



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Penadillo Pilco, Hasler Raul (orcid.org/0000-0001-8878-8805)

ASESOR:

Mg. Villegas Martinez, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi familia, que siempre estuvieron brindándome su apoyo y por siempre creer en mí y lo que puedo lograr. A Dios, por siempre cuidar de mí, brindarme sabiduría y la fuerza de voluntad para lograr mis objetivos en esta etapa de mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por iluminarme en cada etapa de mi vida y nunca abandonarme.

A mi familia, por siempre estar ahí y brindarme seguridad para enfrentarme a todos los problemas.

A mi Asesor, por guiarme en el transcurso del desarrollo de mi tesis y motivarme a mejorar.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vii
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	24
3.2. Variables y operacionalización	25
3.3. Población, muestra y muestreo	26
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	27
3.5 Procedimiento	28
3.6 Método de análisis	31
3.7 Aspectos Éticos.....	31
IV. RESULTADOS.....	32
V. DISCUSIÓN	72
VI. CONCLUSIONES.....	75
VII. RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del acero.....	11
Tabla 2. Ficha técnica de la varilla de fibra de vidrio	16
Tabla 3. Granulometría del agregado fino	17
Tabla 4. Granulometría del agregado grueso	17
Tabla 5. Diseño de Mezcla.....	26
Tabla 6. Ensayo a la Compresión	26
Tabla 7. Ensayos a Tracción.....	27
Tabla 8. Ensayos a Flexión.....	27
Tabla 9. Tabla de validación de expertos	28
Tabla 10. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°1	33
Tabla 11. Resultados del Ensayo a Tracción – Probeta N°2	35
Tabla 12. Resultados del Ensayo a Tracción – Probeta N°3	36
Tabla 13. Resultados del Ensayo a Tracción – Probeta N°4	37
Tabla 14. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°1 (GFRP).....	40
Tabla 15. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°2 (GFRP).....	41
Tabla 16. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°3 (GFRP).....	42
Tabla 17. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°4 (GFRP).....	43
Tabla 18. Granulometría del Agregado Fino.....	44
Tabla 19. Propiedades Físicas del agregado fino	45
Tabla 20. Granulometría del Agregado Grueso	46
Tabla 21. Propiedades Físicas del agregado Grueso	47
Tabla 22. Granulometría del Agregado Global.....	47
Tabla 23. Propiedades Físicas del Agregado Global	48
Tabla 24. Características Generales.....	49

Tabla 25. Cantidad de material de diseño por m ³ de concreto.....	49
Tabla 26. Cantidad de material por m ³ de concreto en obra.....	49
Tabla 27. Cantidad de material por bolsa de cemento en obra	49
Tabla 28. Proporciones aproximadas en Volumen	50
Tabla 29. Rotura de probetas a los 7 días	51
Tabla 30. Rotura de probetas a los 14 días	51
Tabla 31. Rotura de probetas a los 28 días	51
Tabla 32. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 7 días)	54
Tabla 33. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 28 días)	55
Tabla 34. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 7 días)	57
Tabla 35. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 28 días)	58
Tabla 36. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 7 días)	61
Tabla 37. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 28 días)	62
Tabla 38. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 7 días)	63
Tabla 39. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 28 días)	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 1. Sección de viga en el estado de falla.....	13
Gráfico 2. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°1	34
Gráfico 3. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°2	35
Gráfico 4. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°3	37
Gráfico 5. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°4	38
Gráfico 6. Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	45
Gráfico 7. Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	46
Gráfico 8. Curva Granulométrica del Agregado Global	48
Gráfico 9. Resumen de las cargas promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 7 días.....	65
Gráfico 10. Resumen de la resistencia a la flexión promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 7 días.....	66
Gráfico 11. Resumen de las cargas promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 28 días.....	66
Gráfico 12. Resumen de la resistencia a la flexión promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 28 días.....	67
Gráfico 13. Resumen de las cargas de Vigas con sección de 1/2" a los 7 días	68
Gráfico 14. Resumen de la resistencia a la flexión de Vigas con sección de 1/2" a los 7 días.....	68
Gráfico 15. Resumen de las cargas de Vigas con sección de 1/2" a los 28 días	69
Gráfico 16. Resumen de la resistencia a la flexión de Vigas con sección de 1/2" a los 28 días.....	70
Figura 1. Deformación del acero para momentos positivos y negativos.....	14
Figura 2. Equilibrio de fuerzas	14

Figura 3. Límites para la cuantía	15
Figura 4. Expresión para la cuantía balanceada	15
Figura 5. Expresión para la cuantía mínima	15
Figura 6. Expresión para la cuantía mecánica.....	16
Figura 7. Cuantía del acero	16
Figura 8. Cálculo del acero.....	16
Figura 9. Universidad Nacional de Ingeniería.....	26
Figura 10. SiderPeru	26
Figura 11. Varilla de fibra de vidrio	27
Figura 12. Ferretería Difamas.....	27
Figura 13. Universidad Nacional de Ingeniería.....	32
Figura 14. Máquina de Ensayo Uniaxial	33
Figura 15. Varilla de fibra de vidrio de 3/4"- VROD	39
Figura 16. Probeta de fibra de vidrio con tubo galvanizado.....	40
Figura 17. Varilla de fibra de vidrio ensayada.....	43
Figura 18. Vaciado de probeta cilíndrica	50
Figura 19. Curado de las probetas cilíndricas	51
Figura 20. Detalle de viga armada con acero corrugado.....	52
Figura 21. Armado y encofrado de la viga con acero corrugado	52
Figura 22. Vaciado de la Viga con acero corrugado.....	53
Figura 23. Curado de la Viga con acero corrugado	53
Figura 24. Ensayo a flexión en la viga de acero corrugado (3/4")	54
Figura 25. Viga con falla en los apoyos.....	55
Figura 26. Viga armada con acero de 1/2"	56

Figura 27. Viga armada con acero de 1/2" a los 28 días	57
Figura 28. Detalle de viga armada con varilla de fibra de vidrio	59
Figura 29. Armado de la viga con varilla de fibra de vidrio	59
Figura 30. Curado de la viga con varilla de fibra de vidrio	60
Figura 31. Ensayo a flexión en la viga con varilla de fibra de vidrio	60
Figura 32. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 3/4" a los 7 días ...	61
Figura 33. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 3/4" a los 28 días .	62
Figura 34. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 1/2" a los 7 días ...	64
Figura 35. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 1/2" a los 28 días .	65

RESUMEN

La presente Tesis para la obtención del título de Ingeniería Civil tuvo como objetivo general determinar el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022, cuya finalidad consta de buscar un material que tenga mejores desempeños que el acero como refuerzo estructural, ese material es la varilla de fibra de vidrio (Glass Fiber Reinforced Polymer).

En esta tesis del tipo aplicada se utilizó el método cuasiexperimental con enfoque cuantitativo, obteniendo los datos de manera experimental mediante los ensayos a tracción de la varilla de fibra de vidrio y los ensayos a flexión de las vigas armadas con este material brindándonos los datos de resistencia a la tracción, carga máxima aplicada, resistencia a la flexión para finalmente compararlos con los resultados obtenidos usando el elemento patrón (acero corrugado). Se obtuvo como resultado en las vigas armadas con varilla de fibra de vidrio tuvieron un 25% menos de cargas máximas y resistencia a la flexión con respecto a la viga armada con acero corrugado, mientras que los ensayos a tracción mostraron un incremento del 50% de la varilla de fibra de vidrio con respecto al acero corrugado. Se concluyó que existe una reducción del 25% en cuanto a las propiedades mecánicas de la viga armada con varilla de fibra de vidrio con respecto a la viga armada con acero corrugado.

Palabras clave: Varilla de fibra de vidrio, fluencia, ductilidad, resistencia a la flexión, carga máxima, resistencia a la tracción, falla frágil.

ABSTRACT

The present Thesis to obtain the title of Civil Engineering had as general objective to determine the study of the mechanical properties in reinforced concrete beams of $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporating fiberglass rods, Lima 2022, whose purpose is to find a material that has better performance than steel as structural reinforcement, that material is the fiberglass rod (Glass Fiber Reinforced Polymer).

In this thesis of the applied type, the quasi-experimental method with a quantitative approach was used, obtaining the data experimentally through the tensile tests of the fiberglass rod and the flexural tests of the beams reinforced with this material, providing us with the resistance data. to traction, maximum load applied, resistance to flexion to finally compare them with the results obtained using the standard element (corrugated steel). It was obtained as a result that the beams reinforced with fiberglass rod had 25% less maximum loads and flexural resistance with respect to the beam reinforced with corrugated steel, while the tensile tests showed an increase of 50% of fiberglass rebar relative to rebar. It was concluded that there is a 25% reduction in the mechanical properties of the beam reinforced with fiberglass rod with respect to the beam reinforced with corrugated steel.

Keywords: Fiberglass rod, creep, ductility, flexural strength, maximum load, tensile strength, brittle failure.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país que abarca un amplio sector en la construcción siendo un magnífico aliado para el crecimiento del PBI, a lo largo de los años la construcción viene siendo una de las más importantes actividades económicas, debido a ello se generan puestos de trabajos por cada puesto en la construcción, siendo la mano de obra las más destacada.

La construcción ha ido evolucionando a través los años, el hombre ha utilizado diferentes tipos de materiales para construir una infraestructura, hoy en día ya existen nuevos sistemas en el mundo con materiales innovadores, que permiten reducir tiempos y costos. Pero hay un material que viene captando nuestro interés, el acero.

El acero es un material en la construcción de los más versátiles y adaptables en la construcción, porque posee cualidades de resistencia que son utilizados en diversas construcciones. Sin embargo, es normal ver en nuestro país construcciones muy antiguas que se encuentran deteriorando, según CAPECO (2018) en el Perú casi el 80% de los viviendas son informales, estas viviendas muestran un alto nivel de corrosión, ya sea debido por desperfectos en los procesos constructivos o antigüedad de la edificación, que afectan el estado óptimo del acero, reduciendo la sección de concreto y afectando el comportamiento estructural ante acciones sísmicas, debido a que el sector de la construcción evoluciona constantemente se busca conseguir un elemento que pueda reemplazar al acero, que demuestre mejores propiedades con respecto a este.

En diferentes partes del mundo ya se viene estudiando diferentes tipos de materiales que podrían reemplazar al acero, concluyendo que existen nuevos materiales que poseen mejores características como refuerzo estructural para el concreto y que puedan garantizar la calidad de las infraestructuras por un bajo costo.

Para esta tesis se planteó como solución el uso la fibra de vidrio, ya que son una excelente alternativa, sobre todo cuando el ambiente tiene un nivel alta de corrosión ,también por ser un elemento liviano llegando hasta ser 4 veces más ligera que el acero, están fabricados con diversos módulos de elasticidad que

permitan una elevada resistencia de tensión y a diferencia del acero las varillas de fibra de vidrio poseen una larga vida útil, por eso mismo se requiere estudiar para determinar el comportamiento mecánico de este elemento y si logra una mejora significativa con respecto al acero convencional.

Formulación del problema

Existe una necesidad de encontrar un material que pueda adaptarse a los ambientes corrosivos de la zona costera del país.

Conseguir mejores desempeños a flexión en los elementos horizontales.

Prolongar la vida útil de nuestras infraestructuras.

Problema General

¿Cómo será el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022?

Problemas Específicos

¿Cuáles serán las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4"?

¿Cuáles serán las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"?

¿Existen diferencias en el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"?

Justificación de la Investigación

Como justificación tenemos que, el proyecto investigación permitirá determinar de una manera experimental las propiedades mecánicas que obtendrá la varilla de fibra de vidrio como refuerzo estructural y si este material da resultado a ser una mejor opción en comparación al acero corrugado que se utiliza para la construcción de la mayoría de estructuras. Una vez obtenido los resultados de los ensayos a tracción de la varilla de fibra de vidrio y el acero, se obtendrá datos que contribuyan la comparación de las propiedades mecánicas de estos materiales, de esta manera se justificará el aporte de esta investigación. Se

estará estudiando sobre el comportamiento que obtendrá las vigas de concreto con varilla de fibra de vidrio en los ensayos de laboratorios, mediante la comparación de resultados con una viga de concreto reforzada con acero corrugado (viga patrón) y así demostrar si existe alguna diferencia de las propiedades mecánicas de estos materiales ensayados.

Este estudio servirá como una fuente de información para otros autores que decidan iniciar una investigación con este material, ya que aportará datos importantes que sirvan como sustento para la elaboración de nuevos criterios del uso de la varilla de fibra de vidrio en edificaciones.

La tesis será desarrollada en Lima, debido a la facilidad de usar los laboratorios que nos permitirán la ejecución de los estudios experimentales.

Objetivo General

Determinar el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022.

Objetivos Específicos

Determinar las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4".

Determinar las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".

Realizar el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".

Hipótesis General

Se determinará el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022.

Hipótesis Específicas

Se determinará las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4".

Se determinará las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".

Se realizó el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes Nacionales:

Poma (2021), dentro su tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil titulada: **“Análisis Comparativo de vigas Reforzadas con Varillas de Fibra de Vidrio y Reforzadas con Acero”** que fue presentada en la Universidad César Vallejo, que tuvo como **objetivo** principal determinar las diferencias entre el comportamiento estructural las varillas de fibra de vidrio y las varillas de acero corrugado grado 60 en vigas de concreto, buscando diferencias en el diseño a flexión, en las deflexiones y costos del material. El enfoque del estudio es cuantitativo, con un diseño experimental, de tipo aplicativo. Con el estudio **se concluye que:**

En esta tesis se obtuvo los siguientes resultados mediante un modelamiento con el software SAP 2000 usando vigas armadas con diámetros de 6mm y 12 mm en ambos casos de acero. Las vigas de concreto armado reforzado con varillas de fibra de vidrio obtuvieron resultados mayores de resistencia última, con un total de 224 000 ton/m², en comparación de las vigas de concreto armado reforzados con acero, con un momento último de 65000 ton/m².

Se comprobó que hay diferencias en el comportamiento mecánico de las vigas reforzadas con los dos elementos, ambos fueron diseñados por el método de resistencia, es decir, en el estado de falla. El acero estructural ya posee un comportamiento idealizado, teniendo como límite el esfuerzo de fluencia (4200 kg/cm²), pero las varillas de fibra de vidrio no demostraron una meseta de fluencia definida porque lo que es difícil utilizar las ecuaciones de resistencia, mostrando una diferencia clara entre estos dos materiales.

También se encontraron diferencias en las deflexiones máximas, ambos especímenes para un momento flector de 18 ton – m, para el caso de la viga reforzada con varilla de acero estuvieron cerca de 0.009 u, para la viga que se reforzó con varilla de fibra de vidrio, su deflexión estuvo cerca de 0.015 u. Demostrando que estas se deflectaron cerca de 1.7 veces más que la varilla de acero convencional.

Se demostró que los costos de fabricación de la varilla de fibra de vidrio resultaron ser superiores con respecto a la varilla de acero convencional.

Apreciando que la viga con varilla de fibra de vidrio es 18% más que el costo de las vigas con acero convencional, debido a la poca industrialización de este elemento.

Murayari (2019), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil titulada: ***“Estudio del comportamiento a flexión de vigas de concreto reforzadas con barras de fibra de vidrio, Lima 2019”*** que fue presentada en la Universidad César Vallejo, con **objetivo** que halla el comportamiento de las vigas a flexión reforzadas con barras de fibra de vidrio. El enfoque del estudio es cuantitativo, experimental con diseño correlacional – causal, finalmente **se concluye que:**

Se ensayaron a flexión 4 vigas de 17cm x 17 cm x 150cm reforzando con barras de acero y barras de fibra de vidrio, con una estimación de la dosificación de los materiales. Se logró desarrollar el comportamiento a flexión de manera óptima por parte de las vigas de estudio, ya que los resultados de los ensayos a flexión fueron muy conservadores con respecto a los resultados con la viga patrón con unas diferencias que no superan el 50% en las cargas y momentos.

Las cargas desarrolladas sobre la viga de estudio tuvieron un descenso de 25% con respecto a la viga patrón, ya que estas no lograban alcanzar el esfuerzo de fluencia, esto permite que las cargas se incrementen hasta las últimas capacidades de fluencia del refuerzo y dar lugar que el concreto falle.

Los momentos flexionantes que se generaron en las vigas de estudio también presentaron una disminución del 25% con respecto a la viga patrón, siendo esto un efecto asociado a la cantidad de carga soportada.

En el caso de deformaciones se encontró una reducción en las vigas de estudio, esto se obtuvo de los ensayos a flexión, con una variación de 8 mm con relación a las deflexiones que se desarrollaron en la viga de concreto patrón. Debido a la falta de la fluencia en la fibra de vidrio, siendo esta la razón por la que no se generan deflexiones excesivas.

Huillcaya (2019), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil titulada: ***“Influencia de la aplicación de fibra de vidrio y acero en el comportamiento mecánico del concreto para vías de bajo tránsito, Abancay – 2019”*** que fue presentada en la Universidad César Vallejo, teniendo como **objetivo** el análisis de la influencia del comportamiento mecánico de fibras de vidrio y de acero del concreto para vías de bajo tránsito. El estudio tiene un enfoque cuantitativo, con diseño experimental y de nivel explicativo. **Se concluye que:**

Para la tesis se diseñó la mezcla usando el ACI con un concreto patrón de 210 kg/cm² y con la adición de la fibra de vidrio y acero en porcentajes relacionados al volumen total de 0.25%, 0.50% y 0.75%, cuando el concreto se curó a los 7, 14 y 28 días se elaboró los ensayos a la compresión, flexión y tracción. Se logró determinar que la resistencia patrón a los 7, 14 y 28 días fue de 216.13 kg/cm², 276.30 kg/cm², 312.06 kg/cm² respectivamente, al agregar 0.25% se consiguió una resistencia de 317.17 kg/cm², al agregar 0.50% se obtuvo 310.00 kg/cm² y al agregar 0.75% se obtuvo una resistencia 269.00 kg/cm². Demostrando que adicionar porcentajes superiores a 0.50% provoca que la resistencia se reduzca, pero adicionando 0.25% se logra una mejora de 1.64% con respecto a la viga patrón, las fibras de vidrio y acero solo consiguieron una mejora mínima en la resistencia a la compresión.

En los ensayos de las vigas evaluadas para la resistencia a la flexión, la viga patrón en la edad de 7, 14 y 28 días obtuvo 13.20 kg/cm², 24.43 kg/cm², 42.18 kg/cm² respectivamente, cuando se agregó 0.25% de fibra de vidrio y acero el resultado fue de 45.54 kg/cm², la viga con 0.50% de fibra de vidrio y acero tuvo como resistencia a la flexión 52.64 kg/cm² y la adición de 0.75% de fibra de vidrio y acero se obtuvo 55.88 kg/cm². Demostrando que adicionar más dosis se consigue una mejora de hasta un 32% en la resistencia a la flexión.

Antecedentes Internacionales:

Vaca (2013) dentro de su tesis de grado para obtener al título de Ingeniería Civil titulada: ***“Análisis de elementos estructurales que trabajan a flexión con fibras de carbono”*** que fue presentada en la Universidad Técnica de Ambato,

que tuvo como **objetivo** obtener el comportamiento a flexión de elementos estructurales reforzados con fibras de carbono. El estudio es de tipo descriptiva, con un enfoque experimental. **Se concluyó que:**

Se elaboraron 18 vigas de 20x15x100 cm, 6 vigas elaboradas de hormigón simple, tres serán reforzadas con CFRP, 6 vigas elaboradas con acero en parte de tracción de las cuales 3 serán reforzadas con, 6 vigas con acero en la parte de tracción y compresión de las cuales 3 serán reforzadas con CFRP.

Las fallas producidas se presentan por rotura del aplastamiento del hormigón. La fibra de Carbono no presenta ningún tipo de falla.

La carga máxima promedio de las 3 vigas de concreto simple es de 13463.33 N, mientras que las vigas simples reforzado con fibra de carbono es de 21650 N.

La carga máxima promedio de las 3 vigas de concreto simple más acero de refuerzo a flexión es de 46116.67 N, mientras que las vigas de concreto simple más acero de refuerzo a flexión reforzados con fibra de carbono es de 60266.67 N.

La carga máxima promedio de las 3 vigas de concreto simple más acero de refuerzo a flexión, compresión y corte es de 58233.33 N, mientras que las vigas de concreto simple más acero de refuerzo a flexión, compresión y corte reforzados con fibra de carbono es de 64133.33 N.

Toapanta (2016), dentro de su tesis para la obtención del título profesional de Ingeniería Civil titulada: ***“Análisis de las curvas de desempeño de una viga reforzada con fibras de carbono y fibras de vidrio”*** que fue presentado en la Universidad Técnica de Ambato, que tuvo como **objetivo** general poder lograr un análisis del desempeño de vigas que serían reforzadas con fibras de carbono y fibras de vidrio. El estudio tiene un nivel de investigación de tipo exploratorio – explicativo. **Se concluye que:**

Para la experimentación las vigas fueron elaboradas bajo la normativa ASTM C31, las vigas poseen una dimensión de 15x15x75 cm, usando 3 vigas sin reforzamiento, 3 vigas reforzadas en el exterior con fibra de carbono y 3 vigas reforzadas en el exterior con fibras de vidrio. Viga reforzada con fibras de carbono

obtuvo un módulo de Ruptura de 29.53 Mpa, carga máxima de 16 000 N y deformación máxima de 5.97 mm. Viga reforzada con fibras de vidrio obtuvo un módulo de Ruptura de 25.7 Mpa, carga máxima de 14 000 N y deformación máxima de 7.45 mm. Viga reforzada sin fibras obtuvo un módulo de Ruptura de 18.76 Mpa, carga máxima de 11 000 N y deformación máxima de 7.47 mm.

Las vigas que fueron reforzadas con fibras presentan buenos desempeños siendo sometidas a flexión, también durante los ensayos de las vigas con fibra se pudo observar la presencia de la falla por aplastamiento del hormigón.

Los resultados mostraron que la máxima deformación fue similar en los tres tipos de vigas, debido a que el refuerzo con fibra fue realizada a flexión y no a corte, por lo tanto, se registraron en los cálculos que la máxima deformación fue de 0.0045.

Este sistema de reforzamiento con fibras brinda una opción idónea al uso de láminas de acero, obteniendo un incremento en la eficacia costo, brindando una posible solución a la reparación de proyectos complicados.

