en mí, en todo lo que realizaba, para brindarme su ayuda incondicional, tanto económica como moralmente. Les agradezco porque han llenado mi vida con los mejores valores y principios que han hecho de mí cada día una persona mejor.

A mi hermana Deysi, por todas las historias vividas desde pequeños y por cuidar de nuestra familia en cada momento.

ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes del problema.....	18
2.1.1 Internacional	18
2.1.2 Nacional	21
2.2 Bases teórico científicos	22
2.2.1 Definición e importancia de las fibras de acero	22
2.2.2 Clasificación de las fibras de acero	22
2.2.3 Tipos de fibras de acero.....	23
2.2.4 Características de las fibras de acero.....	23
2.2.4.1 Geométricas	24
2.2.4.2 Físicas	24
2.2.4.3 Mecánicas.....	25
2.2.5 Concreto reforzados con fibras de acero (crfa).....	25
2.2.6 Propiedades del concreto reforzado con fibras de acero.....	25
2.2.6.1 Concreto fresco.....	25
2.2.6.2 Concreto endurecido.....	26
2.2.7 Concepto e importancia del concreto	27
2.2.8 Componentes del concreto	27
2.2.8.1 Cemento	27
2.2.8.2 Agregados	28
2.2.8.3 Agua	29
2.2.9 Ductilidad en vigas.....	29
2.3 Definición de términos básicos.....	30

III. METODOLOGÍA	31
3.1 Tipo y nivel de investigación	31
3.2 Diseño de investigación	31
3.3 Población, muestra, muestreo	32
3.3.1 Población	32
3.3.2 Muestra de estudio	32
3.4 Criterios de selección	34
3.5 Operacionalización de variables	35
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.6.1 Técnica	36
3.6.2 Fuentes	36
3.6.3 Instrumentos de recolección de datos	36
3.6.3.1 Programas de cómputo	36
3.6.3.2 Ensayos de materiales	37
A) Granulometría de los agregados fino y grueso	37
B) Peso específico de los agregados	40
C) Peso unitario volumétrico suelto de los agregados	44
D) Peso unitario volumétrico compactado de los agregados	46
E) Grado de absorción	48
F) Humedad de agregado grueso y fino	50
G) Prueba del cono de Abrams o asentamiento	52
H) Elaboración y curado de probetas cilíndricas	53
I) Compresión a muestras cilíndricas de concreto	54
3.6.3.3 Proceso constructivo de vigas	55
3.6.3.4 Ensayos a flexión de las vigas	56
3.7 Procedimientos	61
3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos	62

3.9 Matriz de consistencia.....	63
3.10 Consideraciones éticas	64
IV. RESULTADOS.....	65
4.1 Ensayos de materiales	65
4.1.1 Granulometría de agregado grueso.....	65
4.1.2 Granulometría de agregado fino	66
4.1.3 Peso específico y grado de absorción del agregado grueso	67
4.1.4 Peso específico y grado de absorción del agregado fino	67
4.1.5 Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado grueso.....	68
4.1.6 Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado fino	69
4.1.7 Grado de humedad del agregado grueso	70
4.1.8 Grado de humedad del agregado fino.....	70
4.1.9 Diseño de mezcla	71
4.1.10 Prueba del cono de Abrams	73
4.1.11 Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.....	73
4.2 Ensayos a flexión de vigas.....	76
4.2.1 Ensayo de V01 – SFA- 3.5 m.....	76
4.2.2 Ensayo de V02 – CFA- 10 kg/m ³ - 3.5 m.....	77
4.2.3 Ensayo de V03 – CFA- 20 kg/m ³ - 3.5 m.....	78
4.2.4 Ensayo de V04 – SFA- 4.5 m.....	79
4.2.5 Ensayo de V05 – CFA- 10 kg/m ³ - 4.5 m.....	80
4.2.6 Ensayo de V06 – CFA- 20 kg/m ³ - 4.5 m.....	81
4.2.7 Fisuras en vigas	82
4.2.8 Estados del concreto teóricos	82
4.3 Comparación analítica y experimental	83
4.3.1 Carga última:	83
4.3.2 Momento último:.....	85

4.4 Ductilidad de desplazamiento experimental.....	87
V. DISCUSIÓN.....	88
5.1 Ensayos de concreto simple.....	88
5.1.1 Prueba del cono de Abrams.....	88
5.1.2 Resistencia a la compresión.....	88
5.2 Ensayos a flexión de vigas.....	89
5.2.1 Consolidación de vigas de 3.5 m de longitud.....	89
5.2.2 Consolidación de vigas de 4.5 m de longitud.....	90
5.3 Fisuras en vigas.....	91
VI. CONCLUSIONES.....	92
VII.RECOMENDACIONES.....	94
VIII. REFERENCIAS.....	95
IX. ANEXOS.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de códigos de vigas.....	32
Tabla 2. Operacionalización de variables	35
Tabla 3. Operacionalización de variables	37
Tabla 4. Operacionalización de variables	39
Tabla 5. Matriz de consistencia.....	63
Tabla 6. Granulometría del agregado grueso	65
Tabla 7. Granulometría del agregado fino	66
Tabla 8. Peso específico y grado de adsorción del agregado grueso	67
Tabla 9. Peso específico y grado de adsorción del agregado fino.....	67
Tabla 10. Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso.....	68
Tabla 11. Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso.....	68
Tabla 12. Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino.....	69
Tabla 13. Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino	69
Tabla 14. Grado de humedad del agregado grueso	70
Tabla 15. Grado de humedad del agregado fino	70
Tabla 16. Asentamiento del concreto sin y con fibras de acero.....	73
Tabla 17. Resistencia a la compresión de la muestra patrón.....	74
Tabla 18. Resistencia a la compresión sin y con fibras de acero	74
Tabla 19. Fisuras en vigas	82
Tabla 20. Estados del concreto teóricos	82
Tabla 21. Carga Última (Pu) analítica de las vigas sin fibras para las dos longitudes.....	83
Tabla 22. Carga Última (Pu) experimental de las vigas con fibras para las dos longitudes. ..	83
Tabla 23. Momento Último (Mu) analítico de las vigas sin fibras para las dos longitudes.....	85
Tabla 24. Momento Último (Mu) experimental de las vigas con fibras para las dos longitudes.	85

Tabla 25. Ductilidad de desplazamiento experimental de vigas de 3.5 m.	87
Tabla 26. Ductilidad de desplazamiento experimental de vigas de 4.5 m.	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Partes de las fibras de acero	23
Figura 2. Características de las fibras según su geometría.....	24
Figura 3. Comportamiento de una viga con falla frágil y dúctil	29
Figura 4. Armado de Vigas de 3.5 m y 4.5 m	33
Figura 5. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	38
Figura 6. Análisis granulométrico de agregado fino	40
Figura 7. Peso específico del agregado grueso	42
Figura 8. Peso específico del agregado fino.....	44
Figura 9. Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso	45
Figura 10. Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino.....	46
Figura 11. Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso.....	47
Figura 12. Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino.....	48
Figura 13. Grado de absorción del agregado grueso.....	49
Figura 14. Grado de absorción del agregado fino	50
Figura 15. Contenido de humedad del agregado grueso	51
Figura 16. Contenido de humedad del agregado fino	51
Figura 17. Asentamiento del concreto fresco.....	52
Figura 18. Elaboración y curado de probetas cilíndricas	53
Figura 19. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas	54
Figura 20. Construcción de vigas.....	55
Figura 21. Vernier digital.....	56
Figura 22. Prensa hidráulica o marco de carga	57
Figura 23. Fijación de prensa hidráulica	57
Figura 24. Sección transversal de fijación de prensa hidráulica	58
Figura 25. Sistema ensamblado de ensayo a flexión de vigas	59

Figura 26. Equipo de trabajo para recolección de datos	60
Figura 27. Probetas ensayas a compresión.....	75

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar si es posible mejorar la ductilidad de elementos estructurales de una edificación haciendo uso de fibras de acero, tratándose en este caso de vigas rectangulares de concreto. Con el propósito de darle mayor capacidad de deformación al elemento, sin llegar al colapso, ante un sismo. Para lograr lo antes mencionado se llevó a cabo la realización de ensayos comparativos entre una viga patrón (dosificación sin fibra de acero) y vigas reforzadas con fibras de acero (SFRC). El ensayo consistió en el diseño de una viga simplemente apoyada con cargas puntuales en cada tercio de la luz de la viga. Fueron 6 muestras en total, de las cuales 2 fueron construidas con concreto convencional con longitudes de 3.5 m, y 4.5 m y los 4 restantes fueron construidos con las mismas características pero adicionando a cada viga 10 kg y 20 kg de contenido de fibras de acero por m³ de concreto. Realizados los ensayos, fue de nuestro interés el diagrama carga-deflexión, pues a partir de estos y a través de una serie de cálculos matemáticos podamos determinar si las fibras de acero mejoran o no la ductilidad de las vigas de concreto.

Finalmente, se pudo concluir que la combinación de fibras de acero con el refuerzo convencional da buenos resultados pues otorgan un incremento de la tenacidad, ductilidad y resistencia al elemento. Sin embargo se pudo determinar que una dosificación pequeña de fibra como fue la dosificación de 10 kg/m³ de concreto no incide en la capacidad de deflexión de las vigas, sin embargo la dosificación de fibras de 20 kg/m³ de concreto si mejora esta capacidad y por ende mejora su ductilidad.

Palabras clave: Ductilidad, Fibras de acero, carga-deflexión.

ABSTRACT

The present research work aims to determine if it is possible to improve the ductility of structural elements of a building by making use of steel fibers, in this case of rectangular concrete beams. With the purpose of giving the element greater deformation capacity, without collapsing, in the event of an earthquake. To achieve the aforementioned, comparative tests were carried out between a standard beam (dosage without steel fiber) and beams reinforced with steel fibers (SFRC). The test consisted in the design of a beam simply supported with point loads in each third of the beam span. There were 6 samples in total, of which 2 were built with conventional concrete with lengths of 3.5 m, and 4.5 m and the remaining 4 were built with the same characteristics but adding 10 kg and 20 kg of steel fiber content to each beam per m³ of concrete. Once the tests were carried out, the load-deflection diagram was of interest to us, since from these and through a series of mathematical calculations we can determine whether or not the steel fibers improve the ductility of the concrete beams.

Finally, it was possible to conclude that the combination of steel fibers with conventional reinforcement gives good results as they provide an increase in toughness, ductility and resistance to the element. However, it could be determined that a small dosage of fiber such as the dosage of 10 kg / m³ of concrete does not affect the deflection capacity of the beams, however the dosage of fibers of 20 kg / m³ of concrete does improve this capacity. and therefore improves its ductility.

Keywords: Ductility, steel fibers, load-deflection.

I. INTRODUCCIÓN

Todo peruano es consciente que un movimiento telúrico puede ocurrir en cualquier momento. Esto genera un ambiente de inseguridad debido a que el Perú se sitúa en una zona que concentra un alto índice de actividad sísmica mundial. El conocido Círculo de Fuego del Océano Pacífico.

Así, la ideología de diseño de la norma técnica E-0.60 y E-0.30 del Reglamento Nacional de edificaciones según Blanco [1] es que las edificaciones deben considerar tres aspectos: resistir sismos leves sin daños, resistir sismos moderados considerando la posibilidad de daños estructurales leves o resistir sismo severos con la posibilidad de daños estructurales importantes con la posibilidad remota de ocurrencia de colapso de la edificación, todo ello contempla lo que es más importante evitar las pérdidas de vidas humana. En tal sentido es preferible que la edificación, o sus elementos, tengan una falla dúctil; es decir que las estructuras se deformen mucho antes de colapsar, dando tiempo a los ocupantes de dirigirse a un lugar seguro.

Es por lo antes mencionado, que los elementos de concreto armado (como las vigas) deben disipar gran parte de la energía, y esto lo logran incursionando en el rango inelástico. Es en este sentido que las normas de diseño establecen requisitos mínimos como: separaciones mínimas y máximas, longitudes de gancho, longitudes de desarrollo, etc., sin embargo pese a estas consideraciones sea evidenciado a largo de la historia que ante un sismo severo los elementos estructurales no han tenido la respuesta educada y esto es porque el proyectista no sabe a ciencia cierta la magnitud de sismo que pueda ocurrir pues es un tema de la naturaleza. Esto genera grandes pérdidas económicas y lo que es más importante vidas humanas.

A esto se suma el hecho de que en el Perú existe muy poca investigación referente a este tema, y existe una gran incertidumbre respecto al uso del concreto reforzado con fibras de acero referidos al comportamiento de elementos estructurales sometidos a esfuerzos por flexión, axial y cortante.

Por todo lo mencionado anteriormente es que la siguiente investigación pretender determinar si la adición de fibras de acero puede mejorar la ductilidad de las vigas de concreto armado y con ello mejorar su comportamiento ante un eventual sismo, lo que significa que el elemento tenga una mayor capacidad de deformación sin llegar al colapso.

Por otro lado el presente estudio se justifica en que en el Perú, la demanda de construcción de edificaciones, sobre todo en sus costas, que se encuentran expuestas a fuerzas sísmicas importantes, exigen buscar nuevos sistemas constructivos y nuevos materiales que ayuden a mejorar el comportamiento estructural de cada uno de los componentes de dicha construcción.

Es así que, muchos estudios sobre el uso de concreto simple reforzado con fibras han dado como resultado un gran mejoramiento de las características mecánicas de este, impulsado de esta forma el desarrollo de los materiales de construcción con la adición de fibras de acero.

Estos recientes desarrollos revelan que el concreto reforzado con fibras de acero consigue ser ventajoso como material de construcción ya que contiene particularidades que lo hacen técnicamente apropiado para aplicaciones estructurales. El uso de fibras puede contribuir a mejorar las propiedades del concreto como son la capacidad de deformación a la fractura y la resistencia a la tensión, mejorando así la ductilidad del elemento estructural. [2]

Los elementos de concreto habitualmente están sometidos a situaciones de deformaciones y esfuerzos que pueden ser complicados y que son consecuencia de distintas combinaciones de cargas y solicitaciones. Es así que una estructura dúctil permite redistribuir los efectos de dichas acciones garantizando que las demás secciones del elemento puedan soportar cargas más altas absorbiendo mayor cantidad de energía.

Por ello es de gran relevancia evitar comportamientos que generen una falla frágil en las piezas estructurales. Para lograr esto, dichos elementos deben diseñarse de tal forma que tengan suficiente capacidad de resistencia y de deformación para garantizar que suceda el mecanismo previsto. En general, se requieren modos de falla dúctiles [3].

En la actualidad, la insuficiente evidencia experimental sobre la funcionalidad de este tipo de concreto (con fibras de acero), nos motiva a extender estos conocimientos. Esperando que esta investigación sea una contribución a la sociedad, para que los elementos estructurales de una edificación mejoren en cuanto a su ductilidad y con ello evitar grandes pérdidas económicas y lo que es más importante vidas humanas.

Del análisis anteriormente descrito es que surgió el siguiente problema de investigación ¿El uso de fibras de acero como material de refuerzo del concreto mejorará la ductilidad en vigas rectangulares? Y atendiendo a esta interrogante se estableció como objetivo general determinar si las fibras de acero como material de refuerzo del concreto con $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ mejorará la ductilidad en vigas rectangulares de concreto armado.

Así mismo se definieron los siguientes objetivos específicos: Realizar el diseño de mezcla para una resistencia de $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, construir a escala real una viga de concreto armado con y sin fibras de acero, realizar ensayo a flexión de las vigas propuestas, realizar la curva Carga – Deflexión para cada ensayo de flexión y finalmente obtener y comparar la ductilidad de vigas de concreto reforzadas con 0 kg/m^3 , 10 kg/m^3 y 20 kg/m^3 de fibras de acero.

De esta manera, basándonos en lo expuesto, mejorar la ductilidad de un elemento estructural como es una viga de concreto con el uso de fibras de acero surge como una alternativa a la demanda de construcciones haciendo uso de nuevos criterios y materiales que ayuden a mejorar su capacidad de disipar energía, permitiendo grandes deformaciones y agrietamientos sin llegar al colapso.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Internacional

R.V Balendran, F.P Zhou, A Nadeem, A.Y.T Leung. “Influence of steel fibres on strength and ductility of normal and lightweight high strength concrete” U.S. Building and Environment, 2013.

Este artículo presenta los resultados de una serie de experimentos realizados para investigar la efectividad de la inclusión de fibra en la mejora del rendimiento mecánico del concreto con respecto al tipo de concreto y el tamaño de la muestra. En el estudio se utilizaron hormigón agregado liviano y concreto agregado de caliza con y sin fibras de acero. La resistencia a la compresión de las mezclas de concreto varió entre 90 y 115MPa y el contenido de fibra fue del 1% en volumen. Las pruebas de división en prismas y la prueba de flexión de tres puntos en vigas con muescas se realizaron en muestras de diferentes tamaños para examinar el efecto del tamaño en la resistencia a la división, la resistencia a la flexión y la tenacidad.

Los hallazgos experimentales indican que el bajo volumen de fibra tiene poco efecto sobre la resistencia a la compresión, pero mejora la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y la tenacidad notablemente divididas. El aumento en el índice de resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y la tenacidad para el concreto liviano parece ser mucho más alto que el del agregado normal. [4]

De Lima Araújo, Daniel; Tibúrcio Nunes, Fernanda Gabrielle; Dias Toledo Filho, Romildo; Souza de Andrade, Moacir Alexandre “Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams” Acta Scientiarum. Technology, Universidade Estadual de Maringá, Brasil, 2014.

Este trabajo analiza el comportamiento mecánico de vigas de hormigón armado reforzado con fibras de acero, respecto a la resistencia a corte. Para ello, seis vigas de hormigón armado sometidas a la fuerza cortante fueron ensayadas hasta la ruptura.

Adicionalmente, se han ensayado prismas con el objetivo de caracterizar la contribución de las fibras en la resistencia al cizallamiento concreto. Las fibras de acero utilizadas eran rectilíneas, con gancho en las extremidades, de 35 mm de longitud y relación de aspecto igual a 65, y se añadieron en las fracciones volumétricas de 1.0 y 2.0%. Los resultados que las fibras contribuyen con el aumento de la resistencia al cizallamiento de las vigas de hormigón armado, apertura de las fisuras y pueden sustituir parcialmente los estribos en vigas de hormigón armado. Comparados con valores obtenidos de modelos empíricos, habiéndose observado gran variabilidad.

Finalmente se logra concluir que las fibras de acero son eficaces para aumentar la resistencia al corte de hormigón. Añadiendo 1% en contenido de fibra incrementado la máxima resistencia al corte del concreto en un 87%, mientras que la adición del 2% en contenido de fibra lo aumentó en 99%. Las fibras causaron una disminución en el ancho de la fisura de corte, mejorando la ductilidad del elemento. [5]

Carrillo, Julián; Silva-Páramo, Diego. “Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero” Ingeniería. Investigación y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México, 2016.

En esta investigación se expone los resultados de ensayos experimentales de flexión a losas de hormigón reforzados con fibras de acero para evaluar su desempeño. Fueron ocho las losas de concreto de 600 x 100 mm de lado y espesor respectivamente, seis de ellas con 5, 9 y 18 kg/m³ de fibras de acero (dos por cada una) y dos losas de concreto simple. Estas muestras se

sometieron a ensayos de flexión y se obtuvo las curvas carga-deflexión y las curvas tenacidad-deflexión.

Finalmente con los resultados se concluye que, a diferencia de la carga máxima, las deflexiones en las cargas máxima y última, y la tenacidad en la falla de las losas aumentaron considerablemente a medida que se acrecentó la dosificación de fibras de acero, mejorando la ductilidad del elemento.

P. Paultre, M.ASCE; R. Eid; Y. Langlois; and Y. Lévesque. "Behavior of Steel Fiber-Reinforced High-Strength Concrete Columns under Uniaxial Compression" U.S. ASCE, 2014.

Esta investigación presenta ensayos que se ejecutaron sobre columnas de concreto de alta resistencia reforzadas con fibra de acero, sometidos a carga de compresión axial. Con la finalidad de determinar la influencia que tiene este tipo de reforzamientos sobre la ductilidad del elemento.

Los resultados revelan que la adición de fibras de acero en el concreto aumenta la resistencia y ductilidad del miembro reforzado cargado axialmente. Este comportamiento fue determinado por el modelo de tensión-deformación de concreto reforzado con fibra.

La investigación concluye que la adición de fibras de acero mejoró sustancialmente la capacidad de carga y la capacidad de deformación, de tal manera que pueda tener un mejor comportamiento dúctil. [6]

Doo-Yeol Yoo, Young-Soo Yoon, Nemkumar Banthia. "Predicting the post-cracking behavior of normal- and high-strength steel-fiber-reinforced concrete beams" Construction and Building Materials, U.s, 2015.

En este documento, se presentan los resultados de los análisis analíticos y experimentales para la respuesta a la flexión de las vigas de hormigón reforzado con fibra de acero (SFRC).

En la parte analítica, para predecir la respuesta a la flexión de los haces SFRC de acuerdo con la resistencia del concreto y el contenido de fibra de acero, se adoptó un modelo de compresión de una investigación anterior y se sugirió una curva de suavizado de tensión (TSC) trilineal basada en un análisis inverso. . Para obtener el TSC, una serie de vigas SFRC con muescas con

dos parámetros como (1) resistencia del concreto (resistencia normal y alta) y (2) contenido de fibra de acero (0.0%, 0.5%, 1.0%, 2.0%) fueron fabricados y probados de acuerdo con la norma del Instituto de Hormigón de Japón (JCI).

Los modelos sugeridos se verificaron mediante una comparación de los resultados de las pruebas de flexión de cuatro puntos anteriores y los análisis por secciones. Para la parte experimental, la resistencia a la compresión y el módulo elástico mostraron cambios insignificantes con la inclusión de fibras de acero, mientras que la capacidad de deformación y el comportamiento post-pico se mejoraron al incluir fibras de acero.

La suma de más de volumen de fibras de acero 1,0% resultó en la mejora significativa de la resistencia a la flexión, la capacidad de deflexión, y ductilidad. [7]

2.1.2 Nacional

San Bartolomé, A., Muñoz, A. y Madalengoitia, F., (2007), “Comportamiento a fuerza cortante de muretes de concreto reforzado con malla electro soldada, acero dúctil y fibra metálica”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2010.

