

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**PROPIEDADES MECÀNICAS DE CONCRETO CON  
VIRUTA DE ACERO EN REEMPLAZO PARCIAL DEL  
AGREGADO FINO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. TOVAR CONDORI, JHORDI LUIS**

**Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y**

**Procesos**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO - PERÚ**

**2021**

# **FALSA PORTADA**

---

**ING. FABIAN BRAÑEZ ALCIDES LUIS**

ASESOR

## **Dedicatoria**

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres pues sin ellos no lo hubiera logrado, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Han trabajado duro por tanto este logro en gran parte es gracias a ustedes que he logrado concluir con éxito este proyecto que en un principio parecía imposible.

Autor

## **Agradecimiento**

Agradezco a mis maestros quienes fueron mentores durante la formación profesional dentro de la Universidad Peruana Los Andes en la facultad de Ingeniería, especialmente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Asimismo, agradecer a mi asesor que incansablemente brindó el soporte para realizar una investigación de calidad.

Finalmente, quiero agradecer a mis familiares y compañeros por su apoyo y entrega durante todos los años de estudio. Sin su apoyo hubiera sido complejo culminar la carrera.

Jhordi

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA**

**PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**

**SECRETARIO GENERAL**

## Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Índice.....	7
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	13
Introducción.....	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2. Formulación del problema.....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problemas específicos.....	17
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Social.....	17
1.3.2. Teórica.....	18
1.3.3. Metodológica.....	18
1.4. Delimitación del problema.....	18
1.4.1. Delimitación espacial.....	18
1.4.2. Delimitación temporal.....	18
1.4.3. Delimitación conceptual o temática.....	19
1.5. Objetivos.....	19
1.5.1. Objetivo general.....	19
1.5.2. Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	23
2.2. Marco conceptual (de las variables y dimensiones).....	28

2.3.	Bases Teóricas o Científicas .....	29
2.3.1.	Aplicación de viruta de acero en el diseño de concreto .....	29
2.3.2.	Propiedades mecánicas .....	44
2.4.	Hipótesis .....	47
2.4.1.	Hipótesis general .....	47
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	47
2.5.	Variables .....	48
2.5.1.	Definición conceptual de la variable .....	48
2.5.2.	Definición operacional de la variable .....	48
2.5.3.	Operacionalización de la variable .....	48
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....		50
4.1.	Método de investigación .....	50
4.2.	Tipo de investigación .....	50
4.3.	Nivel de investigación .....	50
4.4.	Diseño de la investigación .....	51
4.5.	Población y muestra .....	51
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	52
4.6.1.	Técnicas de recolección de datos .....	52
4.6.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	52
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	52
4.8.	Aspectos éticos de la Investigación .....	53
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....		54
5.1.	Descripción de resultados .....	54
5.1.1.	Resistencia a la compresión .....	54
5.1.2.	Resistencia a la flexión .....	57
5.1.3.	Resistencia a la tracción diametral .....	60
5.2.	Contrastación de hipótesis .....	61
5.2.1.	Prueba de la primera hipótesis específica .....	62
5.2.2.	Prueba de la segunda hipótesis específica .....	65
5.2.3.	Prueba de la tercera hipótesis específica .....	68
5.2.4.	Prueba de la hipótesis general .....	71

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	73
CONCLUSIONES .....	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS.....	85
Anexo 1 Matriz de Consistencia .....	86
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables .....	88
Anexo 3 Instrumento de investigación .....	89
Anexo 5 Información para el procesamiento de datos.....	112
Anexo 5 .....	113
Información para el procesamiento de datos.....	113

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Operacionalización de las variables .....	49
<b>Tabla 2</b>	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) por días.....	54
<b>Tabla 3</b>	Promedio Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ).....	55
<b>Tabla 4</b>	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) por días .....	57
<b>Tabla 5</b>	Promedio Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ).....	58
<b>Tabla 6</b>	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> ).....	60
<b>Tabla 7</b>	Prueba ANOVA para compresión .....	62
<b>Tabla 8</b>	Test de Tukey entre grupos para compresión .....	63
<b>Tabla 9</b>	HSD de Tukey para compresión.....	64
<b>Tabla 10</b>	Prueba ANOVA para flexión .....	65
<b>Tabla 11</b>	Test de Tukey entre grupos para flexión .....	66
<b>Tabla 12</b>	HSD de Tukey para flexión.....	67
<b>Tabla 13</b>	Prueba ANOVA para tracción.....	68
<b>Tabla 14</b>	Test de Tukey entre grupos para tracción .....	69
<b>Tabla 15</b>	HSD de Tukey para tracción.....	70

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Proceso para el diseño de mezcla .....	43
<b>Figura 2</b> Resultados porcentuales del % de viruta de acero en resistencia a la compresión, por días.....	55
<b>Figura 3</b> Resultados porcentuales del promedio de resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	56
<b>Figura 4</b> Resultados porcentuales del % de viruta a la resistencia a la flexión .....	57
<b>Figura 5</b> Resultados porcentuales del promedio de resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ).....	59
<b>Figura 6</b> Resultados porcentuales del promedio de resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	60

## Resumen

La investigación planteó como objetivo principal determinar cómo la aplicación de viruta de acero en el diseño de concreto influye en las propiedades mecánicas. Para tal fin, este estudio es de tipo aplicado y de nivel explicativo en el que se emplea un diseño experimental – factorial y como técnicas. Asimismo, se experimentaron cuatro diseños de concreto con 0%; 5%, 10% y 15% de viruta de acero. Los resultados principales, evidenciaron que el promedio de la resistencia a la compresión para el diseño con 0%, 5%, 10% y 15% fue de 200.38; 216.56; 224.52 y 214.61 kg/cm<sup>2</sup>. No obstante, las diferencias no fueron significativas (sig. ANOVA > 0.05), ya que las pruebas post hoc de Tukey, mostraron que los 4 diseños evaluados pertenecieron a un mismo subconjunto. En cuanto a la resistencia a la flexión, la media fue de 47.17; 50.95; 52.36; y 49.53 kg/cm<sup>2</sup>, para los diseños de concreto con 0%; 5%, 10% y 15% respectivamente. Asimismo, se encontró que las diferencias entre los diseños fueron significativas, corroborando que entre el diseño con 10% de viruta fue diferente al resto (sig. ANOVA=0.00). Para la resistencia a la tracción diametral los valores para el diseño con 0%; 5%, 10% y 15% fueron de 27.78; 30.28; 31.39 y 29.72 kg/cm<sup>2</sup>. La prueba ANOVA y Post Hoc de Tukey, confirmaron que las diferencias fueron significativas (sig.=0.00). Por otro lado, el trabajo concluye señalando que emplear viruta de acero como reemplazo de agregado fino resulta ser mucho más económico. En conclusión, se demostró que al aplicar la viruta de acero siendo reciclado no solo mejora el aspecto económico, también influye en la flexión y tracción, siendo propiedades importantes del concreto para asegurar una buena construcción de la estructura. En el caso de la compresión, no existió una gran influencia.

Palabras clave: Propiedades mecánicas, diseño de concreto, flexión, compresión, tracción, viruta de acero, agregado fino.

## **Abstract**

The main objective of the research was to determine how the application of steel shavings in concrete design influences the mechanical properties. For this purpose, this study is of an applied type and explanatory level in which an experimental design - factorial and as techniques is used. Likewise, four concrete designs with 0% were experimented; 5%, 10% and 15% of steel shavings. The main results showed that the mean compressive strength for the design with 0%, 5%, 10% and 15% was 200.38; 216.56; 224.52 and 214.61 kg / cm<sup>2</sup>. However, the differences were not significant (sig. ANOVA > 0.05), since Tukey's post hoc tests showed that the 4 evaluated designs belonged to the same subset. Regarding flexural strength, the average was 47.17; 50.95; 52.36; and 49.53 kg / cm<sup>2</sup>, for concrete designs with 0%; 5%, 10% and 15% respectively. Likewise, it was found that the differences between the designs were significant, corroborating that the design with 10% chip was different from the rest (sig. ANOVA = 0.00). For the diametral tensile strength the values for the design with 0%; 5%, 10% and 15% were 27.78; 30.28; 31.39 and 29.72 kg / cm<sup>2</sup>. The ANOVA test and Tukey's Post Hoc confirmed that the differences were significant (sig. = 0.00). On the other hand, the work concludes by pointing out that using steel shavings as a replacement for fine aggregate turns out to be much cheaper. In conclusion, it was shown that when applying the steel shavings being recycled not only improves the economic aspect, it also influences the bending and traction, being important properties of the concrete to ensure a good construction of the structure. In the case of compression, there was no great influence.

Keywords: Mechanical properties, concrete design, bending, compression, tension, steel chip, fine aggregate.

## Introducción

En la presente tesis titulada “PROPIEDADES MECANICAS DE CONCRETO CON VIRUTA DE ACERO EN REEMPLAZO PARCIAL EN REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO” surge de la problemática que en la región Junín –Huancayo hay bastante crecimiento en el sector de la construcción por ello se ve que el concreto es un material muy importante , por lo cual se requiere mejorar las propiedades de esta, siendo así que se recurre a los depósitos que son los talleres mecánicos en donde no tienen un buen manejo y disposición de las virutas de acero. Situación por lo cual, y por lo ya expuesto esta investigación pretende demostrar la influencia de la aplicación de viruta de acero en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino, para lo cual se realizó el reemplazo parcial del agregado fino en porcentajes de 0% ,5%, 10%, y 15% a fin de medir las propiedades mecánicas del concreto tales como la compresión, flexión y tracción.

En el capítulo 1 se presentó al problema donde está la delimitación de los problemas la justificación y los objetivos. En el capítulo 2 se encuentra el marco teórico conformado por los antecedentes, bases teóricas y el marco conceptual. En el capítulo 3 presenta la hipótesis. En el capítulo 4 se encuentra la metodología, tipo, nivel, diseño, población y técnicas aplicadas. En el capítulo 5 se encuentran los resultados de cada variable y dimensión además de la contrastación de hipótesis. Seguidamente se presentan al análisis y discusión de las conclusiones, recomendaciones y referencias.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El concreto es un material muy conocido en el área de construcción; es definido por Solís et al. (2012) como una piedra de naturaleza artificial que se basa en esfuerzos internos que dan equilibrio a las cargas y otras funciones involuntarias que tienen las construcciones. Este material que cuenta con una gran capacidad para resistir a la compresión, también presenta deficiencias mecánicas como la poca resistencia a la flexión, que puede notarse en las grietas sobre elementos estructurales como placas, losas, columnas, cimientos, entre otros, que se da por las variaciones volumétricas del concreto (Patiño & Mendez, 2016). Para Martínez et al. (2015) si bien este problema no representa un gran peligro, si resulta perjudicial para la economía del constructor, que muchas veces se ve en la obligación de recurrir a costos adicionales para corregir las fallas ya mencionadas.

Según lo afirmado por Carrillo et al. (2013), en la actualidad, para aumentar la resistencia frente a la compresión y flexión por parte del concreto puede agregarse las fibras de acero a la mezcla del concreto ya que estas hacen que se confine al estar sometido a compresión, disminuyendo la relación de Poisson, e incrementando la resistencia a la flexión y su deformación unitaria según se aumente las fibras de acero.

Si bien existen autores como Farfán et al. (2019) que indican que agregar fibras de acero al concreto resulta costoso – lo cual espanta el interés de las personas por recurrir al uso de este material, ya que la mayoría busca economizar – es preciso mencionar que el uso de la viruta de acero es importante y recomendable, desde una perspectiva ambiental. Martínez et al. (2014) consideran que el impacto ambiental cada vez es más notorio; por ello, en la actualidad hay mucha preocupación por sacar provecho a todo lo que genera el ser humano,

sobre todo a sus desperdicios que afectan al medio ambiente, como los desechos producidos por las empresas industriales y mineras, como el cartón, aceites, disolventes, lubricantes, o restos de materiales de acero como planchas, limaduras, vigas, polvillo, etc.; es así que el reciclaje de la viruta de acero se puede percibir como practica eco amigable y económica en beneficio del constructor.

Schey (2000) indica que la viruta de acero es como una hoja de acero que puede extraerse con el torno cuando se realiza el proceso de maquinado, y que es una representación de la pérdida. Manrique (2018) agrega que las principales ventajas de la viruta de acero es la mejora de los niveles de resistencia, compresión, flexión, tenacidad y ductilidad; es decir, optimiza sus niveles de capacidad portante. Por otro lado, permite disminuir los costos ya que el volumen del material se ve disminuido. Asimismo, considerando sus particularidades isotrópicas, es recomendable para cargas que no tienen punto de aplicación establecida.

En base a lo anterior, se considera que la viruta de acero puede ser empleada en el concreto estructural como un reemplazo del agregado fino ya que es un material que no cuesta mucho y que puede obtener con facilidad, pero sobre todo puede aumentar la mejora de los aspectos mecánicos que el concreto tiene. De acuerdo a ello, surge la pregunta siguiente que dará direccionalidad a la investigación: ¿Cómo la aplicación de viruta de acero en el diseño de concreto influye en las propiedades mecánicas?

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye la aplicación de viruta de acero en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto influye en la resistencia a la compresión del concreto?
- ¿Cómo la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto influye en la resistencia a la flexión del concreto?
- ¿De qué manera la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto influye en la resistencia a la tracción del concreto?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social**

Socialmente hablando, el estudio se desarrolló porque se considera importante reemplazar el agregado fino con otro tipo de insumo como la viruta de acero buscando que se mejoren las propiedades del concreto y reducir los costos, a largo plazo y así brindar al sector de construcción una opción más para el diseño de infraestructuras. Se consideró que, con lo obtenido, se determinó cómo influye en sus propiedades.

### **1.3.2. Teórica**

Desde un enfoque teórico, el estudio resalta su aporte a la comunidad científica determinando la influencia entre ambas variables. La teoría utilizada, que procede de las diversas fuentes bibliográficas, así como los resultados que se hallen y las conclusiones que se definan pueden ser utilizados como antecedentes en futuros estudios que tengan el mismo objetivo planteado en esta investigación.

### **1.3.3. Metodológica**

Metodológicamente hablando, el estudio desarrolló una ficha de observación como instrumento de recolección de datos para evaluar las propiedades mecánicas del concreto. Emplear el instrumento en mención evidenció que fue bien elaborada y que cuenta con los indicadores adecuados para realizar el proceso de observación. Asimismo, se espera que, con su posterior uso en posteriores estudios, similares a este, se garantice su funcionalidad.

## **1.4. Delimitación del problema**

### **1.4.1. Delimitación espacial**

Acorde al objetivo principal de la investigación, la recolección de datos se llevó a cabo en Huancayo, Junín.

### **1.4.2. Delimitación temporal**

El estudio fue desarrollado entre junio y noviembre del 2021. Son, en total, seis meses los que tomarán culminar el estudio, teniendo en consideración que se realizó la fundamentación del problema, la revisión de fuentes bibliográficas académicas, la definición de la metodología de investigación, la aplicación de instrumentos, la

realización de la prueba de hipótesis, la elaboración de las conclusiones y recomendaciones, y la exposición de anexos.

#### **1.4.3. Delimitación conceptual o temática**

La investigación estuvo delimitada, en lo conceptual, por el uso de las dos variables:

- Propiedades mecánicas de concreto
- Viruta de acero

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Demostrar la influencia de la aplicación de viruta de acero en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino.

#### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Estimar la influencia de la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto.
- Identificar la influencia de la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en la resistencia a la flexión del concreto.
- Estimar la influencia de la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en la resistencia a la tracción del concreto.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

Rojales et al., (2021) publicaron la revista científica titulada, “adiciones de fibras de acero para mejorar las propiedades mecánicas del concreto: una revisión literaria”. El objetivo fue, mostrar y discutir la incidencia de la adición de fibras de acero sobre las propiedades mecánicas del concreto.

Efectuó la revisión sistemática de 50 artículos publicados e indexados en bases de datos que se distribuyen en 12 artículos de Scopus, 6 de EBSCO, 6 de ProQuest, 11 de ScienceDirect, 13 de Scielo y 03 de Redalyc, referente al concreto con fibras de acero, y como estas mejoran las propiedades mecánicas del concreto, como criterio de inclusión se consideraron artículos publicados entre los años 2010 al 2021. Según el artículo, se presenta los cambios en la trabajabilidad, resistencia a la compresión, flexión, tracción, corte, torsión, a altas temperaturas y la resistencia al agrietamiento. Finalmente, se concluye que el cambio de las propiedades mecánicas dependerá de los porcentajes de adición y la forma de la fibra siendo la fibra corrugada con la que se tienen mejores efectos de reforzamiento, disminuyendo la trabajabilidad de las mezclas.

Riveros y Vilca (2021) llevó a cabo la tesis titulada “Propuesta de diseño de las propiedades mecánicas del concreto con adición de viruta de acero fundido en reemplazo parcial del agregado fino”, para obtener su título de Ingeniero Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Lima.

Su estudio buscó hacer un análisis de los aspectos físicos que tuvieron al agregar la viruta de acero en tres proporciones (3, 6 y 9%).

Entonces fue aplicada en el tipo, descriptivo en el nivel, con un diseño experimental. Los resultados señalaron que la porción del 6% de agregado de la viruta fue lo más resistente, el de 9% tuvo menos resistencia. De esta manera concluye que la viruta de acero mejora la resistencia mecánica a las mezclas que se componen del 6% del material; por otro lado, también se concluyó que con el empleo de la viruta en la composición del diseño de mezcla se podrá aportar al medio ambiente ya que el agregado fino requiere cantidades de combustible.

Aroñe (2020) realizó la tesis de investigación “Influencia de la viruta de acero y concreto reciclado en la resistencia a la compresión por unidad y pila de ladrillos de concreto convencional. Lima 2020”, para optar su titulación de Ingeniero Civil de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, Lima.