Ospina y Ruiz (2018), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil titulada: ***“Comportamiento de un elemento estructural construido en madera laminada reforzada con fibra de vidrio”*** presentado en Colombia en la Universidad EIA, que tuvo como **objetivo** la evaluación del comportamiento de un elemento estructural de tipo viga fabricado en madera laminada usando refuerzo de fibra de vidrio. Aplicando una metodología con diseño experimental, finalmente **se concluyó que:**

Se realizaron cinco prototipos con un refuerzo con distribución y fracción diferente, uno de los prototipos se elaboró sin refuerzo con el propósito de compararlos con los demás resultados. La sección de la viga fue de 0.12 x 0.08 x 1 m. Las vigas que se reforzaron no mostraron un incremento del esfuerzo en relación a las vigas control, producido por problemas en el uso del tipo de fibra, ubicación de la fibra y los procesos constructivos con las que se realizaron.

La Viga Caso 1 obtuvo una carga máxima de 50.3 kn, siendo esta la que no tuvo refuerzo, la viga caso 2, 3, 4 y 5 obtuvieron 54.3 kn, 47.6 kn, 31.9 kn y 52.4 kn respectivamente.

La causa de la variación de datos es debido a la irregularidad en la densidad de las lamelas. No se puede garantizar que todos los distintos proveedores tengan los mismos cuidados forestales.

Para detener la propagación de la falla en la viga con la fracción volumétrica de la fibra de vidrio no fue la requerida. Por eso se debe aumentar el refuerzo a tracción, así evitando que se genere una falla explosiva en la madera.

Revista Científica:

Martínez, Correa y Díaz (2019), en su revista científica titulada: **“Reforzamiento de vigas de hormigón armado empleando barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV)”** Para aplicar la metodología propuesta de reforzamiento se decide tomar como caso de estudio el Hotel “Regis” ubicado en La Habana Vieja, en particular las vigas localizadas en la zona 2 del mismo. La capacidad portante se ve reducida por el deterioro de los materiales, en especial el acero con una corrosión avanzado. La viga de estudio es una de las más afectadas con un (Mn) de 46.2 kNm y (Momento act) de 59.18 kNm. Se considera un recrecimiento de 7 cm, se decide comenzar con una cuantía de PRF de 0.0018 con una barra de 16mm. Para una profundidad de línea neutra de 13,82 cm se obtuvo un momento resistente de 294,8 kNm mayor que el momento actuante de 59,18 kNm. Para optimizar el diseño pudiera tomarse un diámetro menor de barra PRFV, disminuyendo así la diferencia entre la sollicitación actuante y la resistente.

Meza, Gurbir, Preciado, y Guitiérrez (2021), en su revista científica titulada: **“Desempeño a Flexión del Concreto Reforzado con Fibras Plásticas Recicladas”** Se utilizó para el estudio unas muestras de 150mm de ancho, 150mm de alto y largo de 500mm, cumpliendo con la norma ASTM C78, las muestras fueron curadas por 28 días. Se elaboraron 6 muestras de concretos

reforzadas con fibras recicladas, 6 reforzadas con fibras comerciales y 2 muestras que sirvieron de control.

Los resultados demuestran el contenido de fibras aumenta la capacidad de ductilidad, aunque el concreto con fibras comerciales posee una mayor ductilidad que las fibras PET. Las Vigas con fibras recicladas obtuvieron deflexiones de 5, 10, 17 mm y las fibras comerciales obtuvieron 22 mm, mientras que las vigas control tuvo un valor aproximado de 3 mm. La carga máxima de las vigas de fibras PET fue de 15 kn, las vigas con fibras comerciales obtuvieron un valor aproximado de 13 kn y mientras que las vigas de control solo obtuvieron 12 kn.

Se mostro que se reduce la carga máxima con mayor cantidad de fibras de PET. Las fibras añadieron ductilidad y capacidad de soportar carga post-agrietamiento.

Reyes, Otmara, Díaz, Ramos (2021), en su revista científica titulada: ***“Modelación, análisis y diseño de una losa de hormigón armado con forma atípica empleando como variantes: acero convencional y polímeros reforzados con fibras de vidrio”*** Este trabajo propone la realización de un estudio técnico y económico de dos variantes de refuerzo del hormigón, para el diseño de la cubierta del centro de convenciones del futuro Hotel Habana SunCuba: acero ordinario y polímeros reforzados con fibra de vidrio (PRFV). Para el mayor momento flector actuante no se cumple con la abertura de fisura máxima permisible de 0,5 mm, reportándose un valor, para un espaciamiento de 60 mm, igual a 0,815 mm. En el caso de la verificación del estado límite de deformación en el centro de la luz de la losa analizada, para la variante de PRFV, no se cumple con la flecha máxima permisible siendo la deformación de 5,37 cm, mientras que la permisible es de 1,75 cm. Por todo lo antes analizado con respecto a la variante de refuerzo de PRFV, quedó evidenciado que esta no resulta viable para el proyecto que se presenta.

Viga de concreto armado

Según El American Concrete Institute ACI 318-14 (2014), lo define de la siguiente manera “la viga es un elemento que se encuentra conformado de concreto que ha sido construido en diferentes etapas, que responden a las cargas como un solo elemento” (p. 137).

Mientras que el RNE Norma E.060 lo define “únicamente como un elemento que trabaja solo a cortante y flexión” (p. 29).

Acero de Refuerzo

Según Harmsen “el acero es una aleación de distintos elementos siendo el carbono el de mayor importancia, ya que determina sus propiedades mecánicas, aumentando su dureza, resistencia a la tracción y limite elástico” (2002, p. 36)

Según Córdova (2015) en su libro dice que “el acero de refuerzo tiene una sección circular. Para que se pueda limitar el movimiento en relación con el concreto, poseen corrugaciones en la superficie de la barra” (p. 60).

Según la empresa SiderPerú: “Las barras de construcción que son utilizadas para el refuerzo del concreto, por su bajo contenido de carbono son soldables. Poseen corrugas o resaltes tipo HighBond permitiendo una adherencia con el concreto.” (2019, p. 1)

Tabla 1. Especificaciones del acero.

Designación de la barra corrugada	Peso métrico nominal kg/m	Dimensiones nominales			Dimensiones resaltes (mm)		
		Diámetro mm	Área sección nominal	Perímetro nominal mm	Espaciamiento promedio máximo	Altura promedio mínimo	Separación (GAP) 12% del perímetro nominal máxima
6 mm	0.220	6.0	28	18.8	4.2	0.24	2.35
8 mm	0.395	8.0	50	25.1	5.6	0.32	3.14
3/8"	0.560	9.5	71	29.9	6.7	0.38	3.60
12 mm	0.888	12.0	113	37.7	8.4	0.48	4.71
1/2"	0.994	12.7	129	39.9	8.8	0.51	4.90
5/8"	1.552	15.9	199	49.9	11.1	0.71	6.1
3/4"	2.235	19.1	284	59.8	13.3	0.97	7.3
1"	3.973	25.4	510	79.8	17.8	1.27	9.7
1 3/8"	7.907	35.8	1006	112.5	25.1	1.80	13.7

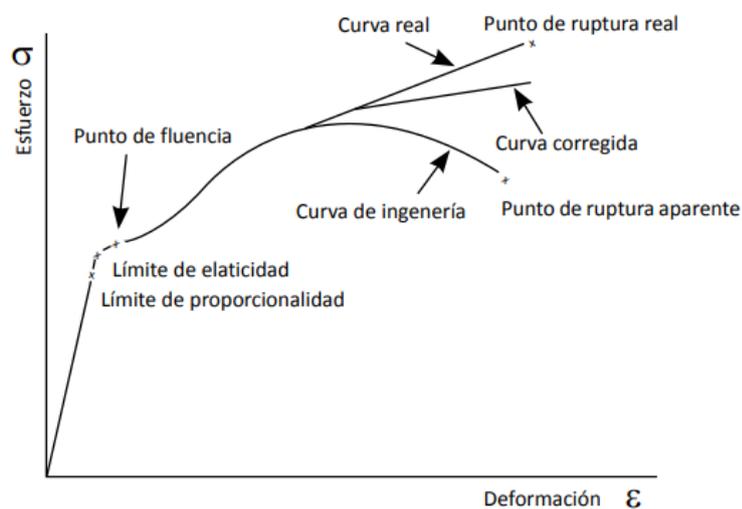
Fuente: SiderPerú

Generalmente se tiene diferentes grados, como 40, 50 y 60, que representan los límites de fluencia de 2800, 3500 y 4200 kg/cm² del acero.

Esfuerzo deformación del Acero

Muestran el límite de proporcionalidad (ver gráfico 1), que hasta ese punto el esfuerzo y deformación es lineal, para luego llegar a un límite de elasticidad donde más allá de este punto el acero no recupera su forma inicial, quedando con una deformación permanente, llegando al punto de fluencia apareciendo en el diagrama un estancamiento en la carga con un considerable alargamiento, dando paso al esfuerzo último. (Quispe, 2016, p. 20).

Gráfico 1. Sección de viga en el estado de falla.



Fuente: Análisis Matricial de estructuras, Alder Jhosué Quispe Panca

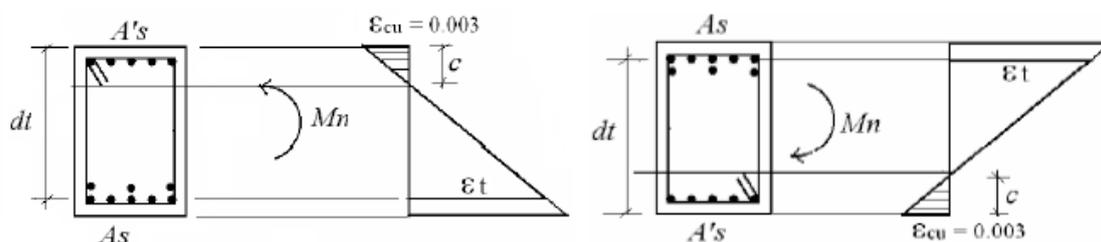
Módulo de elasticidad

Según Harmsen “variación del esfuerzo en función a la deformación en su rango elástico es llamado módulo de elasticidad. Corresponde al ángulo de la línea producida en el esfuerzo de deformación y representa la rigidez dicho material” (2002, p. 29).

Resistencia a Flexión

El concreto cuenta con una resistencia a la compresión elevada, pero no podrá obtener una fuerza mayor a su f'_c , pero al ser sometidas a esfuerzos de tracción este se agrieta muy rápido cuando alcanza el 10% de su resistencia f'_c , por la cual es omitido en el análisis y diseño, por esto se considera que el acero será el encargado de resistir toda la fuerza en tracción (ver figura 1). (Morales, 2006, p.10).

Figura 1. Deformación del acero para momentos positivos y negativos.



Fuente: RNE Norma E.060 Concreto Armado.

Se realiza el equilibrio en la sección (ver figura 2):

Figura 2. Equilibrio de fuerzas.

$$C_c = T$$
$$0.85 f'_c b a = A_s f_s$$

$$a = \frac{A_s f_s}{0.85 f'_c b}$$

Falla dúctil

Se le denomina falla dúctil cuando en la zona de tracción el acero alcanza primero la fluencia antes que se inicie el aplastamiento del concreto, observando una falla más controlada. Es $> E_y$ siendo este último la deformación unitaria para cuando inicia la falla.

Falla balanceada

Se le denomina falla balanceada cuando el aplastamiento del concreto y fluencia del acero ocurre de manera simultánea, es decir cuando $E_s = E_y$.

Falla frágil

También se le denomina falla por aplastamiento del concreto, debido a que esta falla antes de que el acero a tracción alcance su estado de fluencia, siendo esta una falla muy abrupta, es decir $E_s < E_y$.

Diseño a flexión

Para realizar el diseño a flexión necesitamos que el tipo de falla sea la dúctil ya que se presenta de una forma más controlada, de esta manera permitiendo que la viga desarrolle deformaciones grandes. Para el diseño el código ACI brinda los límites de cuantía:

Cuantía Máxima:

Figura 3. Límites para la cuantía.

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b$$

Para zonas sísmicas se utiliza el valor del 50% de la cuantía balanceada.

Cuantía Balanceada:

Figura 4. Expresión para la cuantía balanceada.

$$\rho_b = \beta_1 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

Cuantía Mínima:

Figura 5. Expresión para la cuantía mínima.

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = 0.8 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

Cuantía mecánica:

Figura 6. Expresión para la cuantía mecánica.

$$w = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

Acero a Tracción:

Figura 7. Cuantía del acero.

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Teniendo todas estas consideraciones, quedaría la siguiente expresión:

Figura 8. Cálculo del acero.

$$M_u = \phi b d^2 f'_c w (1 - 0.59 w)$$

Fuente: Diseño en Concreto Armado. Ing. Roberto Morales

Fibras de Vidrio

El polímero reforzado con fibra de vidrio, asimismo conocido como plástico reforzado con fibra de vidrio, es un material compuesto que teje fibra de vidrio E y material de poliéster. El material tejido se puede endurecer con polímeros termo endurecibles como epoxi, resina o termoplásticos.

Según Villamudria (2014) en su tesis de máster dice que “sus principales propiedades son el buen aislante térmico y su capacidad de soportar temperaturas altas, debido a estas propiedades y su bajo precio de sus materias primas, obtienen popularidad en el uso industrial” (p. 7).

Son producidas debido al proceso de *pultrosión*, estas fibras de refuerzo son arrastradas hacia la zona de impregnación, donde son bañadas con resinas epoxi viniléster y nano composites, se someten a un molde donde se calientan comenzando el proceso de curado de los materiales, la barra sale lista para ser medida y cortada al tamaño deseado. (Guimaraes, 2022, párr. 3).

Características Mecánicas de la Varilla de fibra de vidrio

A continuación, se detallará algunas características que posee la varilla de fibra de vidrio (ver tabla 2).

Tabla 2. Ficha técnica de la varilla de fibra de vidrio.

Product characterisation		sample 1	sample 2	sample 3	sample 4	sample 5	average	std dev	required	
									min	max
fibre mass content	%	85	86	85	85	86	85	0,2	70	n/a
ASTM D2584 (temp 650°C, minus sand coating)										
glass transition temperature	°C	106	103	110	109	107	107	2,7	100	n/a
ASTM E 1356 (20°C/min, half-height)	°F	222	217	230	229	224	225	4,8	212	n/a
degree of cure	%	100	100	100	100	99	100	0,2	95	n/a
CSA S807 annex A										
measured cross-sectional area	mm ²	153	153	153	153	151	152	0,7	119	169
ASTM D7205	in ²	0,237	0,236	0,237	0,237	0,234	0,236	0,0011	0,184	0,262
ultimate tensile force	kN	165	164	163	163	167	164	1,4	n/a	n/a
ASTM D7205	kip	37,0	37,0	36,6	36,6	37,4	36,9	0,31	n/a	n/a
ultimate tensile strength	MPa	1275	1275	1261	1263	1291	1273	10,7	1100	n/a
ASTM D7205	ksi	185	185	183	183	187	185	1,5	159,5	n/a
tensile modulus of elasticity	MPa	63342	63277	63510	63120	63509	63352	147,8	60000	n/a
ASTM D7205	ksi	9185	9175	9209	9152	9209	9186	21,4	8700	n/a
ultimate tensile strain	%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,02	1,2	n/a
ASTM D7205										
ultimate transverse shear force	kN	61	59	64	59	58	60	2,3	n/a	n/a
ASTM D7617	kip	13,8	13,3	14,4	13,3	12,9	13,5	0,51	n/a	n/a
ultimate transverse shear strength	MPa	238	229	248	229	223	233	8,8	180	n/a
ASTM D7617	ksi	35	33	36	33	32	34	1,3	26	n/a
moisture absorption (24h)	%	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,002	n/a	0,25
ASTM D570										

Fuente: V-ROD PULTRALL

Concreto

Según Harmsen (2002) es producido por la mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua. Constituyendo al mortero, que tiene la labor de unir las partículas de agregado grueso que llena los vacíos que existen entre ellos. Para el resultado de un buen concreto se tiene en cuenta el proceso de mezclado, transporte, colocación y curado, pero es suficiente contar con materiales de calidad (p. 11).

Cemento

Es un material que al actuar químicamente con el agua tiene la capacidad de endurecerse en un proceso denominado fraguado, siendo la fuente de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del concreto, pero este solo comprende una pequeña parte. (BECOSAN, 2020, párr. 2)

Agregado Fino

Se le llama así a la porción que pase el tamiz N° 4. Resulta de arenas naturales o del proceso de aplastamiento de gravas. El porcentaje de arena que ha sido

triturada no será parte más del 30% del agregado fino (ver tabla 3). (Concretos Supermix, 2021, párr. 4).

Tabla 3. Granulometría del agregado fino.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: Concretos Supermix

Agregado grueso

Se llama agregado grueso cuando una parte es retenida en el tamiz N° 4. Este deberá de surgir de la trituración de roca que deberá estar limpio, resistente y durable, que no tenga un excedente de partículas planas. Estará libre de polvo o cualquier elemento que pueda afectar la calidad del concreto. (Concretos Supermix, 2021, párr. 5). El agregado grueso deberá cumplir con los parámetros que se indican en la tabla 4:

Tabla 4. Granulometría del agregado grueso.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS														
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 5/8 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)	
1	50 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-	
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-	
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-	
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-	
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-	
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-	
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-	
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-	
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-	
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 in. a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-	
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Concretos Supermix

Agua

Harsem en su libro nos dice que “el agua que se utiliza deber estar limpia, libre de sustancias y materias orgánicas, teniendo como función hidratar al cemento e incluso el agua potabilizada es adecuada para el concreto” (2002, p. 13).

“Para la hidratación del cemento se requiere una cantidad de agua que existe para una cantidad de cemento; lo demás que queda de agua sirve para aumentar la fluidez, cuya función es lubricar los agregados obteniendo una manejabilidad adecuada” (El concreto, 2009, párr. 2).

Método de ensayo estándar para análisis por malla de agregado grueso y fino (ASTM C 136 – 01.)

Este método sirve para obtención de la graduación de materiales que se usará o van siendo utilizado como agregados. Los resultados tienen la finalidad de determinar la correcta distribución del tamaño de los granos con las solicitaciones especificadas. El ensayo en resumen significa, la separación del agregado seco con una masa ya conocida, a través de unos tamices de aberturas que van siendo menores, con el objetivo de definir el tamaño de las partículas. (Universidad Centroamericana, 1996, p. 2).

NTP 400.012 Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Esta norma tiene como objetivo determinar la distribución por tamaño de partículas de los agregados mediante el tamizado, determinan la gradación propuestos para su uso como agregados, cumpliendo los parámetros que se estipulan en la especificación técnica de la obra y brindar la información necesaria para el control de la producción de agregados.

Se selecciona una muestra seca del agregado, con una masa conocida, que es separada mediante una serie tamices que van de aberturas mayores a menores, así determinar la repartición del tamaño de las partículas.

Aparatos: Balanzas, tamices, Agitador mecánico de tamices, horno. (NTP 400.012, 2001, p.5).

Contenido de Humedad de los Agregados (ASTM C 566)

Este ensayo señala el porcentaje de humedad que se evapora en una muestra de agregado que está siendo secado. Algunos agregados contienen agua que está mezclada químicamente con el agregado. Esta agua no se evapora y no se incluye en este método de ensayo. (ASTM 566, 2019, p.1).

Peso unitario suelto y compactado (ASTM C 29)

Este ensayo determina la densidad, ósea el peso unitario de un agregado tanto en su modo compactado o suelto y calcula los espaciados entre los agregados finos y gruesos. Este método se aplica a los agregados que no estén por encima de las 5 pulgadas. (ASTM C 128-01, 2017, p. 1).

Equipo a utilizar: Balanza o báscula, brocha, regla, varilla compactadora, pala de laboratorio y molde o recipiente.

NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.

Esta norma determina el peso unitario del agregado en estado suelto y compactado, y determina los vacíos que hay en las partículas de agregados finos, gruesos o la combinación de estos. Este ensayo es comúnmente usado para conocer el valor de densidad para ser usadas en proporciones para diferentes mezclas de concreto, pero no es aplicable este ensayo para agregados que sean mayores a los 125 mm de tamaño máximo nominal.

Aparatos: Balanza, varilla de apisonado, recipiente, cucharón. (NTP 400.017, 2011, p.5).

Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C 128-01)

Determina la densidad de un conjunto de partículas en promedio de agregados finos, sin incluir el volumen de los huecos entre las partículas, el peso específico y la absorción que se produce en los agregados finos. (ASTM, 2011, p. 1).

NTP 400.022 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

Esta norma determina el promedio de la densidad, densidad relativa y la absorción que posee el agregado fino. Este ensayo no es aplicable para los agregados de peso ligero. La densidad relativa se usa para hallar el volumen que ocupa el agregado en diferentes mezclas que poseen agregados incluyendo el concreto. Los valores de absorción se usan para el cálculo del cambio en la masa por el agua que absorbe en la separación de los poros.

Los procedimientos de esta norma son oportunos para hallar la absorción de los agregados que tienen una cualidad distinta a la sumersión por 24 horas, igual que el agua hirviendo.

La muestra de agregado se sumerge en agua por 24h más 4 horas para llenar los poros, Luego es retirada, el agua que se encuentra en las partículas se seca y se halla la masa. Por consiguiente, la muestra es colocada en un recipiente graduado y así el volumen es determinado por el método volumétrico. Por último, la muestra se seca en horno y se halla la masa otra vez. Utilizando los valores que se obtuvieron de la masa y con las fórmulas de este ensayo, se calcula la densidad, densidad relativa y la absorción.

Aparatos: Balanza, Picnómetro, Frasco, estufa, el molde y barra compactadora. (NTP 400.022, 2013, p.4).

Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C 127-01)

Este ensayo se utiliza para que la densidad de la parte sólida sea determinada de una gran cantidad de partículas de agregados y proporcionando un valor aproximado que simule la muestra. Se hace una diferenciación entre la densidad del agregado, como lo determina el ensayo. (ASTM C 127-01, 2011, p. 1).

NTP 400.021 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

Este ensayo es usado para hallar la densidad una fracción sólida de una gran cantidad de partículas de agregado y brinda un valor estimando que simboliza la muestra. Este ensayo no está orientado a ser usado para los agregados que tienen un peso ligero.