Tiene como objetivo de investigación, determinar la influencia de la fibra metálica Dramix sobre la resistencia a tracción diagonal de muretes de concreto; es decir a fuerza cortante pura.

En este estudio se experimentó 18 muestras de muretes reforzadas con: fibra de acero, acero dúctil y mallas electro soldadas, y se las contrastó con un murete de concreto convencional. Con esto se buscó establecer si era posible emplear fibras de acero en sustitución de las mallas electrosoldadas, lo que crearía una reducción de horas-hombre en la habilitación y colocación de dichas mallas y así mismo evitaría la aparición de cangrejas por la acumulación de refuerzo en muros de espesor delgados.

Durante los ensayos los muretes presentaron un problema de falla local en una de las esquinas en compresión después que se originó el agrietamiento diagonal. Sin embargo, pudo estimarse que aquellos muretes que no tenían refuerzo fallaban de manera explosiva, en cambio, los muretes que se encuentran reforzados con fibras metálicas, aunque no aumentaron su capacidad de resistencia a corte puro, tuvieron un notable incremento en su ductilidad. [8]

2.2 Bases teórico científicos

2.2.1 Definición e importancia de las fibras de acero

En cortas palabras para Tolos [9] ; las fibras de acero son materias de cortas dimensiones y que al adicionarse al concreto, le proporcionan características particulares.

Se pueden encontrar Fibras con diferentes particularidades, y se diferencian respecto a las demás por su dimensiones , geometría, de forma rectilínea o doblada, las cuales son utilizadas como refuerzo al concreto disipándose en forma uniforme a la mezcla conservando intactas sus características geométricas.

Las fibras de acero mezcladas con el hormigón forman una masa con una resistencia a la tracción muy alta, esto es una gran ventaja porque cuando aparecen micro fisuras, pueden controlar y limitar su propagación, dándole así una mejor tenacidad al elemento.

2.2.2 Clasificación de las fibras de acero

- **No estructurales:** Aunque estas fibras no se utilizan para mejorar las propiedades estructurales de los componentes, proporcionan al hormigón otras propiedades, como por ejemplo , el control del agrietamiento. Además incrementa resistencia a pruebas de fuego, abrasión, impacto y otros. [2]
- **Estructurales:** este tipo de fibras mejoran las propiedades estructurales del concreto y además aumenta la resistencia de esfuerzo a la flexión y tracción, debido a que adicionan una mayor energía a la rotura del concreto. [2]

2.2.3 Tipos de fibras de acero

Según el ASTM A 820-2006, Las fibras de acero son clasificadas en:

- **TIPO I:** Estos están hechos de alambre de metal conformado en frío, hecho de alambre de acero, y consisten en secciones redondas, típicamente de 0,25 a 1 mm de diámetro. Estas fibras están comúnmente disponibles en el mercado.
- **TIPO II:** Estas fibras son seccionadas de chapas de acero y se fabrican de la misma manera como lo indica su nombre, en muchas ocasiones son llanas y rectas y acostumbran tener dimensiones de 0.15 a 0.64 mm y anchos de 0.25 a 2 mm.
- **TIPO III:** Este tipo es extraído de la fundición. Estas fibras se crean mediante un proceso verdaderamente complejo en el que una rueda giratoria eleva el acero líquido fuera del área fundida por acción capilar. Además, el acero fundido retirado se congela en forma de fibras que se separan de la rueda por la fuerza centrífuga. Las fibras creadas con esta técnica tienen una sección transversal en forma de media luna.

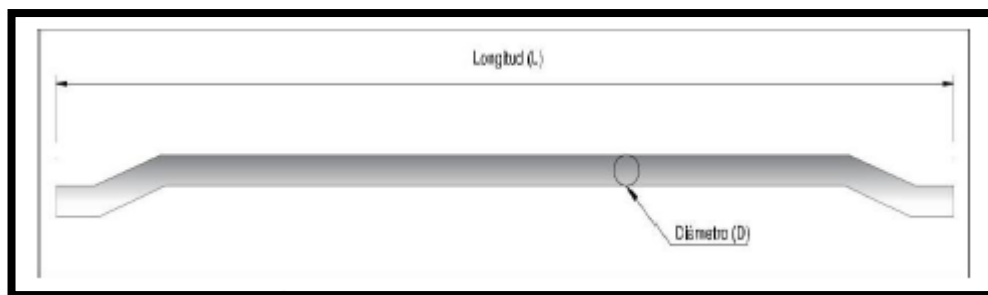
2.2.4 Características de las fibras de acero

Se identifican por su longitud (L), por el diámetro equivalente (De) y anclaje en las extremidades.

La relación de aspecto queda definida como la división entre la longitud y el diámetro equivalente de la fibra.

$$\text{Relación aspecto} = \frac{L}{D}$$

Figura 1. Partes de las fibras de acero

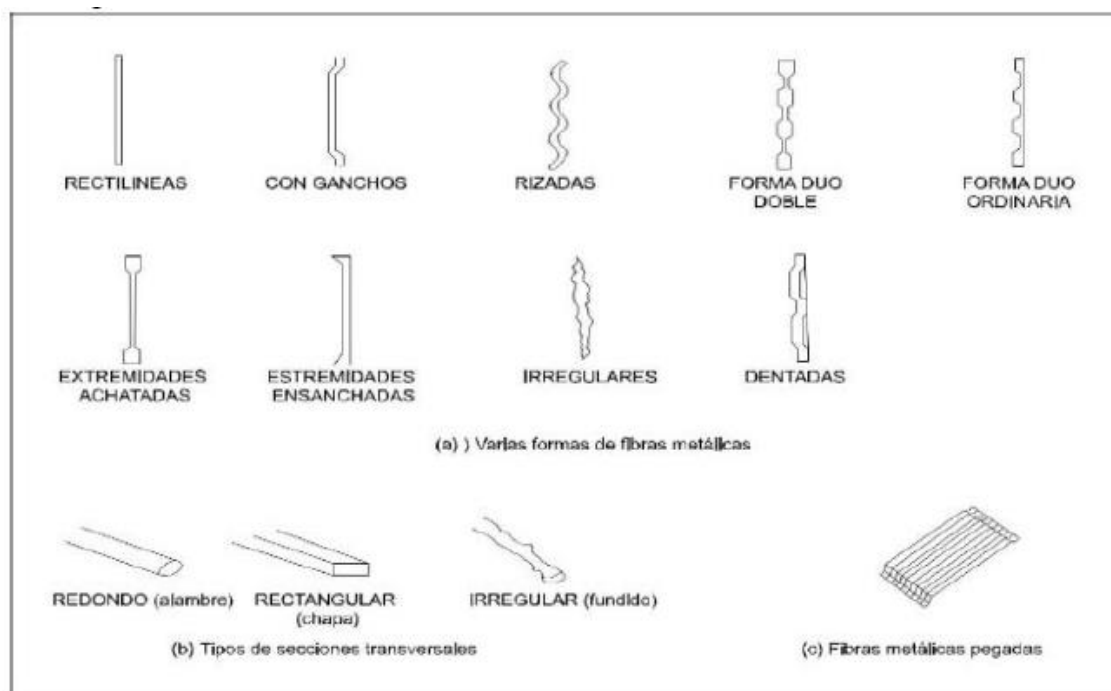


Fuente: Manual de Fibras Wirand Maccaferri 2007.

2.2.4.1 Geométricas

En la revista ACI 544.3R [10] se establece lo siguiente: La superficie de la fibra de acero no debe contener suciedad como óxido, aceite y sustancias nocivas. Por otro lado, la longitud de las fibras están típicamente entre 0.5 pulg hasta 2.5 pulg (63.5mm hasta 12.7mm) esta relación de aspecto debe ser la longitud fraccionado por el diámetro, y su valor debe comprenderse en un rango de 30 a 100mm. En la figura 4 se muestra las características de las fibras según su geometría.

Figura 2. Características de las fibras según su geometría



Fuente: Manual de Fibras Wirand Maccaferri 2007.

2.2.4.2 Físicas

En la revista ACI 544,5R [11], se establece que el peso específico promedio de las fibras debe ser 7840 kg/cm³.

2.2.4.3 Mecánicas

La norma ASTM A 820, explica que el esfuerzo a la tracción promedio de las fibras de acero no debe ser inferior a 345Mpa, y cuyas características mecánicas de dichas fibras deben ser muy cuantioso, con una resistencias a la tracción aproximadamente de 11000kg/cm², donde la ductilidad de la fibra se determinará en pruebas de doblado.

2.2.5 Concreto reforzados con fibras de acero (crfa)

Se define al concreto reforzado con fibras (FRC), como aquellos concretos que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa.

Tal como lo define el ACI- American Concrete Institute- el concreto reforzado con fibras, no es más que un concreto convencional hecho a partir de cementos hidráulicos, los cuales contienen agregados finos y gruesos y que además se le han incorporado filamentos discretos discontinuos. [2]

De esta manera, se puede decir que el hormigón de fibras de acero está formado en realidad a partir de un aglomerante hidráulico, más comúnmente llamado cemento Portland, además de un material fino y grueso que es agua y fibras de acero discontinuas, y cuya función es mejorar conjuntamente ciertas propiedades del hormigón.. Estos concretos tienen menos maleabilidad que los concretos convencionales, en conclusión, se debe proveer una difusión pareja de las fibras para impedir una agrupación de las mismas.

2.2.6 Propiedades del concreto reforzado con fibras de acero

2.2.6.1 Concreto fresco

Las propiedades de SFRC en su estado inicial es decir recién mezclado, están influenciadas por la relación de apariencia, geometría y volumen de la fibra.

Uno de los aspectos más relevantes, es la trabajabilidad del concreto, la cual se ve perjudicada con dosificaciones ascendientes del 2% en volumen de fibras.

2.2.6.2 Concreto endurecido

Ductilidad

Según el informe de ACI 544,1R [2] Las fibras metálicas muestran un aumento significativo en la ductilidad del hormigón, es decir, su capacidad para distribuir fuerzas dentro de su masa. Esta absorción de energía prácticamente le brinda al concreto mayor capacidad de carga, por lo que en diversos casos el adicionar fibras metálicas ayuda a reducir el espesor de los pisos de concreto.

El aumento de la ductilidad del hormigón se puede evaluar mediante el método de ensayo normalizado [12] NTP 339.078, dicho ensayo consiste en aplicar carga en dos puntos separados a 1/3 de una viga e ir midiendo la deflexiones provocada por dicha carga. La ductilidad que promete las fibras metálicas al concreto pertenece al área bajo de la curva carga-deflexión.

Resistencia a la compresión

La fuerza se ve ligeramente afectada por la presencia de fibras, con aumentos observados que van desde 0 a 15 por ciento para hasta a 1.5 por ciento por volumen de fibras. [2]

Resistencia a corte y torsión

La importancia de las fibras de acero radica en que éstas a menudo aumentan la resistencia al corte y torsión del hormigón mejorando notoriamente el comportamiento de hormigón ante alguna falla; cabe mencionar que se encuentran muy hay pocos datos que traten estrictamente con la cizalla y la torsión. [2]

Flexión

Los incrementos en la resistencia a la flexión de los SFRC son esencialmente mayores que en tensión o compresión, debido a la conducta dúctil del SFRC se dice que el lado de una viga modifica la distribución habitualmente elástica de tensión sobre la profundidad del miembro, en consecuencia este alterado hace que la distribución de tensiones sean esencialmente plásticas en la zona de tensión.

La resistencia a la flexión del SFRC es aproximadamente 50 a 70 por ciento más que el concreto no reforzado. [2]

2.2.7 Concepto e importancia del concreto

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción. Para Sánchez [13] este material resulta de la mezcla de componentes cementantes (cemento portland hidráulico), agregado fino y grueso, agua, aire y en algunas veces aditivos o fibras, que luego de fraguar forman un piedra artificial que soporta grandes cargas de compresión.

Sim embargo, y pese a lo mencionado en la línea anterior, el concreto es un material muy deficiente a esfuerzos de tracción y flexión, por lo que siempre se ha buscado mejorar estas propiedades haciendo uso de fibras tanto sintéticas como naturales.

Por otro lado el concreto hoy en día según Rivva [14] es el material más versátil, constituyéndose como el más usado en nuestro país y su calidad depende de dos aspectos importantes de la calidad de los materiales y de la correcta ejecución que este lleva en todo su proceso, desde su elaboración hasta el curado en obra.

2.2.8 Componentes del concreto

En todo tipo de obra, los materiales o componentes del concreto deben de cumplir con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones.<

2.2.8.1 Cemento

El cemento es a aquel material que después de ser amasado con agua empieza a fraguar formando un nuevo compuesto que es estable cuando esta sumergido en agua o cuando se encuentra al aire libre. [15].

Por otro lado, según el autor Nilson [16], nos menciona que hacemos referencia de un material cementante a aquel que tiene propiedades de cohesión y adhesión, que permiten unir agregados inertes para formar una masa sólida que posea durabilidad y resistencia.

Así, cabe recalcar que de los diferentes cementos hidráulicos el más común que empleamos para las edificaciones es el cemento portland. Este último es el componente más significativo del concreto pues de él depende sus propiedades.

El cemento deberá cumplir con la norma NTP 334.009 para cemento portland tipo I, II o III y con la norma NTP 334.09 para cemento portland puzolánico tipo IP o IPM [14].

2.2.8.2 Agregados

Los agregados ocupan un 70% – 75% del volumen de la masa endurecida del concreto. Es así que el resto está formado por el cemento, agua y aire [16].

Para el autor Neville [17], es de suma importancia tener un agregado de buena calidad pues debido a que este ocupa cerca de las tres cuartas partes del concreto, afecta la resistencia del concreto, su desempeño y durabilidad.

a) Agregado Fino

Para Rivva [18], Se considera agregados finos a la arena o piedra natural finalmente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8”) y que cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

b) Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánicas de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en las Norma NTP 400.037.

Este material debe de estar conformado por partículas sin impurezas y de perfil preferente angular o semi angular, resistentes, compactas, duras y preferentemente de textura rugosa [18].

Los ensayos realizados a estos agregados para determinar sus propiedades quedan definidos por NTP y son las siguientes:

- NTP 400.12 “Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso”
- NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del Agregado Grueso”
- NTP 400.022 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del Agregado Fino”
- NTP 400.017 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”

2.2.8.3 Agua

El agua es el elemento que reacciona químicamente con el material cementante dando origen a la formación del gel. Este gel permite o facilita una mejor manipulación del concreto en su proceso de elaboración (en estado fresco) [14].

El agua debe ser de preferencia potable, de no ser el caso se deberá realizar el estudio de laboratorio según la NTP 339.088.

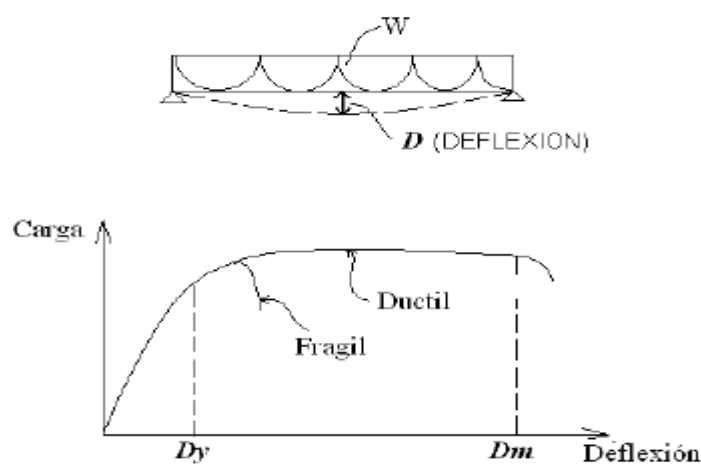
2.2.9 Ductilidad en vigas

Como se ha mencionado es importante lograr, en el diseño, que elementos estructurales de concreto armado tengan un comportamiento dúctil bajo cargas de gravedad y frente a fuerzas sísmicas leves o severas. Ante esto obtener un análisis de las características carga -deflexión de una estructura o elemento, se justifica según Ottazzi [12], en lo siguiente:

- a) La necesidad de evitar las fallas frágiles: con ello se pretende que la estructura pueda ser capaz de soportar grandes deflexiones cerca de su capacidad máxima de carga. En estas condiciones el elemento “avisa” y es posible ponerse en buen recaudo antes del colapso total.

En la figura N° 3 se muestra el comportamiento de una viga bajo cargas que se incrementa hasta la falla. Siendo lo deseable lograr un comportamiento de tipo dúctil el cual es asociado a deformaciones importantes sin pérdida apreciable en la capacidad de carga,

Figura 3. Comportamiento de una viga con falla frágil y dúctil



Fuente: Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado

De la figura interior se aprecia que si un elemento tiene un comportamiento dúctil, este puede incursionar en el rango no lineal sin llegar al colapso. Una medida de la ductilidad de una estructura es la ductilidad de desplazamiento definida según Ottazzi [12] , como el cociente entre el desplazamiento máximo y el desplazamiento donde se inicia la fluencia de la estructura.

$$\mu = D_m/D_y$$

- b) La ductilidad no solo es importante porque nos alerta de fallas inminentes sino que también es indispensable cuando el elemento tiene que resistir grandes cargas como las que se generan durante un evento sísmico. La intención es que el elemento “sobreviva” ante estas fuerzas sin llegar al colapso.

Para tener una idea clara de la capacidad de deformación inelástica de un elemento o estructura es esencial la construcción de los diagramas Momento-Curvatura de la sección del elemento.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Fibras de acero: son elementos de pequeña sección de corta longitud que al ser añadidas al concreto le otorga ciertas propiedades específicas e importantes, con las características necesarias para difundirse aleatoriamente en la mezcla de concreto, la cual debe encontrarse en estado fresco.

2.3.2 Los agregados: son aquellos materiales inertes de forma granular, naturales o artificiales, los agregados más frecuentes utilizados son la arena, grava y escoria, estos deben de cumplir con algunas normas para su uso en ingeniería [19].

2.3.3 Cemento: es la composición o mezcla de distintas materias primas a altas temperaturas para lograr proporciones químicas precisas como cal, sílice, aluminio y hierro en el producto final, conocido también como Clinker esta a su vez al reaccionar con el agua produce el fraguado [19].

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

Debido a la clase de investigación que se ejecutó, este estudio es de tipo ‘estimado experimental’, puesto que en este diseño se realizó comparaciones entre la hipótesis establecida y los experimentos efectuados, los cuales facilitaron al autor una mejor interpretación de los datos obtenidos. El experimento que se estableció permitió manipular dichas variables y evidenciar el efecto que provoca dicha manipulación, para lograr alcanzar el objetivo general.

Así mismo, de acuerdo al nivel de investigación, este estudio es cuasi experimental, pues el grado de control sobre las variables es intermedio, debido a que las especificaciones técnicas de las fibras SIKAFIBER CHO 80/60 NB ya nos proporcionan ciertos parámetros de uso por m^3 de concreto (entre 10 – 45 kg/m^3), y además se tuvo muestras de vigas control y a su vez muestras de vigas experimentales. Finalmente no se utilizó una elección probabilística para seleccionar las muestras.

3.2 Diseño de investigación

Esta investigación es experimental.

X: Incorporación de fibras de acero

Y: Ductilidad de vigas rectangulares

- ✓ Diseño cuasi experimental (únicamente con post-prueba)

$$\begin{aligned} O_e &\rightarrow X_1 \rightarrow M_1 : \text{Grupo experimental} \\ O_c &\rightarrow -X_0 \rightarrow M_2 : \text{Grupo de control} \end{aligned}$$

O: Grupos

- ✓ Oe: Grupo experimental
- ✓ Oc: Grupo de control

X: Variable independiente

- ✓ X: Incorporación de fibras de acero

M: Medición de los indicadores de la variable dependiente

- ✓ M1: Medición las variables dependientes con la incorporación de fibras.
- ✓ M2: Medición de la variable dependientes sin la incorporación de fibras.

3.3 Población, muestra, muestreo

3.3.1 Población

Nuestra población viene hacer todas aquellas vigas reforzadas con distintas formas de fibras de acero.

- Vigas de concreto reforzadas con fibras de acero rectas con extremos aplanados y ensanchados.
- Vigas de concreto reforzadas con fibras de acero rectas con extremos en ganchos.
- Vigas de concreto reforzadas con fibras de acero onduladas.

3.3.2 Muestra de estudio

El tipo de muestreo a utilizar será no probabilístico, en este proceso se usará el Muestreo Intencional. Vigas de concreto reforzado con fibras de acero rectas con extremos en ganchos. Fueron 6 muestras en total, de las cuales 2 fueron construidas con concreto convencional con longitudes de 3.5 m, y 4.5 m y los 4 restantes fueron construidos con las mismas características pero adicionando a cada viga 10 kg/m³ y 20 kg/m³ de contenido de fibras de acero.

CUADRO DE MUESTRAS DE VIGAS		
CÓDIGOS DE VIGAS	FIBRAS DE ACERO	TIPO DE CONCRETO
V01-SFA-3.5 m	NO	CONVENCIONAL
V02-CFA-10 kg/m ³ -3.5 m	SI	CRFA
V03-CFA-20 kg/m ³ -3.5 m	SI	CRFA
V04-SFA-4.5m	NO	CONVENCIONAL
V05-CFA-10 kg/m ³ -4.5m	SI	CRFA
V06-CFA-20 kg/m ³ -4.5m	SI	CRFA

Fuente: Elaboración propia

Datos:

V01-SFA-3.5 m : V01 SIN FIBRA DE ACERO DE 3.5 m DE LONGITUD.

V02-CFA-10 kg/m³-3.5 m : V02 CON FIBRA DE ACERO CON 10 kg/m³, DE 3.5 m DE LONGITUD.

V03-CFA-20 kg/m³-3.5 m : V03 CON FIBRA DE ACERO CON 20 kg/m³, DE 3.5 m DE LONGITUD.

V04-SFA-4.5m : V04 SIN FIBRA DE ACERO DE 4.5 m DE LONGITUD.

V05-CFA-10 kg/m³-4.5m : V05 CON FIBRA DE ACERO CON 10 kg/m³ DE 4.5 m DE LONGITUD.