Su fin fue hacer una comparación técnica de los ladrillos de concreto con virutas de acero y un concreto convencional con reciclado. Fue tipo aplicada y de nivel descriptivo – comparativo, en el que se empleó un diseño cuasi experimental. Los resultados expusieron que los ladrillos elaborados con la mezcla de virutas de acero en un 10% y concreto reciclado es más resistente que el concreto elaborado con materiales convencionales. De este modo se concluyó el estudio afirmando que la viruta usada en la mezcla es beneficiosa para la resistencia del ladrillo; por otro lado, se concluye también que el concreto que se elaboró con virutas de acero fue más resistente a la compresión al obtener valores de 87 kg/cm<sup>2</sup>, 96 kg/cm<sup>2</sup> y 116 Kg/cm<sup>2</sup> al ser elaboradas después de 7, 14, y 28 días, respectivamente.

Espinoza (2018) realizó la tesis de investigación “Resistencia de Concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con Sustitución del 10% del Agregado Fino por Viruta Metálica”, para titularse como Ingeniero Civil de la

Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad San Pedro, Cajamarca.

El fin de la tesis fue conocer cómo influye en la resistencia que tiene el hormigón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> usando agregados como la viruta metálica al agregado fino. Para ello, fue aplicado, de diseño cuasi experimental y siguió un proceso que empezó con la preparación de la mezcla de concreto resistir a la compresión y luego se sustituyó el 10% de la mezcla con viruta de metálica para realizar las pruebas respectivas después de 7, 14, y 28 días. Los resultados que se obtuvieron dejaron saber que cuando el 10% de la mezcla fue sustituida por viruta metálica se incrementaron su resistencia en un 5.68%, en el caso de los prototipos con 7 días de curado; en un 8.63% en prototipos con 14 días de curado; y en un 5.62% en los prototipos con 28 días de curado. Con estos resultados se concluyó la investigación afirmando que los concretos en los que se incorpora viruta en el 10% de composición total, mejoran su resistencia en comparación con el concreto que es elaborado con materiales convencionales.

Bellido (2018) es la autora de la investigación “Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera”, realizada como requisito para que obtenga su titulación como Ingeniera Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, Lima.

Su objetivo fue evaluar la mecánica del hormigón incorporándose virutas de madera en determinados porcentajes del cemento. Para tal propósito, se realizó un estudio en el que, en primer lugar, se realizó la caracterización de agregados según la NTP, después la mineralización de la viruta de madera, y finalmente el diseño de la mezcla haciendo uso del método ACI211.1. El concreto fue preparado con 30% de viruta, con 60% de viruta, y con 90%; siendo un

total de 120 prototipos los elaborados para realizar las pruebas. Se evidenció que cuando se incorpora virutas de madera se reduce el peso hasta en un 71.26% y se puede resistir a la compresión. De este modo, se concluyó que aumentar las virutas de madera si mejora su peso; sin embargo, la resistencia a la flexión disminuye en los tres tipos, al igual que la resistencia a la tracción.

Durand y Leiva (2018) son los autores del estudio “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto, reemplazando el agregado fino por viruta de acero en porcentajes de 7 %, 8 % y 9 % con respecto de un concreto patrón, con agregados de las canteras de Vicho y Cunyac”, realizado para titularse como Ingenieros Civiles de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, Cusco.

El propósito del estudio fue evaluar, a través de experimentos, cómo se comporta el concreto al sustituir al agregado fino por viruta de acero concerniente a la resistencia a tracción, compresión, elasticidad, rotura; desarrollándose tres proporciones (7%, 8% y 9%) los cuales sustituyeron al agregado fino de acuerdo al peso, siguiendo las estipulaciones del método ACI. Los resultados dejaron saber que, al agregar viruta de acero, tiende a resistirse mejor en la tracción y compresión ya que sus valores de resistencia se ven incrementados. Es así que se concluye que la resistencia se mejora con la viruta de acero agregada.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Díaz y Mogollón (2020) realizaron el estudio “Influencia de la viruta de acero al carbón en las propiedades mecánicas del concreto de 3000 Psi al incorporarlo como adición”, previo a la obtención de su título como Ingenieros Civiles de la Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Cartagena.

Su fin fue evaluar al concreto de 3000 Psi, incrementando en proporciones de 8, 10 y 12% de viruta de acero, en lo que respecta a la elasticidad, flexión y compresión. Realizándose un proceso que empezó con la caracterización de los materiales; continuó con el diseño de los experimentos; y culminó con la determinación de las propiedades mecánicas del conglomerado; en todo el proceso se emplearon 36 prototipos que fueron sometidos a pruebas de flexión. Los resultados hallados dejaron saber que para los prototipos en los que se agregó viruta en un 10% se obtuvo mayor resistencia a la compresión en un 10.35%, mayor módulo de rotura, en un 27.6%, y mayor módulo elástico en un 38.3%. De esta forma se concluyó que la viruta de acero tiende a influenciar en el concreto que tiene 10% de la viruta, notándose destacables mejoras en el módulo elástico, de rotura, y en las propiedades frágiles, haciendo que las deformaciones se puedan controlar y el concreto tenga mayor eficiencia.

González (2018) realizó el estudio “Evaluación de la viruta de acero como agregado fino para concreto estructural”, llevado a cabo como un requisito para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Guayana.

Su fin fue conocer si es factible, técnicamente, agregar los restos de viruta como agregado fino en el concreto estructural. Para tal fin, fue aplicada del tipo, con diseño experimental, que permitió realizar diseños de mezcla con el fin de obtener una muestra de concreto que sustituya la viruta de acero al 0%, 5%, y 10% del peso de la arena lavada; posteriormente se analizó la resistencia a la compresión siendo medido en prototipos cilíndricos, para la tracción fueron rectangulares; y cuánto dura el concreto realizando ensayos de calor – humedad. Los resultados del estudio determinaron que el concreto que resistió más fue el que se elaboró con el 5% del peso de la arena lavada, luego que se observa que tiene resistencia tanto a la tracción como compresión y

durante más. Concluyéndose que usar viruta de acero en las mezclas de concreto no perjudica la fluidez y manejabilidad de la mezcla; por el contrario, agregar este residuo al 5% del peso de la arena lavada, mejora la resistencia a compresión en un 4%, y a tracción en un 2%.

Sandoval (2017) es el autor del estudio “Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales”, realizado como un requisito para titularse como Ingeniero Civil de la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato.

El fin del estudio fue hacer un análisis de la resistencia del hormigón incluyendo virutas de acero fundido y fibras de acero realizadas en laboratorio. Para ello, se realizó una investigación aplicada en la que se empleó un diseño experimental para la elaboración de 126 probetas, cuya mezcla, se compuso de virutas de acero en un 1%, 1.25% y 1.5%; para comprobar la resistencia de las probetas fueron puestos a prueba de resistencia de compresión y tracción a los 7, 14, y 28 días respectivamente. Los resultados del estudio indicaron que la mezcla que resistió más fue la que empleó, del total de su composición, el 1.25% de acero comercial reciclado, luego que se determinará incrementos máximos del 17% en compresión, mientras que, en el caso de las mezclas en las que se agregó el 1.5% de acero comercial reciclado, solo hubo incrementos del 3.9% en su capacidad de tracción. De esta manera se concluyó que agregar virutas de acero comercial a la mezcla de hormigón mejorará su trabajabilidad, siendo el porcentaje óptimo el 1.25% de la mezcla en total, la que garantizará mayor resistencia a lo establecido (240 kg/cm<sup>2</sup>).

Angarita y Rincón (2017) realizaron la investigación “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionado con viruta de

acero en porcentajes de 10% y 12% respecto al agregado fino de la mezcla” para obtener su titulación en Ingeniería Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Carrera de Ingeniería Civil, Ocaña.

El propósito de la realización de la investigación realizar la determinación de las propiedades mecánicas que se tiene cuando es aumentado viruta de acero en 10 y 12 como porcentajes, todo ello determinado en laboratorios. Fue aplicativa en el tipo, de diseño experimental y en el que se siguió un proceso que empezó con la búsqueda de información y la recolección de materiales; continuó con los ensayos y analizó lo obtenido. Lo que se halló expuso que la muestra patrón de la investigación obtuvo valores de 15,35 Mpa en lo que respecta a la compresión, 3,14 Mpa en lo que respecta a flexión, y 22277,34 Mpa en lo que respecta al módulo de elasticidad; la mezcla en la que se adicionó viruta de acero en un 10%, se obtuvo valores de 16,7 Mpa en compresión, 3,18 en flexión, y 23717,23 en el módulo de elasticidad; la mezcla en la que se adicionó, en un 12% del total, viruta de acero, obtuvo 9,16 Mpa de compresión, 3,02 de flexión, y 10033,33 en el módulo de elasticidad. Con dichos resultados se concluyó el estudio indicando que el concreto mostró mejoras en lo que respecta a resistencia a la compresión y flexión cuando la mezcla se compuso en un 10% por virutas de acero, en comparación con las deficiencias que presentó cuando se compuso en un 12% por la viruta de acero.

Acevedo & Posada (2017), desarrollaron el artículo de investigación titulada, “Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto”.

En este artículo se presentan los resultados de un ensayo experimental en el cual se reemplazó parcialmente el agregado fino de una mezcla de concreto por polietileno tereftalato (PET). El reemplazo

se realizó en cuatro porcentajes diferentes con respecto al peso de la arena (5 %, 10 %, 15 % y 20 %) y se compararon los valores de resistencia a la compresión y asentamiento (medida indirecta de la manejabilidad) de dichas mezclas con una mezcla de referencia (sin reemplazo de agregado por PET).

Valencia y Quintana (2016) son los autores de la investigación “Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%”, realizada previo a la obtención de su título como Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, Bogotá.

El fin de la investigación fue hacer un análisis de cómo se comporta el concreto reforzado y simple con la adición de fibras de acero entre el 12 y 14%. Comenzó con la selección de todos los materiales que se emplearían en los diseños de las mezclas; posteriormente, se hizo una caracterización de los agregados; después se mezcló como se determinó el diseño, para lo cual fue necesario hacer una selección del asentamiento; después se seleccionó el tamaño del agregado, se calculó el porcentaje de aire, de agua, se determinó su resistencia, como se relaciona el agua con el cemento; se hizo un cálculo del cemento a emplearse; se calculó la proporción de los agregados; y se consideraron los datos del diseño. Se encontró mejoras en la resistencia a la compresión cilíndrica con aditivo de fibra de acero a diferencia de los cilindros sin adicionales; además se pudo notar que la mezcla que obtuvo mayor resistencia fue la que contó con 14% de fibra de acero, obteniéndose una mejora de resistencia general en un 13.65%. Se concluyó la investigación indicando que la fibra de acero mejora ligeramente la resistencia del concreto al someterse a la compresión; de igual manera, la manejabilidad del concreto se redujo de modo significativo cuanto más se incrementaba las fibras en el concreto; no obstante, al agregarse fibras de acero en un 14% de la composición total

del concreto se observaron fisuras finas y juntas, en comparación con el concreto que se compuso en su 12% con fibras, que presentó fisuras gruesas y separadas.

## 2.2. Marco conceptual (de las variables y dimensiones)

- **Análisis por gravimetría.** Consiste en establecer el peso de una sustancia que se produce desde un peso de muestra (Chirinos, 2013).
- **Agregados.** Son aquellas sustancias sólidas o partículas que fueron agregadas intencionalmente al concreto y que tienen espacio rodeado por pasta de cemento (Chirinos, 2013).
- **Agregado fino.** Es la arena, que integra una serie de partículas que se caracterizan por ser finas, teniendo como tamaño entre 4.76 mm a 0.075 mm. (Chirinos, 2013).
- **Agregado grueso.** Se compone de los grandes granos, por ejemplo, los trozos de piedra triturados. Es recomendable que el tamaño de estos granos sea mayor a los 4.76 mm. (Chirinos, 2013).
- **Compresión.** Es una propiedad de relevancia en el concreto, cuya medida es muy empleada para realizar el diseño de estructuras como edificios (Gil & Blanco, 2002)
- **Concreto.** Es un material compuesto por un producto pastoso, que se obtiene de la mezcla de gua y cemento, que es moldeable y suele endurecer con los días (Porrero et al., 2013).
- **Diseño de mezcla.** Es el proceso para lograr el comportamiento deseado del concreto que requiere calcular con precisión el porcentaje de elementos en la mezcla (Porrero et al., 2013).

- **Flexión.** Es una prueba mecánica que busca establecer la curva carga – desplazamiento del prototipo elaborado y determinar cómo se distribuyen las deformaciones y tensiones del concreto cuando está sometido a la flexión (Gil & Blanco, 2002).
- **Propiedades mecánicas.** Son aquellas características técnicas de compresión, flexión y tracción con las que cuenta un concreto y que ayudan a determinar el diseño óptimo de la mezcla para que el concreto sea seguro y el adecuado (Carrillo et al., 2013)
- **Tracción.** Consiste en aplicar una fuerza de tracción creciente, en dirección axial, a un prototipo, con el fin de conocer sus especificaciones mecánicas (Prieto & Hernández, 2010).
- **Viruta de acero.** Es una hoja de acero que se extrae con el torno cuando el acero es labrado (Schey, 2000).

## **2.3. Bases Teóricas o Científicas**

### **2.3.1. Aplicación de viruta de acero en el diseño de concreto**

#### *2.3.1.1. Viruta de acero fundido*

##### A. Definición

De acuerdo a Schey (2000), la viruta de acero es una hoja de acero que se extrae con el torno cuando el acero es labrado; cuando se lleva a cabo un proceso de maquinado se da forma cuando se retira el material, esta forma es una representación de la pérdida, pero de todas formas se puede fabricar formas más complicadas en las que la tolerancia sea más amplia y el acabado sea muy bueno.

El proceso de mecanizado de una pieza de metal empieza con quitar el exceso de metal de la pieza bruta a través de herramientas de corte y máquinas optimas; dicho metal sobrante es conocido como viruta de acero (Schey, 2000).

Schey (2000) agrega que el proceso de maquinado cumple con el propósito de dar forma a la pieza de trabajo empezando por el cuerpo sólido, así como dar mejoras de tolerancia y el acabado superficial de las piezas de trabajo que antes fueron formadas.

Se entiende que el mecanizado de las piezas de acero genera la creación de las virutas, no obstante, Schey (2000) indica que la producción de las virutas no es un proceso sencillo y común, ya que la producción de la viruta de acero requiere un proceso muy complejo; la zona de corte es ensanchada y se extiende delante del corte dando forma a una zona secundaria de corte en el frente de ataque de la herramienta. Dicho proceso origina dos tipos de viruta: las virutas fragmentadas y cortas que son utilizadas para el maquinado libre, y las virutas continuas o rectas que son producidas con el corte de materiales dúctiles.

## B. Tipos de acero

Ospina et al. (2007) indican que, de acuerdo a su composición química, se considera que el acero se clasifica de la siguiente manera:

- Acero al carbono

Es el tipo de acero que más se utiliza, dado que se compone, principalmente, de hierro y otros elementos como carbono, fósforo, silicio, manganeso, y azufre. La cantidad de carbono influye mucho en las propiedades del metal. Se considera que el acero al carbono es aquel tipo en el que el carbono es el elemento de aleación que cumple con el

rol de controlar las propiedades de aleación y en los cuales la cantidad de manganeso no puede ser mayor al 1.65% y 0.6% para la contención de silicio y cobre (Ospina et al., 2007).

El acero al carbono se clasifica de la siguiente manera: los que tienen entre 0.08% y 0.35% de carbono, los que tienen carbono entre el 0.35 y 0.50% de su totalidad, y los que cuentan con más de 0.5% de carbono en su totalidad. Es tienden a conocerse como bajo, medio y alto carbono, respectivamente (Ospina et al., 2007).

- Acero aleado

Es aquel tipo de acero que también tiene como elementos al carbono, pero además cuenta con otro elemento presente en la aleación. Se considera que existen dos tipos de aceros de aleación.

- Acero de baja aleación

Es aquel acero que contiene adiciones menores a otros elementos como el manganeso, el níquel, el vanadio, el cromo, el silicio, el columbio, y boro. Contener estos elementos en cantidades menores hace que sus propiedades mecánicas tengan marcadas diferencias. Por lo general, este tipo de acero se clasifica como acero de alta y baja aleación, y son utilizados para maquinarias, para automóviles, para bajas temperaturas, o para servicios de temperaturas elevadas (Ospina et al., 2007).

- Acero de alta aleación

Es el tipo de acero que se suele utilizar para la producción de herramientas, debido a que cuenta con mucho carbono y altas cantidades de otros elementos de aleación; son esos los que manifiestan su dureza y que, por lo general, no son fáciles de soldar. A diferencia del acero de baja aleación, en este tipo se suelen agregar otros elementos

de aleación para que el acero tenga mayor ductilidad, resistencia al impacto, al creep, a la corrosión, al calor, etc. (Ospina et al., 2007).

- Acero inoxidable

Es el tipo de acero que destaca por su alto contenido de cromo, el cual le otorga las cualidades necesarias para ser inoxidable. Por lo general, mientras más cromo tenga, más resistente será a la corrosión. El contenido promedio de cromo es del 10.5%, y de carbono de 1.2% (Ospina et al., 2007).

### C. Estado del acero

El buen o deficiente estado del acero está en función de dos factores. Su corrosión y su desgaste. Ambos son detallados a continuación:

- Corrosión

La corrosión es aquel proceso de deterioro del acero a raíz de un ataque químico por su entorno; se considera que la corrosión es un mecanismo espontáneo que emplea la naturaleza para revertir los procesos de obtención de los materiales generando la destrucción de la mayor parte del acero. La estabilidad de la capa pasiva y la cualidad de ser resistente a la corrosión, está en relación con la capacidad de aplicación, composición, estructura y modalidad, así como el ambiente agresivo al que es sometido el acero inoxidable (Ossa & Tschiptschin, 2007).

Los problemas de corrosión que son más frecuentes son los denominados corrosión húmeda, es decir, aquellos que se dan en presencia de agua en estado de condensación. De igual manera, la

corrosión puede ser tanto generalizada como localizada (Ossa & Tschiptschin, 2007).