La densidad relativa se usa para hallar el volumen que ocupa el agregado en distintas mezclas que poseen agregados. Los valores utilizados de la absorción sirven para hallar el cambio en la masa del agregado por el agua que es absorbida en los poros dentro de las partículas. El estándar de laboratorio para la absorción es el que resulta después de sumergir el agregado seco durante un tiempo definido.

La muestra de agregado se sumerge en agua por 24h más 4 horas para llenar los poros, Luego es retirada, el agua que se encuentra en las partículas se seca y se halla la masa. Por consiguiente, la muestra es colocada en un recipiente graduado y así el volumen es determinado por el método volumétrico. Por último, la muestra se seca en horno y se halla la masa otra vez. Utilizando los valores que se obtuvieron de la masa y con las fórmulas de este ensayo, se calcula la densidad, densidad relativa y la absorción.

Aparatos: Balanza, recipiente para muestra, tanque de agua, tamices y estufa. (NTP 400.021, 2013, p.4).

Diseño de Mezclas método ACI

El método del A.C.I. es una dosificación del diseño de mezclas de concreto; se trata de medir los materiales como el cemento, agua, grava y arena en peso y volumen. Se encuentra regida bajo el ACI 211.1 que está basada en la ASTM C33. Para diseñar la mezcla debe conocerse el tipo de uso que va a tener, ósea a qué tipo de obra se encuentra orientada. (Romero y Hernández, 2014, p. 35).

Resistencia a la compresión de cilindros de concreto (ASTM C 39)

Radica en aplicar de una carga axial a las probetas con una velocidad de carga específica (0.25 ± 0.05 MPa/s). Para calcular el f'_c se divide la máxima carga que se aplicó en el ensayo con el área del espécimen. (ASTM C39, 2014, párr. 4).

Los especímenes son cilindros de concreto de 15 x 30 cm o 10 x 20 cm. Para que se usen cilindro de diferentes dimensiones mientras cumplan con la siguiente relación $L/D = 2$. Si el diámetro es de 15 cm se usa 2 especímenes como mínimo y si tiene un diámetro de 10 se utilizan 3 especímenes. (ASTM C39, 2014, párr. 5).

NTP 350.405 Métodos de Ensayo Normalizados y definiciones para ensayos mecánicos

Esta norma establece los métodos de ensayo, también como los equipos y procedimientos, las definiciones y especificaciones de dimensión de las probetas requeridas para realizar los ensayos. Estos ensayos son usados para determinar las propiedades especificadas para los aceros, aceros inoxidable y aleaciones de acero, consiste en someter una muestra bajo una carga medida y suficiente para causar la ruptura, mediante una mordaza de agarre para transferir la carga desde los cabezales de la máquina a la probeta bajo evaluación.

Método para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica (ASTM D3039)

Este método halla las características de tracción de los materiales elaborados con una matriz polimérica reforzados con fibras. Las formas del material compuesto se limitan a compuestos reforzados con fibra discontinua en la que el laminado sea equilibrado y simétrico. (ASTM D3039/D3039M, 2017, párr. 1).

Resistencia a la Flexión de vigas de concreto (ASTM C78)

Este ensayo determina el esfuerzo de flexión del concreto mediante una carga en los tercios medios de una viga simple. Se lleva el espécimen mediante la aplicación de la carga de manera gradual hasta la falla, se registra la máxima carga y con las dimensiones tomadas al espécimen se calcula el módulo de ruptura. (ASTM C78, 2022, párr. 1).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, “focaliza en llevar a la práctica las hipótesis generales, enfocándose a solucionar las necesidades que plantea la sociedad y los hombres. La resolución de problemas simples se limita a lo inmediato, por eso no se aplica a otras situaciones” (Baena, 2017, p. 18).

La investigación bajo esta premisa es aplicada, debido a que aplicará métodos de ensayos para las vigas de concreto incorporando varillas de fibra de vidrio para dar réplica a la problemática que se ha planteado.

Diseño de Investigación

La investigación cuasiexperimental “consiste en manipular una o varias variables experimentales que no se encuentran controladas rigurosamente, que no se encuentran asignadas aleatoriamente” (Cabezas, Andrade y Torres, 2018, p. 43).

En esta tesis se realizó ensayos en laboratorios a la viga de concreto armado con acero corrugado (viga patrón) y a una incorporando varilla de fibra de vidrio.

Enfoque

El enfoque Cuantitativo “se basa en el uso de la recolección de datos que comprueban hipótesis basado en el análisis estadístico y la medición numérica, con el objetivo de demostrar teorías e implantar guías de comportamiento” (Hernández, 2014, p. 4).

Se utilizó el enfoque cuantitativo ya que emplea métodos experimentales y técnicas de recolección de datos.

3.2. Variables y Operacionalización

“Las variables se usan para nombrar cualquier característica de la unidad de observación. Estas características tienen la capacidad de mostrar valores diferentes de unidad de observación que pueden con el tiempo cambiar” (Lerma, 2009, p. 73).

Variable Independiente: Varilla de acero corrugado y Varilla de Fibra de Vidrio.

Variable Dependiente: Propiedades Mecánicas en Vigas de Concreto Armado.

Operacionalización de Variables

“Es un desarrollo mediante la variable sufre una transformación de un nivel abstracto a un nivel empírico” (Lerma, 2009, p. 74).

Definición Conceptual:

Variable Independiente:

Varilla de fibra de vidrio: “El PRFV posee características beneficiosas. Posee una alta resistencia mecánica en comparación con su bajo peso, presenta una alta resistencia contra los químicos y la corrosión” (Amiblu, 2022, párr. 4).

Varilla de acero corrugado: “El acero es una aleación de distintos elementos siendo el carbono el de mayor importancia, ya que determina sus propiedades mecánicas, aumentando su dureza, resistencia a la tracción y límite elástico” (Harsem, 2002, p. 36)

Variable Dependiente:

Las Propiedades mecánicas son las capacidades que adquiere un material asociadas con su cualidad de transferir y resistir cargas o deformaciones. (Infinitia, 2022, párr. 2)

Definición Operacional:

Variable Independiente: La variable de acero corrugado y varilla de fibra se evaluará en función de sus dimensiones mediante un ensayo para determinar sus características, tracción, elongación, fluencia, doblado 180°.

Variable Dependiente: La variable propiedades mecánicas en vigas de concreto armado se evaluará en relación de sus dimensiones, resistencia a la flexión, gráfico esfuerzo/deformación y estudio comparativo.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población es el grupo que abarca a todos los elementos que poseen una característica determinada o que se refieren a una misma definición y cual elemento se le estudiara sus cualidades y relaciones. (Lerma, 2009, p. 74) Para la presente tesis, se definió como población, a las vigas de concreto armado con acero corrugado y a las vigas de concreto armado con varilla de fibra de vidrio.

Muestra: “Es una fracción del universo en donde se llegará a realizar la investigación con el objetivo de asociar los descubrimientos al todo” (Pineda, Alvarado y Canales, 1994, p. 108).

Para la presente tesis, se consideró tomar como muestra los ensayos para los dos tipos de vigas, la viga de concreto armado reforzado con acero corrugado y la viga de concreto armado reforzado con varilla de fibra de vidrio.

Ensayos para los **agregados del concreto:**

Tabla 5. Diseño de Mezcla.

Diseño de Mezclas $f'c=210\text{kg/cm}^2$: Ensayos para los agregados del concreto ASTM C 33:	
Granulometría de los agregados.	
Contenido de Humedad de los agregados.	
Peso unitario suelto y compactado de los agregados.	
Peso específico y absorción de los agregados.	

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de Mezclas $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ ACI 211.1: Resistencia a la Compresión (7, 14, 28 días) NTP 339.034

Tabla 6. Ensayo a la Compresión

Resistencia a la Compresión NTP 339.034.		
7 días	14 días	28 días
03 probetas	03 probetas	03 probetas

Fuente: Elaboración propia.

Ensayos a la tracción del acero para determinar: resistencia a tracción, elongación del acero, límite de fluencia y entre otros resultados que nos brinde la ficha de recolección de los resultados de laboratorio.

Tabla 7. Ensayos a Tracción.

Ensayos a la tracción del acero	
NTP 350.405:2019 (acero corrugado)	NTP 350.405:2019 (varilla de fibra de vidrio)
02 probetas 1/2"	02 probetas 1/2"
02 probetas 3/4"	02 probetas 3/4"

Fuente: Elaboración propia.

Viga de concreto con medidas según el NTP 339.079, 20 cm x 20 cm x 80 cm.

Ensayo a flexión de viga de concreto (7 y 28 días).

Tabla 8. Ensayos a Flexión

Ensayo a flexión de viga de concreto NTP 339.079			
7 días	28 días	7 días	28 días
02 Viguetas de Concreto + acero corrugado 3/4"	02 Viguetas de Concreto + acero corrugado 3/4"	1 Viguetas de Concreto + acero corrugado 1/2"	1 Viguetas de Concreto + acero corrugado 1/2"
02 Viguetas de Concreto + varillo de fibra de vidrio de 3/4"	02 Viguetas de Concreto + varillo de fibra de vidrio 3/4"	1 Viguetas de Concreto + varillo de fibra de vidrio 1/2"	1 Viguetas de Concreto + varillo de fibra de vidrio 1/2"

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo: "Hace referencia al proceso que es utilizado para elegir y extraer una porción del universo de estudio con el objetivo de la representación del total". (Pineda, Alvarado y Canales, 1994, p. 113).

Para la presente tesis, se utilizó el método no probabilístico por conveniencia, porque ya se había acordado el total de muestras que servirán como uso en los ensayos para el presente estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en la tesis fue **la observación directa**, según Arias (2006) "pues es una técnica que trata de la visualización de cualquier suceso que surja en la naturaleza en función de objetivos ya definidos de un estudio" (p. 69), se usará de esta técnica para observar y estudiar los resultados obtenidos de los dos tipos de vigas de estudio para la elaboración del proyecto de investigación.

Los instrumentos para la recolección de datos para esta investigación fueron:

- La ficha para la recolección de los ensayos de los agregados.
- La ficha de recolección de resultados del diseño de mezclas y ensayos de resistencia a la compresión del concreto.
- La ficha de recolección de resultados del ensayo a tracción y doblaje del acero y varilla de fibra de vidrio.
- La ficha de recolección de resultados del ensayo a flexión de viga de concreto.

Validez

Según Sabino (2014) “La validez es la capacidad que posee esa escala medir sus cualidades para la cual ha sido diseñada”. (p. 145)

La tesis será validada por el juicio de nuestros expertos, 2 especialistas tuvieron la labor de analizar los instrumentos que se utilizaron para la recolección de información, los cuales para la investigación fueron las más adecuadas. La validez de este proyecto de investigación posee un rango de calificación (ver tabla 5) que permite medir la precisión de los instrumentos de recolección de información:

Tabla 9. Tabla de validación de expertos.

RANGO	MAGNITUD
18-20	Excelente
16-18	Bueno
14-16	Normal
12-14	Malo
10-12	Pésimo

Fuente: Elaboración propia.

La confiabilidad según Sabino (2014) “permite la evaluación de la capacidad que posee para discriminar de manera progresiva de un valor y otro”. (p. 145), para la tesis se realizó mediante los documentos de calibración de los equipos que se usaron para realizar los ensayos.

3.5. Procedimientos

La presente tesis tendrá un desarrollo cuasiexperimental, ensayando las dos muestras de estudio, debido a las características de las dos muestras

obtendremos resultados experimentales propios de ellos, que luego serán analizados e interpretados mediante una comparación de los resultados, a continuación, se detalla los procesos utilizados que se llevarán a cabo para la presente tesis:

Primer paso, se obtendrá el presupuesto de todos los ensayos que se realizará en los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería (ver figura 9):

Figura 9. Universidad Nacional de Ingeniería.



Fuente: Google maps.

Segundo paso, se consiguió el proveedor del acero corrugado de las tiendas de SiderPeru ubicada por los alrededores de la Universidad Nacional de Ingeniería, de esta manera para facilitar la movilización del material. (ver figura 10).

Figura 10. SiderPeru ubicada cerca de la Universidad Nacional de Ingeniería.



Fuente: Google maps.

Para la varilla de fibra de vidrio se tuvo que hacer la compra del extranjero en la empresa canadiense VROD ubicada en Thetford Mines, el producto fue donado de esta empresa para fines educativos. (ver figura 11):

Figura 11. Varilla de fibra de vidrio.



Fuente: VROD

Tercer paso, se obtuvo los agregados de una ferretería que suele ser usada por la Universidad Nacional de Ingeniería para mayor facilidad de adquisición de los productos (ver figura 12) ubicada en el distrito de San Martín de Porres.

Una vez obtenido los agregados se realizó los ensayos de las propiedades físicas en el laboratorio de la UNI.

Figura 12. Ferretería Difamas.



Fuente: Elaboración propia

Cuarto paso, se realizó el diseño de mezclas que consiste en la selección de las proporciones requeridas de una forma precisa para obtener la suficiente trabajabilidad y resistencia.

Quinto paso, se realizó los ensayos a compresión del concreto a través de la elaboración de probetas de concreto con medidas de $D = 15 \text{ cm}$ y $H = 30 \text{ cm}$, para garantizar una resistencia de 210 kg/cm^2 . También se realizó los ensayos de tracción y dobléz al acero corrugado y varilla de fibra de vidrio, para determinar sus especificaciones. También a flexión, teniendo todos los resultados de los ensayos de agregado y materiales, se estimó la dosificación requerida para las muestras de vigas de $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ y cantidad de refuerzo (acero corrugado y varilla de fibra).

Sexto paso, se realizó los ensayos a flexión en vigas de concreto usando de refuerzo los dos materiales de estudio, concluyendo con un estudio comparativo para determinar las diferencias encontradas en los ensayos de ambos materiales.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para la compilación de información se efectuará mediante la observación directa, en la cual se examinará los resultados obtenidos en los laboratorios, el ensayo de los agregados que se utilizarán para elaborar el concreto, los ensayos de rotura de probetas de concreto que nos garantizará nuestra resistencia de 210 kg/cm^2 , los ensayos del acero y de la varilla de fibra de vidrio para determinar sus propiedades y por último los ensayos a flexión de las vigas de concreto armados usando los dos refuerzos, que después serán analizados y medidos con los respectivos indicadores para realizar una comparación de las propiedades mecánicas de las dos muestras de vigas ensayadas, así de esta manera determinar si la varilla de fibra de vidrio logra reemplazar al acero como elemento estructural actual.

3.7. Aspectos éticos

Para la ejecución de la presenta tesis, se respetó la información obtenida de libros, tesis, revistas científicas, páginas web, etc., mediante el uso de las citas bibliográficas y las referencias, así también se sujetó bajo las normas y guías de investigación brindada por la Universidad César Vallejo, para que de esta manera se evite el plagio de anteriores investigaciones, utilizando una herramienta proporcionada por la Universidad llamada Turnitin para asegurar la autenticidad de la investigación.

IV. RESULTADOS

Nombre de la Tesis:

“Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022”.

4.1. Descripción de la Zona de Investigación

La zona de estudio de la presenta tesis se encuentra situada en la Ciudad de Lima, lugar donde reside actualmente el tesista, el laboratorio donde se realizaron todos los ensayos para llevar a cabo los objetivos de la tesis, fueron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de La Universidad Nacional de Ingeniería.

Figura 13. Universidad Nacional de Ingeniería.



Fuente: Elaboración propia

Descripción

La Universidad Nacional de Ingeniería se encuentra ubicada al frente de la Av. Túpac Amaru en el distrito del Rímac, cerca de las Av. Caquetá, Eduardo de Habich y Fray Bartolomé, ocupa un área de terreno de 665,900.36 m² siendo fundada el 18 de marzo de 1876 por el Matemático Polaco ya antes mencionado Eduardo de Habich.

A la izquierda, se encuentra el Ministerio de transportes y Comunicaciones. **A la derecha** el A.H. Milagrito. **Al fondo** el A.H. El Milagro, Villa El Ángel, Villa El Carmen. **Por el Frente** la Av. Tupac Amaru, y las urbanizaciones Lola Ferreyros, Palao, Los Jardines, Ingeniería, e Ingeniería Piñonate, del distrito de San Martín de Porres.

Ensayo a Tracción del Acero NTP 350.405: 2019

Para el desarrollo de los ensayos a flexión de la viga patrón y la viga reforzada con varilla de fibra de vidrio se tuvieron que realizar ensayos para determinar las características de los materiales. Este ensayo consiste en analizar el comportamiento de los materiales aplicando una fuerza axial en los extremos del material generando una deformación producto de la tracción aplicada.

Figura 14. Máquina de Ensayo Uniaxial.



Fuente: Elaboración propia

Se utilizaron 4 probetas de acero obtenidas de la Empresa SIDERPERÚ con una longitud de $L = 50$ cm con secciones de $1/2''$ y $3/4''$, para conocer sus propiedades mecánicas tales como la resistencia a la tracción, límite de fluencia, deformación y elongación. Se usó la Máquina de Ensayo Uniaxial ZWICK ROELL bajo los Métodos Normalizados para Ensayos Mecánicos NTP 350.405:2019.

Probeta N° 1:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 2.84 cm^2 ($3/4''$) fue obtenida de una varilla de 9 metros de la empresa SIDERPERU adquirida precisamente para la elaboración del ensayo.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 10. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°1.

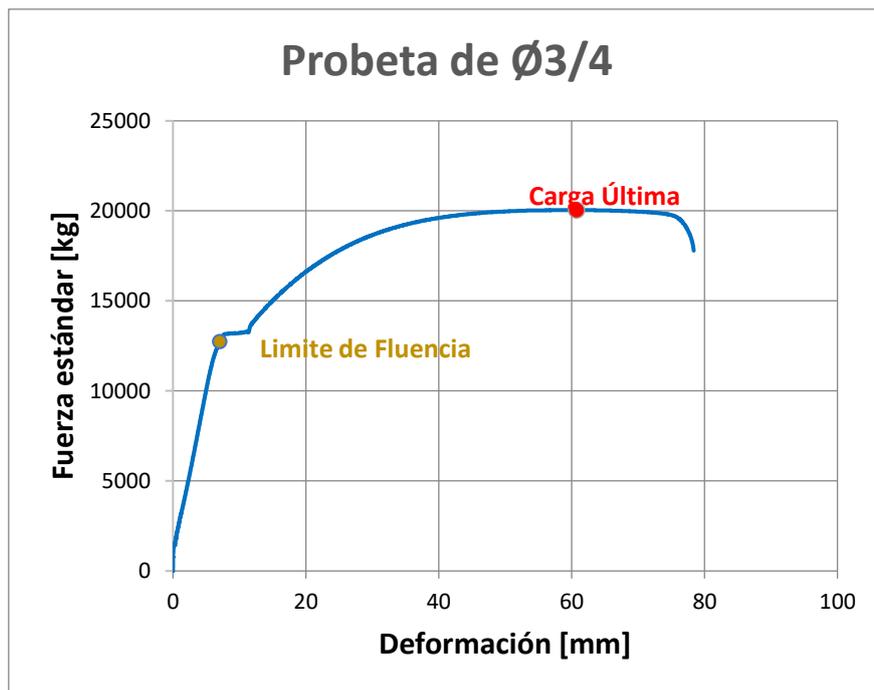
Sección Transversal Nominal	Área (mm^2)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm^2)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm^2)	Deformación (mm)	Elongación (%)
3/4"	284	12732	44.8	20042	70.6	40	20.0

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la primera probeta de acero corrugado de SIDERPERÚ con diámetro de 2.84 cm², son los esperados, no hubo demasiada variación con respecto a la ficha técnica de los materiales de la empresa.

También se obtuvo el gráfico Fuerza – Deformación de la Probeta N°1 de acero donde se puede apreciar lo siguiente:

Gráfico 2. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°1.



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los límites de fluencia se encuentran cerca al esfuerzo idealizado que tenemos del acero que corresponde a 4200 kg/cm² con lo obtenido de nuestra probeta de 4480 kg/cm². La resistencia a la tracción o también llamado resistencia a la rotura de 7060 kg/cm² está un poco por encima que con respecto a lo brindado por la ficha técnica de SIDERPERU DE 6320 kg/cm².

Probeta N° 2:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 2.84 cm² (3/4") fue obtenida de la misma varilla de 9 metros de la empresa SIDERPERU usada anteriormente en la otra probeta adquirida precisamente para la elaboración del ensayo.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 11. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°2.

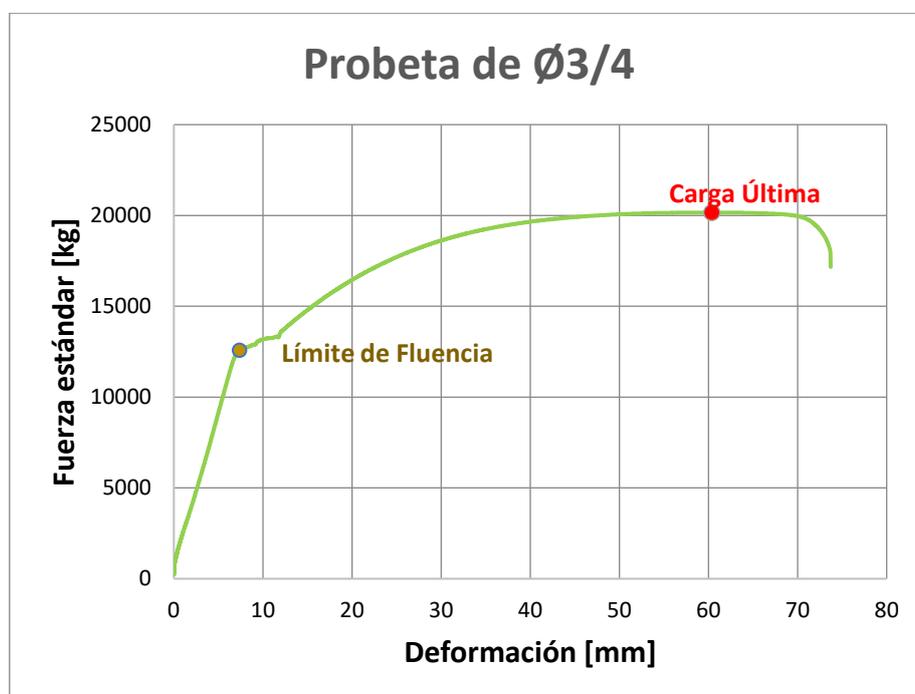
Sección Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Deformación (mm)	Elongación (%)
3/4"	284	12569	44.3	20161	71.0	36	18.0

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la segunda probeta de acero corrugado de SIDERPERÚ con diámetro de 2.84 cm², son similares con respecto a la probeta anterior, no hubo demasiada variación con respecto a la ficha técnica de los materiales de la empresa. Algo que se puede notar que su límite de fluencia es un poco menor y su resistencia a la tracción es ligeramente mayor, pero con mínimas diferencias.