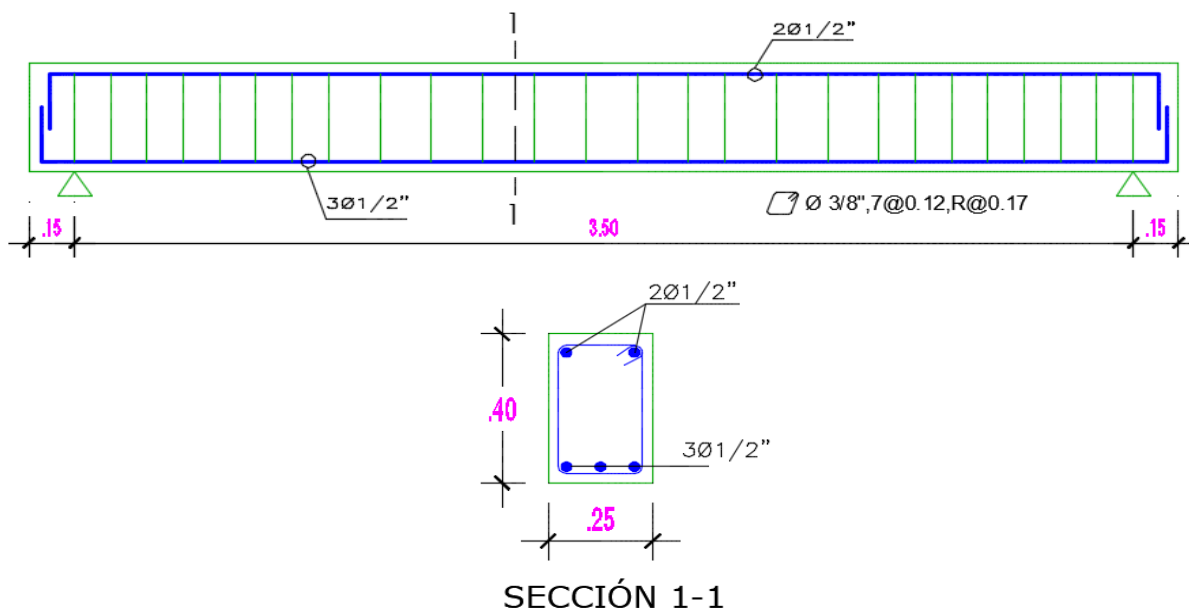
V06-CFA-20 kg/m³-4.5m : V06 CON FIBRA DE ACERO CON 20 kg/m³ DE 4.5 m DE LONGITUD.

La sección de viga que se utilizó para ambas longitudes fue de un ancho de 25 cm y un peralte de 40 cm, con un refuerzo superior de dos varillas de media pulgada ($2 \Phi \frac{1}{2}$) y un refuerzo inferior de tres varillas de media pulgada ($3 \Phi \frac{1}{2}$), tal como se muestra en la figura N° 4.

El acero utilizado en la sección se colocó teniendo en cuenta las cuantías mínimas y máximas permitidas por la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), para garantizar un modo de falla dúctil del elemento. Este modo de falla es el que se espera durante los ensayos a flexión de las vigas en el presente trabajo de investigación.

El diseño por cortante se realizó bajo los lineamientos de la norma E.0.60 del RNE, con la finalidad de evitar que las vigas alcancen una falla de cortante antes que se desarrollen las grietas por flexión en la parte central de la viga. Se utilizó estribos de $\Phi \frac{3}{8}$, $7@ 0.12$, $R@ 0.17$

Figura 4. Armado de Vigas de 3.5 m y 4.5 m



Fuente: Elaboración propia

3.4 Criterios de selección

Los materiales que conforman el concreto fueron seleccionados de las mejores canteras del distrito de Chiclayo. Esto con la finalidad de que los mismos cumplan con los requisitos establecidos en las NTP. Cabe mencionar que después de realizar varias veces el ensayo de granulometría el agregado grueso no cumplía con los parámetros indicados, por lo que se tuvo que mezclar agregados de diferente tamaño (piedra de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ ") para lograr cumplir con los usos establecidos para un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$. Se mezcló 1 balde $\frac{3}{4}$ " y 2 baldes de $\frac{1}{2}$ ".

Se utilizó agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo y agregado grueso de la chancadora Granda-tres tomas– Ferreñafe.

Por otro lado, la fibra de acero fue seleccionada del proveedor SIKA, esto por conveniencia puesto que contaban con envíos de sus productos a las provincias. Así mismo este proveedor nos brindan rango de uso en kg por metro cubico de concreto (de 10 a 45 kg/m³), del cual para esta investigación se tomó el 10 y 20 kg/m³.

Cabe mencionar que las dosificaciones, descritas en el párrafo anterior, fueron elegidas de manera intencional y en base a otros a estudios donde se afirman que un alto contenido de fibra produce una disminución significativa de la trabajabilidad del concreto lo cual no es conveniente para este tipo de elementos estructuras como son las vigas pues pueden generar cangrejas durante el vaciado.

3.5 Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLE		INDICADORES	MEDICIÓN	RANGO DE VARIABILIDAD
TIPO	DESCRIPCIÓN			
INDEPENDIENTE	FIBRAS DE ACERO	Cantidad	Kg/m ³	10 kg/m ³ , 20 kg/m ³
		longitud	Cm	6 cm
		Diámetro	mm	0.75 mm
		Forma	-----	Rectos con extremos en ganchos
DEPENDIENTE	DUCTILIDAD DE VIGAS RECTANGULARES DE CONCRETO	Diagrama Carga-Deflexión	Tn y mm	
		Resistencia a la Compresión	Kg/cm ²	
		Trabajabilidad (Slupm)	Pulg	
INTERVINIENTE	AGREGADOS CURADO DE LAS VIGAS	Análisis Granulométrico	gr	-----
		Contenido de Humedad	%	-----
		Grado de Absorción	%	-----
		Peso específico	Kg/m ³	-----
		Pesos Volumétricos de los agregados	Kg/m ³	-----
		Días de curado	Días	28 días

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnica

Las técnicas que se utilizaron fueron:

Investigación: Ya que en base a los antecedentes está elaborado esta investigación.

Experimental: Se realizará la manipulación de las variables para evidenciar, validar o descartar la hipótesis planteada.

3.6.2 Fuentes

- Norma Técnica Peruana (NTP)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Norma E 060 del reglamento nacional
- Norma E 030 del reglamento nacional
- Normas ACI

3.6.3 Instrumentos de recolección de datos

3.6.3.1 Programas de cómputo

- Microsoft Office Word
- Microsoft Office Excel
- Microsoft Office Power Point

3.6.3.2 Ensayos de materiales

A) Granulometría de los agregados fino y grueso

(1) Definición

Consiste en determinar los distintos tamaños de las partículas de los agregados y ver su distribución a través de una serie de tamices normados.

(2) Normativa

La norma empleada es la NTP 400.12 “Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso”

Agregado grueso

(1) Objetivo

Determinar si el agregado grueso cumple con los requisitos granulométricos en la tabla N° 03.

Tabla 3. Operacionalización de variables

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

(2) Instrumentos y equipos

- Balanza analítica
- Cucharón metálico
- Tara
- Muestras de agregado grueso:
- Serie de tamices 3/8", n.º 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y fondo.

(3) Procedimiento

Primero se vació en material sobre una superficie limpia de forma cónica, luego se procedió a realizar el cuarteo y se seleccionó la muestra representativa. Con esta última se pesó 5219 gramos de muestra, los cuales se hicieron pasar por los tamices y se pesaron cada cantidad retenida en los tamices y se registraron los datos en una hoja de ensayos de materiales.

(4) Panel de fotografía

Figura 5. Análisis granulométrico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Agregado fino

(1) Objetivo

Determinar si el agregado grueso cumple con los requisitos granulométricos en la tabla N° 04.

Tabla 4. Operacionalización de variables

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μ m (No. 30)	25 a 60
300 μ m (No. 50)	05 a 30
150 μ m (No. 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037

(2) Instrumentos y equipos

- Balanza analítica
- Cucharón metálico
- Tara
- Muestras de agregado grueso

(3) Procedimiento

Primero se vació en material sobre una superficie limpia y se deja secar bajo el sol, luego se pesó 500 gramos de muestra, los cuales se hicieron pasar por los tamices y se pesaron cada cantidad retenida en los tamices y se registraron los datos en una hoja de ensayos de materiales.

(4) Panel de fotografía

Figura 6. Análisis granulométrico de agregado fino



Fuente: Elaboración propia

B) Peso específico de los agregados

(1) Definición

Resulta de la relación entre la masa de un volumen unitario de material y la masa del mismo volumen en agua destilada. Este material se debe encontrar en un estado saturado y superficialmente seca.

(2) Objetivo

Este ensayo permite determinar el peso específico seco, el peso específico aparente, peso específico saturado del agregado grueso y fino.

Agregado grueso

(1) Normativa

La norma empleada es la NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del Agregado Grueso”

(2) Instrumentos y equipos

- Agregado y bandeja
- Balanza analítica
- Horno
- Franela
- Canastilla

(3) Procedimiento

Primero se tomó una cantidad de agregado grueso, se lavó para eliminar el polvo y se sumergió en agua durante 24 horas. Pasado este tiempo se retiró la muestra del recipiente con agua y con ayuda de una franela se eliminó el agua superficial de los agregados, quedando en un estado de muestra saturada y seca superficialmente.

Luego se pesó el material y seguidamente se colocó la muestra en la canastilla para obtener su peso sumergido.

Finalmente el material fue llevado al horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas. Cumplido estas horas, la muestra se dejó enfriar y se pesó.

(4) Cálculo

$$Pe = \frac{P}{P_{ss} - P_{sw}}$$

Siendo:

Pe= Contenido Específico de la masa

P= Peso en gramos de la muestra seca

P_{ss}= Peso en gramos de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente

P_{sw}= Peso de la muestra sumergida en agua

(5) Panel de fotografía

Figura 7. Peso específico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Agregado fino

(1) Normativa

La norma empleada es la NTP 400.022 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del Agregado Fino”

(2) Instrumentos y equipos

- Matraz de 500 cm³
- Balanza
- Bandeja y agregado fino
- Taras
- Cono de absorción y pilón
- Horno

(3) Procedimiento

Primero se colocó una muestra del agregado fino sobre un recipiente de agua durante 24 horas. Pasado este tiempo se dejó secar la muestra al aire libre hasta tener un estado de muestra saturada superficialmente seca.

Para garantizar este estado se procedió a colocar el material en el cono de absorción, llenándolo en tres capas con 25 golpes en cada una, al retirar el cono la muestra quedó a $\frac{3}{4}$ de este por lo que se estimó el estado correcto (de no ser así la muestra sigue estando húmeda).

De la muestra saturada superficialmente seca, se pesó 500 gr y así mismo el matraz. Seguidamente se colocó el material dentro del matraz y se agregó agua hasta los 400 cm³, luego se eliminó los vacíos agitando el matraz para dejarlo reposar 24 horas.

Luego de esto se añadió agua destilada hasta los 500 cm³ y se pesó. Seguidamente se vertió el contenido en un recipiente y esperamos 10 min.

Finalmente se retiró el agua sin perder material y se colocó la muestra en el horno durante 24 horas a 110°C +/- 5°C.

(4) Cálculo

$$Pe\ fine = \frac{W_o}{V - V_o}$$

Siendo:

Pe Fino= Contenido Específico de la masa

P= Peso en gramos de la muestra seca

Pss= Peso en gramos de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente

Psw= Peso de la muestra sumergida en agua

$V_o = A - (C + B)$

Donde:

V_o = Peso del agua añadida

A= Suma del matraz, agua, muestra

C= Peso del matraz

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca

(5) Panel de fotografía

Figura 8. Peso específico del agregado fino



Fuente.: Elaboración propia

C) Peso unitario volumétrico suelto de los agregados

(1) Definición

Es el peso de la cantidad de agregado que llena un recipiente de volumen conocido. Dicho de otra forma es la relación peso /volumen dejando caer el material sobre un recipiente de volumen conocido.

(2) Normativa

La normativa empleada es NTP 400.017 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”

(3) Objetivo

Calcular el peso unitario suelto seco del agregado grueso y fino.

Agregado grueso y fino

(1) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Bandeja
- Varilla de 5/8 con puntas redondas
- Moldes de compactación

(2) Procedimiento

Primero se pesó el molde vacío. Luego se determinó su volumen. Seguidamente se procedió a llenar dicho molde con el agregado dejándolo caer a una distancia de 5 cm desde la parte superior y se enrazó con una varilla. Finalmente se procedió a pesar el molde con el contenido.

(3) Cálculo

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del contenido en el molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

(4) Panel de fotografía

Figura 9. Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

D) Peso unitario volumétrico compactado de los agregados

(1) Definición

Es el peso de la cantidad de agregado compactada que llena un recipiente de volumen conocido. Dicho de otra forma es la relación peso compactado /volumen dejando caer el material sobre un recipiente de volumen conocido.

(2) Normativa

La normativa empleada es NTP 400.017 “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”

(3) Objetivo

Calcular el peso unitario compactado seco del agregado grueso y fino.

Agregado grueso y fino

(1) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Bandeja
- Varilla de 5/8 con puntas redondas
- Moldes de compactación

(2) Procedimiento

Primero se pesó el molde vacío. Luego se determinó su volumen. Seguidamente se realizó el llenado de dicho molde con el agregado en tres capas varillándose 25 cada una. Se enrazó con una varilla. Finalmente se procedió a pesar el molde con el contenido.

(3) Cálculo

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso compactado del contenido en el molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

(4) Panel de fotografía

Figura 11. Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

E) Grado de absorción

(1) Definición

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado durante un tiempo de 24 horas en un recipiente con agua. Se expresa en porcentaje.

(2) Normativa

La norma empleada es NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del Agregado Grueso”

Agregado grueso

(1) Objetivo

Calcular el grado de absorción del agregado grueso

(2) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Horno
- Franela

(3) Procedimiento

De los datos del ensayo de peso específico del agregado grueso aplicamos la fórmula.

(4) Cálculos

$$\% \text{ absorción} = \frac{P_{ss} - P}{P} \times 100$$

Siendo para el agregado grueso:

P= Peso en gramos de la muestra seca

P_{ss}= Peso en gramos de la muestra saturada interiormente y seca.

(5) Panel de fotografía

Figura 13. Grado de absorción del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Agregado fino

(1) Objetivo

Calcular el grado de absorción del agregado fino

(2) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Horno

(3) Procedimiento

De los datos del ensayo de peso específico del agregado fino aplicamos la formula.

(4) Cálculos

$$\% \text{ absorción} = \frac{PMSS - W_o}{W_o} \times 100$$

Siendo:

W_o = Peso de muestra secado en Horno

PMSS = Peso de muestra saturada con superficie seca

(5) Panel de fotografía

Figura 14. Grado de absorción del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

F) Humedad de agregado grueso y fino

(1) Normativa

La norma empleada fue la NTP 339.185 “contenido de humedad de los agregados”

(2) Objetivo

Determinar el porcentaje de humedad del agregado, es decir la cantidad de agua que tienen dentro de sus partículas.

Agregado grueso y fino

(1) Instrumentos y equipos

- Balanza
- Horno de secado
- Recipientes
- Agregados

(2) Procedimiento

Primero se pesó una muestra de 6000 kg de muestra, luego se pesó la muestra más el recipiente que lo contenía. Después esa muestra fue colocada al horno a 110°C por un tiempo de 24 horas. Cumplido este tiempo, se retiró la muestra, se dejó enfriar y se pesó .

(3) Cálculo

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Siendo:

P= Contenido de Humedad (%)

W : Masa inicial de la muestra (gr)

D: Masa de la muestra seca (gr)

(4) Panel de fotografía

Figura 15. Contenido de humedad del agregado grueso



Fuente: Elaboración

Figura 16. Contenido de humedad del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

G) Prueba del cono de Abrams o asentamiento

(1) Definición

El ensayo se efectúa al concreto fresco para establecer su fluidez o consistencia.

(2) Normativa

La norma empleada fue NTP 339.035

(3) Instrumentos y equipos

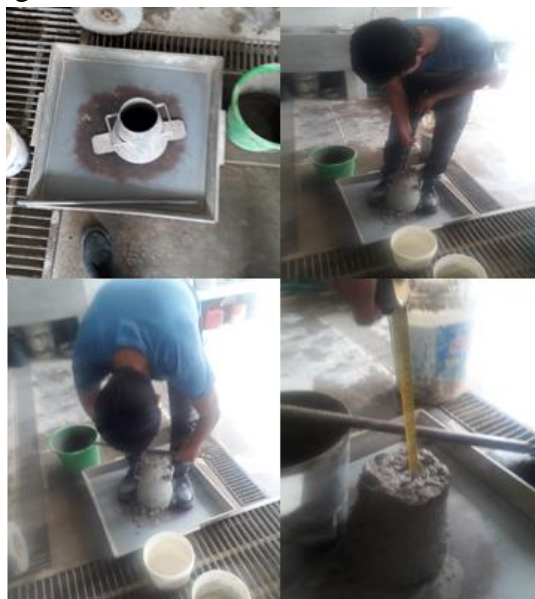
- Bandeja
- Varilla lisa
- Wincha
- Como de Abrams
- Martillo cabeza de goma

(4) Procedimiento

Primero se colocó el cono de abrams sobre una superficie plana. Luego se mantuvo inmóvil haciendo presión sobre las aletas. Después, se llenó 1/3 del volumen del cono y se apisonó con la varilla 25 veces alrededor de toda la sección. En seguido se llenó otra capa de 1/3 del volumen y se procedió hacer el mismo varillado pero teniendo en cuenta que la varilla penetre hasta la capa anterior en una pulgada. Se realizó lo mismo para la tercera capa. Lleno y enrasado el molde se levantó cuidadosamente de forma vertical. Finalmente se midió la diferencia de altura de la mezcla fresca y la altura del molde.

(5) Panel de fotografía

Figura 17. Asentamiento del concreto fresco



Fuente: Elaboración propia

H) Elaboración y curado de probetas cilíndricas

(1) Normativa

La norma empleada fue NTP 339.033 “Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra”

(2) Instrumentos y equipos

- Moldes cilíndricos de 6” x 12” (15 x 30 cm)
- Varilla ϕ 5/8” x 24” (16 x 600 mm)
- Mazo de goma (600 \pm 200g)
- Palana, plancha y regla para enrazar

(3) Procedimiento

Primero se colocó los moldes sobre una superficie nivelada, luego se llenó 1/3 del volumen del molde y se apisonó con la varilla 25 veces alrededor de toda la sección y además se dio 15 golpes laterales. En seguida se llenó otra capa de 1/3 del volumen y se procedió hacer el mismo varillado pero teniendo en cuenta que la varilla penetre hasta la capa anterior en una pulgada. Finalmente se llenó la última capa y se enrazó.

Después de un día se procedió a desmoldar las probetas y en seguida se las colocó en agua para su curado por 7 días.

(4) Panel de fotografía

Figura 18. Elaboración y curado de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia

D) Compresión a muestras cilíndricas de concreto

(1) Definición

La resistencia corresponde al promedio de las resistencias de dos probetas ensayadas a los 28 días.

(2) Normativa

La norma empleada fue la NTP 339.034 “Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de Muestras cilíndricas de concreto”

(3) Instrumentos y equipos

- Máquina de ensayo

(4) Procedimiento

Primero se midió el diámetro de la probeta y su altura con ayuda de un vernier. Después la probeta se colocó en la máquina de ensayo y se tomó registro del valor en la pantalla.

(5) Panel de fotografía

Figura 19. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.3 Proceso constructivo de vigas

La construcción de las vigas requirió de una buena planificación. La compra de materiales, agregados, cemento, fiero y madera, y además la mano de obra de maestro de construcción.

Las vigas fueron realizadas con el mayor cuidado para evitar alteraciones en la misma, es así que se elaboraron sobre un piso nivelado. Durante la construcción se verificó los recubrimientos de 4 cm, la verticalidad de las vigas y que las dimensiones sean las correctas en el encofrado y en el acero de refuerzo.

Para la preparación de la mezcla se tuvo en cuenta la dosificación para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}$ y se utilizó una vibradora para evitar que se generen cangrejas en el concreto.

Figura 20. Construcción de vigas



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.4 Ensayos a flexión de las vigas

a) Definición

El ensayo consistió en aplicar carga en cada tercio de la luz de una viga simplemente apoyada. Se registró las deflexiones y las carga ejercidas en diferentes tiempos para la construcción del diagrama carga-deflexión. Se tomó como referencia la NTP 339.078.

b) Instrumentos de medición

b.1 Vernier digital

Es un instrumento para medir pequeños desplazamientos con una precisión de centésima de milímetro. Tiene una capacidad de medición de 15 cm con una lectura digital.

Figura 21. Vernier digital



Fuente: <https://www.valiometro.pe/pie-de-rey-digital-vernier-digital-150-mm-x-001-mm>

El equipo fue colocado en un lugar estratégico de tal manera que permitiera tener unas lecturas claras y que no se viera afectado ante un posible colapso de los elementos ensayados.

b.2 Marco de carga o prensa hidráulica

El marco de carga se trata de una estructura metálica la cual cuenta con una altura de 1.80m realizada a base de perfiles. Cuenta con un sistema de gato hidráulico invertido cuya capacidad es de 20 ton, este gato hidráulico está conectado a una bomba la cual funciona a través de una palanca. Esta se debe mover de forma ascendente y descendente periódicamente para la aplicación de la carga. En la parte superior del marco de carga se encuentra montado un manómetro analógico que se encarga de registrar la carga actuante. El manómetro tiene una capacidad de 30 ton. Fig. N° 22.