- Deterioro

Según Salas et al. (2008) el desgaste es una modalidad de deterioro que se presenta en el acero y que genera costos adicionales; desde hace muchos años atrás se viene estudiando el motivo del deterioro con el fin de evitarlo, y mejorar el nivel de eficacia, eficiencia, y rendimiento, sin embargo, las respuestas aún no tienen respuesta. Si bien se considera que el desgaste no genera fallas violentas del acero, trae como consecuencia la reducción de su eficiencia en la operación. Justo a la fatiga y la corrosión, el deterioro es uno de los tres problemas que más causan reemplazo de elementos de maquinarias.

#### D. Propiedades de la viruta

Las propiedades mecánicas de la viruta de acero va variar según la composición química, el proceso a través del cual fue laminado, el modo en que fue enfriado, y el proceso térmico a través del cual fue elaborado el acero (Manrique, 2018). No obstante, existen tres propiedades que no varían en todas las virutas de acero:

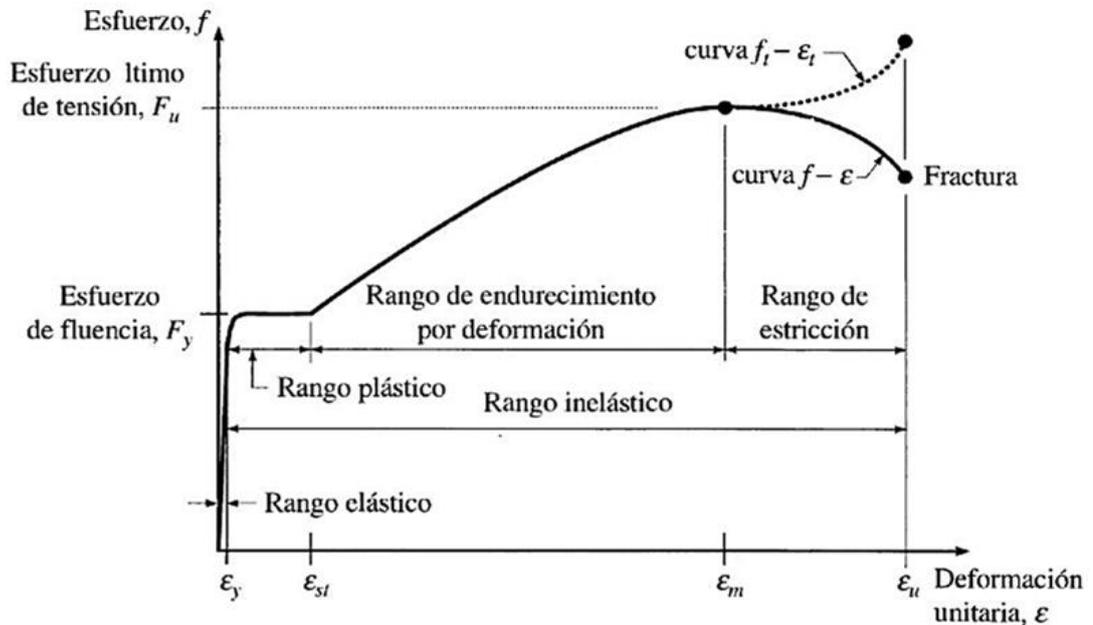
- Un determinado peso
- Capacidad de elasticidad
- Módulo de corte
- Coeficiente de Poisson

Estas propiedades mecánicas mencionadas suelen representar cuando resistente es la viruta de acero bajo sollicitaciones estáticas que se aplican y se logran del diagrama de esfuerzo-deformación. En la **Figura 1** se puede apreciar cómo se comporta la viruta de acero cuando

es sometido a esfuerzos que crecen hasta que se da la rotura; esta prueba suele denominarse Prueba de Tensión y es de ayuda para determinar ciertas propiedades mecánicas como cuan rígido es, cuan resistente, y cuan tenaz es el material (Manrique, 2018).

**Figura 1**

*Diagrama Esfuerzo-Deformación para un acero*



Nota. Tomado de "Diseño simplificado en acero estructural", Manrique, 2018, Edición propia. Guía de ejecución

Manrique (2018) agrega que la viruta de acero cuando es empujada como un elemento de un material estructural, brinda las siguientes características:

- Las estructuras tendrán un peso bajo dado que la resistencia del acero por cada unidad de peso será alta.
- Cuenta con características estables que no cambian con el tiempo, como el caso de los concretos reforzados.
- Cuenta con cierto nivel de elasticidad que permite que el material pueda moldearse mejor.
- Puede presentar grandes niveles de deformación y es capaz de resistir fuerzas de gran volumen.

- Dado que es posible adaptarse a posibles adiciones, las virutas de acero hacen posible que las estructuras puedan ampliarse.

#### E. Propiedades de la viruta industrial y la viruta reciclada

Según Briones et al. (2020), se realizaron investigaciones en las que comparó la adición de virutas de acero comercial con la adición de acero comercial fundido y la adición de virutas de acero recicladas. Según el autor, en una investigación realizada por Sandoval (2017) se determinó que al agregarse virutas de acero comercial fundido se logró una resistencia de 281.2 Kg/cm<sup>2</sup> a diferencia de la resistencia lograda con la adición de acero comercial (258.6 Kg/cm<sup>2</sup>); se demostró así, que cuando el hormigón se compone de virutas de acero comercial obtiene mejoras significativas en su composición.

Por otro lado, estudios como el de Rafael y Reynal (2020) demuestran que la viruta de acero comercial y la viruta de acero reciclada brindan ventajas diferentes. En el caso del acero comercial se identificó que tiene un mejor funcionamiento cuando el material es sometido a mayor compresión y flexión, mientras que el acero reciclado brinda mayor anclaje considerando su forma y la respuesta que tienen a la flexión y compresión

Los datos de la compresión ensayada indican que, a los 28 días de curado, al utilizarse acero reciclado se logró una resistencia de 241.41 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con la adición de acero comercial se logró una resistencia de 265.06 kg/cm<sup>2</sup>. En lo que concierne a la flexión, cuando se agregó acero reciclado se logró 4.84 MPa, mientras que cuando se agregó acero comercial se logró 4.93 MPa. Se determinó así que, además de la flexión, se logró mejoras en la compresión del material (Rafael & Reynal, 2020).

## F. Métodos empleados para el análisis químico de la viruta

- Análisis gravimétrico

Según lo planteado por Chirinos (2013), el análisis por gravimetría consiste en establecer el peso de una sustancia que se produce desde un peso de muestra; para ello se puede emplear dos diferentes métodos:

- Gravimetría por volatización.

Para ejecutar este método se requiere que, por lo menos, un componente sea volátil o pueda ser transformado en un compuesto volátil; en caso se realice una medición directa, el componente volatizado es absorbido en un medio conveniente y después se establece el peso incrementado; en caso se realice una medición indirecta, se busca conocer el peso de los restos de la volatización de un determinado componente (Chirinos, 2013).

- Gravimetría por precipitación.

El elemento a ensayar precipita de la solución en forma de un compuesto sólido insoluble, que es el resultado de una reacción química con un reactivo apropiado; posteriormente se intentó conocer el peso del elemento (Chirinos, 2013).

En el caso que se busque conocer la cantidad de silicio en las virutas de acero es recomendable hacer uso del análisis gravimétrico por precipitación.

## G. Espectrometría de absorción atómica

Es un método que suele emplearse para conocer la concentración de un elemento metálico establecido en una muestra; es aplicado para realizar el análisis de concentración de más de 62 metales

distintos en una solución; por lo general, en la espectrometría atómica, las muestras son vaporizadas a temperaturas muy altas, y la concentración de átomos se establece con la medición de la absorción a la emisión (Harris, 2003).

#### H. Combustión de materiales orgánicos e inorgánicos

De acuerdo a Porrero et al. (2003), el proceso básico de combustión consiste en combinar el oxígeno del aire con elementos combustibles como el hidrógeno, el carbono, y el azufre, pero en una medida menor.

##### 2.3.1.2. *Concreto*

Porrero et al. (2003) indican que el concreto es un material compuesto por un producto pastoso, que se obtiene de la mezcla de gual y cemento, que es moldeable y suele endurecer con los días; y trozos de petróleo que se engloban en dicha pasta. En base a esto, se considera que existen muchos tipos de concretos, según el uso que se le dé o su capacidad de resistencia; por ejemplo, el concreto pesado, que tiene una densidad mayor a los 2400kgf/m<sup>3</sup>; el concreto bombeable que destaca por su resistencia y su manejabilidad; o el concreto estructural que es empleado con fines estructurales, y que tiene una resistencia mínima de 250kgf/cm<sup>2</sup>, sea o no reforzado.

#### A. Componentes

El concreto se compone de agregados finos y gruesos, agua y cemento; los dos últimos cumplen con la tarea de unir toda la mezcla. Aproximadamente, el 80% del peso total del concreto se compone de partículas petro de diversos tamaños, materia que se denomina agregado árido o inerte; en consecuencia, las cualidades de estos materiales determinan la calidad de la mezcla (Porrero et al., 2013). Por lo tanto, se considera que la resistencia de un concreto va a depender

de la calidad de sus agregados; en base a ello, se considera que las cualidades de índole mecánico que tenga la viruta de acero, tendrá influencia importante en la capacidad de resistencia del concreto.

- Agregados

Los agregados son aquellas sustancias sólidas o partículas que fueron agregadas intencionalmente al concreto y que tienen espacio rodeado por pasta de cemento, de modo que, cuando se junta con el mismo cemento, brinda la resistencia mecánica; se considera que los agregados constituyen, en gran parte, el concreto, dado que el 70% de un metro cúbico de concreto se componen de los agregados (Chirinos, 2013). Asimismo, se considera que el concreto se compone de dos fracciones granulares, estos son:

- Agregado fino

Viene a ser la arena, que integra una serie de partículas que se caracterizan por ser finas, teniendo como tamaño entre 4.76 mm a 0.075 mm. (Chirinos, 2013).

- Agregado grueso

Se compone de los grandes granos, por ejemplo, los trozos de piedra triturados. Es recomendable que el tamaño de estos granos sea mayor a los 4.76 mm. (Chirinos, 2013).

- Cemento

Es considerado un material aglutinante que cuenta con propiedades adhesivas y cohesivas que ayudan a que los fragmentos minerales se unan entre sí y formen un compacto; por lo general, el tipo de cemento más utilizado es del tipo portland, que es definido como el tipo de cemento que hace una mezcla de los materiales calcáreos y

arcillosos que cuentan con sílice, óxido de hierro y alúmina, que se suelen procesar a temperaturas altas y mezclar con yeso; el cemento portland cuenta con la característica de fraguar y endurecer cuando entra en contacto con el agua, presentándose un proceso de reacción química denominado “hidratación” (Hernández J. , 2010).

Si bien se considera que el cemento es el componente más activo del concreto, y con mayor influencia en las cualidades del material, solo constituye entre el 10% y 20% del peso total del concreto (Hernández J. , 2010).

Algunas recomendaciones para que el cemento se mantenga en buen estado y no perjudique la composición del concreto son las siguientes (Aragón, 2006):

- La humedad del almacén del cemento debe ser la menor posible
  - No debe ser almacenado en pisos húmedos; debe contar con una superficie de respaldo ubicada a 20 cm. del suelo
  - Para reducir la circulación del aire es mejor que los sacos sean apilados juntos, uno encima del otro.
  - Por precaución los sacos de cemento deben ser cubiertos con mantas o cualquier material que cumpla con la función de cubierta impermeable.
- Agua

Para la correcta mezcla del concreto no es necesario que se emplee un tipo determinado de agua, ya que puede emplearse cualquier tipo siempre y cuando sea potable y no cuente con olores fuertes; además se recomienda que el agua a usarse este limpia, libre de materia

orgánica, ácidos, o aceites; de igual manera, se recomienda que el agua de mar no sea empelada. Todas estas recomendaciones son importantes porque se considera que la calidad del concreto está en función de la cantidad de agua; porque si la mezcla contiene demasiado de este componente existe el riesgo que el concreto sea deficiente (Aragón, 2006).

- Relación agua – cemento

Mientras más resistente sea el concreto mayor calidad tendrá; por lo tanto, se considera que la resistencia será mayor cuando la relación de agua y cemento sea inversa, es decir, menor. Esta relación, se encuentra al calcular la masa del agua entre la masa del cemento; para que la trabajabilidad del concreto sea mayor es recomendable que este indicador sea el menor posible. Un indicador recomendado de esta relación debe estar entre 0.5 o 0.7; dicho indicador garantizará que el concreto puede resistir entre 210 kg por cm<sup>2</sup> (Aragón, 2006).

Según Aragón (2006), algunas recomendaciones para la dosificación del agua son las siguientes:

- Todos los trabajadores implicados deben conocer la media de agua que es utilizada por cada batida.
- Debe haber una cubeta de agua exclusiva para el cálculo de las mezclas.
- El agua debe ser agregado a la mezcla con las cubetas y no directamente sin hacer ningún tipo de cálculo.

## B. Diseño de mezcla del concreto

Es el proceso que se sigue para lograr le comportamiento deseado del concreto, para lo cual es necesario calcular con precisión

las cantidades de los elementos encontrados en la mezcla; por lo general, el diseño de mezcla más empleado es el que se logra con la aplicación del método americano ACI 211; basada en la relación agua / cemento; y consiste en llevar a cabo un proceso ordenado y hacer uso de la cantidad precisa de cada material en lo que respecta a peso y volumen (Porrero et al., 2013).

Al hablarse de diseño de mezcla es importante resaltar la dosificación, que viene a ser la proporción del volumen o peso que determinará la mezcla adecuada de los componentes del concreto; se cuenta con dos tipos de dosificación (Porrero et al., 2013).

- Dosificación por peso.

Se recurre al peso de los materiales granulares, para que luego se agregue agua y el resto de aditivos en volúmenes (Porrero et al., 2013).

- Dosificación por volumen.

Este tipo de dosificación solo debe ser usada en pequeñas obras porque su alta variabilidad representa un peligro. Las unidades de medida son los cuñetes, las gaberías de maderas con fondo, o latas (Porrero et al., 2013).

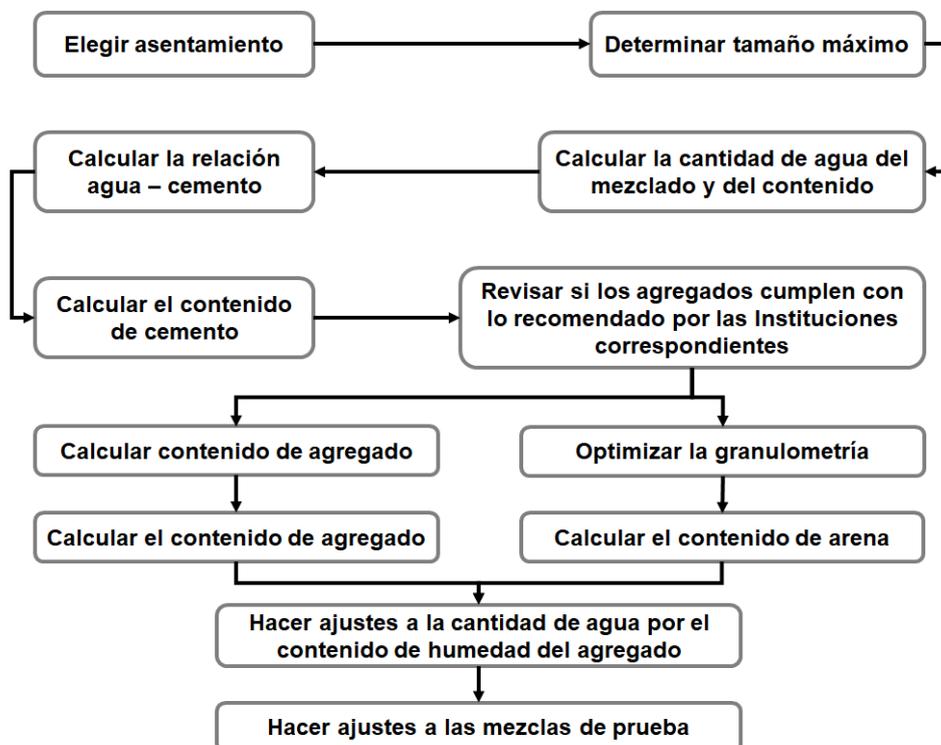
Existen casos en los que el diseño de mezcla puede presentar complicaciones a raíz de problemas que puedan surgir con sus variables; con el fin de que los insumos de la mezcla sean proporcionados adecuadamente, se sugiere que se apliquen una serie de métodos, entre los cuales se encuentran los analíticos, los experimentales, y los empíricos; estos han evolucionado con el transcurso del tiempo (Porrero et al., 2013).

No obstante, el método ACI se desarrolló con el fin de proporcionar agregados considerando que puedan cumplir con lo recomendado en la normativa COVENIN 277:2000. El propósito del diseño de la mezcla es establecer la combinación ideal que no cueste demasiado y que no demande muchos recursos con el fin de que el concreto satisfaga las necesidades (Porrero et al., 2013).

El autor agrega que una mezcla debe ser diseñada para estados frescos como para estados endurecidos. En el caso del estado fresco, los principales requerimientos que deben cumplirse es lograr una dosificación adecuada a través de la trabajabilidad y economía; mientras que, en el caso del estado endurecido, a través de la durabilidad, la resistencia, el acabado y el peso volumétrico.

**Figura 2**

Proceso para el diseño de mezcla



Nota. Adaptado de “Tecnología del concreto”, Hernández, 2010, Bogotá, p. 186.

En la **Figura 22** se muestra al mapa donde está detallado el proceso que se lleva a cabo, según la CI 211 para obtener un adecuado diseño de mezcla.

### **2.3.2. Propiedades mecánicas**

Según Carrillo et al. (2013) las propiedades mecánicas son aquellas características técnicas de compresión, flexión y tracción con las que cuenta un concreto y que ayudan a determinar el diseño óptimo para que el concreto sea seguro y garantice una mejor operación y construcción de infraestructuras.