También se obtuvo el gráfico Fuerza – Deformación de la Probeta N°2 de acero donde se puede apreciar lo siguiente:

Gráfico 3. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°2.



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los límites de fluencia, igual con la probeta anterior se encuentran cerca al esfuerzo idealizado que tenemos del acero que corresponde

a 4200 kg/cm² con lo obtenido de nuestra probeta de 4430 kg/cm². La resistencia a la tracción o también llamado resistencia a la rotura de 7100 kg/cm² está un poco por encima con respecto a lo que nos brinda la ficha técnica de SIDERPERU DE 6320 kg/cm². En función de la probeta anterior se podría decir que tenemos unos resultados un poco menores en la deformación y elongación ya que estos van de la mano.

Probeta N° 3:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 1.29 cm² (1/2") fue obtenida de una varilla de 9 metros de la empresa SIDERPERU adquirida precisamente para la elaboración del ensayo, fue ensayada de la misma manera que las probetas de 2.84 cm².

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 12. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°3.

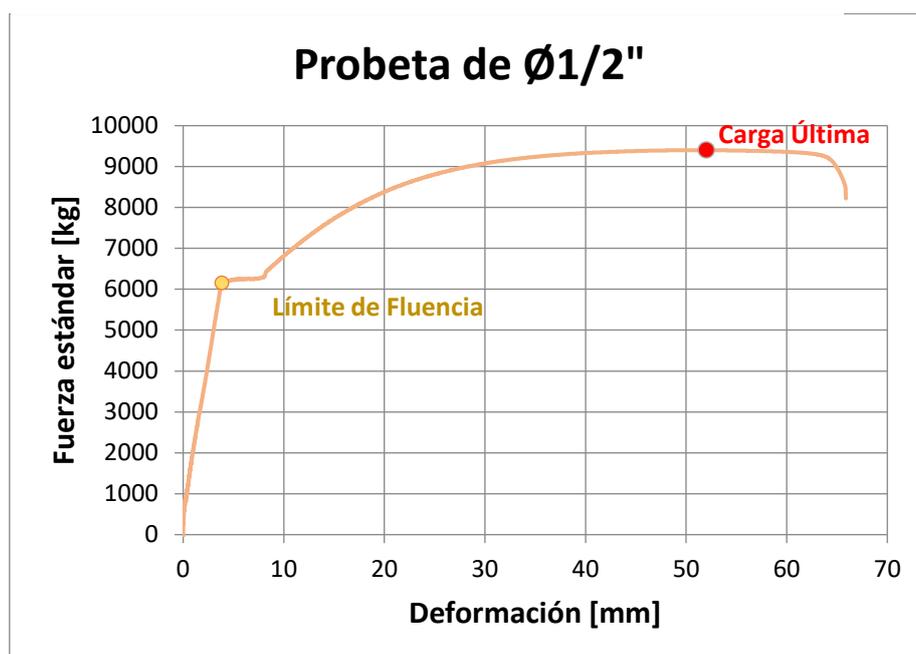
Sección Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Deformación (mm)	Elongación (%)
1/2"	129	6166	47.8	9401	72.9	35	17.5

Fuente: Elaboración propia

En esta ocasión se puede observar que la probeta con sección de 1.29 cm² obtuvo una mayor Límite de fluencia y resistencia a la Tracción con respecto a las probetas de mayor sección, 2.84 cm², pero solamente obteniendo estos resultados con la mitad de la carga efectuada en las probetas anteriores. Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la tercera probeta de acero corrugado de SIDERPERÚ, son similares con lo detallado en la ficha técnica de la empresa.

También se obtuvo el gráfico Fuerza – Deformación de la Probeta N°3 de acero donde se puede apreciar lo siguiente:

Gráfico 4. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°3.



Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los límites de fluencia, igual que con las probetas anteriores se encuentran cerca al esfuerzo idealizado que tenemos del acero que corresponde a 4200 kg/cm² con lo obtenido de nuestra probeta de 4780 kg/cm² que resulta ser un poco mayor. La resistencia a la tracción o también llamado resistencia a la rotura de 7290 kg/cm² está un poco por encima en función a lo que nos brinda la ficha técnica de SIDERPERU DE 6320 kg/cm². Pero siguen siendo los resultados esperados.

Probeta N° 4:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 1.29 cm² (1/2") fue obtenida de la varilla anterior de 9 metros de la empresa SIDERPERU adquirida precisamente para la elaboración del ensayo, fue tratada de la misma manera que todas las probetas de los ensayos de tracción.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 13. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°4.

Seccion Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Deformación (mm)	Elongación (%)
1/2"	129	6262	48.5	9401	72.9	35	17.5

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de esta probeta, si la comparamos con la anterior que posee la misma sección, las diferencias son pequeñas. Una vez más obtienen mejores resultados que las probetas con secciones más grandes, pero con una menor carga aplicada. De la misma manera se puede apreciar que los resultados obtenidos de la cuarta probeta de acero corrugado de SIDERPERÚ, son similares con lo detallado en la ficha técnica de la empresa con leves mejoras. También se obtuvo el gráfico Fuerza – Deformación de la Probeta N°3 de acero donde se puede apreciar lo siguiente:

Gráfico 5. Esfuerzo – Deformación de la Probeta N°4.



Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos en este gráfico son similares a los obtenidos en la probeta anterior de sección de 1.29 cm². El límite de fluencia que brindó el ensayo de tracción es de 4885 kg/cm², siendo ligeramente mayor al esfuerzo idealizado que tenemos del acero que corresponde a 4200 kg/cm². La resistencia a la tracción o también llamado resistencia a la rotura de 7290 kg/cm² es similar a la probeta anterior de 1.29 cm², está un poco por encima en función a lo que nos brinda la ficha técnica de SIDERPERU DE 6320 kg/cm². De igual manera la deformación y elongación son las mismas con respecto a la probeta anterior, siendo estos los resultados esperados.

Ensayo a Tracción de la Varilla de Fibra de Vidrio (GFRP) NTP 350.405: 2019

Posteriormente a haber realizado los ensayos de tracción del acero corrugado, también se procedieron a ejecutar los mismos ensayos con la varilla de fibra de vidrio, el material de investigación fue donado por la empresa canadiense llamada VROD ubicada en Thetford Mines, esta empresa tiene establecimientos en Colombia y México, pero por recomendaciones de Ingenieros cercanos al tesista se decidió importar directamente desde la sede central. Este ensayo consiste en analizar el comportamiento de los materiales aplicando una fuerza axial en los extremos del material generando una deformación producto de la tracción aplicada.

Figura 15. Varilla de fibra de vidrio de 3/4"- VROD.



Fuente: Elaboración propia

Se utilizaron 4 probetas con una longitud de $L = 50$ cm con secciones de 1/2" y 3/4", para conocer sus propiedades mecánicas tales como la resistencia a la tracción, límite de fluencia, deformación y elongación. Se usó la Máquina de Ensayo Uniaxial TOKYOKOKI SEIZOSHO bajo los Métodos Normalizados para Ensayos Mecánicos NTP 350.405:2019. Debido a la rareza del material se tuvieron que utilizar otros métodos para poder ejecutar el ensayo en la fibra de vidrio, ya que es un material, por así decirlo, frágil para la mordaza de agarre de la máquina, por antecedentes de otros Ingenieros al realizar ensayos en este material y la normativa ASTM D 3039, sugieren introducir en los extremos de la varilla de fibra de vidrio un tubo galvanizado con mortero expansivo, para que en

el instante que la máquina de Ensayo Uniaxial agarre el material no lo triture con las mordazas.

Figura 16. Probeta de fibra de vidrio con tubo galvanizado.



Fuente: Elaboración propia

Probeta N° 1:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 2.84 cm² (3/4") este material al ser un polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP), la manipulación y corte en campo de este se hace muy complejo, por esta razón la empresa VROD hace envíos con longitudes en función de lo que requiera el cliente, también la empresa realiza el doblado de este material para los estribos, pero debido a lo costoso que es el flete de este material no se consideró para el estudio.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 14. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°1 (GFRP).

Sección Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Elongación Final (%)	Observaciones
3/4"	284	-----	-----	34800	122.5	-----	Rotura de fibra

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la primera probeta de fibra de vidrio de la empresa VROD con diámetro de 2.84 cm² muestran que el esfuerzo y deformación son completamente lineales dejando en evidencia que este elemento no genera un esfuerzo límite de fluencia debido a la carga aplicada, la carga que se requirió para llegar al módulo de ruptura fue de 34800 kg que corresponde a un 74% más que la carga que se aplicó a la primera probeta de acero corrugado. La probeta se rompe en sus filamentos de fibra paralelo a su longitud más larga. Los resultados fueron los similares a la ficha técnica brindada por la empresa VROD.

Probeta N° 2:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 2.84 cm² (3/4") que también fue obtenido de la empresa VROD, esta probeta fue ensayada de la misma manera que la anterior y las siguientes.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 15. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°2 (GFRP).

Seccion Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Elongación (%)	Observaciones
3/4"	284	-----	-----	35150	123.8	-----	Rotura de fibra

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados obtenidos son similares a la primera probeta de fibra de vidrio de la empresa VROD con diámetro de 2.84 cm² de igual manera el esfuerzo y deformación son completamente lineales, no dando a lugar a un esfuerzo límite de fluencia debido a la carga aplicada y rompiéndose sus filamentos, la carga que se requirió para llegar al módulo de ruptura fue de 35150 kg que corresponde a un 74% más que la carga que se aplicó a la segunda probeta de acero corrugado. Los resultados fueron los similares a la ficha técnica brindada por la empresa VROD.

Probeta N° 3:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 1.29 cm² (1/2") que también fue obtenido de la empresa VROD adquirida precisamente para la elaboración del ensayo, fue tratada de la misma manera que todas las probetas de los ensayos de tracción.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 16. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°3 (GFRP).

Seccion Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Elongación (%)	Observaciones
1/2"	129	-----	-----	16250	126.0	-----	Rotura de fibra

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los resultados obtenidos de la tercera probeta de fibra de vidrio de la empresa VROD con diámetro de 1.28 cm² de igual manera que las probetas de mayor diámetro muestran que el esfuerzo y deformación son completamente lineales impidiendo el esfuerzo límite de fluencia, también no se genera ninguna elongación del material debió a que se rompe en sus filamentos, la carga que se requirió para llegar al módulo de ruptura fue de 16250 kg que corresponde a un 73% más que la carga que se aplicó a la tercera probeta de acero corrugado. Los resultados fueron los similares a la ficha técnica brindada por la empresa VROD.

Probeta N° 4:

Esta probeta consta de una longitud de 50 cm con un diámetro de 1.29 cm² (1/2") que también fue obtenido de la empresa VROD adquirida precisamente para la elaboración del ensayo, fue tratada de la misma manera que todas las probetas de los ensayos de tracción.

Los resultados que se obtuvieron en el ensayo de tracción fueron los siguientes:

Tabla 17. Resultados del Ensayo a Tracción - Probeta N°4 (GFRP).

Seccion Transversal Nominal	Área (mm ²)	Carga Límite de Fluencia (kg)	Tensión Límite de Fluencia (kg/mm ²)	Carga Aplicada (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	Elongación (%)	Observaciones
1/2"	129	-----	-----	15950	123.6	-----	Rotura de fibra

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados fueron similares a la probeta del mismo diámetro de fibra de vidrio también el esfuerzo y deformación son completamente lineales impidiendo el esfuerzo límite de fluencia y la elongación del material, también se observa que se rompe de manera brusca, la carga que se requirió para llegar al módulo de ruptura fue de 15950 kg que corresponde a un 70% más que la carga que se aplicó a la cuarta probeta de acero corrugado. Los resultados fueron los similares a la ficha técnica brindada por la empresa VROD.

Figura 17. Varilla de fibra de vidrio ensayada.



Fuente: Elaboración propia

Diseño de Mezclas

Posteriormente de obtener las características del refuerzo para las vigas de concreto se realizó el diseño de mezclas, que consiste en medir los materiales para una dosificación de concreto requerida, para el desarrollo de tesis se decidió usar una resistencia del concreto de 210 kg/cm². Para la elaboración de este ensayo de laboratorio se utilizaron los materiales brindados de la ferretería DIFAMAS:

- ✓ 2 bolsas de Cemento APU.
- ✓ 150 kg de Piedra Chancada (6 bolsas).
- ✓ 150 kg de Arena Gruesa (6 bolsas).
- ✓ El agua fue brindada por el Laboratorio de Ensayo de Materiales.

Características del Agregado Fino:

Se utilizó una muestra de arena gruesa procedente de la cantera DIFAMAS.

Análisis Granulométrico:

Para el análisis granulométrico se realizó conforme a los parámetros de la Norma Técnica Peruana 400.012 que consiste en usar una muestra de agregado y pasarla por una serie de tamices con tamaño progresivo para determinar el tamaño de partículas.

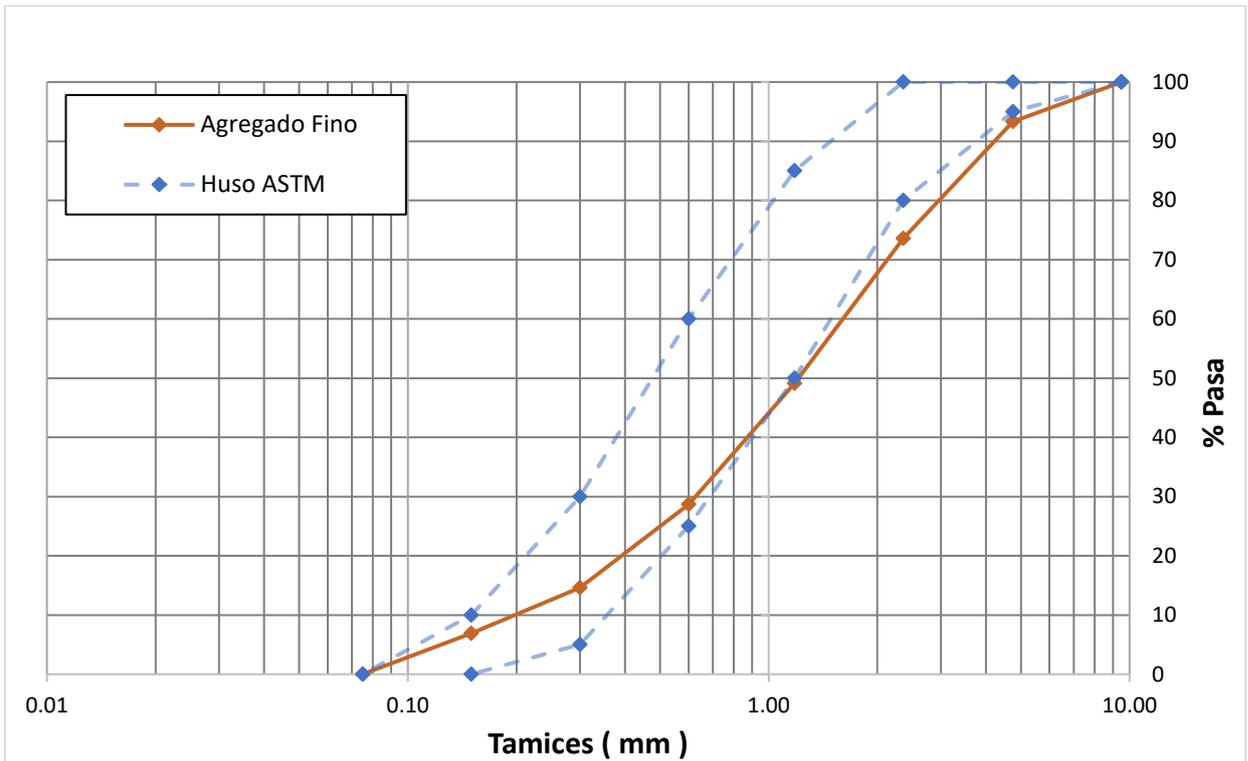
Tabla 18. Granulometría del Agregado Fino.

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR.
3/8"	9.50	0.0	0.0	100	100
N°4	4.75	6.7	6.7	93.3	95 - 100
N°8	2.36	19.7	26.4	73.6	80 - 100
N°16	1.18	24.5	50.9	49.1	50 - 85
N°30	0.60	20.4	71.3	28.7	25 - 60
N°50	0.30	14.1	85.4	14.6	5 - 30
N°100	0.15	7.8	93.2	6.9	0 - 10
FONDO		6.9	100.0	0.0	

Fuente: Elaboración propia

Estos son los resultados que se obtuvo del análisis granulométrico de la arena gruesa, se puede observar que todo el agregado pasa por la malla N°4 indicando obviamente que no hay presencia de gravas.

Gráfico 6. Curva Granulométrica del Agregado Fino.



Fuente: Elaboración propia

Propiedades Físicas del Agregado Fino

Resumen de las propiedades físicas de la arena gruesa usando la Norma Técnica Peruana 400.017, 400.021, 400.022 del diseño de mezcla del concreto para una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 19. Propiedades Físicas del agregado fino.

Módulo de fineza	3.34
Peso Unitario Suelto (kg/m^3)	1724
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1869
Peso Específico (g/cm^3)	2.65
Contenido de Humedad (%)	2.17
Porcentaje de Absorción (%)	1.07

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se obtienen sirven para verificar si cumple con los requisitos para ser utilizado como agregado para la mezcla de concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Características del Agregado Grueso:

Se utilizó una porción de piedra chancada con un tamaño de 1/2" procedente de la cantera DIFAMAS.

Análisis Granulométrico:

Para el análisis granulométrico se realizó conforme a los parámetros de la Norma Técnica Peruana 400.012 que consiste en usar una muestra de agregado y pasarla por una serie de tamices con tamaño progresivo para determinar el tamaño de partículas.

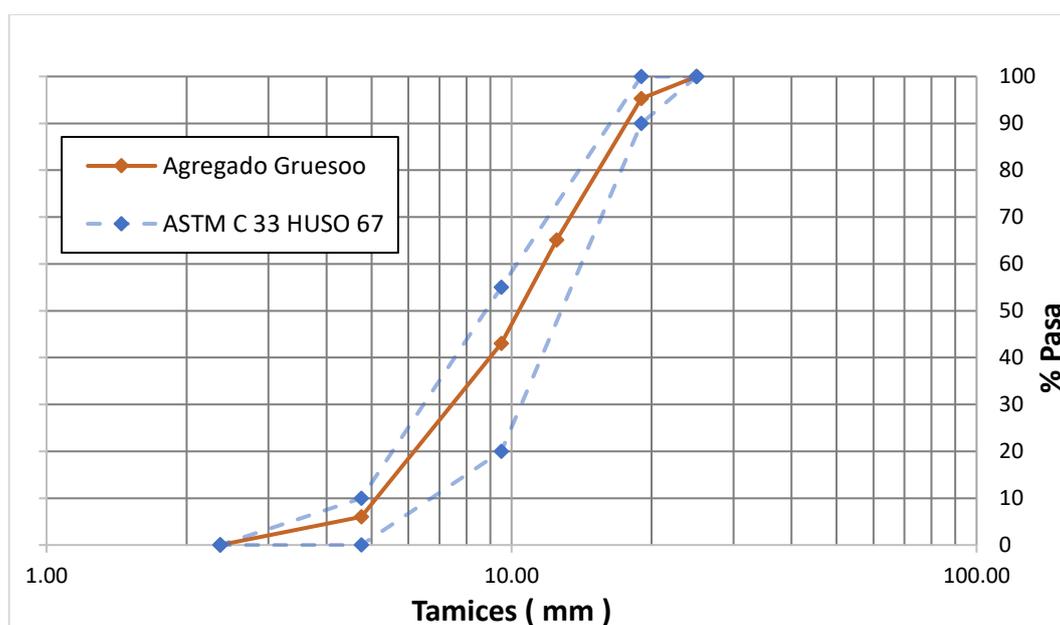
Tabla 20. Granulometría del Agregado Grueso.

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO 67
1"	25.00	0.0	0.0	100	100
3/4"	19.00	4.7	4.7	95.3	90 - 100
1/2"	12.50	30.2	34.9	65.1	-
3/8"	9.50	22.0	57.0	43.0	20 - 55
N°4	4.75	37.0	94.0	6.0	0 - 10
FONDO		6.0	100.0	0.0	

Fuente: Elaboración propia

Estos son los resultados que se obtuvieron del análisis granulométrico de la piedra chancada, se puede observar que la mayor del agregado se queda retenido en la malla N°4 indicando que son características correspondientes a una grava.

Gráfico 7. Curva Granulométrica del Agregado Grueso.



Fuente: Elaboración propia

Propiedades Físicas del Agregado Grueso

Se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.017, 400.021, 400.022 que se utilizara para el diseño de mezcla del concreto con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 21. Propiedades Físicas del agregado Grueso.

Módulo de fineza	6.26
Peso Unitario Suelto (kg/m^3)	1379
Peso Unitario Compactado (kg/m^3)	1562
Peso Específico (g/cm^3)	2.63
Contenido de Humedad (%)	0.42
Porcentaje de Absorción (%)	1.44

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se obtienen sirven para verificar si cumple con los requisitos para ser utilizado como agregado para la mezcla de concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Características del Agregado Global:

Se utilizó una combinación de arena gruesa y piedra chancada que se obtuvieron ambos de la cantera DIFAMAS.