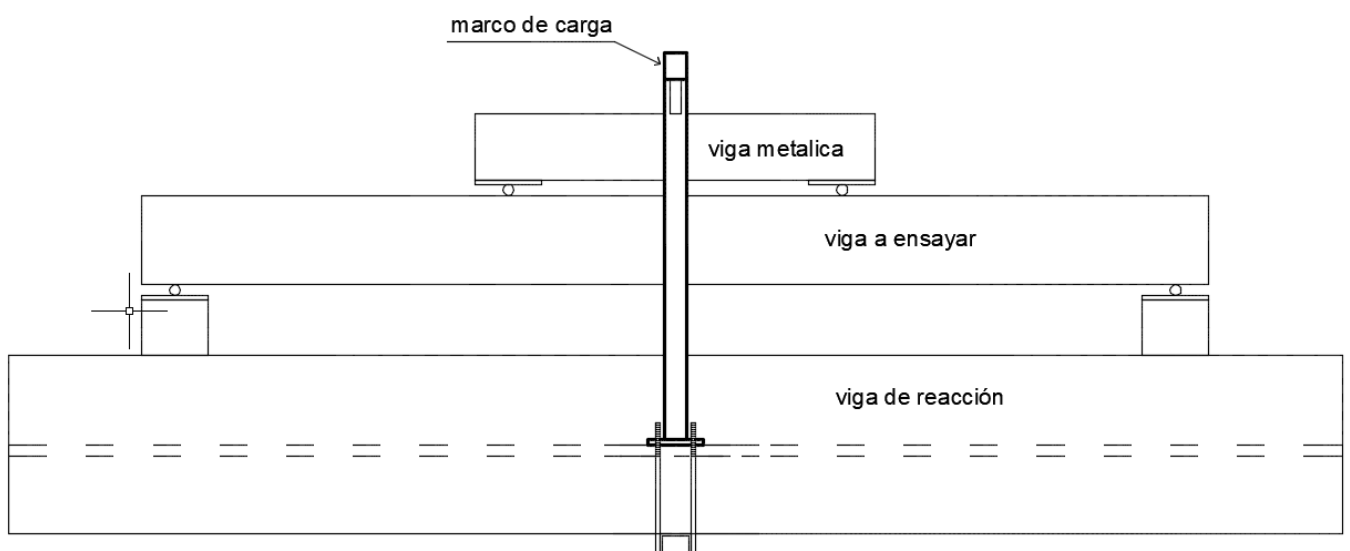
El marco de acero debe estar debidamente empotrado en su base para garantizar que no sea levantado a medida que se vaya aplicando la fuerza, por lo que fue necesario tener una viga de reacción que me permitiría soportar y por tanto equilibrar las cargas durante el ensayo. Fig. N° 23.

Figura 22. Prensa hidráulica o marco de carga



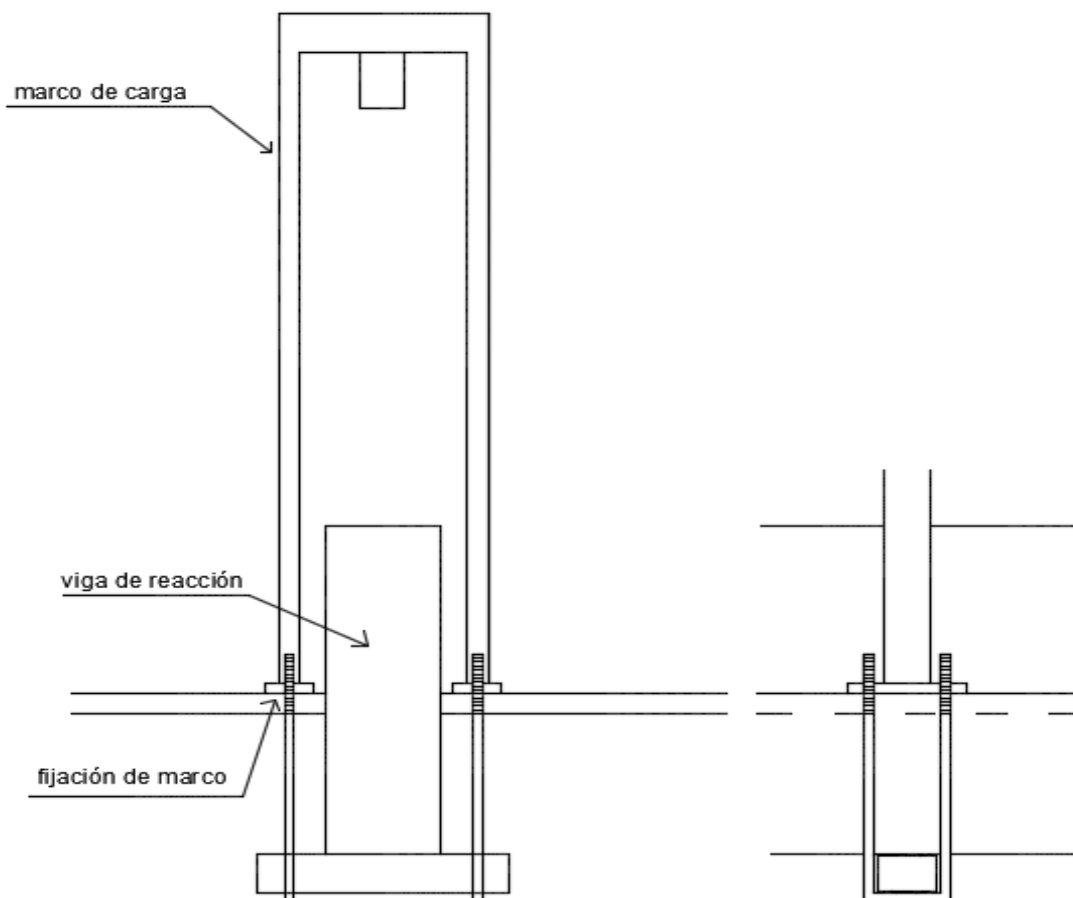
Fuente: <http://www.safari.com.pe/producto/prensa-hidraulica-pro-20-ton/>

Figura 23. Fijación de presa hidráulica



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Sección transversal de fijación de prensa hidráulica



Fuente: Elaboración propia

Las 4 varilla de anclaje para la fijación fueron de fierros de alta resistencia con un diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada. En la parte inferior se dispuso de una viga metálica para que las varillas fueran soldadas ahí y de esta manera se pueda asegurar un empotramiento resistente.

c) Procedimiento

Se colocó la viga según lo establecido en la NTP 339.078 y se le fue aplicando carga con la prensa para deformarla y tomar mediciones las cuales fueron tomadas cada 30 segundos y se registraron en la hoja de ensayo. Se tomó la lectura dada en el manómetro, la deflexión dada en el vernier y la cantidad de fisuras.

En la figura N° 25 se muestra el sistema ensamblado para el ensayo de vigas:

- Un marco de carga empotrado en su base. Este marco dispone de una gata hidráulica para ejercer la fuerza y la lectura de dicha magnitud se dará a través del manómetro instalado en la parte superior
- Una viga metálica cuya función es distribuir la carga puntual en dos partes iguales a cada tercio de la viga.
- La viga a ensayar cuyas características fue ya descrita en el apartado 3.3.2.
- Un vernier digital ubicado debajo y al centro de la viga para medir las deflexiones
- Dos apoyos en los extremos de las vigas uno fijo y otro móvil. Este apoyo cuenta con una plancha de fierro de 1/2 “y sobre ella un rodillo sólido soldado de 2” de diámetro. Para el apoyo móvil el rodillo estuvo sin soldar.

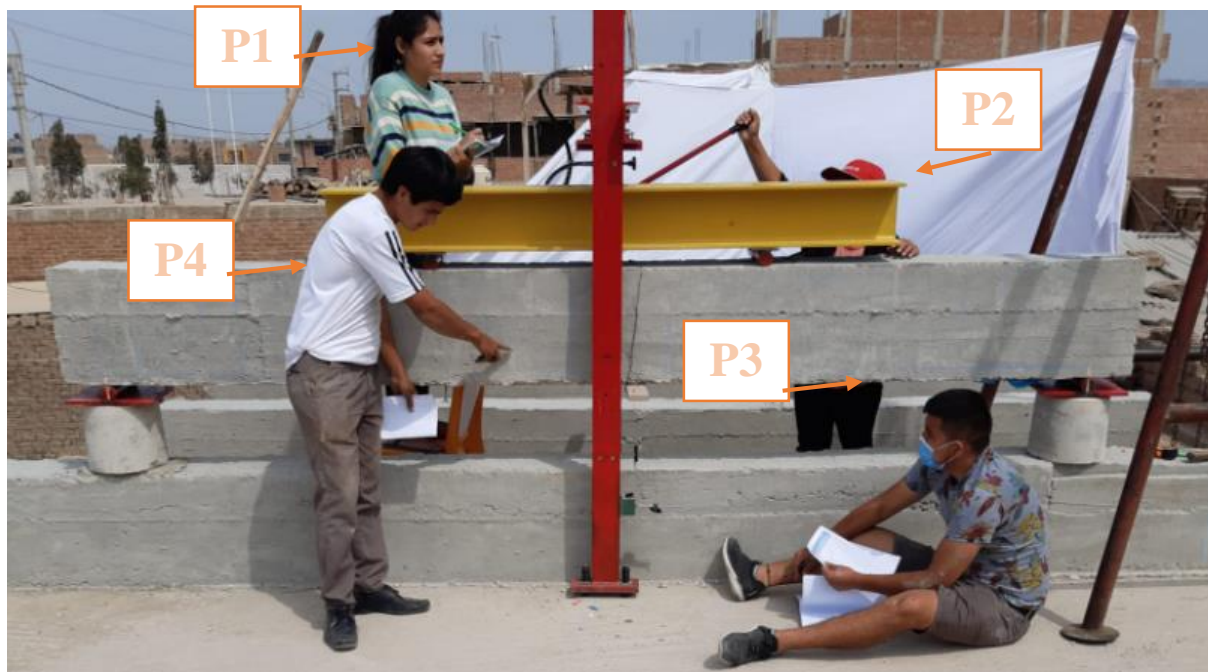
Figura 25. Sistema ensamblado de ensayo a flexión de vigas



Fuente: Elaboración propia

A demás cabe mencionar que para llevar a cabo el ensayo a flexión de las vigas se requirió de un equipo de trabajo para la recolección de datos. Fig. 26.

Figura 26. Equipo de trabajo para recolección de datos



Fuente: Elaboración propia

Se describirá la función de cada uno:

- P1: es la persona encargada de tomar nota de la lectura del manómetro, es decir de la fuerza que se va aplicando.
- P2: es la persona encargada de aplicar la carga uniforme con ayuda de la palanca
- P3: es la persona encargada de registrar la lectura de las deflexiones en el vernier digital
- P4: es la persona encargada de registrar la cantidad y señalar con tizas las fisuras en las vigas.

3.7 Procedimientos

La investigación cuenta con un cronograma de actividades que se realizaron para la elaboración del proyecto.

Primero, se empezó con la recopilación de información. Se hizo la revisión de bibliografías y búsquedas de antecedentes en artículos científicos e investigaciones tanto nacionales como internacionales. Así mismo se hizo la revisión de las normas vigentes respecto a los ensayos.

Posteriormente, se dio la adquisición de materiales, herramientas y agregados para las vigas. A estos últimos se realizaron los ensayos respectivos para el diseño de mezcla.

Teniendo los resultados de los ensayos se buscó un diseño de mezcla patrón cuya dosificación en volumen resulte una resistencia más cercana a la compresión de 210 kg/cm^2 a los 28 días. Cabe mencionar que se realizó dos diseños de mezclas y se escogió aquel que daba como resultado el valor mayor más próximo de la resistencia requerida.

Después se procedió a elaborar las vigas patrón y las vigas experimentales las cuales tenían adicionadas fibras de acero en cantidades de 10 y 20 kg/m^3 de concreto. Estas vigas y las probetas fueron curadas durante 28 días.

Finalmente, cumplidos los 28 días se realizó el ensayo a flexión de las muestras, se tomaron los registros y se procedió hacer las comparaciones.

3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el desarrollo de esta investigación se han planteado cuatro etapas, las cuales serán descritas a continuación:

❖ **ETAPA I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

- ✓ *Revisión de bibliografías y búsqueda de antecedentes.*
- ✓ *Revisión de las normas vigentes.*
- ✓ *Elaboración de hojas de Excel para la recolección de datos.*

❖ **ETAPA II: OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES**

- ✓ *Adquisición de materiales y herramientas para las vigas*
- ✓ *Reservación de laboratorio.*
- ✓ *Adquisición de los agregados.*

❖ **ETAPAE III: ENSAYOS**

- ✓ *Ensayo para los agregados.*
- ✓ *Diseño de mezcla.*
- ✓ *Diseño de refuerzo de las vigas*
- ✓ *Construcción de las 6 vigas*
- ✓ *Elaboración de testigos*
- ✓ *Curado de testigos.*
- ✓ *Curado de las vigas*
- ✓ *Ensayo de resistencia a la flexión de las vigas*

❖ **ETAPA IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS**

- ✓ *Obtención de los resultados de los ensayos*
- ✓ *Procesamiento de resultados*
- ✓ *Conclusiones y recomendaciones*

3.9 Matriz de consistencia

Tabla 5. Matriz de consistencia

TÍTULO	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN LA DUCTILIDAD DE VIGAS RECTANGULARES DE CONCRETO ARMADO DE F´C 210 KG/CM2 CON LUCES DE 3.5 Y 4.5 M EN LA CIUDAD DE CHICLAYO, 2019
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	¿El uso de fibras de acero como material de refuerzo del concreto mejorará la ductilidad en vigas rectangulares?
OBJETIVO GENERAL	Determinar si las fibras de acero como material de refuerzo del concreto con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ mejorará la ductilidad en vigas rectangulares de concreto armado.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Realizar el diseño de mezcla para una resistencia de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
	Construir a escala real una viga de concreto armado con y sin fibras de acero.
	Realizar ensayo a flexión de las vigas propuestas.
	Realizar la curva Carga – Deflexión para cada ensayo de flexión.
	Realizar la curva Momento curvatura – Curvatura para cada ensayo de flexión.
	Obtener y Comparar la ductilidad de vigas de concreto reforzadas con 0 kg/m^3 , 10 kg/m^3 y 20 kg/m^3 de fibras de acero.
FORMULACIÓN DE HIPOTESIS	El uso de fibras de acero como material de refuerzo del concreto mejorará la ductilidad en vigas rectangulares respecto a una viga convencional de concreto armado.
VARIABLES	<ul style="list-style-type: none"> • Variable independiente: incorporación de fibras de acero • Variable dependiente: la ductilidad de vigas rectangulares

Fuente: Propia

3.10 Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas quedan reflejadas en la declaración jurada la cual se encuentra en Anexos.

En este documento se asegura que el autor presenta con total veracidad los resultados obtenidos y así mismo hace saber que su investigación no se ha desarrollado ni se encuentra desarrollando por ningún otro investigador.

Por otro lado, la elaboración del presente estudio se llevó a cabo tomando como referencias las investigaciones descritas en el marco teórico, en el cual se describen las metodologías empleadas, los objetivos a alcanzar y los resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS

4.1 Ensayos de materiales

4.1.1 Granulometría de agregado grueso

Para lograr que la granulometría cumpla con las especificaciones técnicas, se mezcló agregados de diferentes tamaños. Medio balde de $\frac{3}{4}$ " y dos baldes de $\frac{1}{2}$ ".

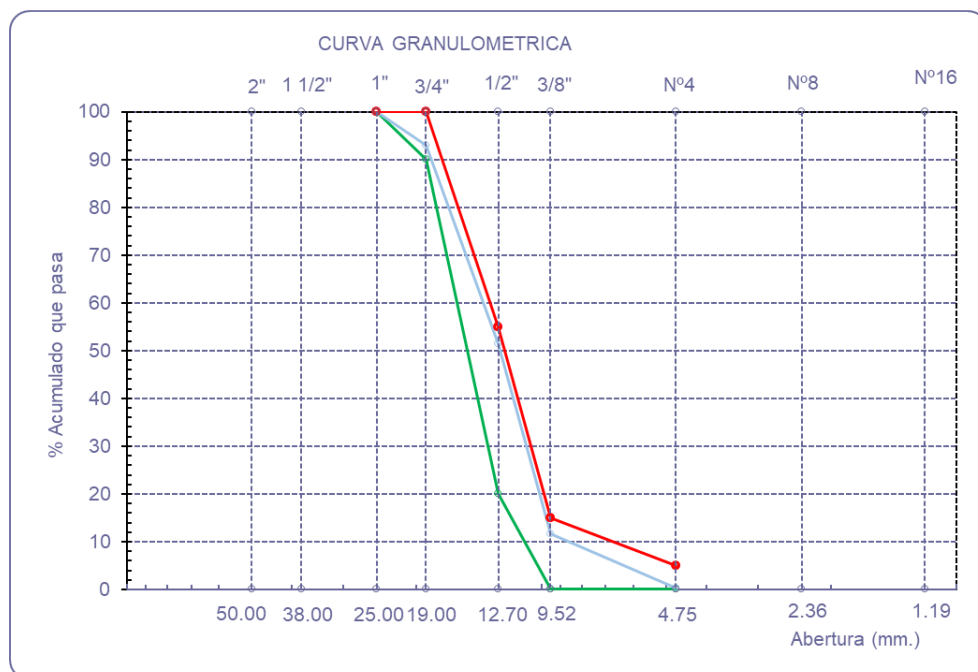
Tabla 6. Granulometría del agregado grueso

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA

P. Inicial S. 5219

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones ASTM 67	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	364.0	7.0	7.0	93.0	90.0	100.0
1/2"	12.70	2172.0	41.6	48.6	51.4	20.0	55.0
3/8"	9.52	2074.0	39.7	88.3	11.7	0.0	15.0
Nº 04	4.75	596.0	11.4	99.8	0.2	0.0	5.0
Nº 08	2.36	7.0	0.1	99.9	0.1		
Nº 16	1.19	0.0	0.0	99.9	0.1	-	-
Fondo		6.0	0.1	100.0	0.0		
Tamaño Máximo			1"	25.00			
Tamaño Máximo Nominal			3/4"	19.00			

Gráfico N° 01: Curva granulométrica del agregado grueso.



4.1.2 Granulometría de agregado fino

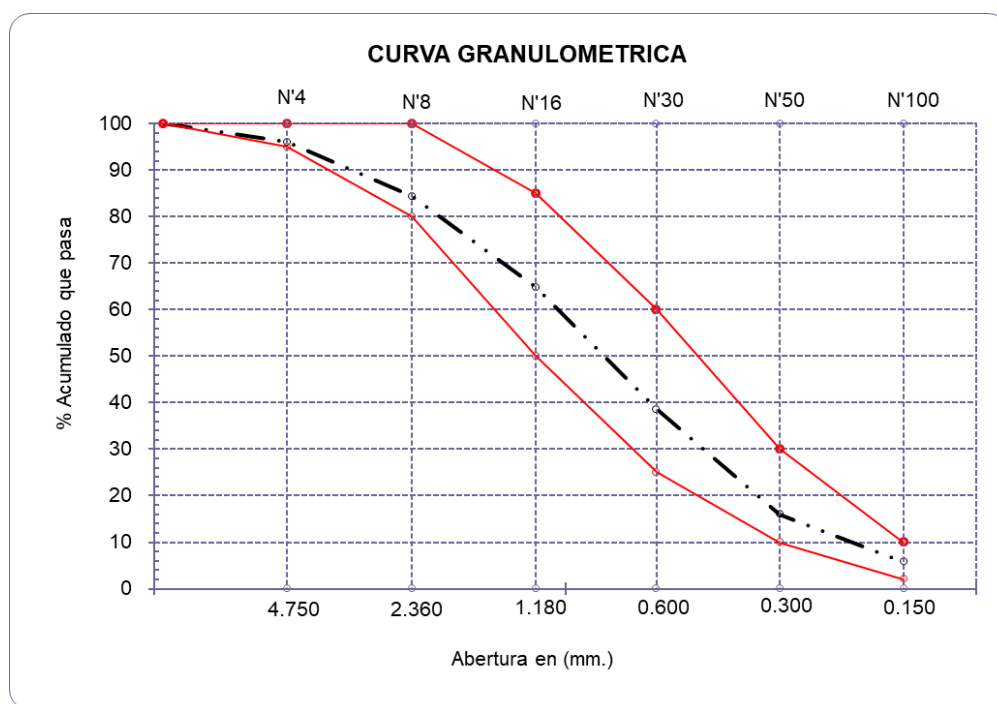
En el Gráfico 02 se puede apreciar que el agregado fino proveniente de la cantera Pátapo-La Victoria cumple con los requisitos granulométricos, cuyo módulo de fineza es 2.94.

Tabla 7. Granulometría del agregado fino

Cantera : Patapo - La Victoria P. Inicial S. 500.0

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	20	4.0	4.0	96.0	95	100
Nº 08	2.360	58	11.6	15.6	84.4	80	100
Nº 16	1.180	98	19.6	35.2	64.8	50	85
Nº 30	0.600	131	26.2	61.4	38.6	25	60
Nº 50	0.300	113	22.6	84.0	16.0	10	30
Nº 100	0.150	51	10.2	94.2	5.8	2	10
Nº 200	0.075	20	4.0	98.2	1.8	2	10
Fondo		9.0	1.8	96.0	4.0		
Módulo de Fineza				2.944			
Abertura de malla de referencia				Nº 04			

Gráfico N° 02: Curva granulométrica del agregado fino.



4.1.3 Peso específico y grado de absorción del agregado grueso

El peso específico del agregado grueso de la cantera tres tomas es de 2681 kg/cm³ y el grado de absorción 1.2 %.

Tabla 8. Peso específico y grado de adsorción del agregado grueso

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1714
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1735
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1986
4.- Peso de la canastilla	(g)	891
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1095

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	m ³)	2.681
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.20

4.1.4 Peso específico y grado de absorción del agregado fino

El peso específico del agregado grueso de la cantera Pátapo-La Victoria es de 2588 kg/cm³ y el grado de absorción 0.1 %.

Tabla 9. Peso específico y grado de adsorción del agregado fino

Cantera PATAPO f2

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra Sat Sup Seca	(g)	500.0
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	947.2
3.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	640.3
4.- Peso del Agua	(g)	307.0
5.- Peso del Frasco	(g)	140.25
6.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	639.76
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499.51
<	(g)	500

II.- Resultados

recipiente

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	m ³)	2.588
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.10

4.1.5 Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado grueso

Se obtuvo de agregado grueso un peso unitario volumétrico suelto de 1451.19 kg/m³ y como peso unitario volumétrico compactado 1638.82 kg/m³.

