



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Efecto de la Viruta de Acero en la Resistencia a la Compresión del Concreto
 $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ”

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR:

GARATE LABAJOS, Melissa (0000-0002-6461-8163)

ASESOR:

Dr. Ing. VALDIVIESO VELARDE, Alan Yordan (0000-0002-8179-2809)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

Trujillo – Perú

2018

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi mama Milagros Labajos porque quisiste siempre hacerme profesional y trabajaste incansablemente para lograrlo sin dudar nunca de mí. A mi mama Susana López por ser un pilar fundamental y guía en mi vida. A mis hermanas menores Mayte Sofía y Meyli Maricriz, para ser un modelo a seguir para ellas.

Melissa Garate Labajos

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer DIOS por todas sus bendiciones.

A mi mamá Milagros Labajos por los valores enseñados, por confiar en mí siempre, por su apoyo incondicional, emocional y económico, por estar en los momentos que más los necesite, estar ahí con cada palabra de aliento empujándome a seguir y no darme por vencida.

A mi mamá Susana López, por enseñarme a creer y confiar en mí, por los valores que me enseñaste desde pequeña por estar siempre apoyándome en todo. A mi asesor Alan Valdivieso por el apoyo incondicional y la amistad brindada en todo este tiempo. A toda mi familia que a pesar de la distancia siempre me apoyaron de una u otra forma, por demostrarme su amor, su confianza y estar pendientes de mí.

Melissa Garate Labajos

PÁGINA DEL JURADO

Mg. Ing. Alex Arquímedes Herrera Viloche
Presidente

Dr. Ing. Alan Yordan Valdivieso Velarde
Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Melissa Garate Labajos, con DNI N° 71420220, estudiante de la carrera profesional de Ingeniera Civil; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes considerados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis presentada a continuación es de mi autoría y que toda la documentación presentada es veraz.

Por tal motivo, asumo toda clase de responsabilidad ante alguna falsedad del contenido de la tesis como también de toda la documentación presentada, por lo cual me someto a la disposición de lo designado en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| RESUMEN..... | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| II. MÉTODO | 15 |
| 2.1. Tipo y diseño de Investigación..... | 15 |
| 2.2. Población, Muestra y Muestreo | 16 |
| 2.2.1. Población:..... | 16 |
| 2.2.2. Muestra: | 16 |
| 2.2.3. Muestreo: | 16 |
| 2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, Validez y Confiabilidad | 16 |
| 2.3.1. Técnicas:..... | 16 |
| 2.3.2. Instrumentos: | 16 |
| 2.3.3. Validez y confiabilidad: | 17 |
| 2.4. Procedimientos: | 17 |
| ➤ Estudio de Cantera: Cantera BAUNER S.A. | 17 |
| ➤ Extracción y preparación de los Agregados(NTP 400.010)..... | 17 |
| ➤ Granulometría de los agregados (NTP 400.012)..... | 17 |
| ➤ Contenido de humedad de los Agregados (NTP 339.185)..... | 17 |
| ➤ Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino. (NTP 400.022) | 18 |
| ➤ Peso Específico y porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.021)..... | 18 |
| ➤ Diseño de Mezcla (ACI 211) | 18 |
| ➤ Ensayo de Asentamiento con el cono de Abrams (NTP339.035)..... | 18 |
| ➤ Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP339.033)..... | 18 |
| ➤ Ensayo de Compresión de Concreto. (NTP 339.04, ASTM C39)..... | 18 |
| 2.5. Métodos de análisis de datos..... | 18 |
| 2.6. Aspectos éticos | 18 |
| III. RESULTADOS..... | 19 |
| 3.1. Características físicas de la viruta de acero | 19 |
| 3.2. Características físicas de los agregados..... | 19 |
| 3.3. Diseños de mezcla de concreto convencional..... | 20 |
| 3.4. Diseños de mezcla de concreto con viruta de acero..... | 21 |

| | |
|--|----|
| 3.5. Resistencia a la compresión para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | 21 |
| IV. DISCUSIÓN | 23 |
| V. CONCLUSIONES..... | 24 |
| VI. RECOMENDACIONES | 25 |
| REFERENCIAS..... | 26 |
| ANEXOS | 29 |

RESUMEN

El concreto es el material más utilizado por su gran resistencia a la compresión que posee, dependiendo del diseño de mezcla, lo cual podría hacer más costosa su producción al añadirle más cemento. Actualmente se sabe que al añadirle fibra de acero al concreto, su resistencia aumenta sin tener que modificar el diseño de mezcla original, pero las fibras de acero también generan un costo adicional en su producción. Por este motivo se propuso en esta investigación la viruta de acero ya que se puede comportar como la fibra de acero, y además es un material reciclado de muy bajo costo. Para comprobar esta hipótesis se evaluó la resistencia a la compresión del concreto de diseño $f'_c=210\text{kg/cm}^2$, a la cual se le comparó con 2 grupos experimentales, el concreto convencional y el concreto añadido con 0.2% de viruta de acero con respecto al peso total de la mezcla. La muestra total fue de 12 probetas cilíndricas de 15 x 30cm para nuestro ensayo de compresión, ensayada a los 7, 14 y 28 días de edad. La resistencia a la compresión del concreto convencional a los 28 días fue de 217.11 kg/cm² mientras que la resistencia del concreto con 0.2% de viruta de acero obtuvo 238.05 kg/cm², este último valor representa un incremento del 13.36% respecto del diseño original siendo el resultado más favorable, pues a las demás edades no se presentan diferencias significativas.