Análisis Granulométrico:

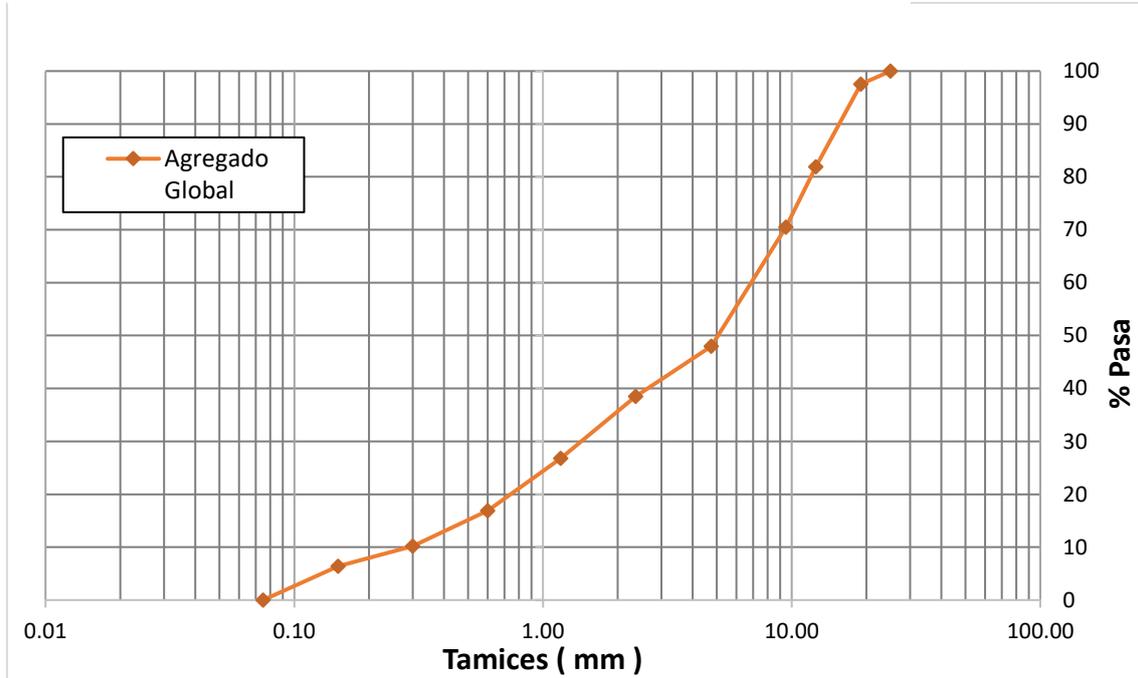
Tabla 22. Granulometría del Agregado Global.

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
1"	25.00	0.0	0.0	100
3/4"	19.00	2.5	2.5	97.5
1/2"	12.50	15.7	18.1	81.9
3/8"	9.50	11.4	29.5	70.5
N°4	4.75	22.4	52.0	48.0
N°8	2.36	9.5	61.5	38.5
N°16	1.18	11.8	73.2	26.8
N°30	0.60	9.8	83.1	16.9
N°50	0.30	6.8	89.8	10.2
N°100	0.15	3.7	93.6	6.4
FONDO	0.075	6.4	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

Estos son los resultados al combinar los dos agregados, se puede apreciar que el 52% que se queda retenido en la malla N° 4 corresponde a una grava mientras que el 48% que pasa es arena.

Gráfico 8. Curva Granulométrica del Agregado Global.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Propiedades Físicas del Agregado Global.

Tamaño Nominal Máximo	1/2"
Módulo de Fineza	4.85
% Agregado Grueso	51.84
% Agregado Fino	48.16

Fuente: Elaboración propia

Diseño de Mezcla Final ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) Cemento APU Tipo GU

Tabla 24. Características Generales.

Denominación	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Asentamiento	3"- 4"
Relación a/c de diseño	0.63
Relación a/c de obra	0.63
Proporciones de diseño	1 : 2.26 : 2.44
Proporciones de obra	1 : 2.31 : 2.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Cantidad de material de diseño por m^3 de concreto.

Cemento APU Tipo GU	357 kg.
Arena Gruesa	809 kg.
Piedra Chancada	870 kg.
Agua de Red Pública	225 L.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Cantidad de material por m^3 de concreto en obra.

Cemento APU Tipo GU	357 kg.
Arena Gruesa	826 kg.
Piedra Chancada	874 kg.
Agua de Red Pública	225 L.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Cantidad de material por bolsa de cemento en obra.

Cemento APU Tipo GU	42.50 kg.
Arena Gruesa	98.30 kg.
Piedra Chancada	103.99 kg.
Agua de Red Pública	26.78 L.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Proporciones aproximadas en Volumen.

	Cemento APU tipo GU	Arena Gruesa	Piedra Chancada
Proporciones	1	: 2.01	: 2.66
Agua	26.78	L/bolsa	

Fuente: Elaboración propia

Con esta dosificación obtenida mediante el Diseño de Mezclas se realizó combinación requerida para elaborar las probetas de concreto y las vigas que se utilizaran para desarrollar los objetivos de la presente Tesis.

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Una vez teniendo el diseño de mezclas se elaboraron probetas de concreto para el control de la resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, que se utilizará para realizar las vigas de concreto patrón y la viga armada con varillas de fibra de vidrio en el ensayo a la flexión.

Las probetas cilíndricas tienen una medida de 10x20 cm, no se utilizó ningún tipo de aditivo, se elaboraron 3 probetas para ser ensayadas a los 7 días, 3 probetas para ser ensayadas a los 14 días y finalmente 3 probetas que se ensayaran a los 28 días. Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería bajo la normativa NTP 339.034.

Figura 18. Vaciado de probeta cilíndrica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Curado de las probetas cilíndricas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Rotura de probetas a los 7 días.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	EDAD	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
1	P1 - 1	7	78.1	12800	164
	P1 - 2	7	78.1	11600	149
	P1 - 3	7	78.1	11900	152

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Rotura de probetas a los 14 días.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	EDAD	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
2	P1 - 4	14	78.1	13761	176
	P1 - 5	14	78.1	14892	191
	P1 - 6	14	78.1	16152	207

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Rotura de probetas a los 28 días.

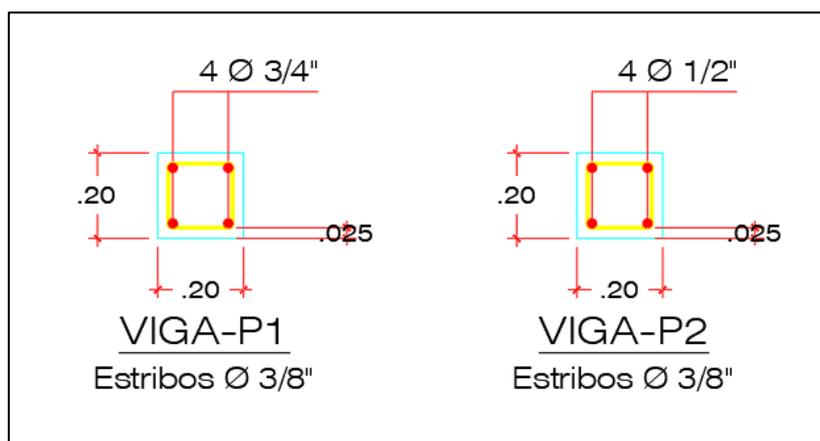
N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	EDAD	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
3	P1 - 7	28	78.1	18705	240
	P1 - 8	28	78.1	20755	266
	P1 - 9	28	78.1	19036	244

Fuente: Elaboración propia

Objetivo 1: Determinar las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4".

Para el desarrollo de este objetivo se elaboraron 6 vigas de concreto armado, 4 vigas reforzadas con aceros de 3/4" y 2 vigas reforzadas con aceros de 1/2", con estribos de 3/8" ubicados a 10 cm a lo largo de la viga y con diferentes edades de curado, las vigas poseen unas dimensiones de 20x20x80 cm, el detalle del armado se presenta a continuación:

Figura 20. Detalle de viga armada con acero corrugado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Armado y encofrado de la viga con acero corrugado.



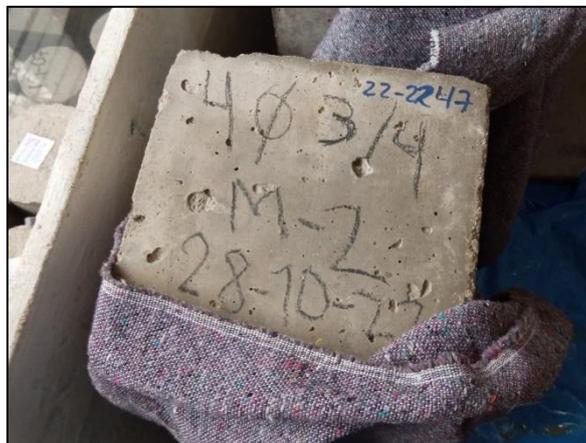
Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Vaciado de la Viga con acero corrugado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Curado de la Viga con acero corrugado.



Fuente: Elaboración propia

Más detalle de la elaboración, armado, vaciado y curado se encontrará ubicado en los Anexos.

Ensayo a Flexión en Vigas de Concreto armado con acero corrugado

El ensayo se realizó utilizando la Norma Técnica Peruana 339.079, el equipo que se utilizó para este ensayo fue la Máquina de Ensayo Universal TOKYOKOKI SEIZOSHO aplicando una carga en el tramo central para obtener la resistencia a la flexión, la viga fue simplemente apoyada a una distancia de 10 cm en los dos extremos.

Figura 24. Ensayo a flexión en la viga de acero corrugado (3/4").



Fuente: Elaboración propia

Viga armada con acero de 3/4" a los 7 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de 3/4" para una viga y confinada con estribos de 3/8", esta viga fue ensayada a los 7 días después del vaciado.

Tabla 32. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 7 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-1: P1 - Φ 3/4"	7 días	60	80.3	20.3	20.8	1630.1	16000	164.0
M-2: P1 - Φ 3/4"	7 días	60	80.4	20.5	20.7	1648.2	16440	168.4

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las vigas con acero de 3/4" ensayadas a los 7 días muestran que la carga máxima de rotura ronda las 16 toneladas y posee una resistencia a

la flexión de 164 kg/cm². Se pudo observar que se generaba un aplastamiento en los apoyos debido a la pequeña sección que posee la viga, se apreció que se generaba una falla frágil (aplastamiento del concreto), debido a la gran cuantía en la zona de tracción y que se veía afectada también por la cuantía que se ubicaba en la zona de compresión.

Figura 25. Viga con falla en los apoyos.



Fuente: Elaboración propia

Viga armada con acero de 3/4" a los 28 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, fue ensayada a los 28 días después del vaciado.

Tabla 33. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 28 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-3: P1 - Ø 3/4"	28 días	60	80.1	20.5	20.6	1642.1	16800	173.8
M-4: P1 - Ø 3/4"	28 días	60	80.2	20.4	20.7	1636.1	17320	178.3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las vigas con acero de 3/4" ensayadas a los 28 días muestran que la carga máxima de rotura ronda por las 17 toneladas y posee una resistencia a la flexión promedio de 176.05 kg/cm², los resultados muestran que la carga última con respecto a las vigas con 7 días de edad solo aumento en 1 tonelada aproximadamente a pesar de tener más tiempo de curado. De la misma manera que la viga con edad de 7 días se pudo observar que se generaba un aplastamiento en los apoyos y se apreció que se generaba una falla frágil (aplastamiento del concreto), debido a la gran cuantía en la zona de tracción que se veía afectada también por la cantidad de cuantía que se ubicaba en la zona de compresión.

Viga armada con acero de 1/2" a los 7 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de 1/2" para una viga y confinada con estribos de 3/8", esta viga fue ensayada a los 7 días después del vaciado. Solo se tiene 1 viga para cada edad y no 2 como en el anterior caso, debido a que en un primer lugar no se consideró usar una sección de este diámetro para generar una falla por aplastamiento del concreto, de esta manera conseguir una igualdad de condiciones con los resultados de la fibra de vidrio para una comparación que se abordará más adelante en el tercer objetivo.

Figura 26. Viga armada con acero de 1/2".



Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 7 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
		ENTRE APOYOS (cm)	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-5: P2 - Φ 1/2"	7 días	60	80.2	20.4	20.6	1636.08	12780	132.9

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la viga con acero de 1/2" ensayada a los 7 días muestran que la carga máxima de rotura ronda por las 13 toneladas aproximadamente y posee una resistencia a la flexión de 132.9 kg/cm², a pesar de tener una menor cuantía de refuerzo en la zona de tracción muestra un aplastamiento en los apoyos y una falla frágil, también pareciera que falla la viga por corte al mostrarse una grieta que parte desde el apoyo a 45 grados, pero lo más probable es que sea por la falla en el apoyo dicha anteriormente.

Viga armada con acero de 1/2" a los 28 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de 1/2" para una viga y confinada con estribos de 3/8", esta viga fue ensayada a los 28 días después del vaciado.

Figura 27. Viga armada con acero de 1/2" a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga a los 28 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
		ENTRE APOYOS (cm)	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-6: P2 - Φ 1/2"	28 días	60	80.3	20.4	20.7	1638.12	14700	151.4

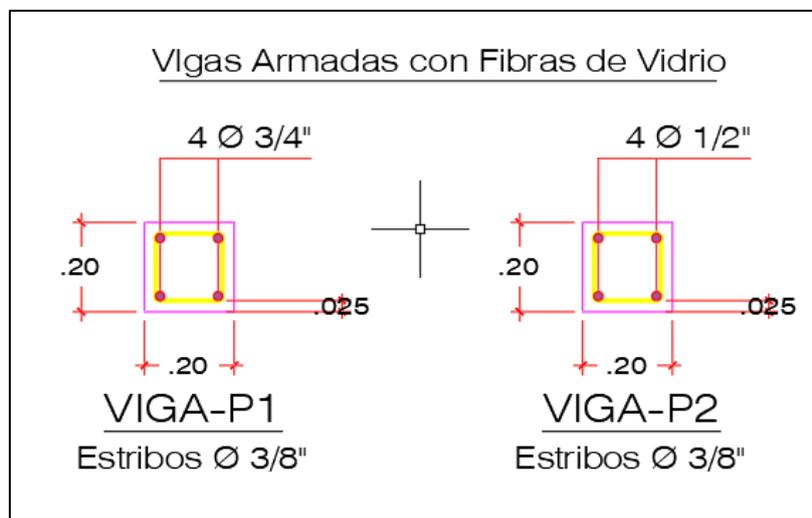
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la viga con acero de 1/2" ensayada a los 28 días muestran que la carga máxima de rotura ronda por las 15 toneladas aproximadamente y posee una resistencia a la flexión de 151.4 kg/cm², en este caso se muestra un aumento de 3 toneladas con respecto a la viga con el mismo refuerzo con 7 días de edad, de la misma manera pesar de tener una menor cuantía de refuerzo en la zona de tracción muestra un aplastamiento en los apoyos y una falla frágil.

Objetivo 2: Determinar las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de $1/2''$ y $3/4''$.

Para el desarrollo de este objetivo se elaboraron también 6 vigas de concreto armado, 4 vigas reforzadas con varillas de fibra de vidrio con una sección de $3/4''$ y 2 vigas reforzadas con varillas de fibra de vidrio con una sección de $1/2''$, con estribos de $3/8''$ de acero corrugado ubicados a 10 cm a lo largo de la viga y con diferentes edades de curado, no se consideró estribos también del mismo material ya que complicaba el costo del flete, las vigas poseen unas dimensiones de $20 \times 20 \times 80 \text{ cm}$, el detalle del armado se presenta a continuación:

Figura 28. Detalle de viga armada con varilla de fibra de vidrio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Armado de la viga con varilla de fibra de vidrio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Curado de la viga con varilla de fibra de vidrio.



Fuente: Elaboración propia

Ensayo a Flexión en Vigas de Concreto armado con Varilla de Fibra de Vidrio

El ensayo se realizó utilizando la Norma Técnica Peruana 339.079, el equipo que se utilizó para este ensayo fue la Máquina de Ensayo Universal TOKYOKOKI SEIZOSHO aplicando una carga en el tramo central para obtener la resistencia a la flexión, la viga fue simplemente apoyada a una distancia de 10 cm en los dos extremos.

Figura 31. Ensayo a flexión en la viga con varilla de fibra de vidrio.



Fuente: Elaboración propia

Viga armada con Varilla de Fibra de Vidrio de 3/4" a los 7 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de fibra de vidrio de 3/4" para una viga y confinada con estribos de 3/8", la empresa VROD realizó el envío en función a la longitud que entraría dentro de la viga de 80 cm de largo, pero se tuvo que realizar unos pequeños cortes en los extremos para poder colocar el armado de la viga dentro del encofrado, esta viga fue ensayada a los 7 días después del vaciado.

Figura 32. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 3/4" a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 7 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
		ENTRE APOYOS (cm)	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-1: P1 - Φ 3/4"	7 días	60	80.3	20.4	20.9	1638.1	11000	111.1
M-2: P1 - Φ 3/4"	7 días	60	80.2	20.4	20.7	1636.1	12920	133.0

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las vigas con varilla de fibra de vidrio con sección de 3/4" ensayadas a los 7 días muestran que la carga máxima de rotura ronda las 11 y 13 toneladas aproximadamente y posee una resistencia a la flexión entre 110 y 130 kg/cm² aproximadamente. Se observó que la carga aplicada generaba un aplastamiento en los apoyos, también se apreció que se generaba una falla frágil (aplastamiento del concreto), debido a que este material tiene un esfuerzo-deformación lineal sin llegar a un punto de fluencia que se obtuvo de los ensayos a tracción provocando que no se genere el comportamiento dúctil ya idealizado para el diseño de vigas concreto, también influye la gran cantidad de cuantía en la zona de tracción siendo también una de las razones que genera la falla frágil.

Viga armada con Varilla de Fibra de Vidrio de 3/4" a los 28 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de fibra de vidrio de 3/4" para una viga y confinada con estribos de 3/8", de igual manera se tuvo que realizar unos pequeños cortes en los extremos para poder colocar el armado de la viga dentro del encofrado, esta viga fue ensayada a los 28 días después del vaciado.

Figura 33. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 3/4" a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 28 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
		ENTRE APOYOS (cm)	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-3: P1 - Ø 3/4"	28 días	60	80.2	20.5	20.8	1644.1	14900	151.2
M-4: P1 - Ø 3/4"	28 días	60	80.2	20.5	20.7	1644.1	13400	137.3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las vigas con varilla de fibra de vidrio con sección de 3/4" ensayadas a los 28 días muestran que la carga máxima de rotura ronda las 15 y 13 toneladas aproximadamente y posee una resistencia a la flexión entre 150 y 130 kg/cm² aproximadamente, al parecer la viga M-3 tuvo un incremento de casi 5 toneladas con respecto a la viga M-1, mientras que la viga M-4 solo tuvo un incremento de 0.5 toneladas con respecto a la viga M-2, la razón es por el comportamiento lineal del esfuerzo-deformación que genera estos cambios distintos en los incrementos de carga resistida por las vigas de diferentes edades. Igual que las anteriores vigas se observó que la carga aplicada generaba una falla frágil (aplastamiento del concreto), por la misma razón que se detalló anteriormente, la viga no tiene un comportamiento dúctil ya idealizado en el diseño de vigas de concreto debido a que este material tiene un esfuerzo-deformación lineal sin llegar a un punto de fluencia, resultados obtenidos del ensayo a tracción.

Viga armada con Varilla de Fibra de Vidrio de 1/2" a los 7 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de fibra de vidrio de 1/2" para una viga y confinada con estribos de 3/8", se realizaron unos pequeños cortes en los extremos para poder colocar el armado de la viga dentro del encofrado, recordando lo que se detalló en las vigas de acero de 1/2" el ensayo con estas secciones no se tenían previstas, pero se buscó generar una falla dúctil en el concreto al tener menor cuantía en la zona de tracción, esta viga fue ensayada a los 7 días después del vaciado.

Figura 34. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 1/2" a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 7 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
		ENTRE APOYOS (cm)	LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-5: P2 - Φ 1/2"	7 días	60	80.3	20.5	20.9	1646.15	10040	100.9

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la viga con varilla de fibra de vidrio con sección de 1/2" ensayada a los 7 días muestran que la carga máxima de rotura se encuentra cerca de las 10 toneladas aproximadamente y posee una resistencia a la flexión de 100.9 kg/cm², al parecer tener una menor cantidad de cuantía ubicada en la zona de tracción no se lograba llegar a una falla dúctil independientemente de los resultados obtenidos en los ensayos a la tracción del material, solo se obtuvo una falla por aplastamiento del concreto.

Viga armada con Varilla de Fibra de Vidrio de 1/2" a los 28 días

Esta viga fue elaborada, vaciada y curada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, se utilizó 4 varillas de fibra de vidrio de 1/2" para una viga y confinada con estribos de 3/8", esta viga fue ensayada a los 28 días después del vaciado exactamente de la misma forma que la viga anterior.

Figura 35. Viga armada con varilla de fibra de vidrio de 1/2" a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resumen de cargas resistidas por el ensayo a flexión (viga con fibra de vidrio a los 28 días).

MUESTRAS	EDAD	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (CM)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-6: P2 - $\phi 1/2''$	28 días	60	80.1	20.5	20.8	1642.05	11900	120.8

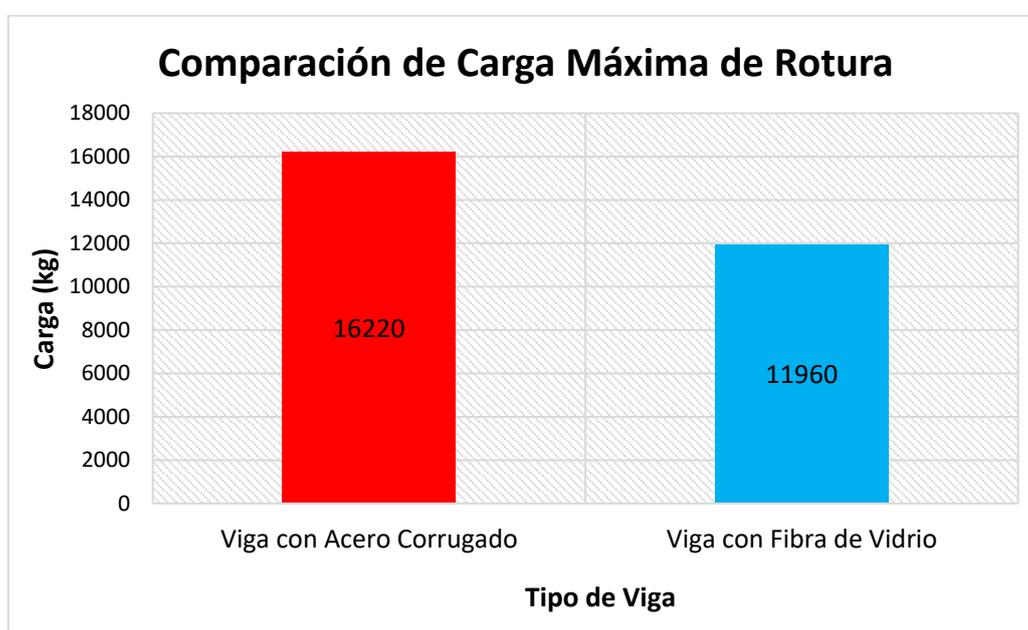
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la viga con varilla de fibra de vidrio con sección de 1/2" ensayada a los 28 días muestran un incremento de casi 2 toneladas con la viga de 7 días de edad, con una carga máxima de rotura que se encuentra cerca de las 12 toneladas aproximadamente y posee una resistencia a la flexión de 120.8 kg/cm², igual que la viga anterior solo se consiguió una falla por aplastamiento del concreto debido al comportamiento lineal del esfuerzo y deformación.