Tabla 10. Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA Ø (cm) h (cm)
 Molde Cilíndrico : **0.15** **0.3**

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente (gr.)	17912	17980	17996
2.- Peso del recipiente (gr.)	10228.0	10228.0	10228.0
3.- Peso del material	7684	7752	7768
4.- Constante ó Volumen (m ³)	0.00530	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio) (kg/m ³)	1458.98		
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio) (kg/m ³)	1451.19		

Fuente: Propia

Tabla 11. Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA Ø (cm) h (cm)
 Molde Cilíndrico : **0.15** **0.3**

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente (gr.)	18950	18944	18994
2.- Peso del recipiente (gr.)	10228.0	10228.0	10228.0
3.- Peso del material	8722.0	8716.0	8766.0
4.- Constante ó Volumen (m ³)	0.00530	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario compactado húmedo (kg/m ³)	1647.60		
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio) (kg/m ³)	1638.82		

Fuente: Propia

4.1.6 Peso unitario volumétrico suelto y compactado del agregado fino

Se obtuvo del agregado fino un peso unitario volumétrico suelto de 1500.14 kg/m³ y como peso unitario volumétrico compactado 1735.62 kg/m³.

Tabla 12. Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino

Cantera : Patapo - La Victoria

Molde Cilíndrico : Ø (cm) h (cm)
0.15 0.3

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente (gr.)	18024	18059	18029
2.- Peso del recipiente (gr.)	9900.0	9900.0	9900.0
3.- Peso del material	8124	8159	8129
4.- Constante ó Volumen (m ³)	0.00530	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario suelto húmedo (kg/m ³)	1534.93		
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio) (kg/m ³)	1500.14		

Fuente: Propia

Tabla 13. Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino

Cantera : Patapo - La Victoria

Molde Cilíndrico : Ø (cm) h (cm)
0.15 0.3

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente (gr.)	19268	19317	19359
2.- Peso del recipiente (gr.)	9900.0	9900.0	9900.0
3.- Peso del material	9368	9417	9459
4.- Constante ó Volumen (m ³)	0.00530	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio) (kg/m ³)	1775.87		
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio) (kg/m ³)	1735.62		

Fuente: Propia

4.1.7 Grado de humedad del agregado grueso

El grado de humedad del agregado grueso es 0.54 %.

Tabla 14. Grado de humedad del agregado grueso

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA

I .- Datos	Muestra +recipiente = 3135.00	
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2984.0
C.- Peso de recipiente	(gr.)	151.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.54
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.54

Fuente: Propia

4.1.8 Grado de humedad del agregado fino

El grado de humedad del agregado fino es 2.32 %.

Tabla 15. Grado de humedad del agregado fino

Cantera : Patapo - La Victoria

I .- Datos	Muestra +recipiente = 3131.00	
A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2932.0
C.- Peso de recipiente	(gr.)	199.0
D.- Contenido de humedad	(%)	2.32
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	2.32

Fuente: Propia

4.1.9 Diseño de mezcla

Teniendo los resultados de los ensayos de los agregados se buscó un diseño de mezcla patrón cuya dosificación en volumen resulte una resistencia más cercana a la compresión de 210 kg/cm², a los 28 días. Cabe mencionar que se realizó dos diseños de mezclas con f'cr de 294 kg/cm², según recomendación ACI, y otro f'cr de 270 kg/cm² y se escogió aquel que daba como resultado, del ensayo a la compresión, el valor mayor más próximo de la resistencia de diseño. Siendo la dosificación en volumen 1 2.1 2.92 23.73 lt/bls.

I) DATOS DE LOS AGREGADOS

	A. FINO	A. GRUESO	
01. Tamaño máximo nominal	-	3/4"	pulg.
02. Peso Unitario suelto seco	1.53493	1.45898	g/cm ³
03. Peso Unitario compactado seco	1.77587	1.64760	g/cm ³
04. Peso específico de masa seco	2.58800	2.68022	kg/cm ³
05. Contenido de humedad	2.31924	0.53619	%
06. Contenido de absorción	0.09810	1.22520	%
07. Módulo de fineza (adimensional)	2.94		

II) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

08. F'c			210	kg/cm ²	
09. Peso específico del cemento		: Tipo MS Pacasmayo	3.15	g/cm ³	
10. Tipo de estructura			Vigas y muros armados		
11. Resistencia especificada a los 28 días			F'cr	270	kg/cm ²
12. Asentamiento				3" a 4"	Pulg.
13. Contenido de aire atrapado		Tabla N° 2 : Contenido de Aire Atrapado		2.0	%
14. Contenido de agua				205	litros
15. Relación agua cemento		(sin aire incorporado)	R ^{a/c}	0.587	
	250	→	0.62		
	270	→	x		
	280	→	0.57		
16. Cemento				349.43	kg
				8.22	bls

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

17. Peso de los Agregados				
a) Peso del Agregado Grueso			998.45	kg
b) b/bo			0.606	
	2.8	→	0.62	
	2.94	→	x	
	3	→	0.6	
18. Cantidades en volumen para 1m ³ de concreto				
a) Cemento			0.1109	m ³
b) Agua			0.2050	m ³
c) Aire			0.0200	m ³
d) Agregado Grueso			0.3725	m ³
e) Agregado Fino			0.2915	m ³
			754.5176	kg

CONDICIONES SECAS

a) Cemento	349.4318	kg
b) Agua	205.0000	kg
c) Aire	2.0000	%
d) Agregado Grueso	998.4477	kg
e) Agregado Fino	754.5176	kg

19. Corrección por humedad

$$PH = PS * (1 + \%H)$$

a) Peso húmedo del Agregado Grueso	1003.80	kg
b) Peso húmedo del Agregado Fino	772.02	kg

20. Aporte por Humedad

a) Agregado Grueso	-6.88	litros
b) Agregado Fino	16.76	litros
c) Agua efectiva	195.12	litros

21. Diseño de mezclas en condiciones húmedas

a) Cemento	349.43	kg
b) Agua	195.12	litros
	23.73	litros
c) Aire	2.00	%
d) Agregado Grueso	1003.80	kg
e) Agregado Fino	772.02	kg

22. Proporción en peso

349.4318	772.0166	1003.8013	23.73 lt/bls
349.4318	349.4318	349.4318	

1 2.20 2.85 23.73 lt/bls

23. Cantidad de materiales por tanda

a) Cemento	42.50	kg/bls
b) Agua	23.73	kg/bls
c) Agregado Grueso	121.13	kg/bls
d) Agregado Fino	93.50	kg/bls
Total	280.86	kg/bls

IV) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

27. Peso Unitario Suelto corregido por humedad

a) Agregado Grueso	1466.80
b) Agregado Fino	1570.53

28. Peso Húmedos por p³

$$1 \text{ bls} = 1.00 \text{ pie}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.32 \text{ pie}^3$$

$$\text{PUSH (ag)} = 41.52882934 \text{ kg/pie}^3$$

$$\text{PUSH (af)} = 44.46569106 \text{ kg/pie}^3$$

28. Dosificación en volumen

42.5000	93.5000	121.1250	23.73 lt/bls
42.5000	44.4657	41.5288	

1 2.10 2.92 23.73 lt/m³

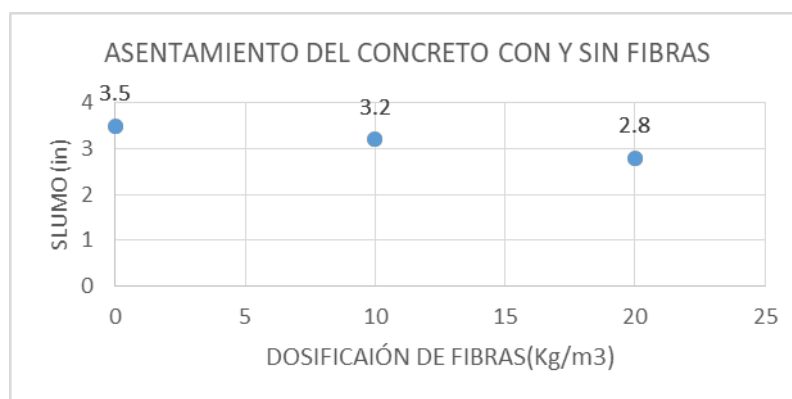
4.1.10 Prueba del cono de Abrams

Tabla 16. Asentamiento del concreto sin y con fibras de acero

PROBETA	FIBRA (kg/cm ²)	SLUMP
P01-SF	-	3.5"
P02-CF-10 Kg/m ³	10	3.2"
P03-CF-20 Kg/m ³	20	2.8"

Fuente: Propia

Gráfico N° 03: Asentamiento de probetas sin y con fibras



Fuente: Propia

En la Gráfico N° 03 se puede apreciar que la cantidad de fibras por metro cúbico incide de manera directa al asentamiento del concreto según sea la cantidad de fibras a utilizar. Resultando una disminución del asentamiento a mayor contenido de fibras.

4.1.11 Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas

Para la presente investigación la resistencia a la compresión del concreto elegida fue de 210 kg/cm², por lo que se buscó un diseño de mezcla cuya dosificación diera como resultado en laboratorio un $f'c$ más cercano a este valor.

En el tabla 17 se muestra la resistencia alcanzadas por las probetas con $f'cr$ de 294 kg/cm², (al $f'c$ de diseño de 210 kg/cm² se le sumó 84 kg/cm² según recomendación ACI) , y con $f'cr$ de 270 kg/cm² (al $f'c$ de diseño de 210 kg/cm² se le sumó 60 kg/cm² por elección propia), resultando esta última como la muestra patrón, pues se aproxima más a la resistencia de diseño 210 kg/cm² con un valor de $f'c$ promedio de 238.345 kg/cm².

Tabla 17. Resistencia a la compresión de la muestra patrón

Probeta (28 días)	Carga (kg-f)	Diámetro (cm)	Requerido		Obtenido		OLGURA
			%	f'c= (kg/cm ²)	f'c= (kg/cm ²)	%	
1. f'cr =294	50060	14.85	100	210	289.03	137.63	79.03341659
2. f'cr =294	47630	14.87	100	210	274.26	130.60	64.26397311
3. f'cr =270	41880	14.9	100	210	240.18	114.37	30.18410042
3. f'cr =270	41240	14.9	100	210	236.51	112.63	26.51366526

Fuente: Propia

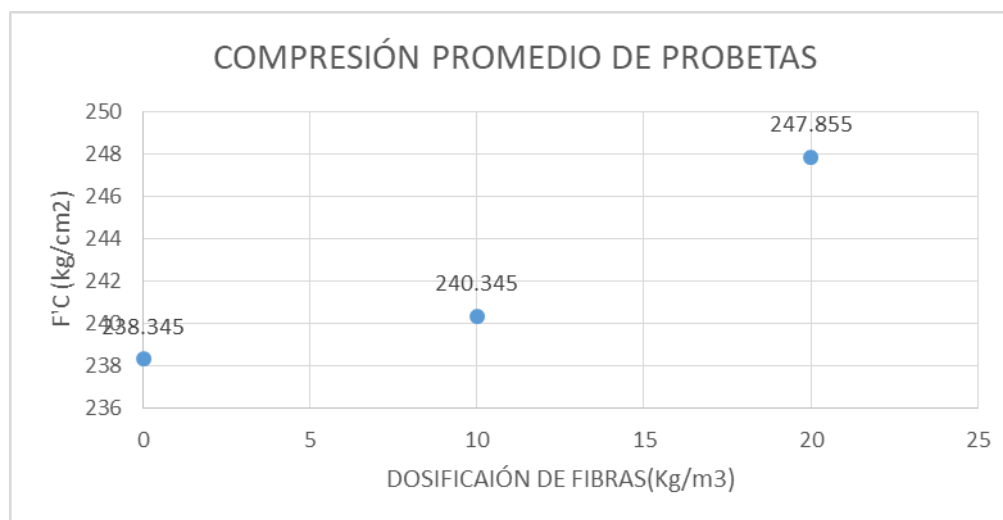
Así mismo se presenta en la tabla 18 la resistencia a la compresión a los 28 días de las probetas sin y con fibras de acero.

Tabla 18. Resistencia a la compresión sin y con fibras de acero

PROBETA	f'c de diseño patrón (kg/cm ²)	f'c obtenido (kg/cm ²)	f'c obtenido promedio
P01-SF-0 kg/m ³	210	240.18	238.345
P02-SF-0kg/m ³	210	236.51	
P03-CF-10 Kg/m ³	210	238.24	240.345
P04-CF-10 Kg/m ³	210	242.45	
P04-CF-20 Kg/m ³	210	250.27	247.855
P06-CF-20 Kg/m ³	210	245.44	

Fuente: Propia

Gráfico N° 04: Resistencia a la compresión promedio de probetas sin y con fibras



Fuente: Propia

Se puede apreciar en el gráfico N° 04 que la adición de fibras de acero en porcentajes de 10 y 20 kg/m³ incide muy poco en la resistencia a compresión del concreto. Sin embargo se observó durante el ensayo que el modo de falla de las probetas reforzadas con fibras de acero no fue abrupta (ver figura N° 27.B) como se evidenció en probetas sin fibras (ver figura N° 27. A).

Figura 27. Probetas ensayas a compresión



27. A



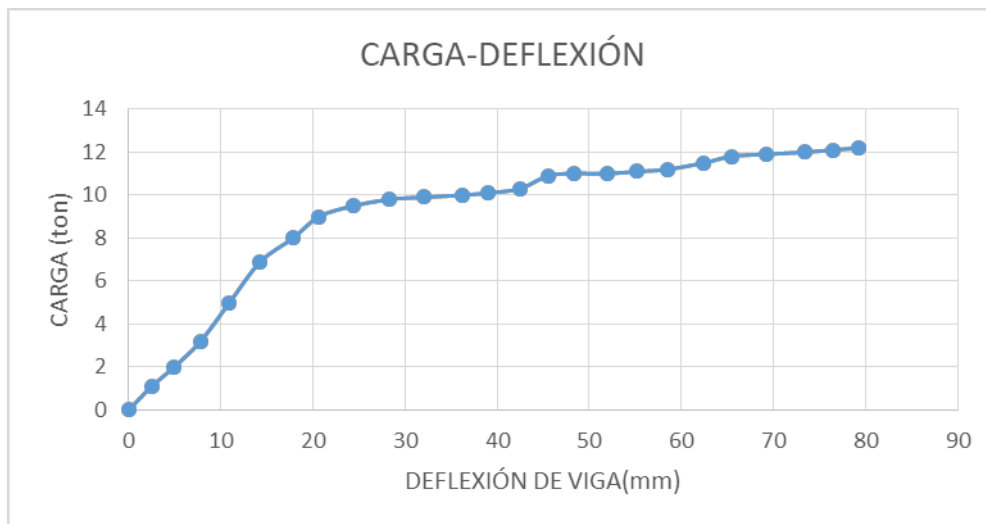
27. B

4.2 Ensayos a flexión de vigas

4.2.1 Ensayo de V01 – SFA- 3.5 m

Según los datos de la tabla N° 19 (ver anexo 04), se construyó el diagrama Carga- Deflexión, que se muestra a continuación:

Gráfico N° 05: Carga – Deflexión de V01 – SFA- 3.5 m



Fuente: Propia

Según el gráfico 05, la viga presenta un comportamiento lineal hasta la carga de 9 tn, en este tramo aparecen las primeras fisuras por flexión con ausencia de fisuras por corte. Pasada esta carga se presentan grandes deflexiones (con una tendencia horizontal) y las fisuras crecen en longitud y espesor. El ensayo se detiene cuando el concreto comienza a aplastarse en la parte superior de la viga.

Por otro lado, según el desarrollo de la curva carga-deflexión se muestra un comportamiento dúctil del elemento siendo este el tipo de comportamiento el esperando, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango inelástico antes de la falla. Estas deflexiones van desde los 20.68 mm hasta los 79.24 mm.

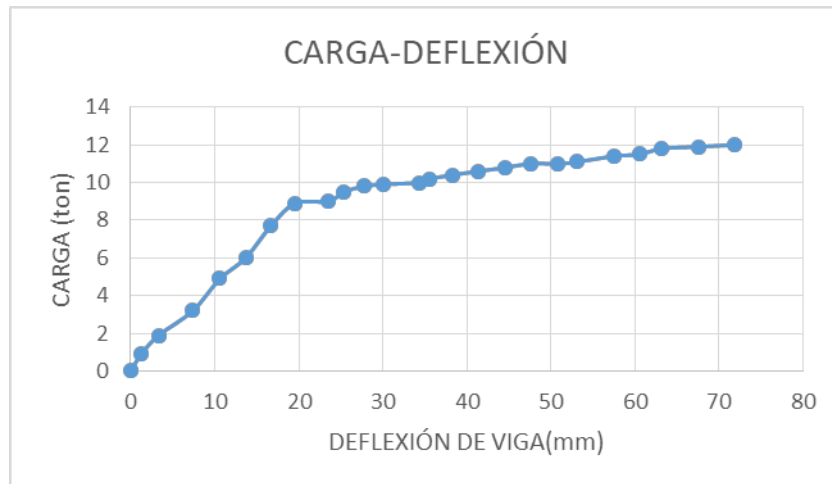
La ductilidad de desplazamiento $\mu = D_m/D_y$, para la viga es de:

$$\mu = 79.24 / 20.68 = 3.83$$

4.2.2 Ensayo de V02 – CFA- 10 kg/m³- 3.5 m

Según los datos de la tabla 20 (ver anexo 04), se construyó el diagrama Carga- Deflexión, que se muestra a continuación:

Gráfico N° 06: Carga – Deflexión de V02 – CFA- 10 kg/m³- 3.5 m



Fuente: Propia

Según el gráfico 06, la viga presenta un comportamiento lineal hasta la carga de 9 tn, en este tramo aparecen las primeras fisuras por flexión con ausencia de fisuras por corte. Pasada esta carga se presentan grandes deflexiones (con una tendencia horizontal) y las fisuras crecen en longitud y espesor. El ensayo se detiene cuando el concreto comienza a aplastarse en la parte superior de la viga.

Por otro lado, según el desarrollo de la curva carga-deflexión, de la viga con 10 kg/m³ de concreto, se muestra un comportamiento dúctil del elemento siendo este el tipo de comportamiento el esperando, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango inelástico antes de la falla, esto quiere decir que la fibras de acero con 10 kg/m³ no alteran el modo de falla de los elementos, tal como si sucede con otros tipos de fibras.

Las deflexiones van desde los 19.57 mm hasta los 73.92 mm.

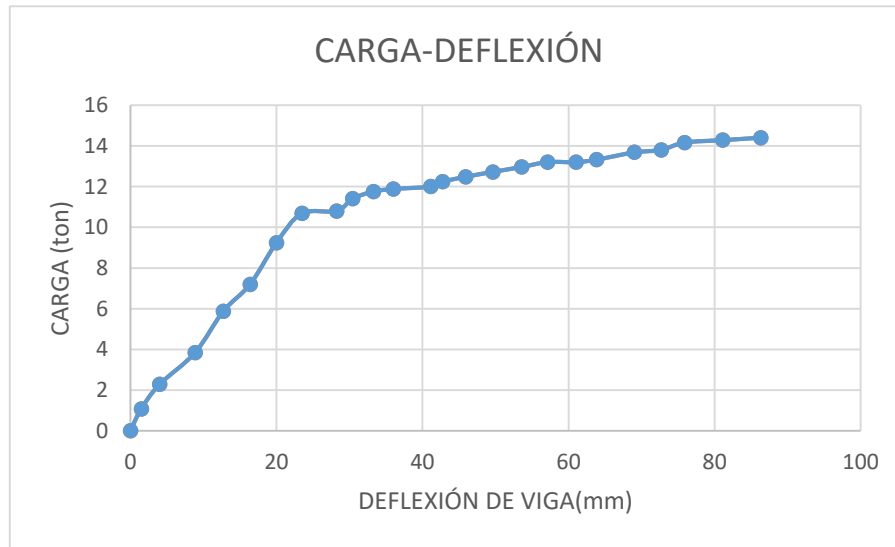
La ductilidad de desplazamiento $\mu = D_m/D_y$, para la viga es de:

$$\mu = 73.92 / 19.57 = 3.78$$

4.2.3 Ensayo de V03 – CFA- 20 kg/m³- 3.5 m

Según los datos de la tabla 21 (ver anexo 04), se construyó el diagrama Carga- Deflexión, que se muestra a continuación:

Gráfico N° 07: Carga – Deflexión de V03 – CFA- 20 kg/m³- 3.5 m



Fuente: Propia

Según el gráfico 07, la viga presenta un comportamiento lineal hasta la carga de 10.68 tn, en este tramo aparecen las primeras fisuras por flexión con ausencia de fisuras por corte. Pasada esta carga se presentan grandes deflexiones (con una tendencia horizontal) y las fisuras crecen en longitud y espesor. El ensayo se detiene cuando el concreto comienza a aplastarse en la parte superior de la viga.

Por otro lado, según el desarrollo de la curva carga-deflexión, de la viga con 20 kg/m³ de concreto, se muestra un comportamiento dúctil del elemento siendo este el tipo de comportamiento el esperando, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango inelástico antes de la falla, esto quiere decir que la fibras de acero con 20kg/m³ no alteran el modo de falla de los elementos, tal como si sucede con otros tipos de fibras.

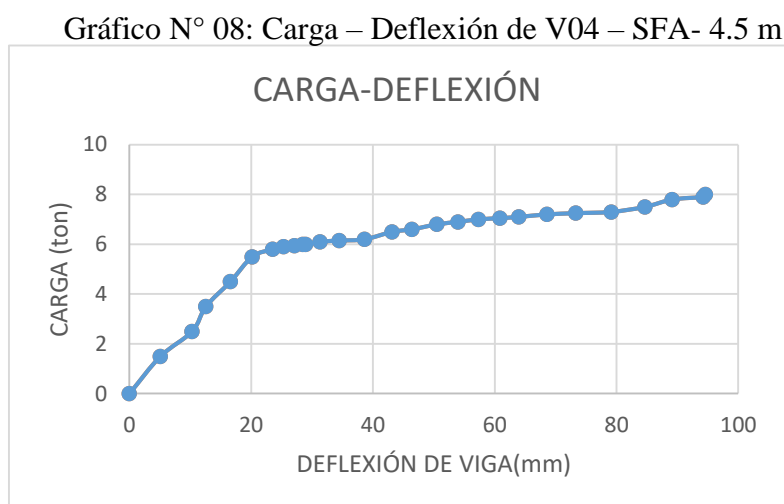
Las deflexiones van desde los 20.04 mm hasta los 86.3 mm.