Palabras clave: Viruta, acero, resistencia, compresión.

ABSTRACT

Concrete is the material. At this time it is known that, at the same time, the steel fiber to the concrete must be taken into account. This is the reason for this investigation. The steel network and the shape of the steel fiber, as well as a very low cost recycled material. In order to obtain this hypothesis, the compressive strength of the design design $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ can be evaluated, at the same time as it was compared with 2 experimental groups, conventional concrete and aggregate concrete with 0.2% steel shaving with respect to a The total weight of the mixture. The total sample was 12 cylindrical samples of 15 x 30 cm for our compression test, tested at 7, 14 and 28 days of age. The compressive strength of conventional concrete at 28 days was 217.11 kg / cm², while the strength of concrete with 0.2% steel chips obtained 238.05 kg / cm², the latter value representing an increase of 13.36% compared to original design, being the most favorable result. Since the other ages do not differ significantly.

Keywords: Chip, steel, resistance, compression.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción, tiene una gran resistencia según su diseño de mezcla, y para poder aumentar la resistencia se tiene que cambiar el diseño de mezcla agregando más cemento. Ahora se tiene conocimiento que para aumentar la resistencia sin cambiar el diseño de mezcla se puede agregar viruta de acero ya que estas generan un buen confinamiento al concreto sometido a compresión reduciendo así la relación de Poisson. La relación es directamente proporcional al incremento de fibras (Carrillo et al, 2013).

Para conocer un poco más cómo funciona esta adición de viruta de acero en el concreto convencional se dará a conocer algunas de las investigaciones que se han realizado tanto dentro y fuera del país, para así tener una idea de cómo reacciona el concreto al agregarle dichas fibras.

Castañeda (2018), realizó una investigación para evaluar la resistencia a la compresión de un concreto convencional y un concreto con fibra de acero. La metodología que se usó consistió en realizar 90 probetas (150mm x300mm) de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, de las cuales fueron 30 probetas para el concreto patrón, 30 probetas para un concreto con 20Kg/m^3 de Fibra de Acero y 30 probetas para un concreto con 40kg/m^3 de fibra de acero. Obtuvo 10 resultados para cada muestra tanto para los 7, 14 y 28 días, de donde calculó el promedio en cada caso. Para la edad de 7 días fue un incremento de la resistencia de 5.6% y 7.4% para 20kg/m^3 y 40kg/m^3 de fibra respecto a la muestra patrón, para la edad de 14 días los incrementos fueron de 6.3% y 6.7%, mientras que para los 28 días, fueron 4.6% y 8.4%. El autor concluye que los resultados son satisfactorios, y recomienda que sería bueno seguir con la investigación con dosificaciones de viruta y edades de concreto mayores.

Valencia y Quintana (2016), realizaron una comparación entre el concreto convencional y el concreto con fibra de acero en porcentajes de 12% y 14%, el objetivo principal de esta investigación fue realizar ensayos de compresión a un concreto con un diseño de mezcla de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a 14, 21 y 28 días de curado y comparar las resistencias de las muestras con fibra y la muestra convencional. Se

utilizaron moldes cilíndricos de 10 x 20 cm y se elaboraron 27 probetas. Los resultados obtenidos muestran que las muestras con fibra de 12% y 14% curadas a los 14 días registraron un incremento de 6% y 17% respecto al concreto convencional, las muestras curadas a los 21 días muestran una disminución de 10% y un aumento de 12% respecto al concreto convencional, y las muestras curadas a los 28 días, registran un incremento de 8% y 14% respecto al concreto convencional.

Reyes y Rodríguez (2010), evaluaron la resistencia a la compresión del concreto adicionando 3%, 4% y 5% de limalla fina, respecto al peso total de la mezcla. Realizaron un diseño de mezcla de un concreto patrón de 21MPa y realizaron 60 probetas cilíndricas de 15x30cm de las cuales 15 fueron para el concreto patrón ensayadas a 7, 14 y 28 días de curado y 15 para cada muestra con los diferentes porcentajes de limalla fina adicionada y ensayadas a las mismas edades. Los resultados de los ensayos en todas las edades de curado muestran aumentos en la resistencia a la compresión siendo a los 28 días un $f'c$ promedio de 19.94 MPa para el concreto patrón, 24.89MPa para el concreto con 3% de limalla fina, 28.12MPa para un concreto con 4% de limalla fina y 26.72 MPa para el concreto con 5% de limalla fina. Estos resultados representan aumentos de 24.8%, 41% y 34% en la resistencia a la compresión respecto de la muestra patrón cuando se añade 3%, 4% y 5% de limalla fina respectivamente.