Objetivo 3: Realizar el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".

Una vez finalizado los ensayos respectivos para cada viga con diferente refuerzo, se procede a realizar la comparación de resultados para llegar a una conclusión final, si la varilla de fibra de vidrio logra superar al acero corrugado como nuevo refuerzo para el concreto o si al menos logra hacerle frente a este y si es que en un futuro logra superarlo.

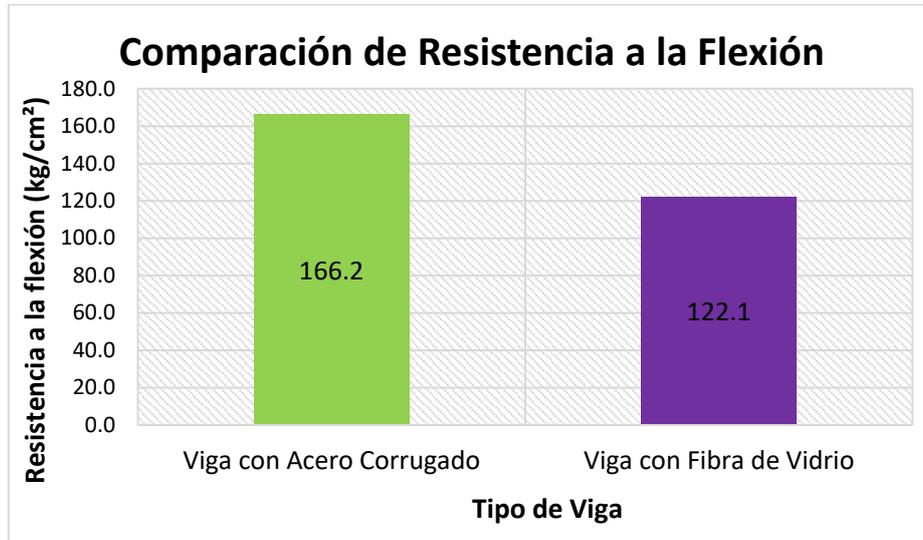
Gráfico 9. Resumen de las cargas promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia los resultados promedios de los ensayos a flexión realizados a los 7 días en las vigas con refuerzo de 3/4" de acero corrugado y varilla de fibra de vidrio en el gráfico 9, los resultados promedios muestran que la viga armada con acero corrugado soporta un 36% más que la viga armada con varilla de fibra de vidrio, ambas vigas presentaron un aplastamiento en los apoyos por las cargas soportadas y una falla frágil porque no logran alcanzar la fluencia del refuerzo, en la viga patrón (viga con acero corrugado) por la cantidad de cuantía que posee y la viga armada con varilla de fibra de vidrio porque su refuerzo no tiene un límite de fluencia.

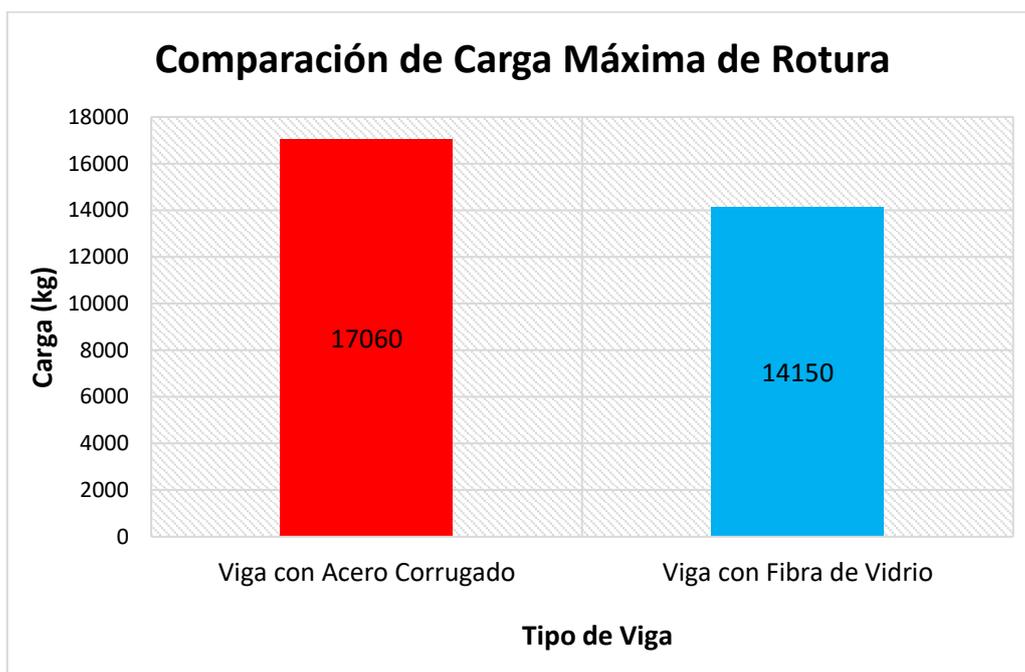
Gráfico 10. Resumen de la resistencia a la flexión promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la resistencia a la flexión de la viga patrón es un 36% más con respecto a la viga armada con varilla de fibra de vidrio por los motivos anteriormente detallados. Estos resultados demuestran que el acero es ligeramente superior a la varilla de fibra de vidrio solo con 7 días de edad en sus vigas, pero no logran superarlos en un 50% para definir al acero como absoluto ganador.

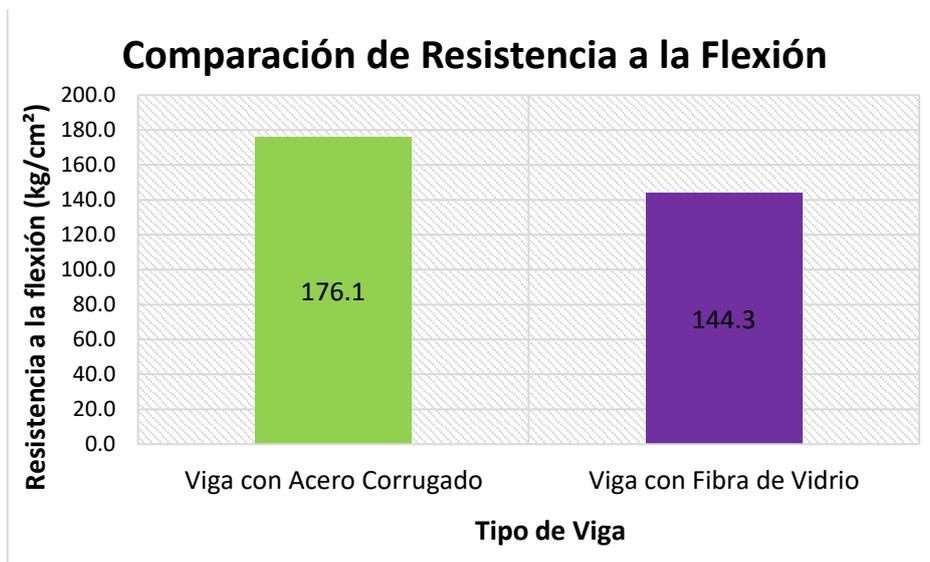
Gráfico 11. Resumen de las cargas promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia los resultados promedios de los ensayos a flexión realizados a los 28 días en las vigas con refuerzo de 3/4" de acero corrugado y varilla de fibra de vidrio en el gráfico 11, en esta ocasión se observó que la viga armada con acero corrugado soporta un 20% más que la viga armada con varilla de fibra de vidrio, ambas vigas presentaron una falla frágil porque los refuerzos no logran alcanzar la fluencia.

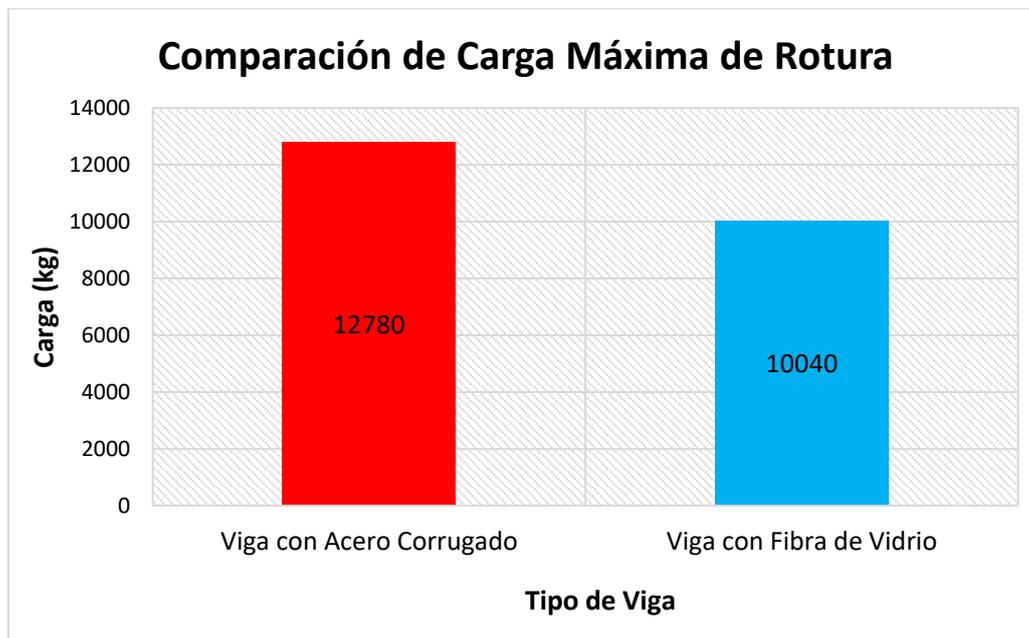
Gráfico 12. Resumen de la resistencia a la flexión promedio de Vigas con sección de 3/4" a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Según Benmokrane y otros autores (2017) mostraron que la resistencia a la flexión disminuía según aumentaba el diámetro de la barra, debido a la mayor probabilidad de defectos contenido en las barras por la matriz polimérica, pero en nuestro caso al no existir una diferencia en el diámetro de nuestras varillas de fibra de vidrio (1/2" y 3/4") no se presenta esta característica. Los resultados entre los dos tipos de vigas muestran que la viga patrón tiene una resistencia a la flexión del 22% más que la viga armada con varilla de fibra de vidrio.

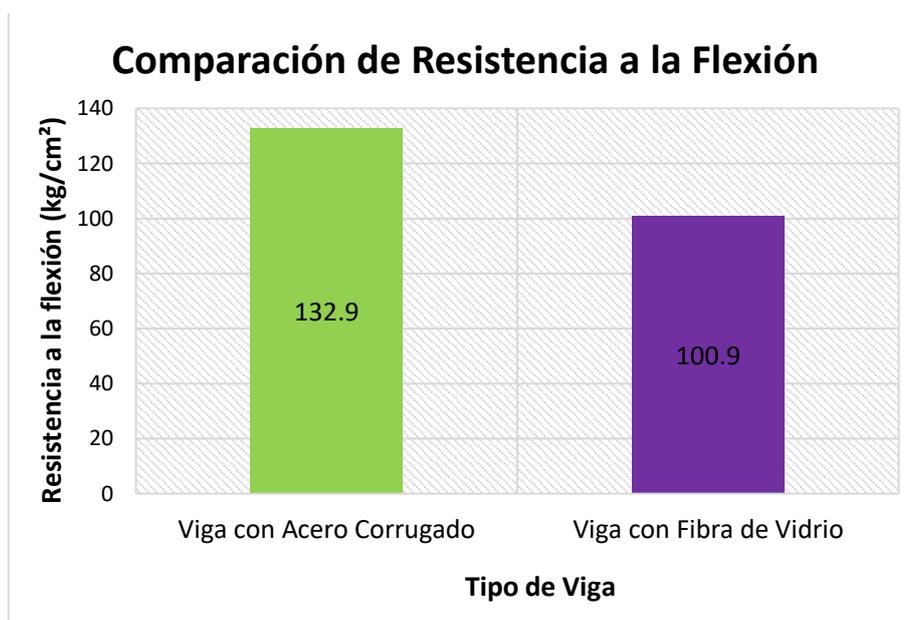
Gráfico 13. Resumen de las cargas de Vigas con sección de 1/2" a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 13 resume las cargas que se le aplicaron a los 2 tipos de vigas se observa que la viga patrón soporta un 27% más de carga que la viga armada con varilla de fibra de vidrio, ambas vigas tuvieron un aplastamiento en los apoyos y una falla frágil, también la viga patrón mostro una pequeña falla por corte.

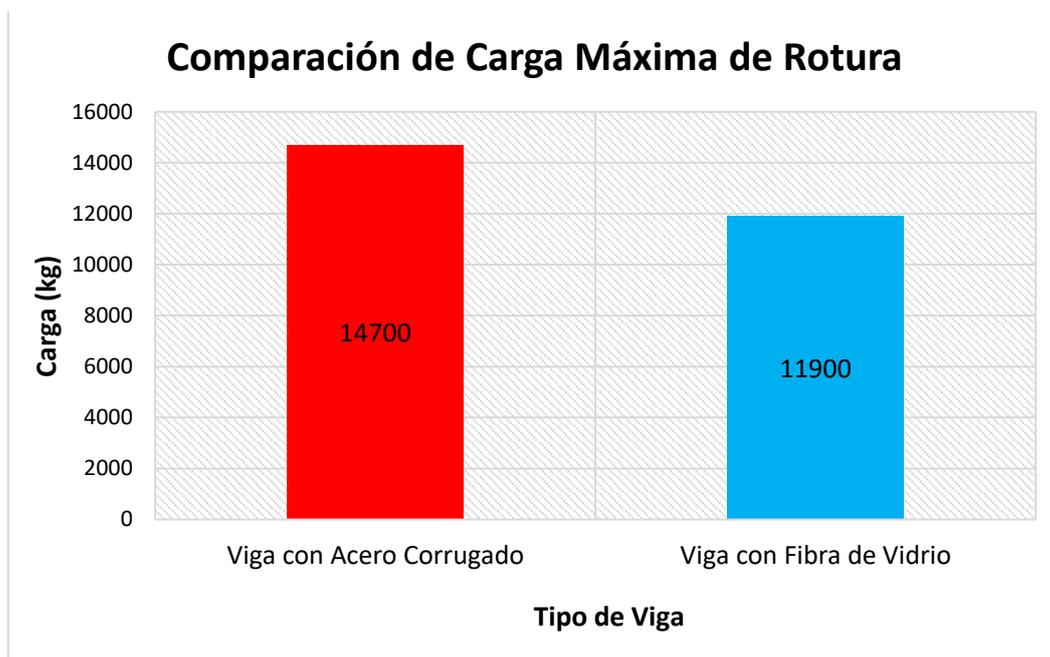
Gráfico 14. Resumen de la resistencia a la flexión de Vigas con sección de 1/2" a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

Se observa que la viga patrón posee un 32% más de resistencia a la flexión que la viga armada con varilla de fibra de vidrio según el gráfico 14. Mientras que en las vigas con secciones de 3/4" con 7 días de edad se notaba una diferencia de casi 40%, mostrando que las varillas de fibra de diámetros menores tienen un desempeño no tan diferente que las vigas armadas con acero corrugado solo a una corta edad del concreto.

Gráfico 15. Resumen de las cargas de Vigas con sección de 1/2" a los 28 días.

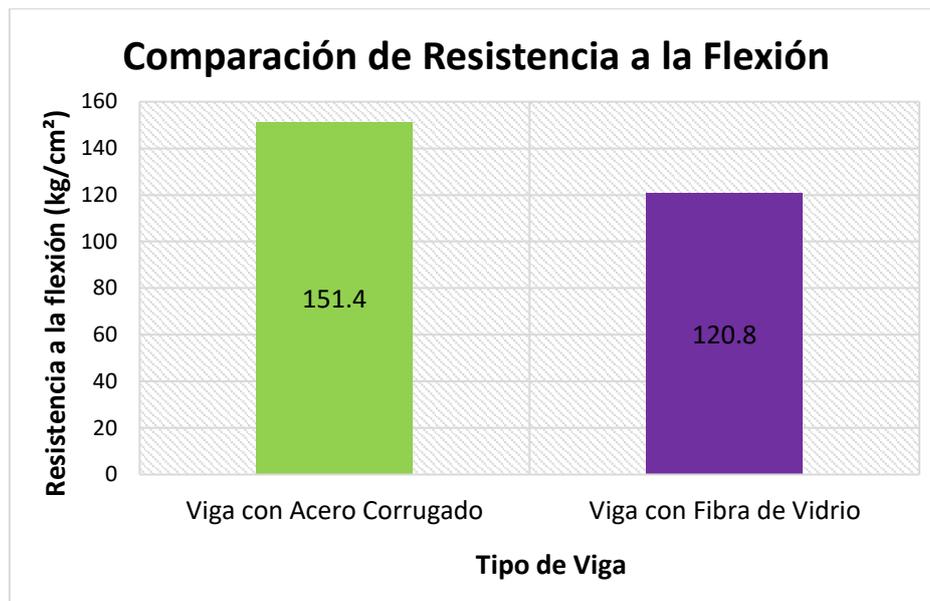


Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 15 la viga patrón soporta un 25% más de cargas que la viga armada con varilla de fibra de vidrio, al disminuir la cuantía en la zona de tracción se tenía la esperanza de conseguir una falla dúctil en los 2 tipos de vigas, pero solo se consiguió una rotura abrupta del concreto típico de una falla frágil.

Pero de igual manera las diferencias en estos 2 tipos de vigas no son tan abismales para nombrar como indiscutible ganador al acero corrugado. Ya que no se logra explotar todas las propiedades de fibra de vidrio.

Gráfico 16. Resumen de la resistencia a la flexión de Vigas con sección de 1/2" a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Según el resumen de resistencia a la flexión del gráfico 16 la viga patrón posee un 25% más de resistencia que la viga armada con varilla de fibra de vidrio, al parecer las diferencias de resistencia en las vigas con sección de 3/4" se reduce al tener la máxima edad, en estas vigas con sección de 1/2" no presenta una mayor reducción al tener la máxima edad.

V. DISCUSIÓN

Para las **vigas armadas con acero corrugado**, según Murayari en su tesis obtuvo que sus vigas de 17x17x150 cm con acero corrugado una resistencia a la flexión promedio de 170 kg/cm² con una carga máxima de 6990 kg usando el ensayo a flexión con carga a los 2/3, según Huillcaya en su tesis donde elabora un viga con sección de 15x15x60 cm obtuvo una resistencia a la flexión a los 7 días fue de 13.2 kg/cm² y la resistencia a la flexión fue de 42.18 kg/cm² con cargas de 900 kg y 3000 kg, su resistencia aumento 3 veces en ese periodo utilizando el ensayo a la flexión con carga a los 2/3 de longitud, también según Toapanta en su tesis obtuvo que sus vigas con sección de 15x15x75 cm mostraron un módulo de ruptura o resistencia a la flexión de 18.76 Mpa (191.30 kg/cm²) soportando una carga de 11000 kg aplicada a los 2/3 del tramo.

Por otro lado, la presente tesis en los ensayos a flexión ejecutados en las vigas de 20x20x80 cm armadas con acero corrugado con secciones de 3/4" y 1/2" con edades de 7 y 28 días, se obtuvo que la viga con acero de 3/4" a los 7 días obtuvo un resistencia de 166 kg/cm² con 16000 kg de carga y a los 28 días se obtuvo 176 kg/cm² de resistencia y 17000 kg de carga soportada, las vigas con acero de 1/2" a los 7 días obtuvo 132 kg/cm² de resistencia y 13000 kg de carga soportada y a los 28 días obtuvo 151 kg/cm² con una carga soportada de casi 15000 kg. Es decir que la diferencia de las resistencias a la flexión de los autores se debe al tipo de ensayo realizado, carga a los 2/3 y carga central por la presente tesis, también influye la sección del concreto y también los diámetros colocados para el refuerzo a tensión, Murayari aclara en su tesis que utiliza el acero mínimo calculado según el Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 que se encuentra basado en el ACI 318 ya que de esta manera no influye el acero a compresión con el momento resistente máximo de la viga.

Para las **vigas armadas con varillas de fibra de vidrio**, según Murayari (2019) obtuvo que sus vigas reforzadas con barras de fibra de vidrio obtuvieron en promedio 135 kg/cm² donde se le aplicó una carga máxima promedio de 5500 kg, Murayari aclara que el refuerzo de las vigas no logra desarrollar la fluencia generando una falla abrupta del concreto, siendo la fluencia asociada con la ductilidad, así de esta manera ganar un mayor incremento en las cargas. Según

Toapanta (2016) indica que obtuvo una resistencia de 25.7 Mpa (265 kg/cm²) con una carga de 15000 kg estas vigas fueron reforzadas con láminas de fibras de vidrio, también aclara que estas vigas fallan en los extremos en la zona del cortante y se apreció la falla por aplastamiento del concreto.

Por otro lado, la presente tesis en los ensayos a flexión ejecutados en las vigas de 20x20x80 cm armadas con varilla de fibra de vidrio con secciones de 3/4" y 1/2" con edades de 7 y 28 días, obtuvo que la viga con fibra de vidrio de 3/4" a los 7 días obtuvo una resistencia de 122.1 kg/cm² con 12000 kg de carga y a los 28 días se obtuvo 144.3 kg/cm² de resistencia y 14000 kg de carga soportada, las vigas con fibra de vidrio de 1/2" a los 7 días obtuvo 100.9 kg/cm² de resistencia y 10000 kg de carga soportada y a los 28 días obtuvo 120.8 kg/cm² con una carga soportada de casi 12000 kg, se logró mostrar que las vigas fallan por aplastamiento del concreto y en los apoyos, como lo que obtuvieron los anteriores autores. Estos resultados se ven influenciados por el tipo de refuerzo que utilizan cada autor, pero todos coinciden que este material no logra una ductilidad en el concreto para seguir soportando cargas y mayores deformaciones.