La ductilidad de desplazamiento $\mu = D_m/D_y$, para la viga es de:

$$\mu = 86.3 / 20.04 = 4.31$$

4.2.4 Ensayo de V04 – SFA- 4.5 m

Según los datos de la tabla 22 (ver anexo 04), se construyó el diagrama Carga- Deflexión, que se muestra a continuación:



Fuente: Propia

Según el gráfico 08, la viga presenta un comportamiento lineal hasta la carga de 5.5 tn, en este tramo aparecen las primeras fisuras por flexión con ausencia de fisuras por corte. Pasada esta carga se presentan grandes deflexiones (con una tendencia horizontal) y las fisuras crecen en longitud y espesor. El ensayo se detiene cuando el concreto comienza a aplastarse en la parte superior de la viga.

Por otro lado, según el desarrollo de la curva carga-deflexión se muestra un comportamiento dúctil del elemento siendo este el tipo de comportamiento el esperando, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango elástico antes de la falla. Estas deflexiones van desde los 20.17 mm hasta los 94.6 mm.

La ductilidad de desplazamiento $\mu = D_m/D_y$, para la viga es de:

$$\mu = 94.6 / 20.17 = 4.69$$

4.2.5 Ensayo de V05 – CFA- 10 kg/m³- 4.5 m

Según los datos de la tabla 23 (ver anexo 04), se construyó el diagrama Carga- Deflexión, que se muestra a continuación:

Gráfico N° 09: Carga – Deflexión de V05 – CFA- 10 kg/m³- 4.5 m



Fuente: Propia

Según el gráfico 09, la viga presenta un comportamiento lineal hasta la carga de 5.5 tn, en este tramo aparecen las primeras fisuras por flexión con ausencia de fisuras por corte. Pasada esta carga se presentan grandes deflexiones (con una tendencia horizontal) y las fisuras crecen en longitud y espesor. El ensayo se detiene cuando el concreto comienza a aplastarse en la parte superior de la viga.

Por otro lado, según el desarrollo de la curva carga-deflexión, de la viga con 10 kg/m³ de concreto, se muestra un comportamiento dúctil del elemento siendo este el tipo de comportamiento el esperando, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango elástico antes de la falla, esto quiere decir que la fibras de acero con 10 kg/m³ no alteran el modo de falla de los elementos, tal como si sucede con otros tipos de fibras.

Las deflexiones van desde los 19.08 mm hasta los 88.34 mm.

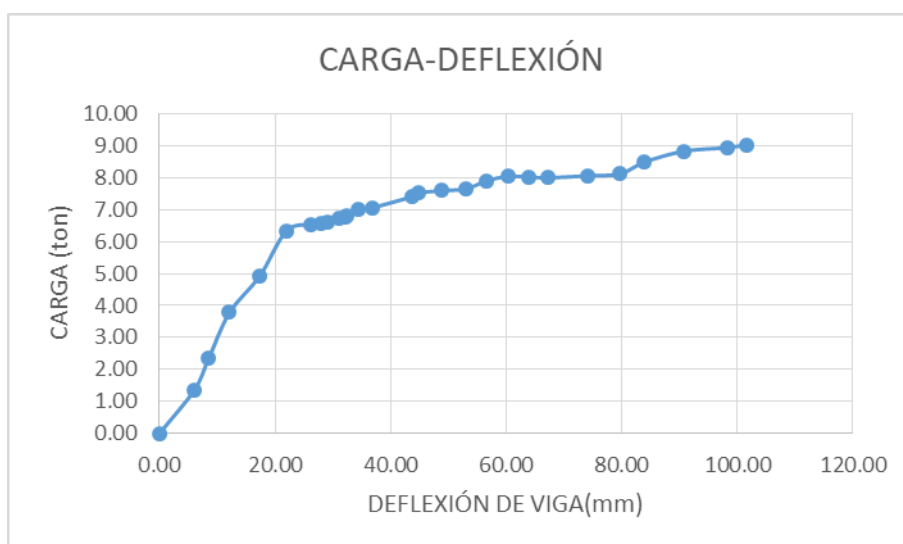
La ductilidad de desplazamiento $\mu = D_m/D_y$, para la viga es de:

$$\mu = 88.34 / 19.08 = 4.63$$

4.2.6 Ensayo de V06 – CFA- 20 kg/m³- 4.5 m

Según los datos de la tabla 24 (ver anexo 04), se construyó el diagrama Carga- Deflexión, que se muestra a continuación:

Gráfico N° 10: Carga – Deflexión de V06 – CFA- 20 kg/m³- 4.5 m



Fuente: Propia

Según el gráfico 10, la viga presenta un comportamiento lineal hasta la carga de 6.5 tn, en este tramo aparecen las primeras fisuras por flexión con ausencia de fisuras por corte. Pasada esta carga se presentan grandes deflexiones (con una tendencia horizontal) y las fisuras crecen en longitud y espesor. El ensayo se detiene cuando el concreto comienza a aplastarse en la parte superior de la viga.

Por otro lado, según el desarrollo de la curva carga-deflexión, de la viga con 20 kg/m³ de concreto, se muestra un comportamiento dúctil del elemento siendo este el tipo de comportamiento el esperado, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango elástico antes de la falla, esto quiere decir que la fibras de acero con 20kg/m³ no alteran el modo de falla de los elementos, tal como si sucede con otros tipos de fibras.

Las deflexiones van desde los 19.64 mm hasta los 101.59 mm.

La ductilidad de desplazamiento $\mu = D_m/D_y$, para la viga es de:

$$\mu = 101.59 / 19.64 = 5.17$$

4.2.7 Fisuras en vigas

Terminado el ensayo se obtuvo los siguientes datos respecto a fisuras que aparecieron en las vigas.

Tabla 19. Fisuras en vigas

ETAPAS	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m ³ -3.5 m	V03-CFA-20 kg/m ³ -3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m ³ -4.5 m	V06-CFA-20 kg/m ³ -4.5 m
Primera fisura por corte (segundos)	no presentó	no presentó	no presentó	no presentó	no presentó	no presentó
Número de fisura	14	10	9	17	15	14

Fuente: Propia

De la tabla anterior se evidencia que la adición de fibras de acero disminuye la cantidad de fisuras. Esta mejora es directamente proporcional a la cantidad de fibras a utilizar.

4.2.8 Estados del concreto teóricos

Según los cálculos realizados en la tabla 25 (ver anexo04), se muestra a continuación el resumen de los momentos de agrietamiento, servicio y último para la sección típica de las vigas.

Tabla 20. Estados del concreto teóricos

ESTADOS DEL CONCRETO		V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m ³ -3.5 m	V03-CFA-20 kg/m ³ -3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m ³ -4.5 m	V06-CFA-20 kg/m ³ -4.5 m
ESTADO DE AGRIETAMIENTO	M agr	2.06	2.07	2.10	2.06	2.07	2.10
	P agr	3.53	3.54	3.60	2.74	2.76	2.80
ESTADO DE SERVICIO	M ser	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
	P ser	4.33	4.33	4.34	3.37	3.37	3.37
ESTADO ULTIMO	M ult	5.25	5.26	5.27	5.26	5.26	5.27
	P ult	9.01	9.01	9.03	7.01	7.01	7.03

Fuente: Propia

4.3 Comparación analítica y experimental

4.3.1 Carga última:

En la Tabla 21 se presenta los resultados de la carga última (P_u) obtenidos según la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, mientras que en la Tabla 22 se muestran los resultados experimentales.

El efecto en la carga última proporcionada por las fibras se ve evidenciado para las vigas cuya dosificación fue de 20 kg/m³, sin embargo resulta conveniente hacer una relación directa entre los datos experimentales y analíticos.

Tabla 21. Carga Última (P_u) analítica de las vigas sin fibras para las dos longitudes.

Longitud de vigas	F'_c *	P_u analítico tn.m
Viga de 3.5 m	238.345	9.01
Viga de 4.5 m	238.345	7.01

* Valor promedio obtenido del ensayo a compresión.

Fuente: Propia

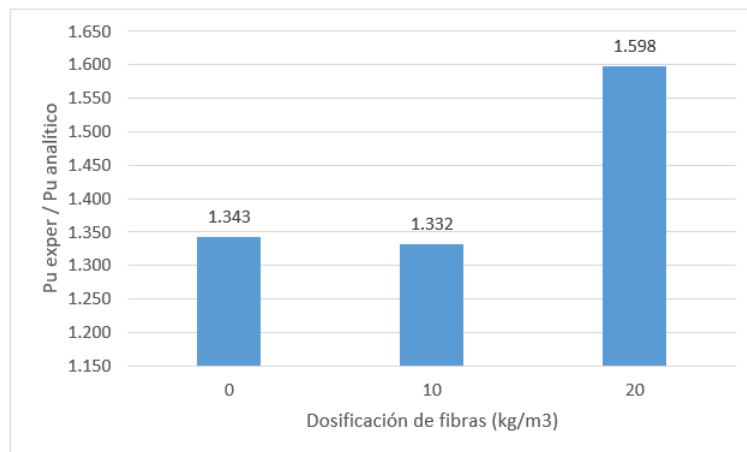
Tabla 22. Carga Última (P_u) experimental de las vigas con fibras para las dos longitudes.

Designación	P_u exp tn.m	Designación	P_u exp tn.m
V01-SFA-3.5 m	12.1	V04-SFA-4.5 m	7.8
V02-CFA-10 kg/m ³ -3.5 m	12	V05-CFA-10 kg/m ³ -4.5 m	8
V03-CFA-20 kg/m ³ -3.5 m	14.4	V06-CFA-20 kg/m ³ -4.5 m	9.03

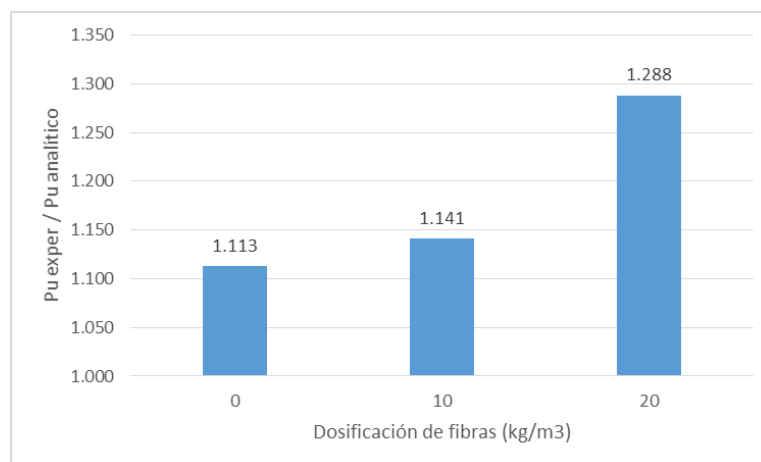
Fuente: Propia

En el Gráfico 11.A se presentan los valores que se obtuvieron al dividir la columna 2 de la Tabla 22 y la carga última analítica de la viga de 3.5 m según la Tabla 21. Así mismo en el Gráfico 11.B se presentan los valores que se obtuvieron al dividir la columna 4 de la tabla 22 y la carga última analítica de la viga de 4.5 m de la Tabla 21.

Gráfico N° 11: Relación de Carga Última experimental y analítica



11. A (Vigas de 3.5 m)



11. B (Vigas de 4.5 m)

Fuente: Propia

Según el gráfico 11 se evidencia la mejora en la carga última de las vigas con la adición de fibras de 20 kg/m3. Para las vigas de 3.5 m se incrementa en un 25 % aproximadamente

respecto a las vigas con 0 kg/m³ de fibras. Mientras que en las vigas de 4.5 m el aporte es menor, siendo el incremento de un 17 % mayor respecto a la viga sin fibras.

Por otro lado, teniendo en cuenta solo los datos experimentales y haciendo la comparación entre estos, se pudo determinar un incremento del 19.01 % y 15.76 % de la carga última para las vigas de 3.5m y 4.5m respectivamente. Este valor se obtuvo dividiendo la carga última de la viga con 20 kg/m³ de fibras y la carga última de la viga patrón (sin fibras).

4.3.2 Momento último:

En la Tabla 23 se presenta los resultados del último (M_u) obtenidos según la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, mientras que en la Tabla 24 se muestran los resultados experimentales.

El efecto en el momento último proporcionada por las fibras se ve evidenciado para las vigas cuya dosificación fue de 20 kg/m³, sin embargo resulta conveniente hacer una relación directa entre los datos experimentales y analíticos.

Tabla 23. Momento Último (M_u) analítico de las vigas sin fibras para las dos longitudes

Sección de diseño	F'_c * kg/cm ²	M_u analítico tn.m
b= 25 cm , h= 40 cm	238.345	5.25

* Valor promedio obtenido del ensayo a compresión.

Fuente: Propia

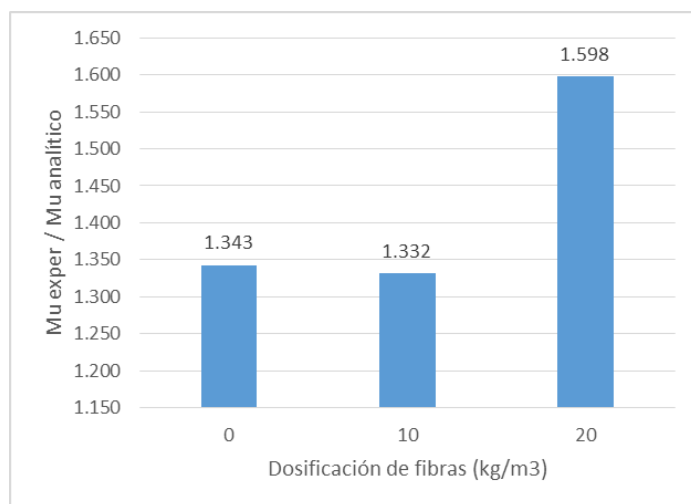
Tabla 24. Momento Último (M_u) experimental de las vigas con fibras para las dos longitudes.

Designación	M_u exp tn.m	Designación	M_u exp tn.m
V01-SFA-3.5 m	7.1	V04-SFA-4.5 m	5.85
V02-CFA-10 kg/m ³ -3.5 m	7.0	V05-CFA-10 kg/m ³ -4.5 m	6.00
V03-CFA-20 kg/m ³ -3.5 m	8.4	V06-CFA-20 kg/m ³ -4.5 m	6.77

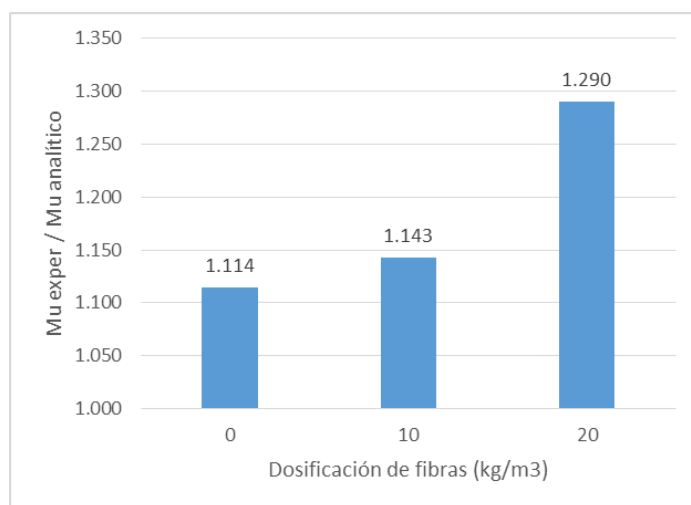
Fuente: Propia

En el Gráfico 12.A se presentan los valores que se obtuvieron al dividir la columna 2 de la Tabla 24 y el momento ultimo analítico de la viga de 3.5 m según la Tabla 23. Así mismo en el Gráfico 12.B se presentan los valores que se obtuvieron al dividir la columna 4 de la tabla 24 y el momento ultimo analítico de la viga de 4.5 m de la Tabla 23.

Gráfico N° 12: Relación de Momento Último experimental y analítica



12. A (Vigas de 3.5 m)



12. B (Vigas de 4.5 m)

Fuente: Propia

La mejora se ve reflejado con mismos porcentajes (de 25% y 17%) obtenidos en la carga última pues existe una relación directa entre la carga aplicada y el momento actuante. (Ver Gráfico N° 12). Así mismo, teniendo en cuenta solo los datos experimentales la mejora del momento último es de un 19.01 % y 15.56% para las vigas de 3.5 m y 4.5 m respectivamente.

4.4 Ductilidad de desplazamiento experimental.

En la Tabla 25 y Tabla 26 se presenta un consolidado de los resultados de ductilidad de desplazamiento obtenidos de la curva carga-deflexión de los ensayos de las vigas de 3.5 m y 4.5 m respectivamente.

Para las vigas (de 3.5m y 4.5 m) con una dosificación de fibras de 20 kg/m³ se logra apreciar un incremento en la ductilidad en los siguientes porcentajes:

- Para las vigas de 3.5 m la ductilidad es un 12.53 % mayor que la viga sin fibra.
- Para las vigas de 4.5 m la ductilidad es un 10.23 % mayor que la viga sin fibra.

Tabla 25. Ductilidad de desplazamiento experimental de vigas de 3.5 m.

VIGAS	Dm	Dy	Ductilidad
V01-SFA-3.5 m	79.24	20.68	3.83
V02-CFA-10 kg/m ³ -3.5 m	73.92	19.57	3.78
V03-CFA-20 kg/m ³ -3.5 m	86.3	20.04	4.31

Fuente: Propia

Tabla 26. Ductilidad de desplazamiento experimental de vigas de 4.5 m.

VIGAS	Dm	Dy	Ductilidad
V04-SFA-4.5 m	94.6	20.17	4.69
V05-CFA-10 kg/m ³ -4.5 m	88.34	19.08	4.63
V06-CFA-20 kg/m ³ -4.5 m			

Fuente: Propia

V. DISCUSIÓN

5.1 Ensayos de concreto simple

5.1.1 Prueba del cono de Abrams

Este ensayo fue necesario para poder determinar el slump de diseño y a la vez poder determinar como las fibras inciden sobre el concreto simple respecto a su trabajabilidad, puesto que es importante para su colocación en las diferentes formas de encofrados en obra.

Se observó en el ensayo que la cantidad de fibras por metro cúbico incide de manera directa al asentamiento del concreto según sea la cantidad de fibras a utilizar. Resultando una disminución del asentamiento a mayor contenido de fibras.

Esto se debe a que las fibras tratan de mantener unidas a los componentes del concreto y además se produce un incremento de vacíos dentro del concreto pues al agregar las fibras se introduce aire a la mezcla.

5.1.2 Resistencia a la compresión

El $f'c$ de diseño del concreto fue de 210 kg/cm² resultando como valor real en el ensayo de compresión un $f'c$ promedio de 238.35 kg/cm². Teniendo en cuenta esta muestra patrón se obtuvo que: Para el concreto con una dosificación de fibras de 10 kg/m³ la resistencia a compresión fue de un 0.8 % mayor que la muestra patrón, dando como valor un $f'c$ promedio de 240.345 kg/cm². Y así mismo, para el concreto con una dosificación de fibras de 20 kg/m³ la resistencia a compresión fue de un 3.9 % mayor que la muestra patrón, dando como valor un $f'c$ promedio de 247.85 kg/cm².

En este ensayo se determinó que la adición de fibras de acero en porcentajes de 10 y 20 kg/m³ incide muy poco en la resistencia a compresión del concreto. Esto se corresponde con otras investigaciones donde se concluye que las fibras de acero no produce una alteración significativa en el esfuerzo de compresión del concreto.

Asimismo se pudo evidenciar que la incorporación de fibras cambiaba el modo de falla en el concreto simple, de una falla explosiva a una falla menos abrupta (ver figura N° 27. A). Esto se debe a que las fibras proporcionan un efecto de enganche en el concreto que mejora las propiedades después de la fisuración.

5.2 Ensayos a flexión de vigas

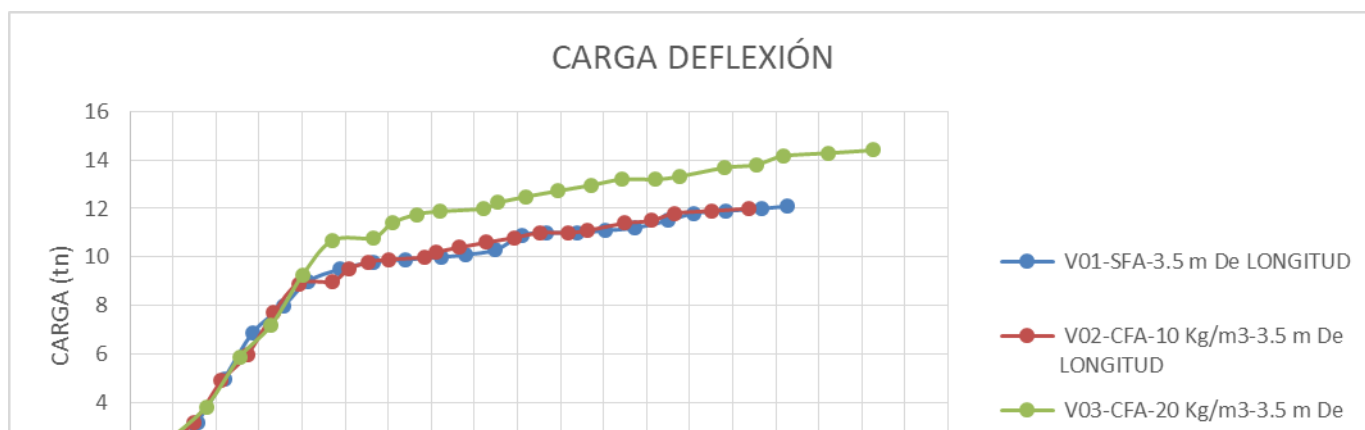
5.2.1 Consolidación de vigas de 3.5 m de longitud

Según el gráfico 11, se muestra un comportamiento dúctil de los 3 elementos de 3.5 m de longitud siendo este el tipo de comportamiento el esperado, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango inelástico antes de la falla, esto quiere decir que las fibras de acero no alteran el modo de falla de los elementos, tal como si sucede con otros tipos de fibras.