Gallo et al. (2013), estudiaron el concreto reforzado con fibras de acero, cuando está sometido a cargas de compresión, para tal objetivo lo compararon con una mezcla patrón de $f'c=25$ MPa, se realizaron 48 muestras en forma de cilindros de 150mm x 300mm, 16 muestras para concreto simple y 32 para muestras con fibras, las cuales fueron ensayadas a diferentes edades (7, 14, 28, 335 días). Las dosificaciones agregadas fueron de 15, 30 y 60kg/m³. Los resultados muestran un $f'c$ promedio de 34.59MPa para la mezcla con 15Kg/m³ de fibra de acero, 34.22 MPa para la mezcla con 30Kg/m³ de fibra de acero y 34.20 MPa para la mezcla con 60kg/m³ de fibra de acero. Concluyeron que añadir fibra de acero a la mezcla aumenta la resistencia nominal a la compresión pero se pudo observar también que a medida que se incrementó más fibras de acero, la resistencia a la compresión disminuyó muy

leventemente, esto podría ser debido al incremento de aire incorporado al momento del mezclado.

En la mayoría de las investigaciones se utilizó fibras de acero puesto que está comprobado que ayudan a mejorar las propiedades mecánicas del concreto, pero como se mencionó anteriormente eleva su costo. Las dimensiones de la fibra son variadas y oscilan entre los 30mm a 65mm de longitud con un espesor de 0.55-2mm aproximadamente. **(ASTM A820, 2017)**

Por otro lado se sabe que la Viruta de Acero es un residuo que se obtiene generalmente de las diferentes piezas metálicas en los talleres industriales del acero utilizando diferentes herramientas como el torno o las brocas con las cuales se realizan trabajos de cepillados, devastados y perforaciones. En la actualidad este material se desecha de los talleres como chatarra para volver a ser utilizado como materia prima, cuando en realidad podría reciclarse para otros usos.

El concreto es una mezcla de cualquier cemento hidráulico, agregado fino y grueso, agua y con o sin aditivos. El concreto cumple una función estructural y se puede utilizar con refuerzo de acero (Concreto Armado) o prescindiendo de éste (concreto Simple), esta diferencia depende del uso que se le va a dar. Los principales componentes que lo conforman son el cemento, que es un material pulverizado que al añadirle una cierta cantidad necesaria de agua, forma un compuesto aglomerante capaz de endurecer, el más común para usos estructurales es el cemento portland, proveniente del Clinker portland. El agregado fino, que es un material proveniente de la desintegración de las rocas de manera natural o artificial, que para ser fino debe pasar la malla 3/8". El agregado grueso, que es un material obtenido de la misma manera que el agregado fino pero que debe quedar retenido en la malla N°4. Los aditivos, que son materiales distintos a los materiales principales que se añade a la mezcla para modificar sus propiedades. **(RNE, 2017)**. El agua, que es el componente que se utiliza para generar reacciones químicas en los materiales cementantes del concreto, se admiten todas las aguas potables aunque no necesariamente es que sea buena para el concreto. **(NTP339-088)**

Los Agregados usados en el concreto comprenden aproximadamente el 75% del volumen total de la mezcla es por ello la importancia de la calidad de éstos para la obtención del producto final requerido. Uno de los principales requisitos que deben cumplir estos agregados para su uso en el concreto es su granulometría y deben estar acorde a las normas vigentes. En el **cuadro 1**, se muestran los requisitos granulométricos que debe cumplir el Agregado Fino, mientras que en el **cuadro 2**, se muestran los requisitos granulométricos del Agregado Grueso, éste último depende del tamaño máximo nominal a usar en la mezcla. (NTP 400.037)

Cuadro 1: Granulometría del Agregado Fino

| Tamiz | Porcentaje que pasa |
|--------|---------------------|
| 3/8" | 100 |
| N° 4 | 95 a 100 |
| N° 8 | 80 a 100 |
| N° 16 | 50 a 85 |
| N°30 | 25 a 60 |
| N° 50 | 5 a 30 |
| N° 100 | 0 a 10 |

Fuente: NTP 400.037

Cuadro 2: Resumen de Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso

| Huso | T.M.N. | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados | | | | | | |
|------|----------|--|--------|--------|--------|-------|------|-----|
| | | 1½ " | 1" | ¾" | ½" | 3/8" | N°4 | N°8 |
| 57 | 1" a N°4 | 100 | 95-100 | - | 25-60 | - | 0-10 | 0-5 |
| 67 | ¾" a N°4 | - | 100 | 90-100 | - | 20-55 | 0-10 | 0-5 |
| 7 | ½" a N°4 | - | - | 100 | 90-100 | 40-70 | 0-15 | 0-5 |

Fuente: NTP 400.037

Otros de los ensayos que se deben practicar a los agregados del concreto están especificados en la norma ACI 211, donde se ha desarrollado un procedimiento para realizar un diseño de mezcla para cualquiera de las resistencias a la compresión ($f'c$). En este procedimiento se utiliza una serie de tablas que necesita de algunos datos obtenidos en los ensayos de los agregados tales como el módulo de fineza, contenido

de Humedad natural, porcentaje de absorción, peso unitario suelto, peso unitario compactado y el peso específico.

La resistencia a la compresión del concreto es la forma más común de denominar los concretos y se expresa como “ $f'c$ ”. Este valor representa la capacidad que tiene el concreto para soportar las cargas axiales que se ejercen sobre él. El $f'c$ es preparado según el requerimiento en laboratorio siguiendo los lineamientos del **ACI 211** para realizar los diseños de mezcla óptimos y son verificadas por medio de pruebas a la falla en cilindros de concreto de 15x30cm a 28 días de curado a una velocidad especificada de carga. Durante el periodo de curado las probetas se mantienen sumergidas en agua para de esta manera no perder humedad y por ende no perder resistencia.