#### *2.3.2.1. Compresión*

Es una característica mecánica importantes del concreto, cuya medida es muy empleada por los ingenieros para realizar el diseño de estructuras como edificios. Es definida como el aguante de otra carga por unidad en relación al esfuerzo; por lo general se expresa en kilogramos entre centímetros cuadrados. Contar con los indicadores de compresión ayuda a controlar la calidad y a calcular la resistencia del concreto, así se podrá programar las tareas relacionadas con la construcción (Gil & Blanco, 2002).

- Resistencia a la compresión

Según el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC, 2006) la resistencia a la compresión siendo muy conocida y empleada en la ingeniería para hacer diseños correctos de estructuras u otros edificios; por lo tanto, la resistencia a la compresión es realizada para contar con un gran número de aspectos mecánicos y de durabilidad que tengan requerimientos básicos para diseñar la estructura. La resistencia a la compresión es medida tronando las probetas en un sistema de compresión, puede calcularse desde la ruptura que se genera en la sección de resistencia.

Generalmente, los resultados determinan la mezcla ideal que cumple con todos los requisitos de resistencia específicos. Cuando se diseñan estructuras, la ingeniería se basa en la resistencia específica y detalla el concreto que tenga las cualidades necesarias para cumplir con las demandas de resistencias estipuladas en los documentos respectivos. La mezcla de concreto busca dotar de mayor resistencia, reduciendo el riesgo de incumplimiento (IMCYC, 2006).

#### 2.3.2.2. *Flexión*

Es una prueba mecánica que busca establecer la curva carga – desplazamiento del prototipo elaborado y determinar cómo se distribuyen las deformaciones y tensiones del concreto cuando está sometido a la flexión. En el caso de establecer la curva carga – desplazamiento solo se requiere someter el prototipo a una prueba de flexión y hacer las mediciones respectivas, pero en el caso de que se busque determinar las deformaciones y tensiones se requiere trabajar con herramientas y complementos (Gil & Blanco, 2002).

- Resistencia a la flexión

Viene a ser la medida de cuán resistente es un concreto a la tracción. También es entendido como la resistencia a la falla por momento de un concreto que no cuenta con refuerzos. El indicador de resistencia a la flexión es utilizado en la ingeniería para conocer la capacidad de flexión de pavimentos; su uso en la construcción de concreto estructural es mínimo; por ello, las empresas de construcción que no hacen uso de la resistencia de flexión suelen realizar pruebas de compresión para determinar la calidad del prototipo de concreto (IMCYC, 2008).

Para realizar adecuadamente una prueba de flexión es necesario que el prototipo sea volteado sobre un lado sobre cómo se

posiciona el molde, luego se centra en los bloques de apoyo, que también deben estar centrados respecto a la fuerza que se aplicará. Posteriormente, los prototipos son puestos en contacto con la superficie de la maquina en los puntos tercios entre los apoyos; es importante que haya un contacto total entre la aplicación de la carga y los bloques de apoyo con la superficie del prototipo. Se recomienda que la superficie del prototipo sea lijada en caso la separación de la línea de contacto entre ellas sea mayor a 0.1 mm; por otro lado, se recomienda que el lijado no sea tan fuerte porque puede modificar las superficies de los costados y así cambiar las propiedades físicas del prototipo y el resultado de la prueba (IMCYC, 2008).

#### 2.3.2.3. *Tracción*

La tracción es una evaluación estática que se basa en la aplicación de fuerzas de tracción creciente, en dirección axial, a un prototipo, con el fin de conocer sus especificaciones mecánicas, al punto de quebrarlo. Conocer el nivel de tracción de un concreto es importante porque se podrá determinar si el diseño de concreto es resistente, de calidad, o si los materiales o piezas empleadas son las adecuadas para resistir (Prieto & Hernández, 2010).

- Prueba de tracción

La prueba de tracción es empleada para conocer las propiedades con las que cuenta un material. Por lo general, consiste en deformar un prototipo hasta que se rompa al cargar la tracción constantemente y que se aplica de manera uni axial a lo largo del eje del prototipo (Vedia & Svoboda, 2002).

Por otro lado, Prieto y Hernández (2010), considera que la prueba de tracción es aquel ensayo que se utiliza para captar información respecto al desempeño mecánico del material. A través de

una máquina de ensayos se busca deformar el prototipo a analizar aplicándole fuerza. Mientras el prototipo se deforma, se irá registrando la fuerza, hasta llegar a fracturar el material. De este modo, se obtiene la curva de carga frente a alargamiento, que, al transformarse en tensión y deformación, brindan información más completa y precisa. Realizar esta prueba tiene el propósito de ilustrar al profesional respecto a las propiedades mecánicas del material derivado desde un ensayo.

Asimismo, se considera que los objetivos de realizar esta prueba son:

- Determinar las condiciones de la prueba y qué información se podrá obtener.
- Hacer uso de la máquina de ensayos mecánicos y contar con una visión de su capacidad, variedad y opciones de caracterizar los materiales.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La aplicación de viruta de acero influye significativamente en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto.
- La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto.

- La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la tracción del concreto.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

- Viruta de acero

Son hojas de acero, que son extraídas con el torno cuando el acero es labrado, en el diseño del concreto (Schey, 2000).

- Propiedades mecánicas de concreto

Son aquellas características técnicas de compresión, flexión y tracción con las que cuenta un concreto y que ayudan a determinar el diseño óptimo de la mezcla para que el concreto sea seguro y el adecuado (Carrillo et al., 2013)

### **2.5.2. Definición operacional de la variable**

- Viruta de acero

Son desechos de acero que son reutilizados en las mezclas de concreto en lugar del agregado fino.

- Propiedades mecánicas de concreto

Son correlaciones numéricas para determinar la compresión, flexión y tracción de los concretos

### **2.5.3. Operacionalización de la variable**

La operacionalización de las dos variables estudiadas en la presente investigación se muestra en la

**Tabla 1**

Operacionalización de las variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Viruta de acero</b>	Son hojas de acero extraídas con el torno cuando el acero es labrado, en el diseño del concreto (Schey, 2000).	Tipo de acero	Acero al carbono
			Acero aleado
			Acero inoxidable
		Estado del acero	Corrosión
			Deterioro
<b>Propiedades mecánicas de concreto</b>	Son aquellas características técnicas de compresión, flexión y tracción con las que cuenta un concreto y que ayudan a determinar el diseño óptimo de la mezcla para que el concreto sea seguro y el adecuado (Carrillo et al., 2013)	Compresión	Resistencia a la compresión
			Tiempo de curado
		Flexión	Resistencia a la flexión
			Tiempo de curado
		Tracción	Resistencia a la tracción
			Tiempo de curado

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **4.1. Método de investigación**

El método científico fue el empleado. Se considera que este método lleva a cabo un proceso de índole científico con el propósito de producir nuevos saberes que sirvan al ámbito científico; para ello, se trabaja con datos e información que luego es procesada estadísticamente (Gallego, 2007). El motivo de la aplicación de este método es porque se pretende realizar el estudio de un modo ordenado y verídico para que los resultados que se obtengan sean precisos y cuenten con la validez para determinar las propiedades mecánicas del diseño de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino.

### **4.2. Tipo de investigación**

La tesis fue aplicada. De acuerdo a Lozada (2014) las investigaciones aplicadas tienen el propósito de generar nuevos saberes que sean utilizados después para dar solución a determinados problemas aplicando la información de las teorías definidas por otros investigadores previamente. Considerando que en el presente estudio se construyó un marco teórico y se adaptaron los instrumentos de recolección de datos haciendo una revisión exhaustiva de libros académicos, artículos científicos y tesis de investigación, se optó por realizar una investigación de este tipo.

### **4.3. Nivel de investigación**

El nivel fue explicativo. Sabino (1992) indicaba que las investigaciones de este nivel tienen el objetivo de determinar cuáles son los factores causantes de un problema existente y por qué suceden ciertos hechos a partir de análisis de causa y efecto que existan. Esta investigación fue de nivel que se menciona porque se pretende conocer

cuáles son las propiedades mecánicas del diseño de concreto en reemplazo del agregado fino.

#### **4.4. Diseño de la investigación**

En la presente se empleó el diseño experimental – factorial. Tamayo (2002) consideraba que el diseño experimental consiste en realizar un experimento para conocer las causas de un determinado fenómeno; su principal objetivo es la de someter al objeto de estudio a la influencia de otras variables bajo el control del investigador. Por otro lado, el diseño factorial es un diseño de investigación en la que se realiza la manipulación sincrónica de dos a más variable independientes. Se empleó este diseño porque, con el fin de conocer cómo la viruta de acero influye en las propiedades mecánicas del diseño de concreto, se realizará un estudio en el que se diseñará mezclas de concreto con 0%, 5%, 10% y 15% de viruta de acero.

#### **4.5. Población y muestra**

La población es la cantidad total de las personas o elementos, que, según la percepción del investigador, tienen cualidades o características en común (Bernal, 2010); en una investigación es importante definir la población, porque de ella se obtendrán los datos a procesar. La población de la presente investigación estuvo conformada por los cuatro diseños de mezcla que se elaborarán con 0%, 5%, 10%, y 15% de viruta de acero.

Bernal (2010) agrega que la muestra es un extracto de la población, elegida por el investigador, para recopilar de ella información mediante la aplicación de instrumentos de medición que sustenten las pruebas de hipótesis y den respaldo a las conclusiones y recomendaciones. El diseño muestra estará compuesto por los mismos

elementos de la población; es decir, los cuatro diseños de mezcla que se elaborarán con 0%, 5%, 10% y 15% de viruta de acero.

#### **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.6.1. Técnicas de recolección de datos**

En esta investigación se empleó la técnica de observación y experimentación. La observación, según Sierra (1994) consiste en una inspección y análisis que realiza el investigador, según su percepción, para registrar los eventos o fenómenos tal como se presentan y que son de interés social. Por otro lado, Rodríguez (2011) indica que la experimentación consiste en lograr un descubrimiento con un nivel alto de confianza de las relaciones de tipo causal entre fenómenos que sean percibidos en la realidad.

##### **4.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento que se empleó en la presente investigación fue la ficha de observación. Hernández et al. (2014) señalan que este instrumento cumple la función de un registro válido y confiable que sistematiza el modo de actuar de una o más personas. En la presente se empleó el instrumento descrito porque los objetivos de la investigación exigen que el investigador registre personalmente los incidentes y resultados de la investigación

#### **4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

De acuerdo a Ñaupas et al. (2016), hacer una recopilación de datos e información es la tarea básica de cualquier estudio de investigación; en consecuencia, se considera importante que los instrumentos que sean usados para la obtención de datos estén bien elaborados. Dicha información obtenida fue utilizada por el investigador; para lo cual, tuvo que procesarla con el programa MS Excel;

posteriormente, se utilizó el Software IBM SPSS para que se realice el análisis estadístico descriptivo e inferencial.

#### **4.8. Aspectos éticos de la Investigación**

Llevar a cabo el estudio propuesto en este plan de tesis, requiere que se lleve a cabo un proceso adecuado en el que se cumplan los principios éticos definidos y exigidos por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Los datos, la información y registros que se empleen y expongan en esta investigación fueron originales; por ello, con el fin de cumplir con las exigencias éticas de la Universidad, se evitó recurrir al plagio, falsificar datos o usar contenidos académicos sin citarlos en toda la investigación.

En consecuencia, como autor de la presente investigación, me someto voluntariamente a las pruebas que la institución considere pertinentes para corroborar la veracidad de los contenidos de toda a investigación.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 5.1. Descripción de resultados

#### 5.1.1. Resistencia a la compresión

**Tabla 2**

Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>) por días

% Viruta de acero	Días	Media	Min.	Max.	D.E.
0%	7	170.5098	165.5859	173.9689	4.379272
	14	199.0572	193.5659	202.1999	4.772147
	28	231.5867	229.074	233.2685	2.217238
5%	7	183.6671	178.4798	187.8865	4.777426
	14	215.2689	209.0511	218.3797	5.384729
	28	250.7728	248.3788	253.4243	2.532604
10%	7	190.2295	184.3615	195.2309	5.486269
	14	223.0991	216.3655	226.4678	5.831405
	28	260.2367	257.578	263.8512	3.243996
15%	7	181.9665	176.8272	186.1468	4.733191
	14	213.2757	207.1155	216.3576	5.334871
	28	248.6146	246.079	251.0778	2.500191

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

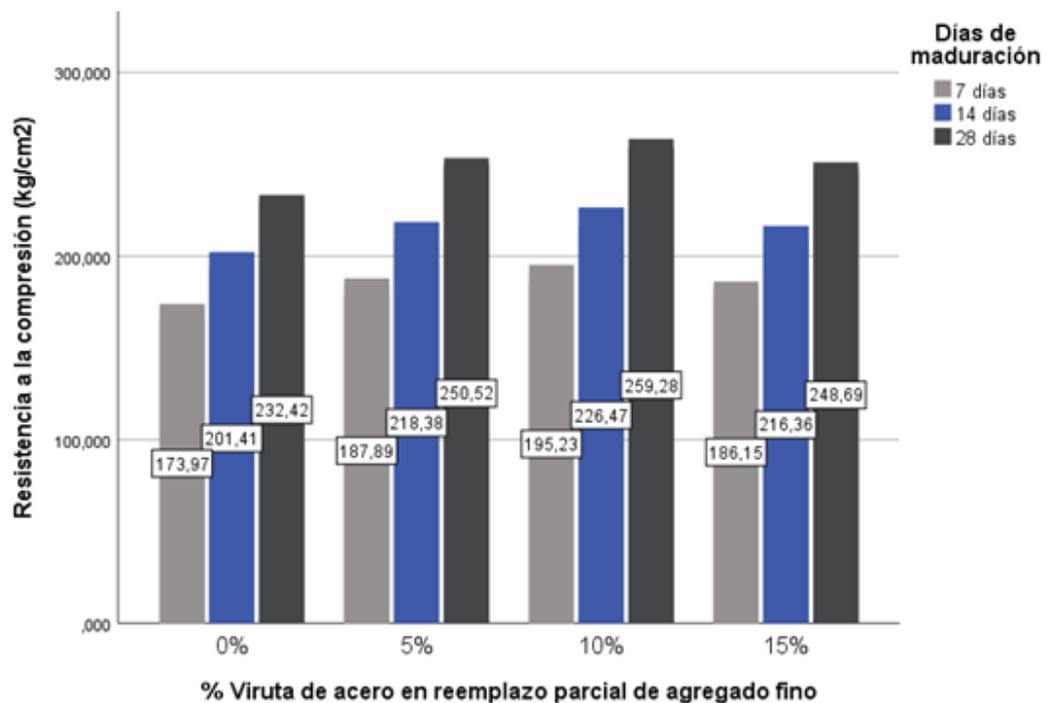
Interpretación:

En relación a la Figura 3 y Tabla 2 se presentaron los resultados relacionados con la resistencia a la compresión del concreto con viruta de acero agregada. Se encontró que, para la primera semana de maduración, las muestras que van de 0, 5, 10 y 15% tuvieron resultados similares, respecto al 0% se tuvo una resistencia de 170.51 kg/cm<sup>2</sup>, seguidamente se tuvo 183.67 kg/cm<sup>2</sup> para el 5%, para el 10% se presentó 190.23%, y respecto al 15% se tuvo 181.97 kg/cm<sup>2</sup>. Ya para la segunda semana se tuvo diferencias significativas un poco más significativas, considerando los resultados base (0%) con respecto al uso de viruta de acero. Respecto a los 28 días después, el 10% de viruta de

acero llegó a 260.24 kg/cm<sup>2</sup>, siendo la mayor resistencia a la compresión encontrada en el grupo experimental.

**Figura 3**

Resultados porcentuales del % de viruta de acero en resistencia a la compresión, por días



**Tabla 3**

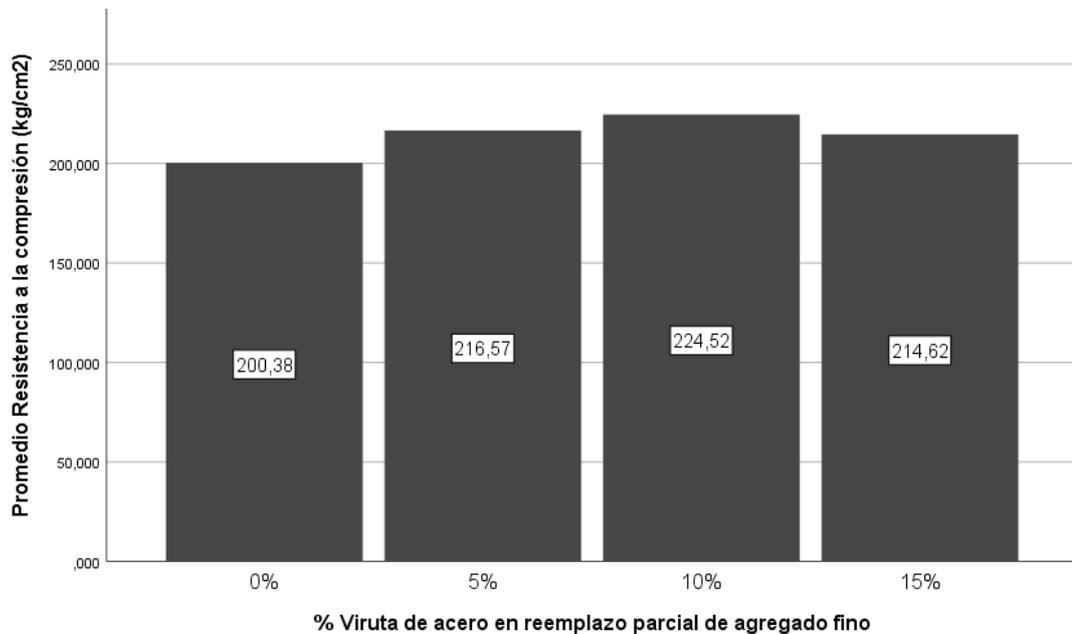
Promedio Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

% Viruta de acero	Media	Min.	Max.	D.E.
0%	200.3846	170.5098	231.5867	30.56011
5%	216.5696	183.6671	250.7728	33.57175
10%	224.5218	190.2295	260.2367	35.02528
15%	214.6189	181.9665	248.6146	33.34434

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

#### Figura 4

Resultados porcentuales del promedio de resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)



Interpretación:

En la

**Figura 4** se presentaron los resultados promedios de la resistencia a la compresión tanto en la ausencia de aditivo de viruta como en la presencia de la viruta en diferentes porcentajes. Como puede observarse el agregado de las virutas de acero no tuvieron grandes repercusiones en la mejora de la resistencia a la compresión. Ya que, mientras en un 0% de viruta de acero se tuvo 200.38 kg/cm<sup>2</sup>, para las demás cantidades su promedio osciló entre 214.62 kg/cm<sup>2</sup> y 224.52 kg/cm<sup>2</sup>. Cabe mencionar que el 10% de agregado de viruta fue el que presentó una mejora alta en la resistencia a la compresión; sin embargo, no es significativa a diferencia de los demás.