Por otro lado la absorción de energía conocida como tenacidad y determinada por el área bajo la curva carga-deflexión se ve incrementada para las vigas cuyo concreto esta reforzado con una dosificación de fibras de acero de 20 kg/m³. Para una dosificación menor (10 kg/m³) se aprecia que las curvas resultan ser parecidas a las vigas sin fibras de acero. Esto quiere decir que una baja dosificación de fibras resulta ser poco significativa.

Así mismo se aprecia que el efecto de mejora, tanto en las deflexiones como en la capacidad de absorber energía, que tiene las vigas con fibras en una dosificación de 20 kg/m³ se logra cuando el elemento incursiona en el rango inelástico donde empiezan a notarse las variaciones respecto a la viga sin fibras. En el rango lineal los valores resultan ser parecidos tanto para las vigas con y sin fibras.

Gráfico N° 11: Carga – Deflexión de Vigas de 3.5 m de longitud



Lo explicado en el párrafo anterior resulta ser muy beneficioso pues lo que se espera es que la energía sísmica sea liberada por el comportamiento inelástico de los elementos estructurales.

El área bajo la curva para las viga con una dosificación de 20 kg/m³ es 27.8 % mayor que la viga sin fibra de acero. Lo que significa que la fibra aumenta la tenacidad en ese porcentaje.

Finalmente, la mejora que se aprecia en la capacidad de absorber energía se verá reflejado también en la ductilidad de desplazamiento del elemento pues este resulta ser un 12.53 % mayor a las vigas sin fibras.

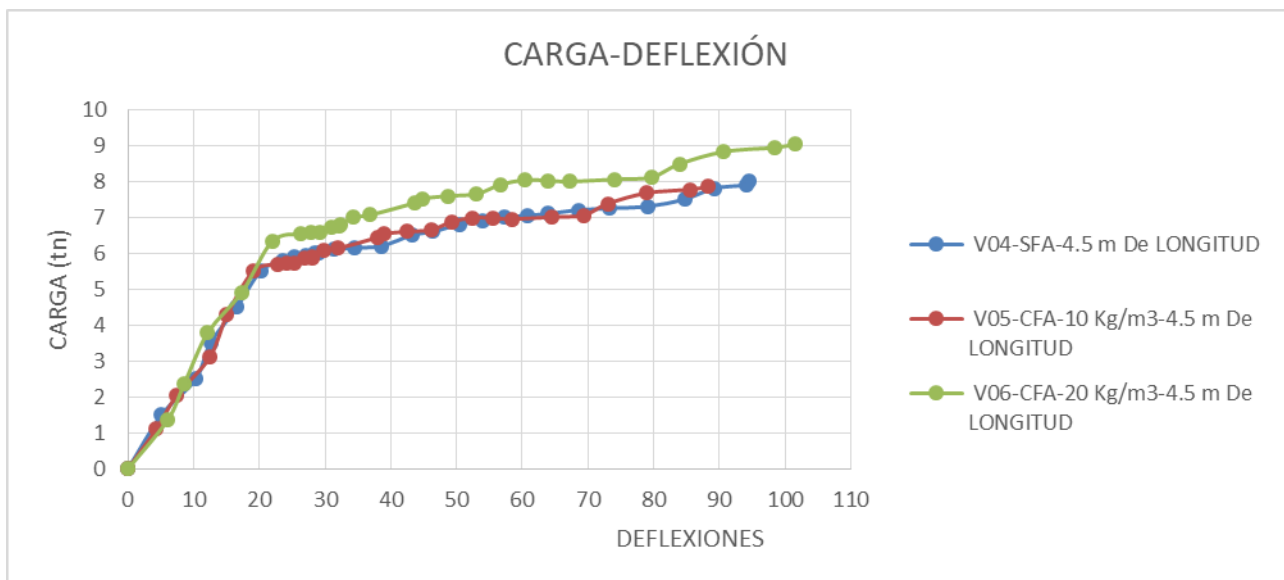
5.2.2 Consolidación de vigas de 4.5 m de longitud

Según el gráfico 12, se muestra un comportamiento dúctil de los 3 elementos de 4.5 m de longitud siendo este el tipo de comportamiento el esperando, pues existen grandes deflexiones cuando el elemento incursiona en el rango inelástico antes de la falla, esto quiere decir que la fibras de acero no alteran el modo de falla de los elementos, tal como si sucede con otros tipos de fibras.

Por otro lado la absorción de energía conocida como tenacidad y determinada por el área bajo la curva carga deflexión se ve incrementada para las vigas cuyo concreto esta reforzado con una dosificación de fibras de acero de 20 kg/m³. Para una dosificación menor (10 kg/m³) se aprecia que las curvas resultan ser parecidas a las vigas sin fibras de acero (sucedió lo mismo con las vigas de 3.5 m de longitud). Esto quiere decir que una baja dosificación de fibras resulta ser poco significante.

Así mismo se aprecia que el efecto de mejora, tanto en las deflexiones como en la capacidad de absorber energía, que tiene las vigas con fibras en una dosificación de 20 kg/m³ se logra cuando el elemento incursiona en el rango inelástico donde empiezan a notarse las variaciones respecto a la viga sin fibras. En el rango lineal los valores resultan ser parecidos tanto para las vigas con y sin fibras.

Gráfico N° 12: Carga – Deflexión de Vigas de 4.5 m de longitud



El área bajo la curva para las viga con una dosificación de 20 kg/m³ es 22.6 % mayor que la viga sin fibra de acero. Lo que significa que la fibra aumenta la tenacidad en ese porcentaje.

Finalmente, la mejora que se aprecia en la capacidad de absorber energía se verá reflejado también en la ductilidad de desplazamiento del elemento pues este resulta ser un 10.23 % mayor a las vigas sin fibras.

5.3 Fisuras en vigas

En el ensayo se evidencio que la adición de fibras de acero retarda la aparición de las fisuras y también la cantidad de las mismas. Y esto se puede deber a ese efecto de amarre que tiene las fibras sobre el concreto simple.

Por otro lado la fibra se encuentra distribuida en toda la mezcla o masa de concreto de manera uniforme, proporcionándole mayor capacidad de tensión al concreto. Entonces cuando una fisura aparezca en el elemento siempre se va encontrar con las fibras que hasta un cierto valor van a absorber ese esfuerzo de tensión retardando la aparición de las fisuras.

VI. CONCLUSIONES

1. La adición de fibras de acero produce modificaciones a nivel del material y también a nivel estructural pues en porcentajes mayores disminuye el asentamiento del concreto y se ve afectada según la dosificación de las fibras a utilizar.

Para una dosificación de fibras de 10 kg/m³ el asentamiento disminuyo de 3.5” a 3.2”

Para una dosificación de fibras de 20 kg/m³ el asentamiento disminuyo de 3.5” a 2.8”

Esto se debe a que las fibras tratan de mantener unidas a los componentes del concreto y además se produce un incremento de vacíos pues al agregar las fibras se introduce aire a la mezcla.

2. La adición de fibras de acero en porcentajes de 10 y 20 kg/m³ de concreto no modifica significativamente la resistencia a la compresión del concreto pues en los ensayos resultaron valores de compresión de un 0.8 % y 3.9% respectivamente mayores a la muestra patrón. Sin embargo durante el ensayo se evidenció también que el modo de falla de las probetas reforzadas con fibras no fue tan abrupta como el de las probetas sin fibras.
3. La absorción de energía conocida como tenacidad se ve incrementada para las vigas de 3.5 y 4.5 m cuyo concreto esta reforzado con una dosificación de fibras de acero de 20 kg/m³. Para una dosificación menor (10 kg/m³) se aprecia que las curvas resultan ser parecidas a las vigas sin fibras de acero. Esto quiere decir que una baja dosificación de

fibras resulta ser poco significativa. Así mismo se aprecia que el efecto de mejora, tanto en las deflexiones como en la capacidad de absorber energía, se logra cuando el elemento incursiona en el rango inelástico donde empiezan a notarse las variaciones respecto a la viga sin fibras. En el rango lineal los valores resultan ser parecidos tanto para las vigas con y sin fibras.

Para las vigas de 3.5 m se obtuvo un incremento de la tenacidad del 27.8 % mientras que para la viga de 4.5 m el incremento fue del 22.6%. Estos resultados son satisfactorios pues lo que se espera durante una acción sísmica es que la energía sea liberada por el comportamiento inelástico del elemento.

4. La adición de fibras de acero influye directamente a la capacidad de carga del elemento pues a mayor cantidad de fibras la carga máxima también crece. Sin embargo, de la curva carga deflexión de vigas con una dosificación de 10 kg/m³ de concreto se pudo observar que este valor no varió respecto a la viga sin fibras, por lo que se reitera que una dosificación pequeña de fibras no tiene efectos significativos en la resistencia del elemento.

Para las vigas de 3.5 m con una dosificación de 20 kg/m³ se obtuvo un incremento de la carga máxima del 19.01 % mientras que para la viga de 4.5 m el incremento fue del 15.76%.

Cabe mencionar que la mejora proporcionada por las fibras al elemento en cuanto a la carga última, también se ve reflejada en el momento último del mismo, pues existe una relación directa entre estos.

5. En los ensayos de las vigas de 3.5 y 4.5 m se determinó mediante las curvas cargas deflexión que la adición de fibras de acero mejoran la ductilidad de desplazamiento del elemento.

Para las vigas de 3.5 m con una dosificación de 20 kg/m³ se obtuvo un incremento de la ductilidad del 12.53 % mientras que para la viga de 4.5 m el incremento fue del 10.23%.

6. La adición de fibras disminuye la cantidad de fisuras en el concreto. Sin embargo no se apreció una mejora respecto a la reducción del ancho de la fisura la cual se encontraba entre 2-2.5 mm.
7. Finalmente, se concluye que las fibras de acero en combinación con el refuerzo convencional dan buenos resultados pues le otorgan al elemento, sin importar la luz que tenga, una mayor tenacidad, ductilidad y resistencia última.

VII. RECOMENDACIONES

1. realizar ensayos de asentamientos previos para determinar la cantidad máxima de fibras de acero con la finalidad de no ir por debajo del asentamiento mínimo permitido según el tipo de estructura a realizar.
2. Es importante tener una dispersión uniforme de las fibras y evitar la segregación o formación de bolas de las fibras durante el mezclado que puede afectar la resistencia y durabilidad del concreto.

Para ello se recomienda leer el modo de aplicación de las fibras en su ficha técnica del proveedor o consultar el ACI 544.3R, “Guía para especificar, Mezcla, colocación y acabado reforzado con fibra de acero Concreto”. Se debe considerar lo siguiente:

- Es importante que las fibras sean almacenadas con mucho cuidado para evitar su deterioro con la intrusión de humedad o materias extrañas.
 - Agregue las fibras al mezclador después de todos los demás componentes del concreto.
 - Se deben agregar fibras de acero a la tolva mezcladora de manera pausada. A una razón de aproximadamente 45 kg por minuto, con la batidora girando a toda velocidad.
 - Después de adicionar las fibras se debe dejar mezclar por unos 30 segundos.
3. Realizar los mismos ensayos con las mismas características de las muestras, pero con dosificaciones de 15 y 25 kg por metro cúbico de concreto y compara resultados.

4. Se recomienda pintar las vigas de color blanco antes del ensayo para una mejor visualización de las fisuras

VIII. REFERENCIAS

- [1] A. Blanco Blasco, Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado, Lima, 1994.
- [2] C. A. 5. Report on Fiber Reinforced Concrete, USA, 2002.
- [3] N. L. Cotrina Garay, USO DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO PARA MEJORAR LA DUCTILIDAD EN VIGAS RECTANGULARES, Huánuco, 2016.
- [4] F. Z. A. N. A. L. R.V Balendran, «Influence of steel fibres on strength and ductility of normal and lightweight high strength concrete,» *Building and Environment*, vol. 37, n° 12, pp. 1361-1367, 2013.
- [5] D. De Lima Araújo, F. G. Tibúrcio Nunes, R. Dias Toledo Filho y M. A. Souza de Andrade, «Shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams,» *Acta Scientiarum. Technology*, vol. 36, n° 3, pp. 389-397, 2014.
- [6] M. R. E. Y. L. a. Y. L. P. Paultre, «Behavior of Steel Fiber-Reinforced High-Strength Concrete Columns under Uniaxial Compression,» *Journal of Structural Engineering*, vol. 136, n° 10, pp. 1225-1235, 2014.
- [7] Y.-S. Y. N. B. Doo-Yeol Yoo, «Predicting the post-cracking behavior of normal- and high-strength steel-fiber-reinforced concrete beams,» *Construction and Building Materials*, vol. 93, p. 477–485, 2015.
- [8] Á. M. A. y. M. F. San Bartolomé, «COMPORTAMIENTO A FUERZA CORTANTE DE MURETES DE CONCRETO,» Lima, 2007.

- [9] A. Tolos Gebelí, Análisi estructural de forjados de hórmiton reforzados con fibras, Cataluña-España, 2011.
- [10] C. A. 5. Guide for Spedifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced, USA, 2008.
- [11] C. A. 5. Report on the Physical Properties and Durability of Fiber Reinforced, USA, 2010.
- [12] G. Ottazzi, Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado, Lima, 2004.
- [13] D. Sánchez De Guzmán, DURABILIDAD Y PATOLOGÍA DEL CONCRETO, Bogotá: Nomos S.A, 2017.
- [14] E. Rivva López, Ataques al Concreto, vol. 4, Lima: ICG, 2014.
- [15] L. Cuéllar Yáñez, ASPECTOS GENERALES DEL USO DEL CONCRETO, Arequipa: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA SAN FRANCISCO, 2018.
- [16] A. H. Nilson, DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, Bogotá: Mc GRAW-HILL INTERAMETICANA S.A, 20001.
- [17] A. M. Neville, Properties of concrete, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C, 2013.
- [18] E. RIVVA LÓPEZ, DISEÑO DE MEZCLAS, Lima, 2015.
- [19] S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese y J. Tanesi, Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Chicago: Portland Cement Association, 2004.
- [20] PACASMAYO, «CEMENTOS TRADICIONALES,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/3ORQgMO>.
- [21] UNACEM, «Cemento Andino Tipo IP y IPM,» [En línea]. Available: http://www.unacem.com.pe/?page_id=9.
- [22] E. Moreno Fernández, CORROSIÓN DE ARMADURAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA VARIACIÓN DE LA DUCTILIDAD EN ARMADURAS CORROÍDAS APLICANDO EL CRITERIO DE ACERO EQUIVALENTE, Madrid, 2008.

IX. ANEXOS

Anexo 01 ensayo de los materiales



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

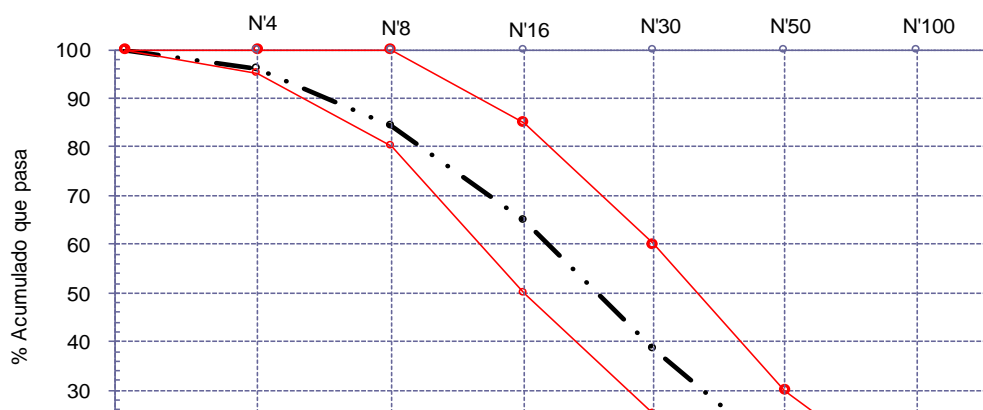
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Patapo - La Victoria P. Inicial S. 500.0

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	20	4.0	4.0	96.0	95	100
Nº 08	2.360	58	11.6	15.6	84.4	80	100
Nº 16	1.180	98	19.6	35.2	64.8	50	85
Nº 30	0.600	131	26.2	61.4	38.6	25	60
Nº 50	0.300	113	22.6	84.0	16.0	10	30
Nº 100	0.150	51	10.2	94.2	5.8	2	10
Nº 200	0.075	20	4.0	98.2	1.8	2	10
Fondo		9.0	1.8	96.0	4.0		
Módulo de Fineza				2.944			
Abertura de malla de referencia				Nº 04			

CURVAGRANULOMETRICA





Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera PATAPO

f2

f1

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra Sat Sup Seca	(g)	500.0	500.0
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	947.2	947.2
3.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	640.3	640.3
4.- Peso del Agua	(g)	307.0	307.0
5.- Peso del Frasco	(g)	140.25	140.25
6.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	639.76	639.76
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499.51	499.51
<	(g)	500	500

II.- Resultados

recipiente

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	m3)	2.588
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.10



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

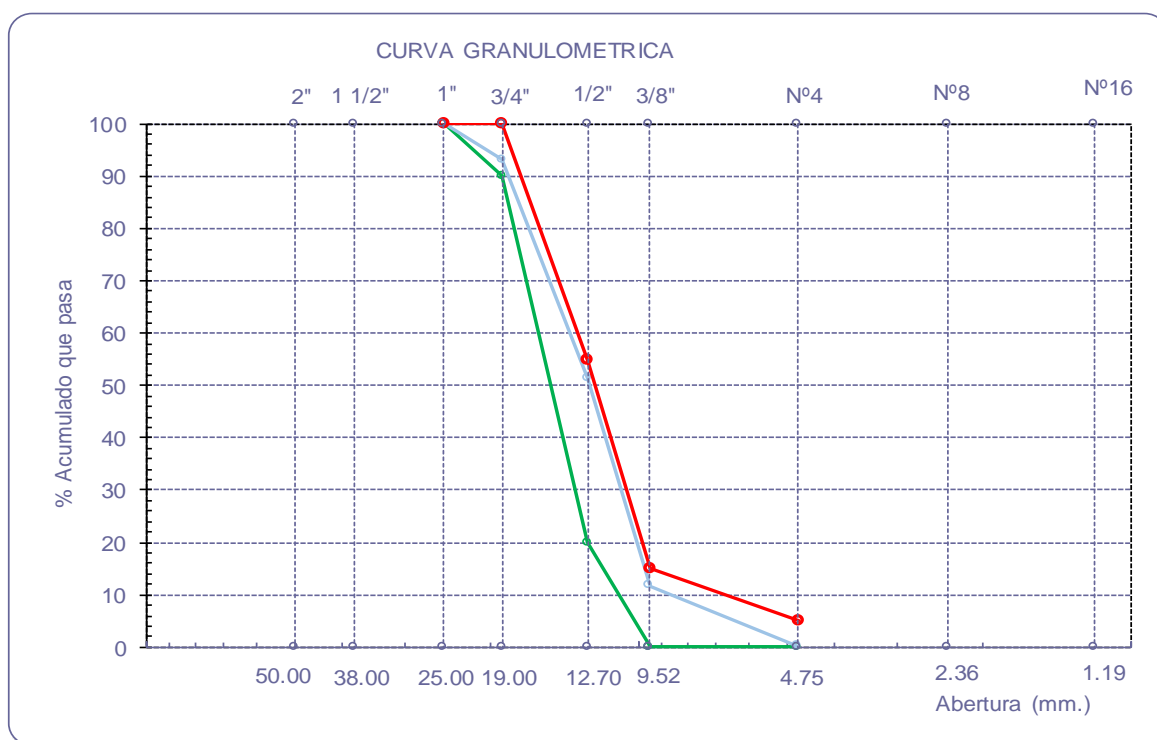
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA

P. Inicial S. 5219

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones ASTM 67	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	364.0	7.0	7.0	93.0	90.0	100.0
1/2"	12.70	2172.0	41.6	48.6	51.4	20.0	55.0
3/8"	9.52	2074.0	39.7	88.3	11.7	0.0	15.0
Nº 04	4.75	596.0	11.4	99.8	0.2	0.0	5.0
Nº 08	2.36	7.0	0.1	99.9	0.1		
Nº 16	1.19	0.0	0.0	99.9	0.1	-	-
Fondo		6.0	0.1	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	25.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	19.00			





Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA Ø (cm) h (cm)
 Molde Cilíndrico : 0.15 0.3

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18950	18944	18994
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10228.0	10228.0	10228.0
3.- Peso del material		8722.0	8716.0	8766.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00530	0.00530	0.00530
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1647.60		
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1638.82		

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

Muestra seca + recipiente = 3135.00

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2984.00
C.- Peso de recipiente	(gr.)	151.00
D.- Contenido de humedad	(%)	0.54
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.54



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1714	1715
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1735	1735
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1986	1987
4.- Peso de la canastilla	(g)	891	891
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1095	1096

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	m3)	2.681
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.20



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Patapo - La Victoria

I .- Datos

Muestra +recipiente = 3131.00

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2932.0
C.- Peso de recipiente	(gr.)	199.0
D.- Contenido de humedad	(%)	2.32
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	2.32

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Tres tomas- CHANCADORA GRANDA

I .- Datos

Muestra +recipiente = 3135.00

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	3000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2984.0
C.- Peso de recipiente	(gr.)	151.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.54
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.54

Anexo 02 diseño de mezcla para f'_{cr} de 294 kg/cm² (ACI)



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

I) DATOS DE LOS AGREGADOS

	A. FINO	A. GRUESO	
01. Tamaño máximo nominal	-	3/4"	pulg.
02. Peso Unitario suelto seco	1.53493	1.45898	g/cm ³
03. Peso Unitario compactado seco	1.77587	1.64760	g/cm ³
04. Peso específico de masa seco	2.58800	2.68100	kg/cm ³
05. Contenido de humedad	2.31924	0.53619	%
06. Contenido de absorción	0.09810	1.19568	%
07. Módulo de fineza (adimensional)	2.94		

II) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

08. F'_{cr}		210	kg/cm ²
09. Peso específico del cemento	: Tipo MS Pacasmayo	3.15	g/cm ³
10. Tipo de estructura		Vigas y muros armados	
11. Resistencia especificada a los 28 días	30	F'_{cr} 294	kg/cm ²
12. Asentamiento		3" a 4"	Pulg.
13. Contenido de aire atrapado	<i>Tabla N° 2 : Contenido de Aire</i>	2.0	%
14. Contenido de agua	Col. Calculo agua 4	205	litros
15. Relación agua cemento	(sin aire incorporado)	$R^{a/c}$ 0.556	
	280 → 0.57		
	294 → x	$x=$	0.56
	300 → 0.55		
16. Cemento		368.71	kg
		8.68	bls