Para el **estudio comparativo de las propiedades mecánicas de ambas vigas**, según Murayari las vigas reforzadas con barras de acero tuvieron un 25% de mejora en la resistencia a la flexión y carga actuante que las vigas con barras de fibra de vidrio, mostrando un aplastamiento en el concreto por parte de la viga con barra de fibra de vidrio y un momento máximo de las barras de acero de 30% más que la viga reforzada con barras de fibra de vidrio, también obtuvo que la viga con acero se deflectó un 30% más que la viga de estudio, ya que este logra tener un comportamiento más dúctil. Según Toapanta el reforzamiento con fibras de vidrio logra un incremento del 37% con respecto a la viga patrón, mientras que las cargas actuantes se incrementan en un 35.69% más que la viga patrón, pero con un comportamiento con menos ductilidad ya que presenta una falla frágil. Según Martínez, Correa y Díaz en su revista titulada Reforzamiento de vigas de hormigón armado empleando barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV) donde proponen el recrecimiento de una viga existente usando la Norma ACI 440.1R-15 que detalla el diseño usando este material, teniendo como principio básico que la falla venga primero del concreto y luego

de la fibra buscando así una mayor ductilidad. Se obtuvo un momento resistente teórico 4 veces superior al momento actuante en la viga con acero corrugado. Por otro lado, la presente tesis obtuvo, igual que el autor Murayari, una resistencia de la viga patrón en un 22% a 25% más con respecto a la viga armada con varillas de fibra de vidrio con las secciones de 3/4" y 1/2" respectivamente, pero se obtuvo menores resultados que la tesis del autor Toapanta, ambos tipos de vigas presentaron una falla por aplastamiento del concreto en los apoyos, no se consideró el diseño bajo la norma ACI 440.1R-15.

VI. CONCLUSIONES

En conclusión, se determinó las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210$ kg/cm² con acero corrugado de 1/2" y 3/4". Se logró determinar la resistencia a flexión de las vigas de 1/2" y 3/4", no se obtuvo un crecimiento esperado en la resistencia a la flexión en las vigas de 7 a 28 días de curado.

En conclusión, se determinó las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210$ kg/cm² con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4". Se logró determinar la resistencia a la flexión de las vigas de 1/2" y 3/4", a diferencia de las vigas de acero corrugado se obtuvo un incremento mayor en la resistencia entre los 7 y 28 días de curado.

El ensayo a la tracción demostró que la varilla de fibra de vidrio no posee un desempeño no lineal como el acero corrugado una vez superado su esfuerzo de fluencia, ya que el comportamiento de la varilla de fibra de vidrio mostro un esfuerzo-deformación completamente lineal hasta llegar a la rotura.

En las vigas armadas con acero corrugado y varilla de fibra de vidrio mostraron una falla por aplastamiento en el concreto, más exactamente fallaron en los extremos de los apoyos.

En función a los resultados obtenidos las vigas presentan un desempeño a flexión casi tan bueno como lo haría una viga con acero corrugado. Un factor destacable en las vigas ensayadas es el incremento en las cargas resistidas y resistencia a la flexión entre las vigas armadas de acero corrugado y las vigas armadas con varilla de fibra de vidrio en un 25% más con respecto a este último.

Se concluye que el acero corrugado aún sigue siendo mejor opción con respecto a las varillas de fibra de vidrio, ya que no se consideró un ensayo de adherencia permitiendo al concreto y a la fibra de vidrio trabajar en conjunto.

VII. RECOMENDACIONES

Debido a que las fallas se generan por aplastamiento en las vigas con varillas de fibra de vidrio, se recomienda usar secciones menores con un cálculo más preciso que sería utilizando la Norma ACI 440.1R-15, ya que se basan en el diseño por el aplastamiento del concreto, pero obteniendo un comportamiento más dúctil.

Se recomienda utilizar vigas más con longitudes más largas tanto en el patrón como con el objeto de estudio, si se piensa conseguir una falla dúctil.

Es necesario ampliar la investigación utilizando ensayos en los que involucren principalmente las propiedades más destacables de la varilla de fibra de vidrio, como lo sería la alta resistencia a la corrosión, larga vida útil y su peso ligero.

En el diseño de vigas se recomienda considerar las varillas colocadas en la zona de compresión ya que esta si afecta al momento resistido y el tipo de falla, se podría colocar un acero mínimo en esta zona o directamente considerar el diseño de vigas con acero a compresión.

Para un control de las grietas por cortantes se recomienda utilizar, para una investigación más profunda, estribos de varilla de fibra de vidrio y compararlos con los resultados obtenidos con los estribos de acero corrugado.

REFERENCIAS

1. Agregados para la elaboración de concreto. [en línea] Concretos Supermix, 2021. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (Estados Unidos). ACI318SR-14, ACI Collection of Concrete Codes, Specifications and Practices. Michigan: 978-0-87031-964-8. 592 pp.
3. Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75 μm) en agregado mineral por lavado. [en línea] Universidad Centroamericana. [fecha de consulta: 23 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
4. ASTM C 566-19. (2019). - Contenido de Humedad de los Agregados. USA: ASTM Internacional.
5. ASTM C29/C29M-17a. (2017). - Peso unitario suelto y compactado. USA: ASTM Internacional.
6. ASTM C128-01. (2011). - Método de Ensayo Normalizado para Determinar Densidad, Densidad Relativa (Peso Específico) y la Absorción de los Agregados Finos. USA: ASTM Internacional.
7. ASTM C127-01. (2011). - Método de Ensayo Normalizado para Determinar Densidad, Densidad Relativa (Peso Específico) y la Absorción de los Agregados Gruesos. USA: ASTM Internacional.
8. ASTM C39/C39M. (2014). Método De Prueba Estándar Para Resistencia A La Compresión De Los Especímenes Cilíndricos De Concreto. USA: ASTM Internacional.
9. ASTM D3039/D3039M-17. (2017). Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica. USA: ASTM Internacional.
10. ASTM C78. (2022). Resistencia a la Flexión de vigas de concreto (carga a los tercios). USA: ASTM Internacional.

11. ARIAS, Fidas. El proyecto de Investigación. 6.^a ed. Editorial Episteme, 2012. 138 pp.
ISBN: 980-07-8529-9
12. BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación. 3.^a ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. 142 pp.
ISBN: 978-607-744-748-1
13. CABEZAS, Edison, ANDRADE, Diego y TORRES, Johana. Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 138 pp.
ISBN: 978-9942-765-44-4
14. Cemento, el principal conglomerante de la construcción. [en línea] BECOSAN, 28 de enero de 2020. [fecha de consulta: 24 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.becosan.com/es/que-es-el-cemento-en-la-construccion/>
15. CÓRDOVA, Carlos. Diseño de Estructuras de Hormigón Armado. 3.^a ed. Chile: Editorial Universidad de Santiago de Chile, 2015. 1024 pp.
ISBN: 978-956-303-278-9
16. El acero. [en línea] Aceros Arequipa, 2020. [fecha de consulta: 25 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/el-acero>
17. El agua del concreto. [en línea] El concreto, 14 de enero de 2009. [fecha de consulta: 23 de junio de 2022] Disponible en: <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/el-agua-del-concreto.html>
18. Ensayos de Propiedades mecánicas: Materiales puestos a prueba. [en línea]. Infinitia, 15 de marzo de 2021. [fecha de consulta: 05 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayos-propiedades-mecanicas-materiales/#:~:text=Las%20propiedades%20mecánicas%20de%20un,y%20resistir%20fuerzas%20o%20deformaciones>

19. Fierro de Construcción. [en línea]. Aceros Arquipa, 2020. [fecha de consulta: 05 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.acerosarequipa.com/categorias/1/fierro-de-construccion>
20. GUIMARAES, Luciana. Varilla reforzada con fibra de vidrio. [en línea] Construcción Latinoamericana, 10 de marzo de 2022. [fecha de consulta: 20 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/varilla-reforzada-con-fibra-de-vidrio/8018856.article>
21. GUTIÉRREZ, Iván, MEZA, Alejandro, GURBIR, Kaur y PRECIADO, Héctor. Desempeño a Flexión del Concreto Reforzado con Fibras Plásticas Recicladas. Conciencia Tecnológica [en línea]. 2021, (16), [fecha de Consulta 2 de junio de 2022]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94467989001>
22. Harmsen, Teodoro. Diseños de estructuras de concreto armado. 3.^a ed Lima -Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002. 697 pp.
23. HERNÁNDEZ, Rodrigo. Metodología de la Investigación. 6.^a ed. México: McGraw Hill, 2014. 600 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
24. HUILLCAYA Maria. 2019. Influencia de la aplicación de fibra de vidrio y acero en el comportamiento mecánico del concreto para vías de bajo tránsito, Abancay – 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo.
25. LERMA, Héctor. Metodología de la Investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto. 4.^a ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009. 193 pp.
ISBN: 978-958-648-602-6
26. MARTÍNEZ, Jorge, DÍAZ, Isel del Carmen y CORREA, Jessica. Reforzamiento de vigas de hormigón armado empleando barras de polímeros reforzados con fibras de vidrio (PRFV). Revista de Arquitectura e Ingeniería [en línea]. 2019, 16 [fecha de Consulta 2 de junio de 2022]. ISSN:1990-8830.
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193960058007>

27. MORALES, Roberto. Diseño en Concreto Armado. [en línea] 3.^a ed. Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006. 334 pp. [fecha de consulta: 10 de junio de 2022] Disponible en: https://www.academia.edu/36765239/Dise%C3%B1o_de_concreto_armado_roberto_morales
28. MURAYARI George. 2020. Estudio del comportamiento a flexión de vigas de concreto reforzadas con barras de fibra de vidrio, Lima 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo.
29. NTP 350.405:2019. Métodos de Ensayo Normalizados y definiciones para ensayos mecánicos. Perú: Norma Técnica Peruana.
30. NTP 400.012:2001. Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global. Perú: Norma Técnica Peruana.
31. NTP 400.017:2011 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. Perú: Norma Técnica Peruana.
32. NTP 400.021:2013 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Perú: Norma Técnica Peruana.
33. NTP 400.022:2013 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Perú: Norma Técnica Peruana.
34. OSPINA & RUIZ. 2018. Comportamiento de un elemento estructural construido en madera laminada reforzada con fibra de vidrio. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad EIA.
35. PINEDA, Elia, ALVARADO, Eva y CANALES, Francisca. Metodología de la Investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud. 2.^a ed. Organización Panamericana de la Salud, 1994. 327 pp.
ISBN: 9275321353
36. Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio. [en línea]. Amiblu, 2022. [fecha de consulta: 20 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.amiblu.com/es/por-que-prfv/>

37. POMA Clinton. 2021. Análisis Comparativo de vigas Reforzadas con Varillas de Fibra de Vidrio y Reforzadas con Acero. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo.
38. QUISPE, Alder. Análisis matricial de estructuras Introducción al método de elementos finitos. Lima: Editorial Macro, 2016. 448 pp.
ISBN: 978-612-304-310-0
39. REYES, Orlando, RAMOS, Annabel, MARTÍNEZ, Janet y DÍAZ, Isel del carmen. Modelación, análisis y diseño de una losa de hormigón armado con forma atípica empleando como variantes: acero convencional y polímeros reforzados con fibras de vidrio. Revista de Arquitectura e Ingeniería [en línea]. 2021, 13, [fecha de Consulta: 2 de junio de 2022].
ISSN: 1990-8830. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193966527001>
40. Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060 [en línea]. Perú: SENCICO, 2020 [fecha de Consulta: 24 de mayo de 2022].
Disponible en: <https://www.gob.pe/sencico>
ISBN: 978-612-48427-4-0
41. ROMERO, Andrés y HERNÁNDEZ, Johan. Diseño de mezclas de hormigón por el método A.C.I. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión, Bogotá 2014. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Santo Tomás.
42. SABINO, Carlos. El Proceso de Investigación. 10.^a ed. Editorial Episteme, 2014. 240 pp.
ISBN: 978-9929677074
43. TOAPANTA, Julio. 2016. Análisis de las curvas de desempeño de una viga reforzada con fibras de carbono y fibras de vidrio. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
44. VACA, Sixto. 2013. Análisis de elementos estructurales que trabajan a flexión con fibras de carbono. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

45. Varilla de fibra de vidrio ASTM D7957. [en línea] RJD Industries. [fecha de consulta 25 de junio de 2022] Disponible en: <http://rjdindustries.com/wp-content/uploads/2018/05/Fiberglass-Rebar-Data-Sheet-Spanish.pdf>
46. VILLAMUDRIA, Sandra. 2014. Modificación de las Propiedades del Hormigón al ser Reforzado con Fibra de Vidrio AR. Tesis (Título de Master en Ingeniería Civil). Oviedo - España: Universidad de Oviedo.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Operacionalización de Variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
Variable independiente: Varilla de acero corrugado y Varilla de fibra de vidrio	Varilla de fibra de vidrio: El polímero reforzado con fibra de vidrio, también conocido como plástico reforzado con fibra de vidrio, es un material compuesto que teje fibra de vidrio E y material de poliéster. (TiA, 2018, párr. 1). Varilla de acero corrugado: El acero es una aleación de distintos elementos siendo el carbono el de mayor importancia, ya que determina sus propiedades mecánicas, aumentando su dureza, resistencia a la tracción y límite elástico (Harsem, 2002, p. 36)	La variable de acero corrugado y varilla de fibra se evaluará en función de sus dimensiones mediante un ensayo para determinar sus características.	Tracción	kg/cm ²	Ensayo a tracción (máquina de ensayo uniaxial)	Razón
			Elongación	(%)		
			Fluencia	kg/cm ²		
			Tracción	kg/cm ²		
			Elongación	(%)		
			Fluencia	kg/cm ²		
Variable dependiente: Propiedades Mecánicas en vigas de concreto armado	Las Propiedades mecánicas: son las propiedades que posee un material relacionadas con su capacidad de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones. (Infinitia, 2022, párr. 2)	La variable propiedades mecánicas en vigas de concreto armado se evaluará en función de sus dimensiones, resistencia a la flexión, gráfico esfuerzo/deformación y estudio comparativo.	Flexión en Vigas de concreto armado con acero corrugado de 1/2" y 3/4"	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Ensayo a flexión (máquina de ensayo universal)	Razón
			Flexión en Vigas de concreto armado con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)		
			Interpretación de los Resultados	Comparación de Resultados		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 02: Matriz de Consistencia

Título: "Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	Variable independiente	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo será el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022?	Determinar el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022.	Se determinará el estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022.	Varilla de acero corrugado de 1/2" y 3/4"	Tracción Elongación Fluencia	kg/cm ² (%) kg/cm ²	Tipo de Investigación: Aplicada Diseño de Investigación: Cuasi experimental Enfoque: Cuantitativa Población: Vigas de Concreto Armado con acero corrugado y fibra de vidrio Muestra: Ensayos para los agregados del concreto, 9 ensayos para la rotura de probetas, 8 ensayos a tracción del acero, y 12 ensayos a flexión para las vigas de concreto armado
			Varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"	Tracción Elongación Fluencia	kg/cm ² (%) kg/cm ²	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable dependiente			
¿Cuáles serán las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4"?	Determinar las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4".	Se determinará las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con acero corrugado de 1/2" y 3/4".	Propiedades Mecánicas en vigas de concreto armado con acero corrugado de 1/2" y 3/4"	Flexión en Vigas de concreto armado con acero corrugado de 1/2" y 3/4"	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	
¿Cuáles serán las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"?	Determinar las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".	Se determinará las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".	Propiedades Mecánicas en vigas de concreto armado con varilla de fibra de vidrio 1/2" y 3/4"	Flexión en Vigas de concreto armado con varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	
¿Existen diferencias en el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4"?	Realizar el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".	Se realizó el estudio comparativo de los resultados de las propiedades mecánicas del acero corrugado y la varilla de fibra de vidrio de 1/2" y 3/4".	Estudio comparativo de las propiedades mecánicas	Interpretación de los Resultados	Comparación de Resultados	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 03: Instrumentos de Recolección de datos

 Universidad César Vallejo			
ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS			
Título: “Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022”			
Autor: Penadillo Pilco Hasler Raúl			
Información General: Ubicación: Distrito: Lima Provincia: Lima Región: Lima			
Resistencia a la tracción y Doblado			
	Resistencia a la tracción	Límite de Fluencia	Elongación
Ensayo de Tracción y Doblado del Acero			
Ensayo de Tracción y Doblado de la Varilla de Fibra de Vidrio			
DATOS		EVALUACIÓN DE EXPERTO	
NOMBRES Y APELLIDOS: ING. VASQUEZ AYALA MERY		18.00-20.00	Excelente
		16.00-18.00	Bueno
REGISTRO CIP N°: 270138		14.00-16.00	Normal
		12.00-14.00	Malo
FIRMA: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  MERY SILVIA VASQUEZ AYALA INGENIERA CIVIL REGISTRO CIP N° 270138 </div>		10.00 - 12.00	Pésimo
		19	



ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS

Título: "Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022"

Autor: Penadillo Pilco Hasler Raúl

Información General:

Ubicación

Distrito: Lima

Provincia: Lima

Región: Lima

Resistencia del concreto a la Compresión

	F'c a los 7 días	F'c a los 14 días	F'c a los 28 días
Ensayo de la Resistencia a la compresión			

DATOS		EVALUACIÓN DE EXPERTO	
NOMBRES Y APELLIDOS: ING. VASQUEZ AYALA MERY		18.00-20.00	Excelente
REGISTRO CIP N°: 270138		16.00-18.00	Bueno
		14.00-16.00	Normal
FIRMA:	 MERY SILVIA VASQUEZ AYALA INGENIERA CIVIL REGISTRO CIP N° 270138	12.00-14.00	Malo
		10.00 - 12.00	Pésimo
		17	



ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS

Título: "Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022"

Autor: Penadillo Pilco Hasler Raúl

Información General:

Ubicación

Distrito: Lima

Provincia: Lima

Región: Lima

Resistencia del concreto a la flexión

	Carga Máxima	Resistencia a la flexión	Tipo de Falla
Vigas de concreto con acero corrugado			
vigas de concreto con varilla de fibra de vidrio			

DATOS

EVALUACIÓN DE EXPERTO

NOMBRES Y APELLIDOS: ING. VASQUEZ AYALA MERY	18.00-20.00	Excelente	19
	16.00-18.00	Bueno	
REGISTRO CIP N°: 270138	14.00-16.00	Normal	
	12.00-14.00	Malo	
FIRMA:  MERY SILVIA VASQUEZ AYALA INGENIERA CIVIL REGISTRO CIP N° 270138	10.00 - 12.00	Pésimo	



ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS

Título: "Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022"

Autor: Penadillo Pilco Hasler Raúl

Información General:

Ubicación

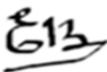
Distrito: Lima

Provincia: Lima

Región: Lima

Resistencia a la tracción y Doblado

	Resistencia a la tracción	Límite de Fluencia	Elongación
Ensayo de Tracción			
Ensayo de Tracción de la Varilla de Fibra de Vidrio			

DATOS		EVALUACIÓN DE EXPERTO		
NOMBRES Y APELLIDOS: ING. BONILLA VERA ERICKA CLAUDIA		18.00-20.00	Excelente	18
REGISTRO CIP N°: 62692		16.00-18.00	Bueno	
FIRMA: 		14.00-16.00	Normal	
		12.00-14.00	Malo	
		10.00 - 12.00	Pésimo	



ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS

Título: "Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022"

Autor: Penadillo Pilco Hasler Raúl

Información General:

Ubicación

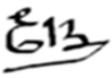
Distrito: Lima

Provincia: Lima

Región: Lima

Resistencia del concreto a la Compresión

	F'c a los 7 días	F'c a los 14 días	F'c a los 28 días
Ensayo de la Resistencia a la compresión			

DATOS	EVALUACIÓN DE EXPERTO		
NOMBRES Y APELLIDOS: ING. BONILLA VERA ERICKA CLAUDIA	18.00-20.00	Excelente	18
REGISTRO CIP N°: 62692	16.00-18.00	Bueno	
	14.00-16.00	Normal	
FIRMA: 	12.00-14.00	Malo	
	10.00 - 12.00	Pésimo	



ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE DATOS

Título: "Estudio de las propiedades mecánicas en vigas de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incorporando varillas de fibra de vidrio, Lima 2022"

Autor: Penadillo Pilco Hasler Raúl

Información General:

Ubicación

Distrito: Lima

Provincia: Lima

Región: Lima

Resistencia del concreto a la flexión

	Carga Máxima	Resistencia a la flexión	Tipo de Falla
Vigas de concreto con acero corrugado			
vigas de concreto con varilla de fibra de vidrio			

DATOS	EVALUACIÓN DE EXPERTO		
NOMBRES Y APELLIDOS: ING. BONILLA VERA ERICKA CLAUDIA	18.00-20.00	Excelente	19
REGISTRO CIP N°: 62692	16.00-18.00	Bueno	
	14.00-16.00	Normal	
FIRMA: 	12.00-14.00	Malo	
	10.00 - 12.00	Pésimo	

Anexo 04: Panel Fotográfico



Imagen 1. Piedra chancada y arena gruesa.



Imagen 2. Cemento Apu.



Imagen 3. Traslado de agregados.



Imagen 4. Elaboración del encofrado.



Imagen 5. Armado de las vigas con acero.



Imagen 6 y 7. Encofrado de viga y vaciado de probeta cilíndrica.

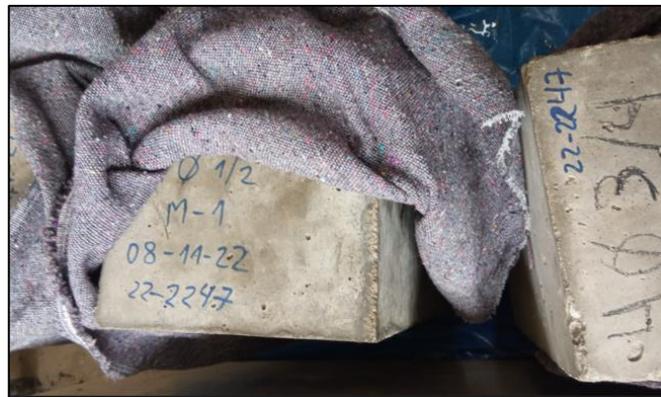


Imagen 8. Vaciado de viga de acero.

Imagen 9. Curado de vigas de acero.



Imagen 10. Viga con acero de 3/4".