### 5.1.2. Resistencia a la flexión

**Tabla 4**

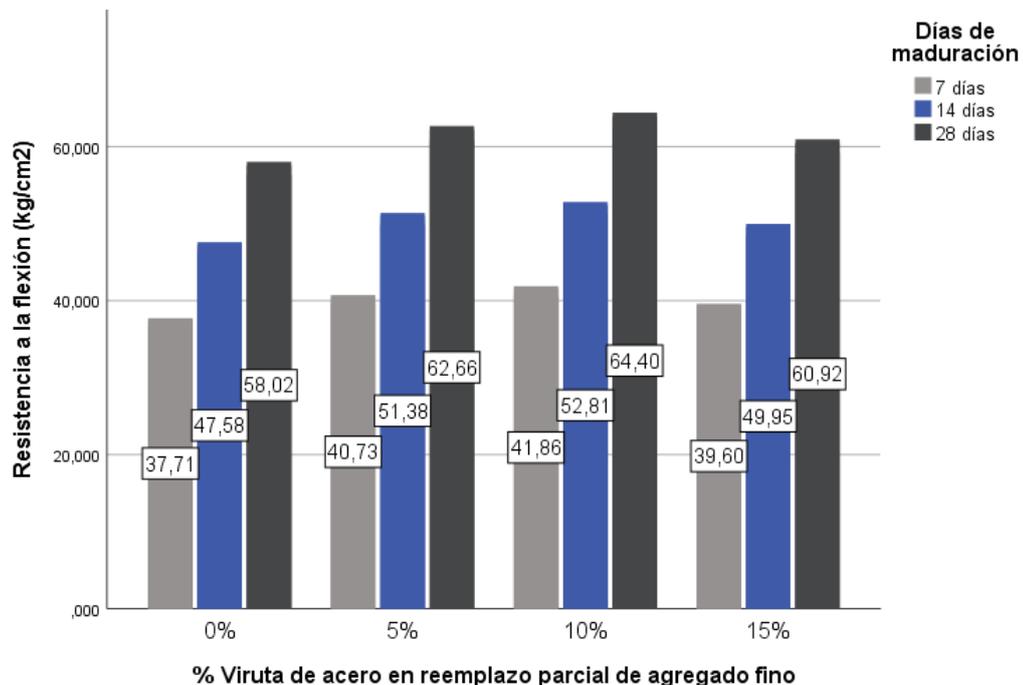
Resistencia a la flexión (kg/cm<sup>2</sup>) por días

% Viruta de acero	Días	Media	Min.	Max.	D.E.
0%	7	37.24445	36.6032	37.71239	0.574545
	14	46.98531	46.17635	47.57563	0.724811
	28	57.29916	56.31262	58.01907	0.883915
5%	7	40.22401	39.53146	40.72938	0.620509
	14	50.74414	49.87046	51.38168	0.782795
	28	61.88309	60.81763	62.66059	0.954629
10%	7	41.34134	40.62956	41.86076	0.637745
	14	52.1537	51.25575	52.80895	0.80454
	28	63.60207	62.50701	64.40116	0.981146
15%	7	39.10668	38.43336	39.59801	0.603272
	14	49.33458	48.48517	49.95442	0.761051
	28	60.16412	59.12825	60.92002	0.928111

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

**Figura 5**

Resultados porcentuales del % de viruta a la resistencia a la flexión



### Interpretación:

En la **Figura 5** se presentaron los resultados relacionados con la resistencia a la flexión, tanto en la falta de aditivos como en los concretos con aditivos en diferentes porcentajes. Respecto a la primera semana se encontró un rango entre 37.71 kg/cm<sup>2</sup> y 41.86 kg/cm<sup>2</sup> siendo poco significantes las diferencias obtenidas. Seguidamente, respecto a las dos semanas de maduración dadas, se evidenció un aumento en la resistencia a la flexión, en la mayoría de los casos tuvieron aumentos entre los 10 y 11 kg/cm<sup>2</sup>. Llegando a los 28 días, se encontró que el concreto sin aditivos tuvo 58.02 kg/cm<sup>2</sup>, para el aditivo de 5%, se obtuvo una resistencia a la flexión de 62.66 kg/cm<sup>2</sup> y para el 10% de aditivo se obtuvo un 64.40 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para el 15% de aditivo se obtuvo un 60.92 kg/cm de resistencia a la flexión, siendo en este caso la mejor opción por mínimas cantidades, el aditivo de 10%.

**Tabla 5**

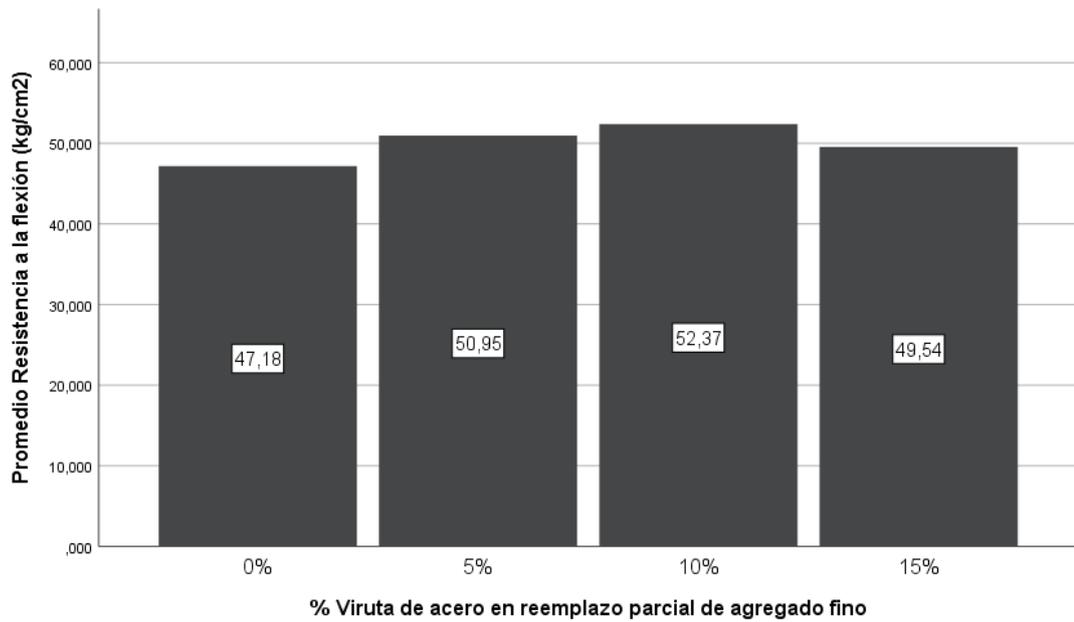
Promedio Resistencia a la flexión (kg/cm<sup>2</sup>)

% Viruta de acero	Media	Min.	Max.	D.E.
0%	47.17631	37.24445	57.29916	10.02872
5%	50.95041	40.22401	61.88309	10.83101
10%	52.3657	41.34134	63.60207	11.13188
15%	49.53512	39.10668	60.16412	10.53015

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

**Figura 6**

Resultados porcentuales del promedio de resistencia a la flexión (kg/cm<sup>2</sup>)



Interpretación:

En la

**Figura 6** se presentaron los resultados relacionados al promedio de la resistencia a la flexión obtenida de los concretos con aditivos y sin aditivos. Respecto al concreto sin aditivos se encontró una resistencia a la flexión de 47.18 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que, respecto a los concretos con aditivos, sus diferencias fueron mínimas, su resistencia se encontró entre 49.54 kg/cm<sup>2</sup> y 52.37 kg/cm<sup>2</sup> siendo así que no tuvieron mucha diferencia de no haber sido agregados, es decir, su resistencia a la flexión con los aditivos tiende a mejorar; pero mínimamente.

### 5.1.3. Resistencia a la tracción diametral

**Tabla 6**

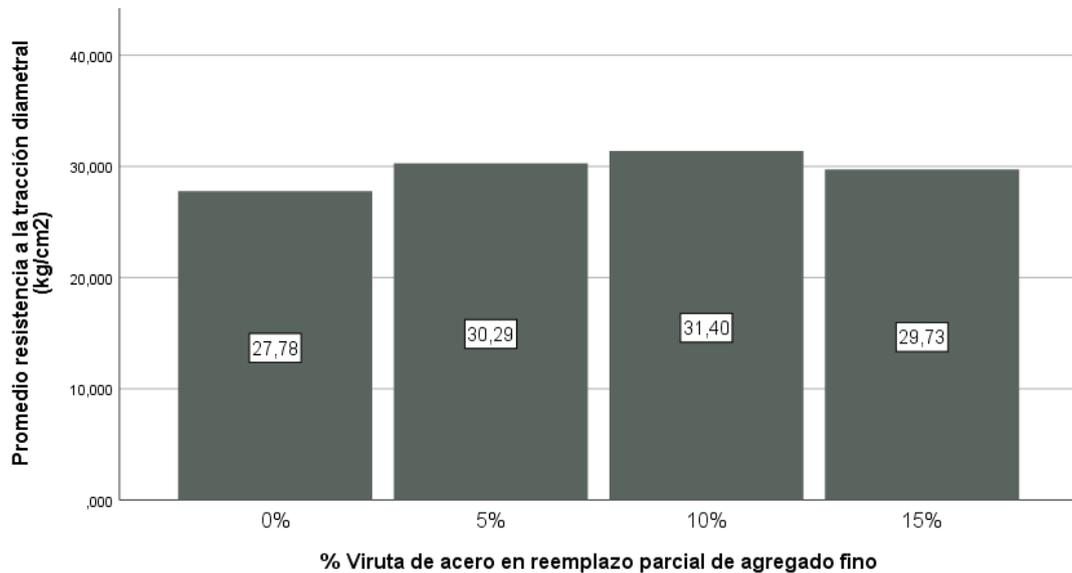
Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm<sup>2</sup>)

% Viruta de acero	Media	Min.	Max.	D.E.
0%	27.7847	27.4611	28.09	0.315293
5%	30.28532	29.9326	30.62	0.343669
10%	31.39671	31.03105	31.74	0.356281
15%	29.72963	29.38338	30.06	0.337363

*Nota.* Valores hallados con los ensayos de laboratorio.

**Figura 7**

Resultados porcentuales del promedio de resistencia a la tracción diametral (kg/cm<sup>2</sup>)



Interpretación:

En la **Figura 7** se presentaron los resultados relacionados a la tracción diametral tanto en concreto sin aditivos como en los concretos con aditivos en diferentes porcentajes. Como se puede evidenciar en todos los casos los resultados encontrados fueron similares, diferenciándose por mínimas cantidades, respecto al 5%, 10% y 15% se encontró niveles de 30.29, 31.40 y 29.73 respectivamente, como se puede ver la diferencia es poca o nula en determinados casos, resultado parecido a lo hallado en el concreto sin aditivos, el cual fue de 27.78 kg/cm<sup>2</sup>, no muy lejano a los resultados de los concretos con aditivos.

## 5.2. Contrastación de hipótesis

En este apartado se realizó el contraste de las hipótesis planteadas, para ello se realizó el análisis de varianza (ANOVA), para comparar las diferencias estadísticas entre los 4 diseños de concreto, con 0% de viruta; es decir, el diseño convencional, con 5%, con 10% y 15% de viruta de acero. Seguidamente, se realizó la prueba Post Hoc de Tukey, para identificar las diferencias individuales entre los 4 diseños.

Además, para que la prueba de hipótesis sea un proceso riguroso, se procedieron con los siguientes pasos:

- i. Indicar la hipótesis a ser probada.
- ii. Establecer la hipótesis de comparación para los 4 diseños de concreto.
- iii. Establecer las hipótesis estadísticas de diferencias (ANOVA) de medias entre grupo de los 4 diseños (Hipótesis nula –  $H_0$ , e hipótesis alterna –  $H_1$ ).
- iv. Indicar el alfa de riesgo = 0.05
- v. Realizar la prueba ANOVA
- vi. Indicar la regla de decisión.
- vii. Realizar el análisis y la conclusión de la prueba ANOVA.
- viii. Realizar la prueba Post Hoc – Test de Tukey
- ix. Analizar y establecer la conclusión del test de Tukey
- x. Realizar la conclusión general de la prueba de hipótesis.

#### **5.2.1. Prueba de la primera hipótesis específica**

- i. Hipótesis a probar: La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la comprensión del concreto.
- ii. Hipótesis estadísticas:
  - Hipótesis para la prueba ANOVA: Los 4 diseños presentan diferencias significativas en cuanto a la comprensión del concreto.

- H0: Las medias de la compresión de los 4 diseños provienen de la misma población; es decir, son iguales.
  - H1: Al menos una de las medias de la compresión de los 4 diseños es diferente.
- iii. Alfa de riesgo  $\rightarrow \alpha = 0.05$ . Se trabajará con una confianza del 95%.
- iv. Test de ANOVA

**Tabla 7**

Prueba ANOVA para compresión

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	4721.642	3	1573.881	1.865	0.155
	Dentro de grupos	27002.663	32	843.833		
	Total	31724.305	35			

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

- v. Regla de decisión: Si el nivel de significancia de la prueba ANOVA es menor al  $\alpha = 0.05$ , se acepta la hipótesis de diferencia de medias entre grupos.
- vi. Análisis de la prueba ANOVA:
- El nivel de significancia obtenido, indica que el nivel de significancia del ANOVA, fue de 0.155; y según la regla de decisión, al ser mayor a 0.05, se acepta la hipótesis de igualdad de medias entre los grupos evaluados para compresión; es decir, ningún diseño fue diferente al resto en cuanto a la compresión del concreto.
- vii. Conclusión de la prueba ANOVA.

No existen diferencias entre los 4 diseños de concreto; al menos uno de ellos presenta valores diferentes para compresión. Para corroborar esta afirmación, se procedió a realizar las pruebas post –hoc.

viii. Prueba Post – Hoc → Test de Tukey

**Tabla 8**

Test de Tukey entre grupos para compresión

% Viruta de acero	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
0%	5%	-16.185	13.694	0.642	-53.286	20.916
	10%	-31.582	13.694	0.118	-68.683	5.520
	15%	-21.790	13.694	0.398	-58.891	15.311
5%	0%	16.185	13.694	0.642	-20.916	53.286
	10%	-15.397	13.694	0.677	-52.498	21.705
	15%	-5.605	13.694	0.976	-42.706	31.496
10%	0%	31.582	13.694	0.118	-5.520	68.683
	5%	15.397	13.694	0.677	-21.705	52.498
	15%	9.792	13.694	0.890	-27.310	46.893
15%	0%	21.790	13.694	0.398	-15.311	58.891
	5%	5.605	13.694	0.976	-31.496	42.706
	10%	-9.792	13.694	0.890	-46.893	27.310

Nota. Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

**Tabla 9**

HSD de Tukey para compresión

% Viruta de acero	N	Sub conjunto para alfa = 0.05	
		1	
HSD Tukey	0%	9	200.385
	5%	9	216.570
	15%	9	222.174
	10%	9	231.966
	Sig.		0.118

Nota. Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

ix. Conclusión del Test de Tukey y HSD de Tukey

En la **Tabla 8** se observa que el nivel de significancia de las comparaciones entre los diseños con 0%; 5%, 10% y 15%; fue superior a 0.05; indicando que no existen diferencias significativas entre los diseños. Esto mismo se corrobora en la prueba HSD de Tukey; en el cual, se halló que los 4 diseños pertenecen a un mismo subconjunto. Es decir, la resistencia a la compresión en el diseño sin viruta de acero es similar a la compresión de los diseños en el que se aplicó la viruta de acero. Por lo tanto, agregar viruta de acero no influye sobre la resistencia a la compresión.

x. Conclusión final:

Se concluye que los 4 diseños de concreto planteados no tuvieron diferencias significativas para la resistencia a la compresión; por tanto, la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino no influye significativamente en la compresión del concreto. Es decir, el diseño de concreto con viruta de acero o con agregado fino (mezcla convencional) son similares en su resistencia a la compresión.

### **5.2.2. Prueba de la segunda hipótesis específica**

i. Hipótesis a probar: La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto.

ii. Hipótesis estadísticas:

- Hipótesis para la prueba ANOVA: Los 4 diseños presentan diferencias significativas en cuanto a la flexión del concreto.

- H0: Las medias de la flexión de los 4 diseños provienen de la misma población; es decir, son iguales.
  - H1: Al menos una de las medias de flexión de los 4 diseños es diferente.
- iii. Alfa de riesgo  $\rightarrow \alpha = 0.05$ . Se trabajará con una confianza del 95%.
- iv. Test de ANOVA

**Tabla 10**

Prueba ANOVA para flexión

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Entre grupos	1101.145	3	367.048	3.977	0.016
	Dentro de grupos	2953.420	32	92.294		
	Total	4054.565	35			

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

- v. Regla de decisión: Si el nivel de significancia de la prueba ANOVA es menor al  $\alpha = 0.05$ , se acepta la hipótesis de diferencia de medias entre grupos.
- vi. Análisis de la prueba ANOVA:
- El nivel de significancia hallado, muestra que el nivel de significancia del ANOVA, fue de 0.016; y según la regla de decisión, al ser menor a 0.05, se acepta la hipótesis de diferencia de medias entre los grupos evaluados para flexión; es decir, al menos un diseño fue diferente al resto en cuanto a la flexión del concreto.
- vii. Conclusión de la prueba ANOVA.