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

17. Peso de los Agregados			
a) Peso del Agregado Grueso		997.79	kg
b) b/b _o		0.606	
	2.8 → 0.62		
	2.94 → x	$x=$	0.61
	3 → 0.6		
18. Cantidades en volumen para 1m ³ de concreto			
a) Cemento		0.1170	m ³
b) Agua		0.2050	m ³
c) Aire		0.0200	m ³
d) Agregado Grueso		0.3722	m ³
e) Agregado Fino		0.2858	m ³
		739.6003	kg
CONDICIONES SECAS			
a) Cemento		368.7050	kg
b) Agua		205.0000	kg
c) Aire		2.0000	%
d) Agregado Grueso		997.7886	kg
e) Agregado Fino		739.6003	kg

19. Corrección por humedad

$$PH = PS * (1 + \%H)$$

- a) Peso húmedo del Agregado Grueso
b) Peso húmedo del Agregado Fino

1003.14	kg
756.75	kg

20. Aporte por Humedad

- a) Agregado Grueso
b) Agregado Fino
c) Agua efectiva

-6.58	litros
16.43	litros
195.15	litros

21. Diseño de mezclas en condiciones húmedas

- a) Cemento
b) Agua

c) Aire
d) Agregado Grueso
e) Agregado Fino

368.71	kg
195.15	litros
22.49	litros
2.00	%
1003.14	kg
756.75	kg

22. Proporción en peso

368.7050	756.7534	1003.1387	22.49 lt/bls
368.7050	368.7050	368.7050	

1 **2.05** **2.70** 22.49 lt/bls

23. Cantidad de materiales por tanda

- a) Cemento
b) Agua
c) Agregado Grueso
d) Agregado Fino

42.50	kg/bls
22.49	kg/bls
114.75	kg/bls
87.13	kg/bls
Total	266.87 kg/bls

IV) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

27. Peso Unitario Suelto corregido por humedad

- a) Agregado Grueso
b) Agregado Fino

1466.80
1570.53

28. Peso Húmedos por p³

$$1 \text{ bls} = 1.00 \text{ pie}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.32 \text{ pie}^3$$

$$\text{PUSH (ag)} = 41.5288293 \text{ kg/pie}^3$$

$$\text{PUSH (af)} = 44.4656911 \text{ kg/pie}^3$$

28. Dosificación en volumen

42.5000	87.1250	114.7500	22.49 lt/bls
42.5000	44.4657	41.5288	

1 **1.96** **2.76** 22.49 lt/m³

Anexo 03 diseño de mezcla para f'_{cr} de 270 kg/cm² (MUESTRA PATRÓN)



Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

I) DATOS DE LOS AGREGADOS

	A. FINO	A. GRUESO	
01. Tamaño máximo nominal	-	3/4"	pulg.
02. Peso Unitario suelto seco	1.53493	1.45898	g/cm ³
03. Peso Unitario compactado seco	1.77587	1.64760	g/cm ³
04. Peso específico de masa seco	2.58800	2.68100	kg/cm ³
05. Contenido de humedad	2.31924	0.53619	%
06. Contenido de absorción	0.09810	1.19568	%
07. Módulo de fineza (adimensional)	2.94		

II) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

08. f'_{c}				210	kg/cm ²
09. Peso específico del cemento				3.15	g/cm ³
10. Tipo de estructura				Vigas y muros armados	
11. Resistencia especificada a los 28 días		30		F'_{cr} 270	kg/cm ²
12. Asentamiento				3" a 4"	Pulg.
13. Contenido de aire atrapado				2.0	%
14. Contenido de agua				205	litros
15. Relación agua cemento				$R^{a/c}$ 0.587	
	250	→	0.62		
	270	→	x	$x=$	0.59
	280	→	0.57		
16. Cemento				349.43	kg
				8.22	bls

Tabla N° 2 : Contenido de Aire Atrapado

Col. Calculo agua 4

(sin aire incorporado)

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

17. Peso de los Agregados					
a) Peso del Agregado Grueso				997.79	kg
b) b/bo				0.606	
	2.8	→	0.62		
	2.94	→	x	$x=$	0.61
	3	→	0.6		
18. Cantidades en volumen para 1m ³ de concreto					
a) Cemento				0.1109	m ³
b) Agua				0.2050	m ³
c) Aire				0.0200	m ³
d) Agregado Grueso				0.3722	m ³
e) Agregado Fino				0.2919	m ³
				755.4349	kg
CONDICIONES SECAS					
a) Cemento				349.4318	kg
b) Agua				205.0000	kg
c) Aire				2.0000	%
d) Agregado Grueso				997.7886	kg
e) Agregado Fino				755.4349	kg

19. Corrección por humedad

$$PH = PS * (1 + \%H)$$

- a) Peso húmedo del Agregado Grueso
b) Peso húmedo del Agregado Fino

1003.14	kg
772.96	kg

20. Aporte por Humedad

- a) Agregado Grueso
b) Agregado Fino
c) Agua efectiva

-6.58	litros
16.78	litros
194.80	litros

21. Diseño de mezclas en condiciones húmedas

- a) Cemento
b) Agua

c) Aire
d) Agregado Grueso
e) Agregado Fino

349.43	kg
194.80	litros
23.69	litros
2.00	%
1003.14	kg
772.96	kg

22. Proporción en peso

349.4318	772.9553	1003.1387	23.69 lt/bls
349.4318	349.4318	349.4318	

1 2.20 2.85 23.69 lt/bls

23. Cantidad de materiales por tanda

- a) Cemento
b) Agua
c) Agregado Grueso
d) Agregado Fino

42.50	kg/bls
23.69	kg/bls
121.13	kg/bls
93.50	kg/bls
280.82	kg/bls

Total

IV) DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

27. Peso Unitario Suelto corregido por humedad

- a) Agregado Grueso
b) Agregado Fino

1466.80
1570.53

28. Peso Húmedos por p³

$$1 \text{ bls} = 1.00 \text{ pie}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.32 \text{ pie}^3$$

$$\text{PUSH (ag)} = 41.52882934 \text{ kg/pie}^3$$

$$\text{PUSH (af)} = 44.46569106 \text{ kg/pie}^3$$

28. Dosificación en volumen

42.5000	93.5000	121.1250	23.69 lt/bls
42.5000	44.4657	41.5288	

1 2.10 2.92 23.69 lt/m3

Anexo 04 Datos de ensayo a flexión de vigas

Tabla N° 19: Datos de ensayo de V01-SFA-3.5 m De LONGITUD

V01-SFA-3.5 m De LONGITUD		
Tiempo (Min/Seg)	Fuerza (Tn)	Deflexión de vigas (mm)
00:00	0	0
00:30	1.1	2.5
01:00	2	4.93
01:30	3.2	7.8
02:00	5	10.95
02:30	6.9	14.29
03:00	8	17.85
03:30	9	20.68
04:00	9.5	24.38
04:30	9.8	28.26
05:00	9.9	31.99
05:30	10	36.18
06:00	10.1	38.99
06:30	10.3	42.47
07:00	10.9	45.53
07:30	11	48.37
08:00	11	51.99
08:30	11.1	55.23
09:00	11.2	58.57
09:30	11.5	62.43
10:00	11.8	65.47
10:30	11.9	69.19
11:00	12	73.36
11:30	12.1	76.41
12:00	12.2	79.24

Tabla N° 20: Datos de ensayo de V02-CFA-10 Kg/m³-3.5 m De LONGITUD

V02-CFA-10 Kg/m³-3.5 m De LONGITUD		
Tiempo (Min/Seg)	Fuerza (Tn)	Deflexión de vigas (mm)
00:00	0	0
00:30	0.9	1.24
01:00	1.9	3.32
01:30	3.2	7.38
02:00	4.9	10.61
02:30	6	13.67
03:00	7.7	16.67
03:30	8.9	19.57
04:00	9	23.54
04:30	9.5	25.37
05:00	9.8	27.72
05:30	9.9	30.01
06:00	10	34.28
06:30	10.2	35.62
07:00	10.4	38.26
07:30	10.6	41.36
08:00	10.8	44.64
08:30	11	47.62
09:00	11	50.86
09:30	11.1	53.18
10:00	11.4	57.51
10:30	11.5	60.58
11:00	11.8	63.23
11:30	11.9	67.58
12:00	12	71.92

Tabla N° 21: Datos de ensayo de V03-CFA-20 Kg/m³-3.5 m De LONGITUD

V03-CFA-20 Kg/m³-3.5 m De LONGITUD		
Tiempo (Min/Seg)	Fuerza (Tn)	Deflexión de vigas (mm)
00:00	0	0
00:30	1.08	1.488
01:00	2.28	3.984
01:30	3.84	8.856
02:00	5.88	12.732
02:30	7.2	16.404
03:00	9.24	20.004
03:30	10.68	23.484
04:00	10.8	28.248
04:30	11.4	30.444
05:00	11.76	33.264
05:30	11.88	36.012
06:00	12	41.136
06:30	12.24	42.744
07:00	12.48	45.912
07:30	12.72	49.632
08:00	12.96	53.568
08:30	13.2	57.144
09:00	13.2	61.032
09:30	13.32	63.816
10:00	13.68	69.012
10:30	13.8	72.696
11:00	14.16	75.876
11:30	14.28	81.096
12:00	14.4	86.304

Tabla N° 22: Datos de ensayo de V04-SFA-4.5 m De LONGITUD

V04-SFA-4.5 m De LONGITUD		
Tiempo (Min/Seg)	Fuerza (Tn)	Deflexión de vigas (mm)
00:00	0	0
00:30	1.5	5.1
01:00	2.5	10.31
01:30	3.5	12.56
02:00	4.5	16.59
02:30	5.5	20.17
03:00	5.8	23.54
03:30	5.9	25.34
04:00	5.95	27.14
04:30	6	28.48
05:00	6	28.98
05:30	6.1	31.32
06:00	6.15	34.49
06:30	6.2	38.62
07:00	6.5	43.17
07:30	6.6	46.43
08:00	6.8	50.49
08:30	6.9	53.99
09:00	7	57.34
09:30	7.05	60.84
10:00	7.1	63.96
10:30	7.2	68.57
11:00	7.25	73.34
11:30	7.3	79.14
12:00	7.5	84.67
12:30	7.8	89.17
13:00	7.9	94.22
13:30	8	94.6

Tabla N° 23: Datos de ensayo de V05-CFA-10 Kg/m³-4.5 m De LONGITUD

V05-CFA-10 Kg/m³-4.5 m De LONGITUD		
Tiempo (Min/Seg)	Fuerza (Tn)	Deflexión de vigas (mm)
00:00	0.00	0.00
00:30	1.10	4.30
01:00	2.05	7.43
01:30	3.10	12.45
02:00	4.28	15.08
02:30	5.50	19.08
03:00	5.68	22.81
03:30	5.71	24.24
04:00	5.73	25.35
04:30	5.85	26.95
05:00	5.88	27.98
05:30	5.91	28.12
06:00	6.09	29.89
06:30	6.14	32.03
07:00	6.44	37.96
07:30	6.54	38.94
08:00	6.60	42.43
08:30	6.65	46.17
09:00	6.87	49.23
09:30	6.99	52.46
10:00	6.97	55.54
10:30	6.95	58.41
11:00	7.00	64.42
11:30	7.05	69.29
12:00	7.38	72.98
12:30	7.67	78.87
13:00	7.77	85.52
13:30	7.85	88.34

Tabla N° 24: Datos de ensayo de V06-CFA-20 Kg/m³-4.5 m De LONGITUD

V06-CFA-20 Kg/m³-4.5 m De LONGITUD		
Tiempo (Min/Seg)	Fuerza (Tn)	Deflexión de vigas (mm)
00:00	0.00	0.00
00:30	1.35	6.00
01:00	2.35	8.54
01:30	3.78	12.12
02:00	4.92	17.34
02:30	6.33	21.95
03:00	6.54	26.23
03:30	6.57	27.88
04:00	6.59	29.15
04:30	6.73	30.99
05:00	6.76	32.18
05:30	6.80	32.33
06:00	7.00	34.37
06:30	7.06	36.84
07:00	7.40	43.65
07:30	7.52	44.78
08:00	7.59	48.79
08:30	7.65	53.09
09:00	7.90	56.62
09:30	8.03	60.33
10:00	8.02	63.87
10:30	7.99	67.17
11:00	8.05	74.09
11:30	8.11	79.69
12:00	8.48	83.92
12:30	8.82	90.70
13:00	8.94	98.34
13:30	9.03	101.59

Tabla N° 25: Momentos de agrietamiento, servicio y último

CALCULO DE MOMENTO DE AGRIETAMIENTO						
DATOS	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
Ancho de la viga (cm)	25	25	25	25	25	25
Peralte de la viga (cm)	40	40	40	40	40	40
Resistencia a la compresión (f'c)	238.34	240.34	247.855	238.34	240.34	247.855
Esfuerzo de rotura (Fr)	30.88	31.01	31.49	30.88	31.01	31.49
Inercia (I)	133333.33	133333.33	133333.33	133333.33	133333.33	133333.33
Distancia (Y)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
RESULTADOS						
ECUACIÓN M agr = Fr*I / Y	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
M agr (Tn.m)	2.06	2.07	2.10	2.06	2.07	2.10
P agr (Tn)	3.53	3.54	3.60	2.74	2.76	2.80

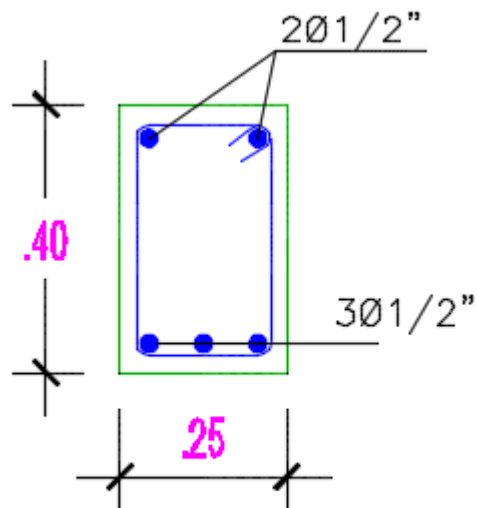
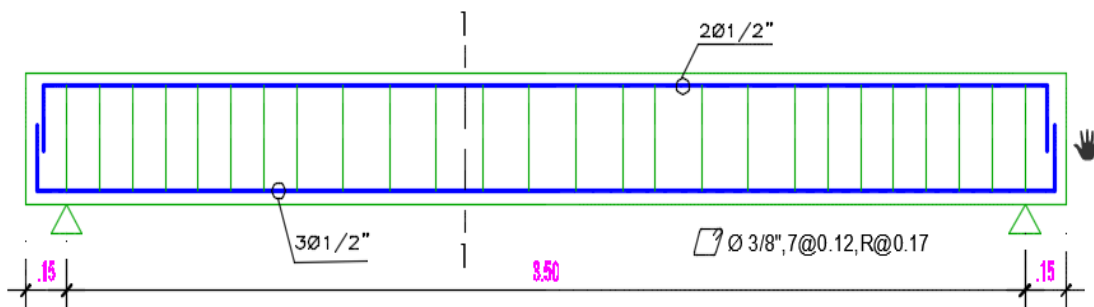
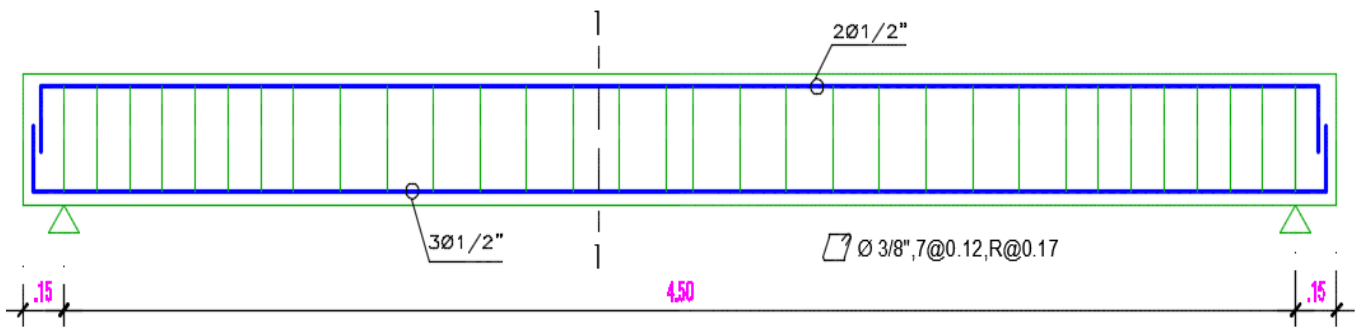
CALCULO DE MOMENTO DE SERVICIO						
DATOS	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
Ancho de la viga (cm)	25	25	25	25	25	25
Peralte de la viga (cm)	40	40	40	40	40	40
peralte efectivo (d)	34.415	34.415	34.415	34.415	34.415	34.415
Resistencia a la compresión (f'c)	238.34	240.34	247.855	238.34	240.34	247.855
Módu. de elasticidad concreto (Ec)	231573.9623	232543.5443	236151.1698	231573.962	232543.5443	236151.1698
Módu. de elasticidad acero (Es)	2100000.00	2100000.00	2100000.00	2100000.00	2100000.00	2100000.00
relación modular (n)	9.07	9.03	8.89	9.07	9.03	8.89
Kd	8.47	8.45	8.40	8.47	8.45	8.40
As	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81
Inercia (I)	28321.15	28224.11	27869.08	28321.15	28224.11	27869.08
fc = 0.45f'c	107.25	108.15	111.53	107.25	108.15	111.53
fs = 0.5fy	2100.00	2100.00	2100.00	2100.00	2100.00	2100.00
Distancia (Y)	25.95	25.96	26.02	25.95	25.96	26.02
RESULTADOS						
ECUACIÓN M ser = (fs*I) / (n*Y)	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
M ser (Tn.m)	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
P ser (Tn)	4.33	4.33	4.34	3.37	3.37	3.37

CALCULO DE MOMENTO ULTIMO						
DATOS	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
Ancho de la viga (cm)	25	25	25	25	25	25
Peralte de la viga (cm)	40	40	40	40	40	40
peralte efectivo (d)	34.415	34.415	34.415	34.415	34.415	34.415
Resistencia a la compresión (f'c)	238.34	240.34	247.855	238.34	240.34	247.855
fy	4200.00	4201.00	4202.00	4203.00	4204.00	4205.00
a	3.16	3.13	3.04	3.16	3.14	3.04
As	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81
RESULTADOS						
ECUACIÓN $M_{ult} = A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
M ult (Tn.m)	5.25	5.26	5.27	5.26	5.26	5.27
P ult (Tn)	9.01	9.01	9.03	7.01	7.01	7.03

CALCULO DE INERCIA						
DATOS	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
Ancho de la viga (cm)	25	25	25	25	25	25
Peralte de la viga (cm)	40	40	40	40	40	40
peralte efectivo (d)	34.415	34.415	34.415	34.415	34.415	34.415
d'	5.585	5.585	5.585	5.585	5.585	5.585
Resistencia a la	238.34	240.34	247.855	238.34	240.34	247.855
Módu. de elasticidad	231573.9623	232543.5443	236151.17	231573.9623	232543.5443	236151.17
Módu. de elasticidad	2100000.00	2100000.00	2100000.00	2100000.00	2100000.00	2100000.00
relación modular (n)	9.07	9.03	8.89	9.07	9.03	8.89
Kd	8.03	8.02	7.97	8.03	8.02	7.97
As	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81
As'	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
Distancia (Y)	26.39	26.40	26.44	26.39	26.40	26.44
RESULTADOS						
	V01-SFA-3.5 m	V02-CFA-10 kg/m3-3.5 m	V03-CFA-20 kg/m3-3.5 m	V04-SFA-4.5 m	V05-CFA-10 kg/m3-4.5 m	V06-CFA-20 kg/m3-4.5 m
Inercia (I)	28628.02	28526.53	28155.52	28628.02	28526.53	28155.52

Anexo 05 Panel fotográfico

1. Planos de vigas



SECCIÓN 1-1

2. Adquisición de materiales





3. Construcción de vigas

3.1 habilitación de acero





3.2 Encofrado de vigas





3.3 Preparacion de la mezcla





3.4 Vaciado del concreto



3.5 Curado de vigas



3.6 Vigas de concreto



3.7 Izaje de vigas de concreto



3.8 Ensamblado de ensayo a flexión



3.9 Equipo de trabajo



4.0 Vigas ensayadas







Anexo 06 Especificaciones técnicas de las fibras de acero



HOJA TÉCNICA

Sika® Fiber CHO 80/60 NB

Fibra de acero para refuerzo del concreto en losas y concreto pre-fabricado

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto usado en losas de concreto tradicional e industriales y elementos de concreto pre-fabricado, especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto durante el mezclado, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

Sika Fiber CHO 80/60 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.

En elementos de concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 80 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

NORMAS	Sika® Fiber CHO 80/60 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono.
---------------	---

DATOS BÁSICOS

FORMA	PRESENTACIÓN Sacos de papel x 20 kg.
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Los sacos de Sika® Fiber CHO 80/60 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
DATOS TÉCNICOS	<p>Longitud: 60 mm con extremos conformados</p> <p>Diámetro de la fibra: 0.75 mm</p> <p>Relación longitud/ Diámetro: 80</p> <p>Resistencia a tracción: 1200 MPa min.</p> <p>Elongación de rotura: 4% max.</p>

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS Normalmente entre 10 y 45 kg de Sika® Fiber CHO 80/60 NB por m ³ de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MÉTODO DE LA APLICACIÓN</p> <p>Sika® Fiber CHO 80/60 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. ▪ En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. ▪ En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.

-
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

OBSERVACIONES TÉCNICAS

No agregue Sika® Fiber CHO 80/60 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACIÓN	Evite el contacto directo con los ojos y la piel. Protéjase utilizando guantes y lentes de seguridad.
OBSERVACIONES	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
NOTAS LEGALES	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p>