La presente investigación se realizó para conocer *¿Cuál es el efecto de la viruta de acero en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$?*

Esta investigación se justificó técnicamente porque muestra de manera implícita todos los ensayos de laboratorio que se deben realizar con los materiales a utilizar en los diseños de mezcla, así como los ensayos de compresión del concreto en estado endurecido. Del mismo modo da a conocer las normas vigentes que regulan estos procedimientos para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos mostrando una correcta interpretación de los mismos.

Además esta investigación está encaminada a contribuir a la tecnología del concreto, mostrando resultados de los ensayos realizados incluyendo a la mezcla convencional un material reciclado proveniente de los procesos industriales del acero, como es la viruta de acero. De esta manera se genera un nuevo antecedente que puede ser utilizado en futuras investigaciones sobre el tema y así promover el uso de este material.

Para dar una respuesta real en la presente investigación se propuso *evaluar el efecto de la viruta de acero en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$* , para la cual se usó el concreto convencional y el concreto al cual se le añadió 0.2%

de viruta de acero respecto del peso total de la mezcla. Para lograr nuestro objetivo principal fue necesario desarrollar un procedimiento que abarca las siguientes metas:

- Determinar las características físicas de la viruta de acero.
- Realizar el análisis físico del agregado fino y agregado grueso para obtener la granulometría, el contenido de humedad natural, módulo de finesa, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, porcentaje de absorción.
- Diseñar la mezcla de concreto convencional para $f'c=210$ kg/cm².
- Diseñar la mezcla de concreto $f'c=210$ kg/cm², añadiendo 0.2% de viruta de acero.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² convencional y el concreto añadido con 0.2% de viruta de acero.

Ya conociendo los antecedentes estudiados podemos estimar una **hipótesis** donde la viruta de acero incrementará la resistencia a la compresión del concreto superando al 10% respecto a la resistencia del concreto convencional.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de Investigación

Se utilizará el diseño Experimental Puro Factorial (2 x 3), cuyo esquema se muestra en el *cuadros 3*.

Cuadro 3: Diseño Factorial para compresión Concreto $f'c=210$ Kg/cm²

| | | Tiempo de Curado de Concreto | | |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|-----------------|-----------------|
| | | 7 días | 14 días | 28 días |
| Cantidad de Viruta de Acero Añadida | 0% VA | FC-CC210-0VA7D | FC-CC210-0VA14D | FC-CC210-0VA28D |
| | 0.2% VA | FC-CC210-2VA7D | FC-CC210-2VA14D | FC-CC210-2VA28D |

Esquema:

CC210 0.0% VA7D → Fc1
 CC210 0.2% VA7D → Fc2
 CC210 0.0% VA14D → Fc3

| | | | |
|-------|------------|---|-----|
| CC210 | 0.2% VA14D | → | Fc4 |
| CC210 | 0.0% VA28D | → | Fc5 |
| CC210 | 0.2% VA28D | → | Fc6 |

2.2. Población, Muestra y Muestreo

2.2.1. Población:

La población está conformada por la mezcla de concreto para el diseño de mezcla $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

2.2.2. Muestra:

La muestra total está conformada por 12 probetas cilíndricas de 15x30cm para ensayos de compresión del concreto.

2.2.3. Muestreo:

La muestra está conformada por 6 probetas sin viruta de acero, 6 probetas con 0.2% de viruta de acero, tal como se muestra en el *cuadro 4*.

Cuadro 4: Cantidad de Probetas Cilíndricas 15x30 cm

| $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ | N° de Probetas por días de curado | | | TOTAL |
|--------------------------|-----------------------------------|---------|---------|-----------|
| | 7 días | 14 días | 28 días | |
| 0% VA | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 0.2% VA | 2 | 2 | 2 | 6 |
| TOTAL | | | | 12 |

2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, Validez y Confiabilidad

2.3.1. Técnicas:

Se utilizará la técnica de Observación experimental.

2.3.2. Instrumentos:

Los instrumentos a utilizar son Fichas de Observación como el Certificado de rotura de ensayo de compresión.

- **Certificado de Rotura:** En este instrumento se tomara nota de lo que se observa el día del ensayo de rotura que se practique a las muestras, identificando la edad de las probetas, la carga aplicada, la sección de la muestra y la resistencia obtenida. (*Anexo 1*).

2.3.3. Validez y confiabilidad:

La ficha de certificación de rotura fue elaborada por el laboratorio GECONSAC (*Anexo 1*).

2.4. Procedimientos:

- Estudio de Cantera: Cantera BAUNER S.A.
 - Localización y accesibilidad, la cantera se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Trujillo a una distancia de 30 km, el tiempo de recorrido es de 01 hora aproximadamente en volquete.
 - Cantidad y Calidad, los agregados son preparados a través de procesos mecánicos de zarandero y chancado de forma maquinada y actualmente cuentan con certificados de calidad que reflejan el cumplimiento normativo para ser usado como agregados de construcción, pero en esta investigación de realizaran los ensayos correspondientes para corroborar esta información.
 - Explotación y Preparación, la explotación de los agregados se realiza a tajo abierto utilizando maquinaria pesada y se puede encontrar en ella, arena fina, arena gruesa, gravillas, piedra mediana, piedra grande, piedra chancada. Cabe mencionar que esta cantera es una de las principales abastecedoras de agregados para las obras de construcción de la ciudad de Trujillo, Chicama y alrededores.