Existen diferencias entre los 4 diseños de concreto; al menos uno de ellos presenta valores diferentes para flexión. Para determinar cuál diseño fue distinto, se procedió a realizar las pruebas post –hoc.

viii. Prueba Post – Hoc → Test de Tukey

**Tabla 11**

Test de Tukey entre grupos para flexión

% Viruta de acero	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
0%	5%	-3.774	4.529	0.838	-16.044	8.496
	10%	-14.189	4.529	0.018	-26.460	-1.919
	15%	-10.359	4.529	0.122	-22.629	1.911
5%	0%	3.774	4.529	0.838	-8.496	16.044
	10%	-10.415	4.529	0.119	-22.685	1.855
	15%	-6.585	4.529	0.476	-18.855	5.685
10%	0%	14.189	4.529	0.018	1.919	26.460
	5%	10.415	4.529	0.119	-1.855	22.685
	15%	3.831	4.529	0.832	-8.440	16.101
15%	0%	10.359	4.529	0.122	-1.911	22.629
	5%	6.585	4.529	0.476	-5.685	18.855
	10%	-3.831	4.529	0.832	-16.101	8.440

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

**Tabla 12**

HSD de Tukey para flexión

% Viruta de acero	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
HSD Tukey	0%	9	47.176
	5%	9	50.950
	15%	9	57.535
	10%	9	61.366
	Sig.		0.122

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

ix. Conclusión del Test de Tukey y HSD de Tukey

En la **Tabla 11** al comparar los diseños, solo se evidenció que hay una diferencia significativa entre el diseño con 0% y 10% de viruta ( $\text{sig.}=0.018$ ); mientras la comparación con los otros diseños no se evidenció diferencias. Esto mismo se corrobora en la **Tabla 12**, ya que el diseño con 10% pertenece a un subconjunto diferente que el resto de diseños. Por ende, la resistencia a la flexión es distinta en el diseño con 10% de viruta; concluyendo que al agregar este porcentaje de viruta se tiene mejoras en la flexión.

x. Conclusión final:

De los resultados, se halló que la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la flexión del concreto. Especialmente el diseño con 10% de viruta añadido fue el más óptimo para la resistencia a la flexión,

### 5.2.3. Prueba de la tercera hipótesis específica

- i. Hipótesis a probar: La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la tracción del concreto.
- ii. Hipótesis estadísticas:
  - Hipótesis para la prueba ANOVA: Los 4 diseños presentan diferencias significativas en cuanto a la tracción del concreto.
  - $H_0$ : Las medias de la tracción de los 4 diseños provienen de la misma población; es decir, son iguales.

- H1: Al menos una de las medias de la tracción de los 4 diseños es diferente.
- iii. Alfa de riesgo  $\rightarrow \alpha = 0.05$ . Se trabajará con una confianza del 95%.
- iv. Test de ANOVA

**Tabla 13**

Prueba ANOVA para tracción

ANOVA		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la tracción	Entre grupos	20.554	3	6.851	59.803	0.000
	Dentro de grupos	0.917	8	0.115		
	Total	21.471	11			

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

- v. Regla de decisión: Si el nivel de significancia de la prueba ANOVA es menor al  $\alpha = 0.05$ , se acepta la hipótesis de diferencia de medias entre grupos.

- vi. Análisis de la prueba ANOVA:

El nivel de significancia que se halló indica que el nivel de significancia del ANOVA, fue de 0.00; y según la regla de decisión, al ser menor a 0.05, se acepta la hipótesis de diferencia de medias entre los grupos evaluados para tracción; es decir, al menos un diseño fue diferente al resto en cuanto a la tracción del concreto.

- vii. Conclusión de la prueba ANOVA.

Existen diferencias entre los 4 diseños de concreto; al menos uno de ellos presenta valores diferentes para tracción. Para

determinar cuál diseño fue distinto se procedió a realizar las pruebas post –hoc.

viii. Prueba Post – Hoc → Test de Tukey

**Tabla 14**

Test de Tukey entre grupos para tracción

% Viruta de acero		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5%	-250.062	0.276	0.000	-3.386	-1.616
	10%	-361.201	0.276	0.000	-4.497	-2.727
	15%	-194.493	0.276	0.000	-2.830	-1.060
5%	0%	250.062	0.276	0.000	1.616	3.386
	10%	-111.139	0.276	0.016	-1.996	-0.226
	15%	0.556	0.276	0.260	-0.329	1.441
10%	0%	361.201	0.276	0.000	2.727	4.497
	5%	111.139	0.276	0.016	0.226	1.996
	15%	166.708	0.276	0.001	0.782	2.552
15%	0%	194.493	0.276	0.000	1.060	2.830
	5%	-0.556	0.276	0.260	-1.441	0.329
	10%	-166.708	0.276	0.001	-2.552	-0.782

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

**Tabla 15**

HSD de Tukey para tracción

% Viruta de acero	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HSD Tukey	0%	3	27.785	
	15%	3		29.730
	5%	3		30.285
	10%	3		31.397
	Sig.		1.000	0.260

*Nota.* Obtenido con el procesamiento de los datos hallados con los ensayos de laboratorio.

ix. Conclusión del Test de Tukey y HSD de Tukey

En la **Tabla 14** se observa que la comparación de los diseños fue significativa ( $\text{sig.}=0.00$ ) en la mayoría de los casos, exceptuando en la comparación de 5% y 15% ( $\text{sig.}=0.260 > 0.05$ ). Esto indica que hay diferencias entre 0% y el resto de diseños; así como del 10% y el resto de diseños. Este mismo resultado se corrobora en la **Tabla 15**, en el cual se muestra que los diseños de 15% y 5%, estadísticamente pertenecen a un mismo grupo. Mientras que el diseño con 0% y 10% son distintos, siendo este último el cual tuvo mejor desempeño en la resistencia a la tracción.

x. Conclusión final:

Se concluye que, efectivamente, la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la tracción del concreto, resultando con una mejor resistencia a la tracción; especialmente al añadirse 10% de viruta de acero.

#### 5.2.4. Prueba de la hipótesis general

i. Hipótesis a probar: La aplicación de viruta de acero influye significativamente en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino.

ii. Pruebas:

Son tres las principales propiedades mecánicas del concreto, la resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción. Estas propiedades dependen del diseño del concreto; es decir, del porcentaje de agua, del tipo de cemento, la temperatura, el agregado grueso, agregado fino, aditivos, entre otros. En el estudio, se empleó la viruta de acero reciclado como reemplazo parcial del agregado fino. De ello se tuvieron 4 diseños con 0% de viruta (diseño convencional); con 5%, 10% y 15% de adición

de viruta. Con estos diseños se evaluó las 3 propiedades mecánicas del concreto; según lo hallado, para la resistencia a la compresión, se concluyó que el reemplazo de viruta por agregado fino no influyó de manera significativa en esta propiedad.

Por otro lado, para la resistencia a la flexión, el diseño más óptimo fue el diseño con 10% de viruta, ya que este fue significativamente distinto al resto de diseños. Mientras que, en las comparaciones entre el resto de diseños, las diferencias no fueron significativas. Por lo tanto, la adición de 10% de viruta de acero en reemplazo de agregado fino sí influye significativa y positivamente en la resistencia a la flexión.

En cuanto a la resistencia a la tracción, las diferencias fueron mucho más notorias, especialmente entre los diseños con 0% y 10%. Además, se encontró que el diseño con 10% tuvo un mejor desempeño que el resto de diseños, de ello se concluyó que, la aplicación de viruta de acero influye en la mejora de la resistencia a la tracción. Por tanto, el reemplazo de viruta si mejoró la resistencia a la flexión y a la tracción; siendo el diseño con 10% de viruta el más óptimo. Sin embargo, la resistencia a la compresión no estuvo influenciada por el reemplazo de viruta ya que los resultados fueron similares al diseño convencional.

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Entre los resultados se demostró que la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino no influye significativamente en la compresión del concreto. No obstante, Aroñe (2020) difirió en su estudio ya que demostró que la mezcla con virutas de acero al 10% y concreto reciclado tiende a tener una mejor compresión, los cuales fueron aumentando en los días de maduración. Bellido (2018) en su investigación, en este caso con las virutas de madera encontró que tiene mejoras en la resistencia a la compresión aplicada en el concreto, a modo que también se reduce el peso. En el estudio de Durand y Leiva (2018) en su investigación demostró que el aditivo de viruta de acero si mejora la resistencia a la compresión, los valores agregados fueron de (7, 8 y 9%). Otros autores que difirieron de lo encontrado en este estudio fue Díaz y Mogollón (2020) quienes señalaron que la viruta de acero al 10% mejora la resistencia a la compresión en un 10.35%, mayor módulo de rotura, en un 27.6%. Para González (2018) también se mejoró la resistencia a la compresión, en su investigación trabajaron con viruta de acero al 0%, 5%, y 10% del peso de la arena lavada; la mejora fue de 4% siendo mejora mínima.

Ahora, teóricamente hablando, se sabe que la compresión es una de las capacidades más importantes para toda estructura, siendo este el aguante de otra carga por unidad en relación al esfuerzo, por ende, es importante que toda estructura cuente con una adecuada compresión, la cual debe calcularse rigurosamente (Gil & Blanco, 2002). Al diseñarse estructuras, la ingeniería se basa en la resistencia específica y detalla el concreto que tenga las cualidades necesarias para cumplir con la compresión requerida. La mezcla de concreto busca dotar de mayor resistencia, reduciendo el riesgo de incumplimiento (IMCYC, 2006).

Respecto a la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la flexión del concreto. Cabe resaltar que esta influencia fue mínima, pero igualmente se dio. Para Bellido (2018) halló un diferente resultado, pero con viruta de madera, encontrando que la flexión se redujo; es decir, al reducirse el peso, también se redujo la flexión. Para Durand y Leiva (2018) en la adición de viruta de acero, se encontró también que la flexión, elasticidad tiende a tener ligeras mejoras pero que no se considera significantes. Según Díaz y Mogollón (2020) al agregar un 10% de viruta de acero, se tuvo una mejor resistencia a la flexión, en su caso considera destacable lo obtenido. Angarita y Rincón (2017) en su investigación demostró que al agregar la viruta de acero en 10 y 12% se evidencia mejoras en la flexión, la mejora obtenida fue ligera pero importante siendo de 3.18.

Respecto a la teoría, la resistencia a la flexión se refiere a la resistencia que tiene el concreto a la tracción (IMCYC, 2008). El indicador de resistencia a la flexión es utilizado en la ingeniería para conocer la capacidad de flexión de pavimentos; su uso en la construcción de concreto estructural es mínimo; por ello, las empresas de construcción que no hacen uso de la resistencia de flexión suelen realizar pruebas de compresión para determinar la calidad del prototipo de concreto.

Asimismo, se encontró que la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la tracción del concreto. Este resultado también fue demostrado por González (2018), quien señaló que el concreto con 5% de viruta de acero con arena lavada mejora la tracción, pero solo en un 2%. En el caso de Bellido (2018) al incorporar viruta de madera encontró que se reduce la resistencia a la tracción, así como se mejora su peso, debiéndose a la cantidad agregada que va entre el 30% hasta un 90%. Durand y Leiva (2018) en su estudio demostró que al agregar virutas de acero y leves

proporciones se puede mejorar la tracción, ya que los valores de resistencia se encuentran incrementados. Díaz y Mogollón (2020) en su estudio también demostraron que la tracción con el 10% de virutas de acero tiende a ser mejorado. Resultado similar obtenido por Sandoval (2017) quien mencionó que las virutas de acero fundido y fibras de acero tienden a aumentar la resistencia a la tracción con un 3.9% con un porcentaje de 1.25 de la mezcla.

En la teoría para la tracción, como se sabe es el análisis estático de las fuerzas aplicadas de forma axial, llegando al punto de quebrarlo (Prieto & Hernández, 2010). La prueba de tracción es empleada para conocer las propiedades con las que cuenta un material. Por lo general, consiste en deformar un prototipo hasta que se rompa al cargar la tracción constantemente y que se aplica de manera uni axial a lo largo del eje del prototipo (Vedia & Svoboda, 2002). Probar que la mezcla al momento de aplicar la tracción tiene el fin de ilustrar al especialista respecto a la calidad que esta presenta.

También se encontró que existe un beneficio económico positivo con la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto. En el estudio de Riveros y Vilca (2021) se menciona esta mejora, empleó también la viruta de acero, pero en diferentes proporciones. Menciono que al usar este aditivo los costos se reducen ya que los costos que tienes son menores, ya que en el caso del agregado fino se usa combustible. Como bien se sabe las virutas de acero son consideradas desperdicio, por ende, su aplicación tiende a reducir los costos, este se obtiene cuando se retira el material. Esta forma es una indicación de pérdida, pero, como se ve en esta investigación pueden ser usados para reforzar las estructuras (Schey, 2000).

Se demostró que la aplicación de viruta de acero influye significativamente en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino. Para Riveros y Vilca (2021) este resultado también es el acertado, ya que en su investigación demostró como la resistencia mecánica de las mezclas con viruta de acero fueron mejoradas, en los diferentes porcentajes agregado, influyendo principalmente en la flexión y tracción; asimismo señaló que tiende a reducir los costos y a cuidar el medio ambiente ya que el agregado fino requiere cantidades de combustible. Para Espinoza (2018) el concreto tiende a mejorar sus propiedades mecánicas gracias a la aplicación de virutas metálicas, influyendo principalmente en la resistencia, a diferencia de los materiales convencionales, recomendando así el uso de aditivos, ya que, al ser en algunos casos reciclados, tienden a reducir costos. Durand y Leiva (2018) en su investigación también demostró como el aditivo de viruta de acero mejora la tracción y compresión ya que sus valores de resistencia se ven incrementados, como se sabe este aditivo es generalmente reciclado, por ende, ayuda a disminuir costos. Según Díaz y Mogollón (2020) los aditivos de viruta de hacer tienden a mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla de concreto en lo que concierne a elasticidad, flexión y compresión, siendo estos los casos estudiados en su investigación. Las propiedades mecánicas son las características técnicas de compresión, flexión y tracción del hormigón, que ayudan a determinar el mejor diseño para hacer que el hormigón sea seguro y garantizar un mejor funcionamiento y construcción de la infraestructura (Carrillo, Alcocer, & Aperador, 2013).

Adicionalmente, existe un beneficio económico positivo con la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto. La viruta de acero es un elemento que según Schey (2000), es una hoja ligera y delgada extraída del labrado del acero, al realizarse este proceso es generalmente cuando se busca darle

una determinada forma a la materia. Ahora, se sabe que la viruta reciclada es obtenida cuando se requiere quitar el exceso de metal de la pieza bruta mediante herramientas de corte y máquinas óptimas, el metal sobrante de esta pieza en bruto se le conoce como viruta de acero reciclado (Schey, 2000). Se sabe que el proceso de producción de viruta no es un proceso sencillo ni mucho menos común, al realizar la limpieza de la pieza en bruto se obtienen dos tipos de virutas, las fragmentadas y las rectas o continuas, estas últimas son recicladas. El hecho de ser recicladas ya disminuye su costo a gran escala, porque en determinados lugares, son considerados desperdicios. Realizando búsquedas en línea, se sabe que el agregado fino tiene un costo aproximado que va desde los 6.19 a 5.31 soles por kilo, estos precios varían según lo requerido por la estructura a construir (Ferbantz, 2021). Ello, de la mano de la viruta de acero reciclado, se sabe que el costo aproximado de este componente es de 4.50 soles por kilo, en necesario resaltar que es un costo por reciclado, es decir esta viruta se considera desperdicio, pero pese a ello brinda una serie de capacidades mencionadas en anteriores secciones. Entonces, al aplicar la viruta de acero a la mezcla de concreto, el porcentaje de arena fina a emplear será menor, por ende, los costos dependerán del porcentaje agregado a la mezcla. De esta forma, utilizar viruta de acero reciclado como reemplazo parcial del agregado fino en el diseño de concreto, resulta ser más económico.

## CONCLUSIONES

- El trabajo encontró que la aplicación de viruta de acero influye significativamente en las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y tracción del concreto en reemplazo parcial de agregado fino; por otro lado, para la resistencia a la compresión no se tuvo influencia alguna. Asimismo, el diseño con adición del 10% fue el que mejor desempeño tuvo, tanto para la resistencia a la flexión y a la tracción.
- El trabajo encontró que el promedio de la resistencia a la compresión para el diseño con 0%, 5%, 10% y 15% a los 28 días de curado fue de 231.59 kg/cm<sup>2</sup>; 250.77 kg/cm<sup>2</sup>; 260.24 kg/cm<sup>2</sup> y 248.61 kg/cm<sup>2</sup>. De ello se puede observar que el diseño con 10% tuvo un mejor desempeño. No obstante, las diferencias no fueron significativas (sig. ANOVA > 0.05), ya que las pruebas post hoc de Tukey, mostraron que los 4 diseños evaluados pertenecieron a un mismo subconjunto. Por lo tanto, la adición de viruta de acero reciclado en cambio del agregado fino no influyó sobre la resistencia a la compresión. Es decir; por ende, cuando se aplica viruta, el cual es una hoja extraída del acero labrado (partes que se consideran desperdicio), al usarse como un reemplazo parcial de agregado fino demostró no ayudar a la compresión del concreto, el cual al mezclarse brinda otras propiedades, pero no mejora la compresión, el cual es una de las características más importantes que tiene el concreto, este hace referencia a la capacidad de aguante de una carga por unidad de áreas en términos de esfuerzo.
- Se halló que la media de la resistencia a la flexión a los 28 días de curado fue de 57.30 kg/cm<sup>2</sup>; 61.88 kg/cm<sup>2</sup>; 63.60 kg/cm<sup>2</sup>; y 60.16 kg/cm<sup>2</sup>, para los diseños de concreto con 0%; 5%, 10% y 15% respectivamente. Observándose que el diseño con 10% tuvo mejor desempeño que el resto. Asimismo, se encontró que las diferencias entre los diseños fueron significativas, corroborando que entre el diseño con 10% de viruta fue

diferente al resto (sig. ANOVA=0.00). Por lo tanto, la adición de viruta de acero reciclado si influye positiva y significativamente sobre la resistencia a la flexión del concreto. Por lo tanto, aplicar viruta de acero, reemplazando parcialmente al agregado fino, tiende a tener efectos directos en la flexión del concreto, ya que estos componentes al ser delgados y con fuerza, tienden a mejorar esta propiedad; es decir, ayuda a la distribución de las tensiones y deformaciones del concreto, cuando esta es sometida a la flexión.