Imagen 11. Viga con acero de 1/2".



Imagen 12. Preparación de la fibra para el ensayo a tracción.



Imagen 13. Recipiente galvanizado para la fibra.



Imagen 14 y 15. Varilla de fibra de vidrio después del ensayo a tracción.



Imagen 16. Armado de viga con fibra de vidrio.



Imagen 17. Vaciado de viga con fibra de vidrio.



Imagen 18. Curado de viga con fibra de vidrio.



Imagen 19. Ensayo en vigas de acero.



Imagen 20. Rotura de vigas de acero.



Imagen 21 y 22. Fallo en los apoyos de las vigas reforzadas con



Imagen 23 y 24. Ensayo a flexión en vigas de fibra de vidrio con sección de 3/4”.



Imagen 25 y 26. Ensayo a flexión en vigas de fibra de vidrio con sección de 1/2”.

ANEXO 05
ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET
 Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PENADILLO PILCO HASLER RAÚL
 Obra : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO
 F'c = 210 kg/cm² INCORPORANDO VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Tracción en Aceros
 Expediente N° : 22-2248
 Recibo N° : 78758
 Fecha de emisión : 29/09/2022

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 04 varillas de acero corrugado de la marca SIDERPERÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ZWICK ROELL
 Certificado de calibración CMC-050-2021

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 350.405:2019
 Procedimiento interno AT-PR-10.

4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo:29/09/2022

MUESTRA	SECCIÓN TRANSVERSAL NOMINAL	ÁREA (mm ²)	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (Kg)	TENSIÓN LÍMITE DE FLUENCIA (Kg/mm ²)	CARGA APLICADA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/mm ²)	DEFORMACIÓN (mm)	ELONGACIÓN FINAL (%)
SIDERPERÚ-01	3/4"	284	12732	44,8	20042	70,6	40	20,0
SIDERPERÚ-02	3/4"	284	12569	44,3	20161	71,0	36	18,0
SIDERPERÚ-03	1/2"	129	6166	47,8	9401	72,9	35	17,5
SIDERPERÚ-04	1/2"	129	6262	48,5	9405	72,9	34	17,0

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : A.S.V.

J.B.P.

NOTAS:

- 1) Se prohíbe la reproducción o modificación de este informe sin previa autorización del laboratorio.
- 2) Este informe solo brinda resultados sobre las muestras que han sido ensayadas.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381 - 3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PENADILLO PILCO HASLER RAUL
 Obra : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO f'c = 210 kg/cm² INCORPORANDO VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Tracción en Fibra de Vidrio.
 Expediente N° : 22-2626
 Recibo N° : 79138
 Fecha de emisión : 30/11/2022

- 1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 04 varillas de fibra de vidrio, dos de 3/4 " y dos de 1/2 "
- 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de calibración CMC-054-2022
- 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 350.405:2019
 Procedimiento interno AT-PR-10.
- 4.0. RESULTADOS : **Fecha de Ensayo: 30/11/2022.**

MUESTRAS	SECCIÓN TRANSVERSAL NOMINAL	ÁREA (mm²)	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (Kg)	TENSIÓN LÍMITE DE FLUENCIA (Kg/mm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/mm²)	ELONGACIÓN FINAL (%)	OBSERVACIONES
M - 1	3/4"	284	-----	-----	34,800	122.5	-----	ROTURA DE FIBRA
M - 2	3/4"	284	-----	-----	35,150	123.8	-----	ROTURA DE FIBRA
M - 3	1/2"	129	-----	-----	16,250	126.0	-----	ROTURA DE FIBRA
M - 4	1/2"	129	-----	-----	15,950	123.6	-----	ROTURA DE FIBRA

5.0. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas
 Técnico : A.S.V./R.V.M.

DIGITADO: C.V.M.



NOTAS:

- Se prohíbe la reproducción o modificación de este informe sin previa autorización del laboratorio.
- Este informe solo brinda resultados sobre las muestras que han sido ensayadas.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
Engineering
Technology
Accreditation
Commission
ABET

Pág. 1 de 5

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : PENADILLO PILCO HASLER RAUL
Obra : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN VIGAS DE
CONCRETO ARMADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ INCORPORANDO
VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO
Ubicación : LIMA
Asunto : Diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
Expediente N° : 22-2246-1
Recibo N° : 78756
Fecha de emisión : 12/10/2022

1.0 DE LOS MATERIALES

1.1 Cemento:

Se utilizó cemento APU Tipo GU, proporcionado por el solicitante.

1.2 Agregado Fino:

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera DIFAMAS, en LIMA.

Las características se indican en el ANEXO 1.

1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera DIFAMAS, en LIMA.

Las características se indican en el ANEXO 2.

1.4 Combinación de Agregados:

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

1.5 Agua:

Se uso agua potable de la red pública del Laboratorio N°1 de Ensayo de Materiales



Ing. Oscar Miranda Hospinal
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381 - 3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Pág. 3 de 5

ANEXO 1

EXPEDIENTE N° : 22-2246-1

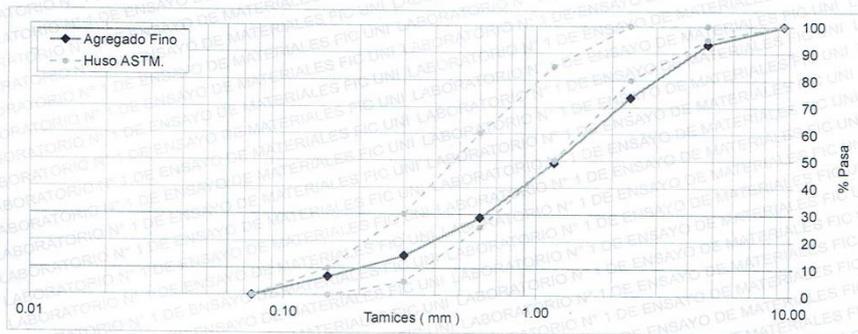
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :

Consiste en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera DIFAMAS.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	6.7	6.7	93.3	95 - 100
N°8	2.36	19.7	26.4	73.6	80 - 100
N°16	1.18	24.5	50.9	49.1	50 - 85
N°30	0.60	20.4	71.3	28.7	25 - 60
N°50	0.30	14.1	85.4	14.6	5 - 30
N°100	0.15	7.8	93.2	6.9	0 - 10
FONDO		6.9	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	3.34
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1724
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1869
Peso Específico (g/cm ³)	2.65
Contenido de Humedad (%)	2.17
Porcentaje de Absorción (%)	1.07

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381 - 3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





ANEXO 2

EXPEDIENTE N° : 22-2246-1

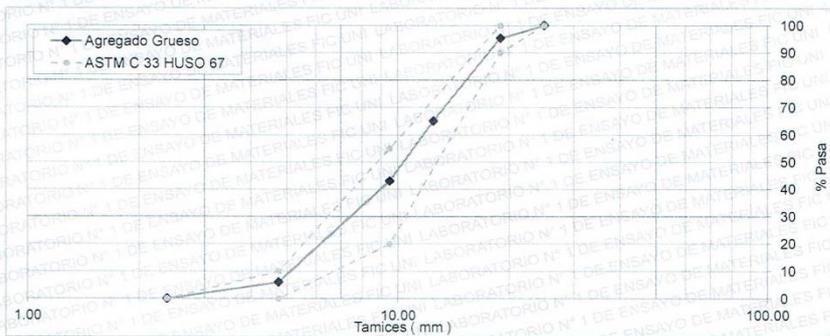
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :

Consiste en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera DIFAMAS.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 67
(Pulg)	(mm)				
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.00	4.7	4.7	95.3	90 - 100
1/2"	12.50	30.2	34.9	65.1	-
3/8"	9.50	22.0	57.0	43.0	20 - 55
N°4	4.75	37.0	94.0	6.0	0 - 10
FONDO		6.0	100.0	0.0	

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Módulo de Fineza	6.26
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1379
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1562
Peso Específico (g/cm ³)	2.63
Contenido de Humedad (%)	0.42
Porcentaje de Absorción (%)	1.44

2. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 22-2246-1

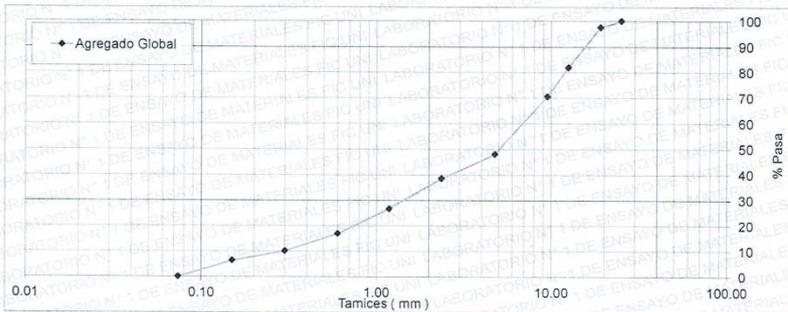
1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera DIFAMAS y PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera DIFAMAS.

A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	2.5	2.5	97.5
1/2"	12.50	15.7	18.1	81.9
3/8"	9.50	11.4	29.5	70.5
N°4	4.75	22.4	52.0	48.0
N°8	2.36	9.5	61.5	38.5
N°16	1.18	11.8	73.2	26.8
N°30	0.60	9.8	83.1	16.9
N°50	0.30	6.8	89.8	10.2
N°100	0.15	3.7	93.6	6.4
FONDO		6.4	100.0	0.0

B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	1/2"
Módulo de Fineza	4.85
% Agregado Grueso	51.84
% Agregado Fino	48.16

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering Technology Accreditation Commission

Expediente N° : 22-2246-1

Pág. 2 de 6

2.0 DISEÑO DE MEZCLA FINAL (f'c = 210 Kg/cm²) CEMENTO APU Tipo GU

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	f'c = 210	Kg/cm²
Asentamiento	3" - 4"	
Relación a/c de diseño	0.63	
Relación a/c de obra	0.63	
Proporciones de diseño	1	: 2.26 : 2.44
Proporciones de obra	1	: 2.31 : 2.45

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m³ DE CONCRETO

CEMENTO APU Tipo GU	357	Kg.
ARENA GRUESA	809	Kg.
PIEDRA CHANCADA	870	Kg.
AGUA de RED PUBLICA	225	L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m³ DE CONCRETO EN OBRA

CEMENTO APU Tipo GU	357	Kg.
ARENA GRUESA	826	Kg.
PIEDRA CHANCADA	874	Kg.
AGUA de RED PUBLICA	225	L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

CEMENTO APU Tipo GU	42.50	Kg.
ARENA GRUESA	98.30	Kg.
PIEDRA CHANCADA	103.99	Kg.
AGUA de RED PUBLICA	26.78	L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO APU Tipo GU	ARENA GRUESA	PIEDRA CHANCADA
Proporciones	1	: 2.01	: 2.66
Agua	26.78	L/bolsa	

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. G.P.L.

Ing. Oscar Miranda Hospital
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PENADILLO PILCO HASLER RAUL
 Obra : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO F' C = 210 KG/CM² INCORPORANDO VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
 Expediente N° : 22-2247-2
 Recibo N° : 78757
 Fecha de emisión : 05/12/2022

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 9 especímenes cilíndricos de concreto.
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial, ELE International #2
 Certificado de Calibración: CMC-028-2022
 3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034 2021
 Procedimiento interno AT-PR-12
 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA DE ROTURA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)	TIPO DE FALLA
1	P 1 - 1	05/10/2022	12/10/2022	78.1	12800	164	Tipo 3
2	P 1 - 2	05/10/2022	12/10/2022	78.1	11600	149	Tipo 3
3	P 1 - 3	05/10/2022	12/10/2022	78.1	11900	152	Tipo 3
4	P 1 - 4	05/10/2022	19/10/2022	78.1	13761	176	Tipo 3
5	P 1 - 5	05/10/2022	19/10/2022	78.1	14892	191	Tipo 2
6	P 1 - 6	05/10/2022	19/10/2022	78.1	16152	207	Tipo 2
7	P 1 - 7	05/10/2022	02/11/2022	78.1	18705	240	Tipo 2
8	P 1 - 8	05/10/2022	02/11/2022	78.1	20755	266	Tipo 2
9	P 1 - 9	05/10/2022	02/11/2022	78.1	19036	244	Tipo 3

5. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Elaborado por : Mag. Ing. C. Villegas M.
 Técnico : Sr. A.S.C./R.V.M.

Digitador : Mag. Ing. C.V.M.



Ing. Oscar Miranda Hospinal
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381 - 3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



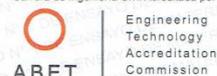


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PENADILLO PILCO HASLER RAUL
 Obra : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ INCORPORANDO VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO
 Ubicación : LIMA
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con carga en el tramo central
 Expediente N° : 22-2247-3
 Recibo N° : 78757
 Fecha de emisión : 02/12/2022

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 6 vigas de concreto. Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO Certificado de Calibración CMC-054-2022
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.079:2017.
4. RESULTADOS :

MUESTRAS	FECHA DE MOLDEO	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-1: P1 - ϕ 3/4 " (07 DIAS)	31/10/2022	60.0	80.3	20.3	20.8	1630.1	16000	164.0
M-2: P1 - ϕ 3/4 " (07 DIAS)	08/11/2022	60.0	80.4	20.5	20.7	1648.2	16440	168.4
M-3: P1 - ϕ 3/4 " (28 DIAS)	27/10/2022	60.0	80.1	20.5	20.6	1642.1	16800	173.8
M-4: P1 - ϕ 3/4 " (28 DIAS)	28/10/2022	60.0	80.2	20.4	20.7	1636.1	17320	178.3
M-5: P2 - ϕ 1/2 " (7 DIAS)	08/11/2022	60.0	80.2	20.4	20.6	1636.08	12780	132.9
M-6: P2 - ϕ 1/2 " (21 DIAS)	11/11/2022	60.0	80.3	20.4	20.7	1638.12	14700	151.4

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. Carlos Villegas M.
 Técnico : Sr. A.S.V.

DIGITADO POR: C.V.M.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Ing. Oscar Miranda Hospital
 Jefe (e) del laboratorio

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : PENADILLO PILCO HASLER RAUL
Obra : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ INCORPORANDO VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO
Ubicación : LIMA
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con carga en el centro
Expediente N° : 22-2625-4
Recibo N° : 79137
Fecha de emisión : 02/12/2022

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 6 vigas de concreto.

Vigas de concreto elaboradas con varillas con fibra de vidrio, con la muestras. Las muestras fueron proporcionadas e identificadas por el solicitante.

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO
 Certificado de Calibración CMC-054-2022

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.079:2017.

4. RESULTADOS :

MUESTRAS	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
				LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-1: P1 - ϕ 3/4 " (07 DIAS)	11/11/2022	18/11/2022	60.0	80.3	20.4	20.9	1638.1	11000	111.1
M-2: P1 - ϕ 3/4 " (07 DIAS)	11/11/2022	18/02/2022	60.0	80.2	20.4	20.7	1636.1	12920	133.0
M-3: P1 - ϕ 3/4 " (21 DIAS)	11/11/2022	02/12/2022	60.0	80.2	20.5	20.8	1644.1	14900	151.2
M-4: P1 - ϕ 3/4 " (21 DIAS)	11/11/2022	02/12/2022	60.0	80.2	20.5	20.7	1644.1	13400	137.3
M-5: P2 - ϕ 1/2 " (07 DIAS)	11/11/2022	18/11/2022	60.0	80.3	20.5	20.9	1646.15	10040	100.9
M-6: P2 - ϕ 1/2 " (21 DIAS)	11/11/2022	02/12/2022	60.0	80.1	20.5	20.8	1642.05	11900	120.8

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. Carlos Villegas M.
 Técnico : Sr. A.S.V.

DIGITADO POR: C.V.M.

Ing. Oscar Miranda Hospital
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381 - 3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



ANEXO 06
CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-028-2022**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI ubicado en la Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica

Capacidad del equipo : 1 112 kN (250,000 lbf.)

División de escala : 0.1 kN

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Modelo : 36-0650/06

N° de serie del equipo : No Indica. Código UNI : PHEC-5

Lector digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL

N° de serie lector digital : 1887-1-00626

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.3°C / 56%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.5°C / 56%

Patrón de referencia : Patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820 con Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology).

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2022-04-11

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-04-12	 Vladimir Tello Torres TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2 U (%)
(%)	(kN)	1º ascenso (kN)	2º ascenso (kN)	3º ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0	0.1
9	100.0	100.12	99.83	99.50	99.8	0.2	0.1
18	200.0	200.85	200.84	200.01	200.6	-0.3	0.1
27	300.0	301.08	300.14	300.51	300.6	-0.2	0.1
36	400.0	399.71	399.43	399.61	399.6	0.1	0.1
45	500.0	499.11	498.66	499.21	499.0	0.2	0.1
54	600.0	600.70	599.80	599.75	600.1	0.0	0.1
63	700.0	700.91	699.83	700.44	700.4	-0.1	0.1
72	800.0	801.89	800.89	801.28	801.4	-0.2	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-050-2021

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería
Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería
Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI. Ubicado en la Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.
Tipo de equipo : Máquina de Ensayo Universal N° 3
Capacidad del equipo : 1000 kN
División de escala : 0,01 kN
Marca : ZWICK ROELL
N° de serie del equipo : 204157
Código Interno UNI : MUNV-3
Tipo de indicador : DIGITAL
Procedencia : Alemania
Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20.7 °C / 70%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20.6 °C / 70%
Patrón de referencia : Patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820 con Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology).
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2021-06-03

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-06-08	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	10000	9936	9978	9928	9947	0.5	0.1
20	20000	19976	19861	19958	19932	0.3	0.1
29	30000	29920	29870	29770	29853	0.5	0.1
39	40000	39845	39887	39706	39813	0.5	0.1
49	50000	49751	49775	49723	49750	0.5	0.1
59	60000	60011	59741	59611	59788	0.4	0.1
69	70000	69975	70002	69911	69963	0.1	0.1
78	80000	79820	79767	79779	79789	0.3	0.1
88	90000	89702	89655	89661	89673	0.4	0.1
98	100000	99695	99676	99688	99686	0.3	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-054-2022

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI. Ubicado en la Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina Universal N° 2

Capacidad del equipo : 20,000 kgf ; 50,000 kgf; 10,000 kgf ; 5,000 kgf ; 100,000 kgf.

División de escala : 20 kgf; 100 kgf; 10 kgf ; 10 kgf ; 100 kgf.

Marca : TOKYOKOKI SEIZOSHO

N° de serie del equipo : 177 T 128

Código Interno UNI : MUNV-2

Panel digital : Analógico.

Número serie panel digital : N.I. Procedencia : JAPAN

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19.0°C / 67%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19.4°C / 66%

Patrón de referencia : Patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820 con Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology).

Número de páginas : 4

Fecha de calibración : 2022-06-30

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-07-08	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión **Escala : 20000 kg**

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	2000	2066.4	1999.2	2004.2	2023.3	-1.2	0.2
20	4000	3977.1	3982.7	4004.0	3987.9	0.3	0.1
30	6000	5981.3	5947.9	5981.3	5970.2	0.5	0.1
40	8000	7979.8	7958.4	7987.2	7975.1	0.3	0.1
50	10000	9997.5	9922.4	10035.6	9985.2	0.1	0.1
60	12000	12008.7	11899.2	11980.6	11962.8	0.3	0.1
70	14000	14013.2	13983.5	13923.2	13973.3	0.2	0.1
80	16000	15936.9	15966.5	15919.2	15940.9	0.4	0.1

Dirección de carga : Compresión **Escala : 50000 kg**

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	5000	5103	5231	5114	5149	-2.9	0.2
20	10000	10101	10216	10160	10159	-1.6	0.1
30	15000	15239	15197	15186	15207	-1.4	0.1
40	20000	20189	20254	20259	20234	-1.2	0.1
50	25000	25307	25298	25292	25299	-1.2	0.1
60	30000	30314	30313	30251	30292	-1.0	0.1
70	35000	35441	35389	35371	35401	-1.1	0.1
80	40000	40414	40356	40382	40384	-1.0	0.1



Resultados de medición

 Dirección de carga : Compresión **Escala : 10000 kg**

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	1000	1024.2	999.2	998.2	1007.2	-0.7	0.3
20	2000	1997.7	1963.4	1982.9	1981.3	0.9	0.1
30	3000	2950.8	2993.5	2963.8	2969.3	1.0	0.1
40	4000	3992.9	3992.9	3951.1	3979.0	0.5	0.1
50	5000	4961.6	4968.1	4996.9	4975.5	0.5	0.1
60	6000	6019.3	5965.5	5994.3	5993.1	0.1	0.1
70	7000	6975.9	6993.5	6986.1	6985.2	0.2	0.1
80	8000	7930.6	7913.9	7979.8	7941.4	0.7	0.1

 Dirección de carga : Compresión **Escala : 5000 kg**

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	500	523	490	511	508	-1.6	0.2
20	1000	998	970	970	980	2.1	0.1
30	1500	1483	1465	1467	1472	1.9	0.1
40	2000	2014	2009	2019	2014	-0.7	0.1
50	2500	2493	2453	2491	2479	0.8	0.1
60	3000	2977	2963	3041	2994	0.2	0.1
70	3500	3473	3493	3475	3480	0.6	0.1
80	4000	3972	3988	3947	3969	0.8	0.1



Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión

Escala : 100000 kg

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso (kgf)	2° ascenso (kgf)	3° ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0.0	0.1
10	10000	10431	10480	10460	10457	-4.4	0.2
20	20000	20342	20273	20319	20311	-1.5	0.1
30	30000	30234	30143	30189	30189	-0.6	0.1
40	40000	39923	40036	40008	39989	0.0	0.1
50	50000	50012	49873	49916	49934	0.1	0.1
60	60000	59850	59868	59814	59844	0.3	0.1
70	70000	69641	69662	69690	69664	0.5	0.1
80	80000	79343	79509	79467	79440	0.7	0.1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario esta obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN VIGAS DE CONCRETO ARMADO DE $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ INCORPORANDO VARILLAS DE FIBRA DE VIDRIO, LIMA 2022", cuyo autor es PENADILLO PILCO HASLER RAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 12 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VILLEGAS MARTINEZ CARLOS ALBERTO DNI: 08584295 ORCID: 0000-0002-4926-8556	Firmado electrónicamente por: CVILLEGASM el 12- 12-2022 13:43:29

Código documento Trilce: TRI - 0484329