Para la realización da la presente investigación se hicieron los siguientes ensayos:

- Extracción y preparación de los Agregados(NTP 400.010)
- Granulometría de los agregados (NTP 400.012)
- Contenido de humedad de los Agregados (NTP 339.185)

- Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino. (NTP 400.022)
- Peso Específico y porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.021)
- Diseño de Mezcla (ACI 211)
- Ensayo de Asentamiento con el cono de Abrams (NTP339.035).
- Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP339.033)
- Ensayo de Compresión de Concreto. (NTP 339.04, ASTM C39)

2.5. Métodos de análisis de datos

Para procesar la información obtenida en los ensayos, se creará una base de datos en Microsoft Excel, donde se obtendrán tablas y/o figuras que faciliten el entendimiento de los resultados.

2.6. Aspectos éticos

El presente proyecto se basa en el uso fiel de las normas Peruanas e internacionales de acuerdo a los procedimientos indicados y sin ninguna manipulación de datos.

III. RESULTADOS

A continuación se muestran todos los resultados obtenidos, siguiendo paso a paso las metas establecidos en la metodología del trabajo

3.1. Características físicas de la viruta de acero

En la *figura 1* se muestra la Viruta de Acero usada en esta investigación que fue de tipo ondulada en espiral de 35mm de longitud, y un espesor de 2mm aproximadamente.

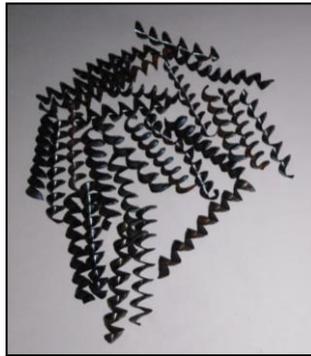


Figura 1: Características físicas de la viruta de acero

3.2. Características físicas de los agregados

En las *figuras 2 y 3* se muestran las granulometrías obtenidas del agregado fino y agregado grueso, respectivamente. Además en el *cuadro 5* se presenta las principales características de cada agregado que son necesarias para proceder a realizar el diseño de mezcla.

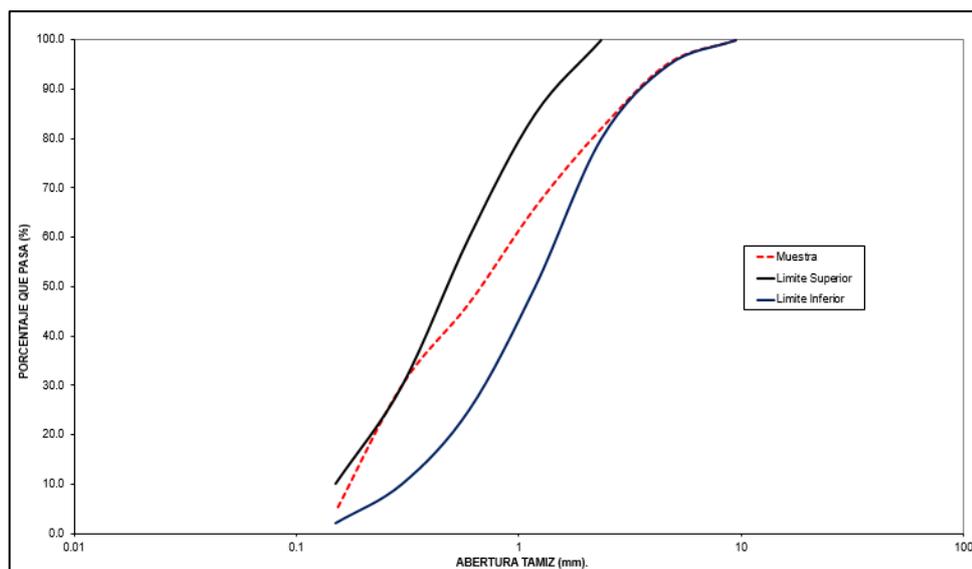


Figura 2: Granulometría del agregado fino (Especificación NTP 400.037)