- Se encontró que el promedio resistencia a la tracción diametral para el diseño con 0%; 5%, 10% y 15% fue de 27.78 kg/cm<sup>2</sup>; 30.29 kg/cm<sup>2</sup>; 31.40 kg/cm<sup>2</sup> y 29.73 kg/cm<sup>2</sup>; en este caso, el diseño con mejor desempeño fue al que se agregó 10% de viruta de acero. Asimismo, la prueba ANOVA y Post Hoc de Tukey, confirmaron que las diferencias fueron significativas (sig.=0.00). Concluyendo que, la adición de viruta a lugar del agregado fino mejoró la resistencia a la tracción. Entonces, al agregar las virutas de acero, obtenidas de la del labrado del acero reciclado, tiene efectos positivos en la tracción del concreto.

## RECOMENDACIONES

- Que los ingenieros encargados de diseñar concreto mucho más eficiente y resistente, empleen la viruta de acero como una alternativa parcial al agregado fino.
- Se recomienda a los futuros investigadores realizar estudios con otros tipos de aditivos que, si tengan beneficios para la compresión de la mezcla de concreto o se empleen otras cantidades en nuevos ensayos, para determinar si algún porcentaje de viruta de acero cuenta con mejoras en el concreto en relación a la compresión
- Se sugiere a los ingenieros que empleen aditivos de diferentes materiales como la viruta de acero si se busca mejorar la resistencia a la tracción del concreto, ya que implementar estos materiales considerados desperdicios no solo mejora esta capacidad sino también ayuda al medio ambiente, reusando dichos desperdicios.
- A las constructoras se les sugiere buscar otras opciones de aditivos que brinden mejoras en la resistencia a la flexión de la mezcla del concreto, ya que, en el caso de la viruta de acero, las mejoras encontradas fueron mínimas.
- Tanto los ingenieros como las constructoras deben de buscar aditivos considerados en el reciclado, como es en este caso las virutas de acero o madera, los cuales al ser desperdicios reciclados su costo resulta ser muy bajo, esto reduce los costos realizados dentro de la mezcla, ya que disminuye el uso de las demás materias empleadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, A., & Posada, J. (2017). *Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto*. Medellín: Universidad Eafit.
- Angarita, P., & Rincón, H. (2017). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto adicionado con viruta de acero en porcentajes de 10 y 12% respecto al agregado fino de la mezcla*. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, Ocaña.
- Aragón, S. (2006). *Manual de elaboración de concreto en obra*. San José: Instituto costarricense del cemento y del concreto.
- Aroñe, B. (2020). *Influencia de la viruta de acero y concreto reciclado en la resistencia a la compresión por unidad y pila de ladrillos de concreto convencional*. Lima 2020. Lima: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil.
- Bellido, L. (2018). *Propiedades mecánicas del concreto ligero con incorporación de virutas de madera*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Universidad La Sabana.
- Briones, A., Zambrano, J., Muñoz, J., Ruiz, W., & Panchana, R. (2020). Análisis de la prestación mecánica del hormigón empleando virutas de acero como agregado fino. *Revista RIEMAT*, 5(1), 15-23.
- Carrillo, J., Alcocer, S., & Aperador, W. (2013). Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 14(2), 285-298.
- Chirinos, J. (2013). *Análisis Gravimétrico*. Publicaciones de la Universidad Central de Venezuela: Caracas.
- Díaz, C., & Mogollón, B. (2020). *Influencia de la viruta de acero al carbón en las propiedades mecánicas del concreto de 3000 Psi al incorporarlo como adición*. Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil.
- Durand, R., & Leiva, D. (2018). *Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto, reemplazando el agregado fino por viruta de acero en porcentajes de 7 %, 8 % y 9 % con respecto de un concreto patrón, con agregados de las*

*canteras de Vicho y Cunyac*. Cusco: Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

Espinoza, E. (2018). *Resistencia de Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con Sustitución del 10% del Agregado Fino por Viruta Metálica*. Cajamarca: Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad San Pedro.

Farfán, M., Pinedo, D., Araujo, J., & Orbegoso, J. (2019). Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto. *Revista Gaceta Técnica*, 20(2), 4-13.

Gallego, T. (2007). *Bases teóricas y fundamentos de la fisioterapia*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Gil, L., & Blanco, M. (2002). *Comportamiento mecánico del prototipo de una barra para estructuras neumáticas*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

González, M. (2018). *Evaluación de la viruta de acero como agregado fino para concreto estructural*. Guayana: Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.

Harris, D. (2003). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona: Editorial Reverté S.A.

Hernández, J. (2010). *Tecnología del concreto*. Bogotá: Asocreto.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (5 ed.). Naucalpan de Juárez: McGrawHill.

IMCYC. (2006). Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. *El concreto en la obra*, 4-22.

IMCYC. (2008). *El concreto en la obra: problemas, causas y soluciones*. México D.F.: Instituto mexicano del cemento y del concreto.

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 34-39.

Manrique, Á. (2018). *Diseño simplificado en acero estructural*. Edición propia.

Martínez, W., Torres, A., Alonso, E., Chávez, H., Hernández, H., Lara, C., . . . González, F. (2015). Concreto reciclado: una revisión. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 5(3), 235-248.

- Martínez, Y., García, M., & Martínez, E. (2014). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. *Revista Avances*, 16(2), 91-99.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2016). *Metodología de la investigación*. Bogotá. México D.F.: Ediciones de la U.
- Ospina, R., Aguirre, H., & Parra, H. (2007). Soldabilidad en aceros inoxidables y aceros disimiles. *Scientia et Technica*, 13(34), 273-278.
- Ossa, C., & Tschiptschin, A. (2007). Resistencia a la corrosión de aceros inoxidables austeníticos con alto contenido de nitrógeno recubiertos con hidroxiapatita por dispersión por plasma. *Scientia et Technica*, 13(34), 501-506.
- Patiño, O., & Mendez, R. (2016). Control de calidad del concreto. *RIDTEC*, 4(1-2), 59-64.
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2003). *Manual del concreto estructural*. Caracas: Impresos Minipres.
- Prieto, J., & Hernández, C. (2010). *Ensayo de tracción*. Navarra: Universidad de Pamplona, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Rafael, B., & Reynal, A. (2020). *Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto*, Trujillo 2020. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- Riveros, G., & Vilca, J. (2021). *Propuesta de diseño de las propiedades mecánicas del concreto con adición de viruta de acero fundido en reemplazo parcial del agregado fino*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil, Lima.
- Rodríguez, N. (2011). Diseños Experimentales en Educación. *Revista de Pedagogía*, 32(91), 147-158.
- Rojales, A., Gómez, L., Farroñan, M., Chuzón, N., & Muñoz, S. (2021). Adiciones de fibras de acero para mejorar las propiedades mecánicas del concreto: una revisión literaria. *REV. Epistemia.*, 5(1). doi:<https://doi.org/10.26495/re.v5i1.1838>
- Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Caracas: Editorial Panapo.
- Salas, J., Dénova, C., Barba, A., Cervantes, J., Trujillo, M., Roviroza, J., & Garduño, E. (2008). Resistencia al desgaste de aceros zinalquizados por inmersión en caliente. *Congreso Internacional Anual de la SOMIM* (págs. 958-965). Puebla: SOMIM.

- Sandoval, F. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Sandoval, F. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.
- Schey, J. (2000). *Procesos de manufactura*. México D.F: McGraw-Hill.
- Sierra, R. (1994). *Técnicas de Investigación Social*. Madrid: Editorial Paraninfo S.A.
- Solís, R., Moreno, E., & Arjona, E. (2012). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 2(1), 21-29.
- Tamayo, M. (2002). *El proceso de la investigación científica*. México D.F.: Editorial Limusa S.A.
- Valencia, P., & Quintana, C. (2016). *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil.
- Vedia, L., & Svoboda, H. (2002). *Tracción, compresión*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
**Matriz de Consistencia**

**Título:** Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino.

**Autor:** Bach. Tovar Condori, Jhordi Luis

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo influye la aplicación de viruta de acero en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera la aplicación de viruta de acero en</li> </ul>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la influencia de la aplicación de viruta de acero en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimar la influencia de la</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b> La aplicación de viruta de acero influye significativamente en las propiedades mecánicas de concreto en reemplazo parcial de agregado fino.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La aplicación de viruta de acero en</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b> Viruta de acero</p> <p><b>Variables Dependientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades mecánicas de concreto</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicado</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo</p> <p><b>Método General:</b> Método científico</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental – factorial</p>	<p><b>Población:</b> Cuatro diseños de mezcla que se elaborarán con 0%, 5%, 10% y 15% de viruta de acero.</p> <p><b>Muestra:</b></p>	<p><b>Técnicas:</b> Observación y experimentación</p> <p><b>Instrumentos:</b> Ficha de observación</p>

<p>reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto influye en la resistencia a la compresión del concreto?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto influye en la resistencia a la flexión del concreto?</li> <li>• ¿De qué manera la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en el diseño de concreto influye en la resistencia a la tracción del concreto?</li> </ul>	<p>aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la influencia de la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en la resistencia a la flexión del concreto.</li> <li>• Estimar la influencia de la aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino en la resistencia a la tracción del concreto.</li> </ul>	<p>reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto.</li> <li>• La aplicación de viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino influye significativamente en la resistencia a la tracción del concreto.</li> </ul>	<p>Cuatro diseños de mezcla que se elaborarán con 0%, 5%, 10% y 15% de viruta de acero.</p> <p><b>Muestreo:</b> Muestreo Censal</p>
---	--	--	---

## Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>Viruta de acero</b>	Son hojas de acero extraídas con el torno cuando el acero es labrado, en el diseño del concreto (Schey, 2000).	Tipo de acero	Acero al carbono
			Acero aleado
			Acero inoxidable
		Estado del acero	Corrosión
			Deterioro
<b>Propiedades mecánicas de concreto</b>	Son aquellas características técnicas de compresión, flexión y tracción con las que cuenta un concreto y que ayudan a determinar el diseño óptimo de la mezcla para que el concreto sea seguro y el adecuado (Carrillo et al., 2013)	Compresión	Resistencia a la compresión
			Tiempo de curado
		Flexión	Resistencia a la flexión
			Tiempo de curado
		Tracción	Resistencia a la tracción
			Tiempo de curado

### Anexo 3 Instrumento de investigación

	<b>UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
---	---	---

**FICHA DE OBSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL DISEÑO DE CONCRETO CON VIRUTA DE ACERO**

**INSTRUCCIONES:**

Observe y analice con minuciosidad las propiedades mecánicas de cada diseño de mezcla y su tiempo de curado, y complete cada recuadro según lo indique.

<b>DISEÑO DE MEZCLA CON:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A TRACCIÓN	TIEMPO DE CURADO
<b>0% DE VIRUTA</b>						
<b>DISEÑO DE MEZCLA CON:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A TRACCIÓN	TIEMPO DE CURADO
<b>5% DE VIRUTA</b>						
<b>DISEÑO DE MEZCLA CON:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A TRACCIÓN	TIEMPO DE CURADO
<b>10% DE VIRUTA</b>						
<b>DISEÑO DE MEZCLA CON:</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	TIEMPO DE CURADO	RESISTENCIA A TRACCIÓN	TIEMPO DE CURADO
<b>15% DE VIRUTA</b>						

## Anexo 4

### Pruebas de laboratorio

**RAZÓN SOCIAL:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN :** Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
**CELULAR :** 947898992  
**E-MAIL :** c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



#### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

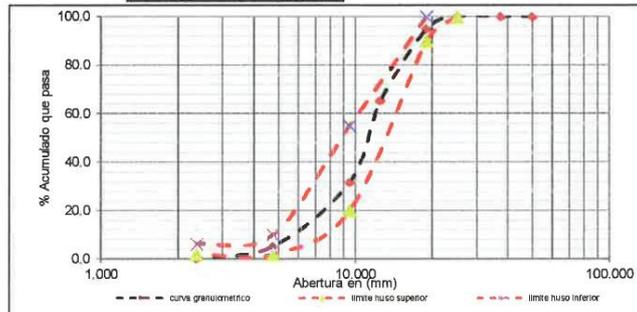
**Expediente N° :** 2007-2021  
**Nombre del tesista :** Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
**Nombre de la tesis :** Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
**Ubicación :** Huancayo - Junín  
**Fecha de emisión :** 20-07-21

#### Análisis granulométrico del agregado grueso NTP 400.012 Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantera : Tres de Diciembre

Malla	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Huso 67
				Limites Totales % acumulativo pasante
1 pulg	0.0	0.0	100.0	100
3/4 pulg	5.2	5.2	94.8	90 a 100
1/2 pulg	29.6	34.8	65.2	---
3/8 pulg	33.7	68.5	31.5	20 a 55
No. 4	26.3	94.8	5.2	0 a 10
No. 8	5.1	99.9	0.1	0 a 5
Fondo	0.1	100.0	0.0	

<b>TM</b>	<b>1 pulg</b>
<b>TMN</b>	<b>3/4 pulg</b>
<b>M.F</b>	<b>6.68</b>



M.F = Módulo de finura  
 TM = Tamaño máximo  
 TMN = Tamaño máximo nominal



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados**

**NTP 400.017**

**Piedra chancada de 3/4 pulgada**

Cantera : Tres de Diciembre

**I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS**

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	18.875	18.824	18.862
Masa del molde	(kg)	4.957	4.957	4.957
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	13.918	13.867	13.905
Volumen del molde (1/3 ft <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario suuelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1475</b>	<b>1469</b>	<b>1473</b>
Promedio peso unitario suuelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1472</b>		
Promedio peso unitario suuelto seco	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1463</b>		

**II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS**

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	19.472	19.445	19.464
Masa del molde	(kg)	4.957	4.957	4.957
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	14.515	14.488	14.507
Volumen del molde (1/3 ft <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1538</b>	<b>1535</b>	<b>1537</b>
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1537</b>		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1527</b>		



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 20-07-21

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

**Piedra chancada de 3/4 pulgada**

Cantera : Tres de Diciembre

**I. Datos**

1	Masa de la muestra secada al horno ( A )	(g)	3421
2	Masa de la muestra saturada con superficie seca ( B )	(g)	3456
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + masa de la canastilla dentro del agua	(g)	3134
4	Masa de la canastilla dentro del agua	(g)	976
5	Masa de la muestra saturada dentro del agua ( C )	(g)	2158

**II. Resultados**

1	Masa específica [P.E.M. = $A/(B-C)$ ]	( $gr/cm^3$ )	2.64
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S. = $B/(B-C)$ ]	( $gr/cm^3$ )	2.66
3	Masa específica aparente [P.E.A. = $A/(A-C)$ ]	( $gr/cm^3$ )	2.71
4	Porcentaje de absorción [(B-A)/A*100]		1.02



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
CELULAR : 947898992  
E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
NTP 339.185  
Piedra chancada de 3/4 pulgada**

Cantera : Tres de Diciembre

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	925.3
Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	919.9
Masa de la tara	(g)	76.8
Masa del agua	(g)	5.40
Contenido de Humedad	(%)	0.64



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

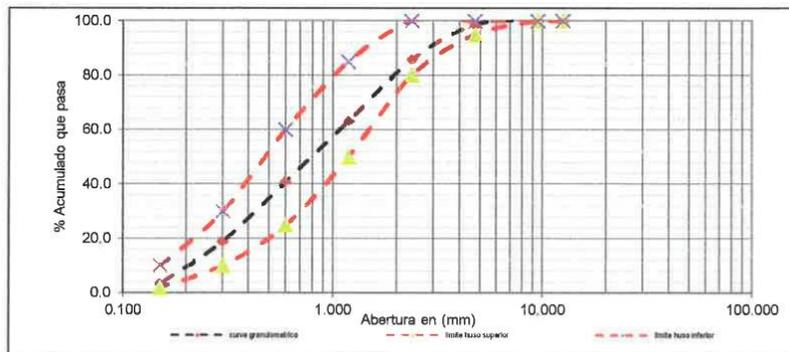
Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO**  
**NTP 400.012**  
**Arena gruesa**

Cantera : Jauja

Tamiz	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Huso C
				Limites Totales % acumulativo pasante
3/4 pulg	0.0	0.0	100.0	100.0
1/2 pulg	0.0	0.0	100.0	100
3/8 pulg	0.0	0.0	100.0	100
No. 4	1.4	1.4	98.6	95 a 100
No. 8	13.0	14.4	85.6	80 a 100
No. 16	22.5	36.9	63.1	50 a 85
No. 30	22.3	59.2	40.8	25 a 60
No. 50	21.9	81.1	18.9	5 a 30
No. 100	15.5	96.6	3.4	0 a 10
Fondo	3.4	100.0		

M.F : 2.90



M.F = Módulo de finura



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados**  
**NTP 400.017**  
**Arena gruesa**

Cantera: : Jauja

**I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS**

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	6.415	6.438	6.429
Masa del molde	(kg)	1.598	1.598	1.598
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	4.817	4.840	4.831
Volumen del molde (1/10 ft <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	0.002832	0.002832	0.002832
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1701</b>	<b>1709</b>	<b>1706</b>
Promedio peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1705</b>		
Promedio peso unitario suelto seco	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1686</b>		