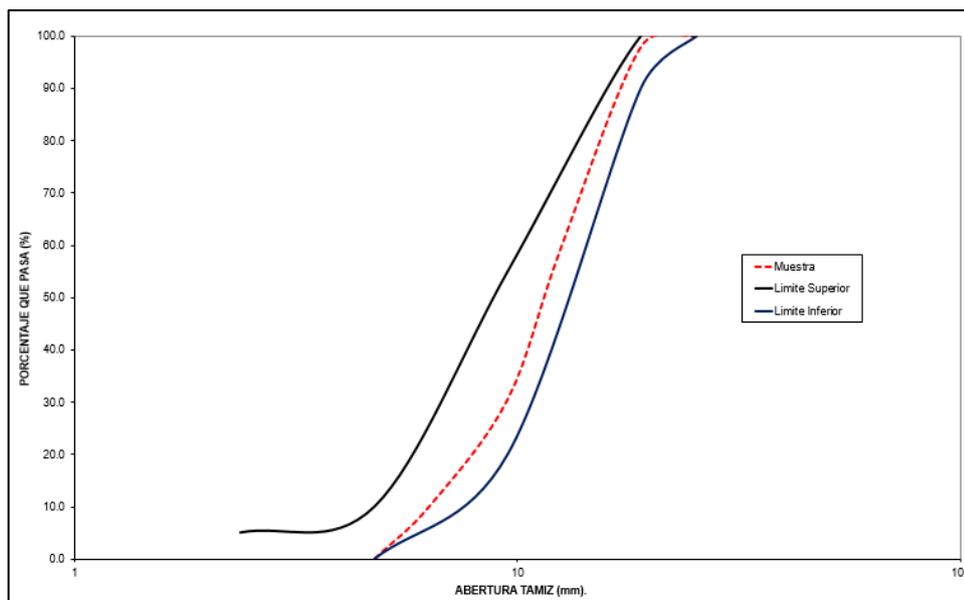


Figura 3: Granulometría del agregado grueso (Especificación H67 NTP400-037)

Cuadro 5 Características físicas de los agregados.

| Agregado | Arena Gruesa | Piedra Chancada ½" |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| Características | | |
| Contenido de Humedad | 0.6% | 0.04% |
| Módulo de Finesa | 2.75 | 6.85 |
| Peso unitario suelto | 1625 kg/m ³ | 1499 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | 1848 kg/m ³ | 1631 kg/m ³ |
| Peso Específico | 2546 kg/m ³ | 2686 kg/m ³ |
| Porcentaje de Absorción | 1.38 % | 1.14 % |

3.3. Diseños de mezcla de concreto convencional

Los diseños de mezcla se realizaron de acuerdo al procedimiento del ACI 211. Las proporciones calculadas se muestran en el **cuadro 6** para el concreto convencional $f'c=210$ kg/cm².

Cuadro 6: Diseño de mezcla concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$

| Material | Proporción en Peso (kg) | Proporción en Peso por m^3 | % de la mezcla |
|--------------------|----------------------------|--|----------------|
| Cemento | 1 | 387 | 16.48 |
| Agua | 0.6 | 232 | 9.88 |
| Arena Gruesa | 2.1 | 823 | 35.05 |
| Piedra Chancada ½" | 2.3 | 906 | 38.59 |
| TOTAL | | 2348 | 100 |

3.4. Diseños de mezcla de concreto con viruta de acero

La viruta de acero se añadió a los diseños de mezcla convencionales en función al peso total de la mezcla en proporciones de 0.2%, siendo la proporción que se muestran a continuación en la **cuadro 7** para los concretos $f'c=210\text{ kg/cm}^2$.

Cuadro 7: Proporción en Kg por m^3 de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2 + \%VA$

| Material | + 0.2%VA |
|--------------------|----------|
| Cemento | 387 |
| Agua | 232 |
| Arena Gruesa | 823 |
| Piedra Chancada ½" | 906 |
| Viruta de Acero | 4.7 |

3.5. Resistencia a la compresión para concreto $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$

Para este ensayo se realizó la rotura de 12 probetas cilíndricas de 15cm x30cm tanto para concreto convencional como para los concretos con viruta de acero, todos los resultados se muestran en el **cuadro 8**. Además para una mejor apreciación y entendimiento en la **figura 4** se observa la curva de evolución de la resistencia del concreto según los días del curado para el concreto y por otro lado en la **figura 5** se muestra la resistencia obtenida según la proporción de viruta de acero añadida.

Cuadro 8: Promedios de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm²

| Mezcla | Resistencia a la Compresión (kg/cm ²) | | | | | |
|-----------------|---|--------|---------|--------|---------|--------|
| | 7 días | % Obt. | 14 días | % Obt. | 28 días | % Obt. |
| CC210 + 0.0% VA | 129.76 | 61.79 | 172.14 | 81.97 | 217.11 | 103.39 |
| CC210 + 0.2% VA | 119.85 | 57.07 | 174.09 | 82.90 | 238.05 | 113.36 |

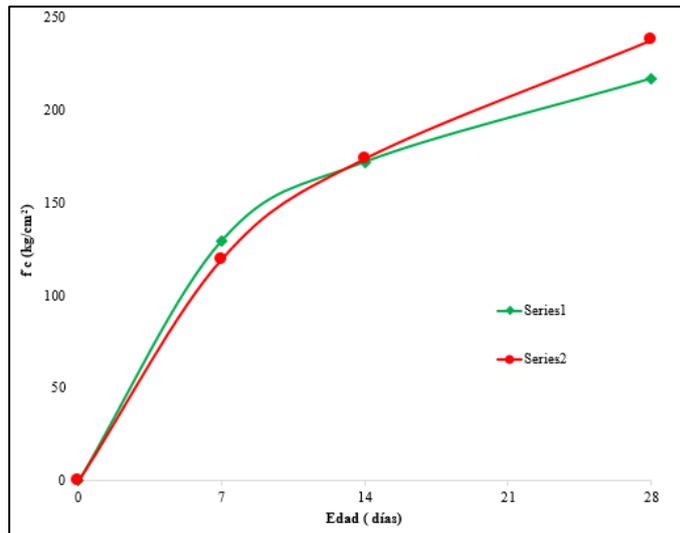


Figura 4: Evolución de la resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² + % VA según el tiempo de curado

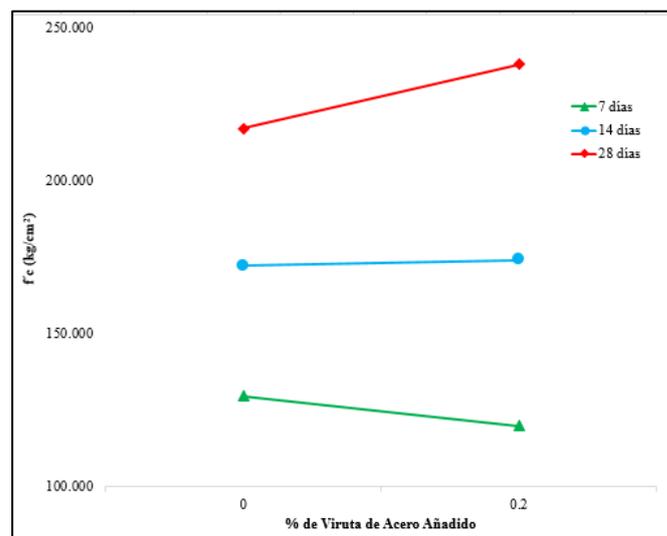


Figura 5: Resistencia a compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² según el porcentaje de viruta de acero añadido.

IV. DISCUSIÓN

Resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a la compresión para cualquiera de los diseños de concreto a los 28 días muestran un aumento proporcional cuando se añaden 0.2% de viruta de acero respecto del peso.

El concreto de diseño $f'c=210$ kg/cm² a los 07 días obtuvo una resistencia de 61.79% para la muestra patrón, mientras que a medida que se añadió 0.2%, de viruta de acero, las resistencias al alcanzó 57.07%, de la resistencia de diseño respectivamente. Las muestras ensayadas a los 14 días alcanzaron 81.97% para la muestra patrón y para las muestra con 0.2%, de viruta de acero, el valor obtenido fue de 82.9%, de la resistencia de diseño. Del mismo modo a la edad de 28 días la muestra patrón obtuvo un 103.39% de la resistencia de diseño, mientras que la muestra con 0.2%, de viruta de acero, obtuvo 113.36%. Por su parte Reyes y Rodríguez (2010) en su investigación donde añadieron 3%, 4%, 5% de limalla fina de acero a un concreto convencional de 21MP determinaron también que las resistencias obtenidas de las muestras con cada porcentaje de viruta de acero añadidas fueron de 124.8%, 141% y 134% respecto de la muestra de diseño, evidenciándose de esta manera que la resistencia aumenta cuando se añade una cierta cantidad de viruta de acero.

V. CONCLUSIONES

La viruta de Acero usada en la investigación fue de tipo ondulada de 35mm de longitud y 2mm de espesor ideal para el agregado de ½”

Los agregados usados en la presente investigación cumplieron con las normas peruanas y con ellas se obtuvieron diseños de mezcla que cumplieron con la evolución de la resistencia esperada.

El diseño de mezcla para el concreto de diseño $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días obtuvo una resistencia de 217.11 kg/cm^2

El diseño de mezcla $f'c=210\text{kg/cm}^2 + 0.2\% \text{ VA}$, corresponde a 516 grs de viruta de acero por bolsa de cemento.

La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto de diseño $f'c=210\text{kg/cm}^2 + 0.2\% \text{ VA}$ fue de 238.045 kg/cm^2 .

VI. RECOMENDACIONES

Para una mayor trabajabilidad del concreto se recomienda usar un aditivo plastificante a medida que se añaden mayores porcentajes de viruta de acero.

Se recomienda usar el concreto obtenido de la preparación óptima en elementos estructurales sin responsabilidad sísmica debido a que estos elementos por lo general llevan en si una cuantía elevada de acero de refuerzo y la viruta de acero podría obstruir el paso del concreto, generando vacíos.

Se recomienda usar la esta mezcla en losas de piso, veredas, sardineles, debido a que el acero podría cumplir la función de acero de temperatura, disminuyendo los cambios volumétricos y por si evitar la presencia de fisuras en los acabados finales.

Se recomienda también continuar con la investigación añadiendo mayores porcentajes de viruta de acero a la mezcla para realizar ensayos de compresión y comprobar si existen mejores resultados que ofrezcan aumentos significativos.

Del mismo modo se recomienda realizar ensayos de flexión al concreto para saber si la viruta de acero también ofrece cambios favorables en su resistencia.

REFERENCIAS

- RUIZ, Valencia, RODRIGUEZ y LEÓN, Neira. Estudio del comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto para pavimentos reforzada con fibras metálicas. Ingeniería de construcción. [En línea] Volumen 32, n° 2, Agosto 2017. [Fecha de consulta: 09 de octubre del 2018]
Disponible en: <http://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v32n2/en art04.pdf>
ISSN: 0718-5073
- CARRILLO, Julián y SILVA-PÁRAMO, Diego. Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero. Ingeniería. Investigación y tecnología. [En línea] Volumen 17, n°3, Julio-Setiembre 2016. [Fecha de consulta: 09 de octubre del 2018]
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40446487003>
ISSN: 1405-7743
- PACHECO Cruzado, German Agustín. Resistencia a compresión axial del concreto $f_c=175$ kg/cm² incorporando diferentes porcentajes de viruta de acero ensayadas a diferentes edades, UPN – 2016. Tesis (Título de ingeniero civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Civil, 2016. 130pp.
- RUIZ, Daniel, RAMIREZ, Claudia y LOGREIRA, Laura. Evaluación del comportamiento de vigas en voladizo de concreto reforzado con fibras ante la aplicación de cargas cíclicas. Ingeniería de la construcción. [En línea] Volumen 30, n°1, Abril 2015. [Fecha de consulta: 09 de Octubre de 2018]
Disponible en: <http://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v30n1/art02.pdf>
ISSN: 0718-5073
- CARRILLO, Julián, APERADOR, William y GONZÁLES, Giovanni. Correlaciones entre las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras

de acero. Ingeniería. Investigación y Tecnología. [En línea] Volumen 14, n°3, Julio-Setiembre 2013. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2018]

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40428278013>

ISSN: 1405-7743

- GALLO-ARCINIEGAS, Lina, GONZÁLES, Giovanni y CARRILLO, Julián. Comportamiento del concreto reforzado con fibras de acero zp-306 sometido a esfuerzos de compresión. [En línea]. Volumen 23, n°1, 2013. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2018]
Disponible en: <https://scielo.org.co/pdf/cein/v23n1/v23n1a8.pdf>
ISSN: 0124-8170
- REYES Bautista, Juan y RODRIGUÉZ Pineda, Yamid. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla. Tesis (título de ingeniero civil). Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Civil, 2010. 147pp.
- MINISTERIO de Construcción y Vivienda (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Concreto Armado. Norma E060. (Perú,2017)
- AMERICAN Concrete Institute (ACI). Technical Standard ACI211. United States 2017.
- AMERICAN Society of Testing Materials (ASTM). Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete. Technical Standard A820. United States 2017.
- AMERICAN Society of Testing Materials (ASTM). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Technical Standard C39. United States 2017.

- AMERICAN Society of Testing Materials (ASTM), Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Third - Point Loading). Technical Standard C78. United States 2017.
- AMERICAN Society of Testing Materials (ASTM), Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center - Point Loading). Technical Standard C293. United States 2017.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Extracción y preparación de las muestras. 400.010. Lima, Perú 2001.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 400.037. Lima, Perú 2018.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 400.012. Lima, Perú 2001.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 339.185. Lima, Perú 2018.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 400.017. Lima, Perú 2011.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Método de ensayo normalizado peso específico y absorción del agregado fino. 400.022. Lima, Perú 2013.
- NORMA Técnica Peruana (NTP), Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 400.021. Lima, Perú 2013.

Anexo 2: Panel fotográfico

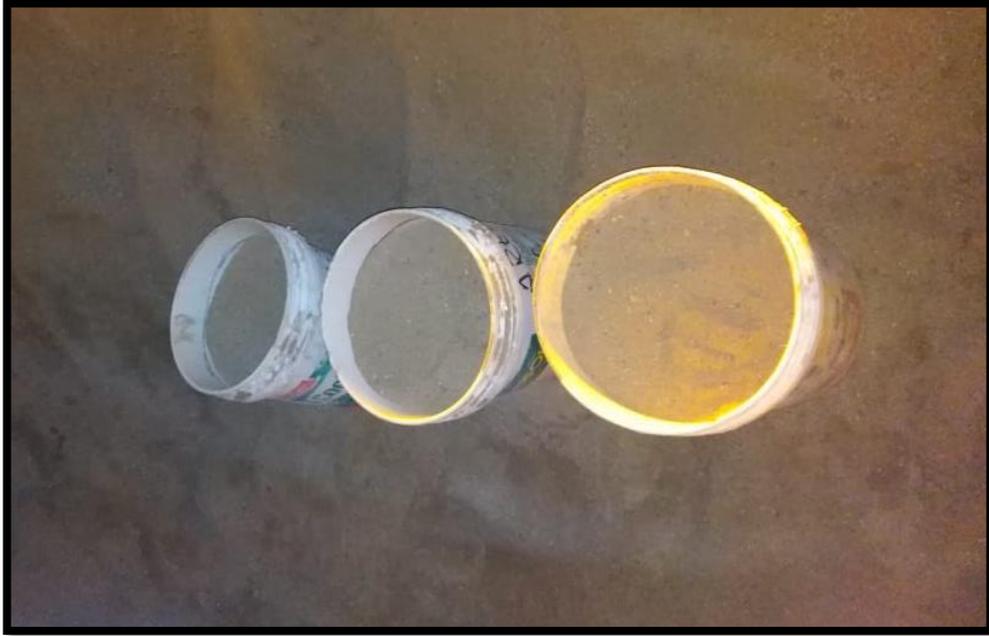
Recolección de la viruta de acero



Seleccionando la viruta de acero



Recolección de viruta de acero



Agregado fino que se ha utilizado



Agregado grueso que se ha utilizado



Cemento con el que se trabajo



Materiales para ensayo de agregados



Preparación de probetas



Realizando los ensayos de Compresión