**II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS**

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	6.658	6.668	6.674
Masa del molde	(kg)	1.598	1.598	1.598
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	5.060	5.07	5.076
Volumen del molde (1/10 ft <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	0.002832	0.002832	0.002832
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1787</b>	<b>1790</b>	<b>1792</b>
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1790</b>		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m <sup>3</sup> )	<b>1770</b>		



**RAZÓN SOCIAL:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN :** Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
**CELULAR :** 947898992  
**E-MAIL :** c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo normalizado para densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino**  
**NTP 400.022**  
**Arena gruesa**

Cantera : Jauja

**I. Datos**

1	Masa de la arena superficialmente seca + masa del balón + masa del agua	(g)	975.4
2	Masa de la arena superficialmente seca + masa del balón	(g)	664.2
3	Masa del agua ( $W = 1-2$ )	(g)	311.2
4	Masa de la arena secada al horno + masa del balón	(g)	656.6
5	Masa del balón	(g)	164.2
6	Masa de la arena secada al horno ( $A = 4-5$ )	(g)	492.4
7	Volumen del balón $V = 500$ ml		500

**II. Resultados**

1	Masa específica [ $P.E.M. = A / (V - W)$ ]	(g/cm <sup>3</sup> )	2.61
2	Masa específica saturado superficialmente seco [ $P.E.M.S.S.S. = 500 / (V - W)$ ]	(g/cm <sup>3</sup> )	2.65
3	Masa específica aparente [ $P.E.A. = A / (V - W) - (500 - A)$ ]	(g/cm <sup>3</sup> )	2.72
4	Porcentaje de absorción [ $(500 - A) / A * 100$ ]		1.54



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**

**NTP 339.185**

**Arena gruesa**

Cantera: Jauja

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	652.1
Masa de la muestra seca al horno + masa de la tara	(g)	645.5
Masa de la tara	(g)	98.2
Masa del agua	(g)	6.60
Contenido de Humedad	(%)	1.21



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Página 1 de 2

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

**DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )**

Cemento : Andino Tipo I  
 Peso específico : 3.15

**AGREGADO FINO**

Arena gruesa  
 Jauja

**NTP 400.022**

Peso específico de masa : 2.61  
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.65  
 Peso específico aparente : 2.72

**NTP 400.017**

Peso unitario suelto seco : 1686  $\text{kg/m}^3$   
 Peso unitario compactado seco : 1770  $\text{kg/m}^3$

**NTP 400.012**

Malla	% Retenido	% Que pasa
3/8 pulg	0.0	100.0
No. 4	1.4	98.6
No. 8	13.0	85.6
No. 16	22.5	63.1
No. 30	22.3	40.8
No. 50	21.9	18.9
No. 100	15.5	3.4
Fondo	3.4	0.0

**AGREGADO GRUESO**

Piedra chancada de 3/4 pulgada  
 Tres de Diciembre

**NTP 400.022**

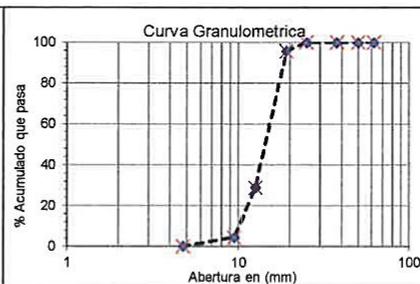
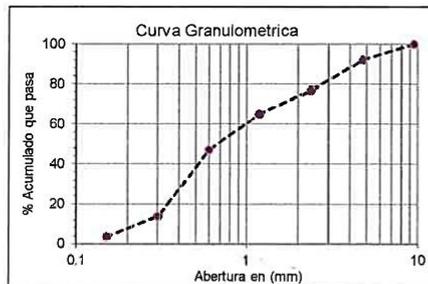
Peso específico de masa : 2.64  
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.66  
 Peso específico aparente : 2.71

**NTP 400.017**

Peso unitario suelto seco : 1463  $\text{kg/m}^3$   
 Peso unitario compactado seco : 1527  $\text{kg/m}^3$

**NTP 400.012**

Malla	% Retenido	% Que pasa
2 pulg	0.0	100.0
1 1/2 pulg	0.0	100.0
1 pulg	0.0	100.0
3/4 pulg	5.2	94.8
1/2 pulg	29.6	65.2
3/8 pulg	33.7	31.5
No. 4	26.3	5.2
No. 8	5.1	0.1
Fondo	0.1	0.0



Módulo de finura : 2.90  
 % Porcentaje de absorción : 1.54  
 % Contenido de humedad : 1.21

Tamaño máximo nominal : 3/4 pulg  
 % Porcentaje de absorción : 1.02  
 % Contenido de humedad : 0.64



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Página 2 de 2

Expediente N° : 2007-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Fecha de emisión : 20-07-21

**DISEÑO DE MEZCLA ( $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ )**

Asentamiento - slump : 5 pulg.  
Factor de cemento : 8.5 bolsas de cemento/m<sup>3</sup> de concreto  
Relación agua - cemento de diseño : 0.580

**PROPORCIÓN EN PESO**

Cemento 1  
Arena 2.29  
Piedra 2.50  
Agua 25.38 litros de agua/bolsa de cemento

**PROPORCIÓN EN VOLUMEN**

Cemento 1 bolsa de cemento  
Arena 2.02 pie<sup>3</sup>  
Piedra 2.54 pie<sup>3</sup>  
Agua 25.38 litros de agua/bolsa de cemento

**Cantidad de materiales secos por metro cubico de concreto (Teorico)**

: 2290 kg/m<sup>3</sup>  
Agua : 210 L. Potable  
Cemento : 362 kg Andino Tipo I  
Agregado fino : 820 kg Jauja  
Arena gruesa  
Agregado grueso : 898 kg Tres de Diciembre  
Piedra chancada de 3/4 pulgada

**Cantidad de materiales por metro cubico, corregidos por humedad y por peso unitario del concreto fresco**

: 2311 kg/m<sup>3</sup>  
Agua : 216 L. Potable  
Cemento : 362 kg Andino Tipo I  
Agregado fino : 830 kg Jauja  
Arena gruesa  
Agregado grueso : 903 kg Tres de Diciembre  
Piedra chancada de 3/4 pulgada

**OBSERVACIONES:**

- \* El muestreo e identificación son realizados por el petionario.
- \* En obra corregir por humedad.
- \* Realizar tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- \* El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo normalizado para determinar la temperaturas de mezclas de hormigón (concreto)**

**NTP 339.184**

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Temperatura °C
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	0%	18.5
	5%	20.6
	10%	21.4
	15%	22.1



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo para la determinación del peso unitario del concreto en estado fresco**  
**NTP 339.046**

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Masa del molde + masa del concreto fresco (kg)	Masa del molde (kg)	Masa del concreto fresco (kg)	Volumen del molde (L)	Masa del concreto fresco (kg/m <sup>3</sup> )	Promedio del Peso unitario del concreto fresco (kg/m <sup>3</sup> )
f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0%	18.825	2.471	16.354	7.08	2310	2311
		18.841	2.471	16.370	7.08	2312	
		18.837	2.471	16.366	7.08	2312	
	5%	18.982	2.471	16.511	7.08	2332	2331
		18.975	2.471	16.504	7.08	2331	
		18.963	2.471	16.492	7.08	2329	
	10%	19.105	2.471	16.634	7.08	2349	2348
		19.089	2.471	16.618	7.08	2347	
		19.097	2.471	16.626	7.08	2348	
	15%	19.201	2.471	16.730	7.08	2363	2364
		19.225	2.471	16.754	7.08	2366	
		19.206	2.471	16.735	7.08	2364	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
CELULAR : 947898992  
E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 20-07-21

**Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto del cemento portland  
NTP 339.035**

Dieño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Asentamiento - Slump
f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0%	5 pulgadas
	5%	5 1/4 pulgadas
	10%	5 1/2 pulgadas
	15%	6 pulgadas



	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		<b>Código</b>	<b>C3-FOR-010</b>
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		<b>Versión</b>	<b>01</b>
	NTP 339.034		<b>Fecha</b>	<b>02-01-20</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Expediente N° : 1708-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordí Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 17-08-21

Testigo N°	Diseño de mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>	5%	20-07-21	27-07-21	7	101.3	8059.5	141.03	17.5	178.5	183.7	Tipo 1	No
2			20-07-21	27-07-21	7	101.4	8075.4	146.18	18.1	184.6		Tipo 3	No
3			20-07-21	27-07-21	7	101.2	8043.6	148.17	18.4	187.9		Tipo 2	No
4			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	164.53	20.5	209.1	215.3	Tipo 1	No
5			20-07-21	03-08-21	14	101.2	8043.6	172.21	21.4	218.4		Tipo 1	No
6			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	171.87	21.4	218.4		Tipo 2	No
7			20-07-21	17-08-21	28	101.2	8043.6	195.87	24.4	248.4	250.8	Tipo 1	No
8			20-07-21	17-08-21	28	101.3	8059.5	200.24	24.8	253.4		Tipo 2	No
9			20-07-21	17-08-21	28	101.2	8043.6	197.55	24.6	250.5		Tipo 2	No

**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.



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
Celular: 947-898992  
Email: laboratorio@c3ingenieriaspecializadasac.com

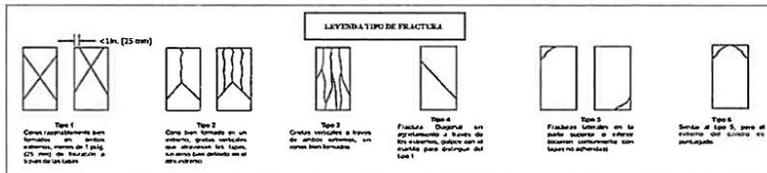
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		<b>Código</b>	<b>C3-FOR-010</b>
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		<b>Versión</b>	<b>01</b>
	NTP 339.034		<b>Fecha</b>	<b>02-01-20</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Expediente N° : 1708-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en remplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 17-08-21

Testigo N°	Diseño de mezcla	% viruta de acero en remplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Area de la sección recta (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>	5%	20-07-21	27-07-21	7	101.3	8059.5	141.03	17.5	178.5	183.7	Tipo 1	No
2			20-07-21	27-07-21	7	101.4	8075.4	146.18	18.1	184.6		Tipo 3	No
3			20-07-21	27-07-21	7	101.2	8043.6	148.17	18.4	187.9		Tipo 2	No
4			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	164.53	20.5	209.1	215.3	Tipo 1	No
5			20-07-21	03-08-21	14	101.2	8043.6	172.21	21.4	218.4		Tipo 1	No
6			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	171.87	21.4	218.4		Tipo 2	No
7			20-07-21	17-08-21	28	101.2	8043.6	195.87	24.4	248.4	250.8	Tipo 1	No
8			20-07-21	17-08-21	28	101.3	8059.5	200.24	24.8	253.4		Tipo 2	No
9			20-07-21	17-08-21	28	101.2	8043.6	197.55	24.6	250.5		Tipo 2	No

**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.



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
Celular: 947-898992  
Email: laboratorio@c3ingenieriaspecializadasac.com

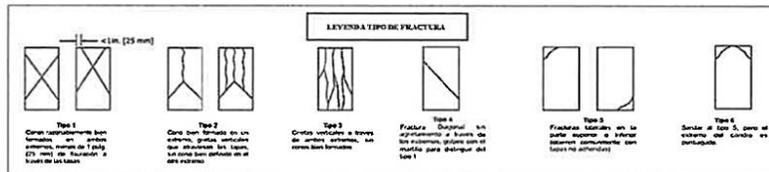
	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión	01
	NTP 339.034		Fecha	02-01-20
			Página	1 de 1

Expediente N° : 1708-2021  
Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 17-08-21

Testigo N°	Diseño de mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>	10%	20-07-21	27-07-21	7	101.5	8091.4	146.25	18.1	184.4	190.2	Tipo 3	No
2			20-07-21	27-07-21	7	101.5	8091.4	151.59	18.7	191.1		Tipo 1	No
3			20-07-21	27-07-21	7	101.1	8027.7	153.65	19.1	195.2		Tipo 3	No
4			20-07-21	03-08-21	14	101.2	8043.6	170.62	21.2	216.4	223.1	Tipo 2	No
5			20-07-21	03-08-21	14	101.2	8043.6	178.59	22.2	226.5		Tipo 1	No
6			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	178.24	22.2	226.5		Tipo 3	No
7			20-07-21	17-08-21	28	101.2	8043.6	203.12	25.3	257.6	260.2	Tipo 2	No
8			20-07-21	17-08-21	28	101.1	8027.7	207.66	25.9	263.9		Tipo 2	No
9			20-07-21	17-08-21	28	101.3	8059.5	204.87	25.4	259.3		Tipo 1	No

**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.



25-May

C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
Celular: 947-898992  
Email: laboratorio@c3ingenieriaspecializadasac.com

	<b>INFORME DE ENSAYO</b>		<b>Código</b>	<b>C3-FOR-010</b>
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		<b>Versión</b>	<b>01</b>
	NTP 339.034		<b>Fecha</b>	<b>02-01-20</b>
			<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

Expediente N° : 1708-2021  
Nombre del tesis : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
Ubicación : Huancayo - Junín  
Fecha de emisión : 17-08-21

Testigo N°	Diseño de mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Area de la sección recta (mm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de la resistencia a la compresión f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de fractura	Defectos
1	f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>	15%	20-07-21	27-07-21	7	101.3	8059.5	139.72	17.3	176.8	182.0	Tipo 2	No
2			20-07-21	27-07-21	7	101.4	8075.4	144.82	17.9	182.9		Tipo 1	No
3			20-07-21	27-07-21	7	101.2	8043.6	146.79	18.2	186.1		Tipo 3	No
4			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	163.01	20.3	207.1	213.3	Tipo 2	No
5			20-07-21	03-08-21	14	101.2	8043.6	170.61	21.2	216.4		Tipo 1	No
6			20-07-21	03-08-21	14	101.1	8027.7	170.28	21.2	216.4		Tipo 1	No
7			20-07-21	17-08-21	28	101.2	8043.6	194.06	24.1	246.1	248.6	Tipo 2	No
8			20-07-21	17-08-21	28	101.3	8059.5	198.39	24.6	251.1		Tipo 2	No
9			20-07-21	17-08-21	28	101.1	8027.7	195.72	24.4	248.7		Tipo 3	No

- 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.



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC  
Av. Los Próceres N° 1000 - Chilca - Huancayo - Junín  
Celular: 947-898992  
Email: laboratorio@c3ingenieriaespecializadasac.com

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**



Expediente N° : 1708-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 17-08-21

**Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo  
NTP 339.078**

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura $f_r$ (MPa)	Módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )
f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0%	20-07-21	27-07-21	7	27.46	45.0	15.1	15.1	3.6	36.6	37.2
		20-07-21	27-07-21		28.07	45.0	15.1	15.1	3.7	37.4	
		20-07-21	27-07-21		28.29	45.0	15.1	15.1	3.7	37.7	
		20-07-21	03-08-21	14	34.64	45.0	15.1	15.1	4.5	46.2	47.0
		20-07-21	03-08-21		35.41	45.0	15.1	15.1	4.6	47.2	
		20-07-21	03-08-21		35.69	45.0	15.1	15.1	4.7	47.6	
		20-07-21	17-08-21	28	42.24	45.0	15.1	15.1	5.5	56.3	57.3
		20-07-21	17-08-21		43.18	45.0	15.1	15.1	5.6	57.6	
		20-07-21	17-08-21		43.52	45.0	15.1	15.1	5.7	58.0	



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**



Expediente N° : 1708-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 17-08-21

**Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo**  
**NTP 339.078**

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura $f_r$ (MPa)	Módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )
f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	5%	20-07-21	27-07-21	7	29.65	45.0	15.1	15.1	3.9	39.5	40.2
		20-07-21	27-07-21		30.31	45.0	15.1	15.1	4.0	40.4	
		20-07-21	27-07-21		30.55	45.0	15.1	15.1	4.0	40.7	
		20-07-21	03-08-21	14	37.41	45.0	15.1	15.1	4.9	49.9	50.7
		20-07-21	03-08-21		38.24	45.0	15.1	15.1	5.0	51.0	
		20-07-21	03-08-21		38.54	45.0	15.1	15.1	5.0	51.4	
		20-07-21	17-08-21	28	45.62	45.0	15.1	15.1	6.0	60.8	61.9
		20-07-21	17-08-21		46.63	45.0	15.1	15.1	6.1	62.2	
		20-07-21	17-08-21		47.00	45.0	15.1	15.1	6.1	62.7	



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**



Expediente N° : 1708-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 17-08-21

**Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo**

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura $f_r$ (MPa)	Módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	10%	20-07-21	27-07-21	7	30.48	45.0	15.1	15.1	4.0	40.6	41.3
		20-07-21	27-07-21		31.15	45.0	15.1	15.1	4.1	41.5	
		20-07-21	27-07-21		31.40	45.0	15.1	15.1	4.1	41.9	
		20-07-21	03-08-21	14	38.45	45.0	15.1	15.1	5.0	51.3	52.2
		20-07-21	03-08-21		39.30	45.0	15.1	15.1	5.1	52.4	
		20-07-21	03-08-21		39.61	45.0	15.1	15.1	5.2	52.8	
		20-07-21	17-08-21	28	46.89	45.0	15.1	15.1	6.1	62.5	63.6
		20-07-21	17-08-21		47.93	45.0	15.1	15.1	6.3	63.9	
		20-07-21	17-08-21		48.31	45.0	15.1	15.1	6.3	64.4	



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1708-2021  
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 17-08-21

**Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral**  
**NTP 339.084**

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Dimensiones en (mm)		Carga (kN)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> )
		Diámetro	Longitud			
f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0%	100	200	86.52	28.1	27.8
		100	200	84.58	27.5	
		100	200	85.63	27.8	
	5%	100	200	94.31	30.6	30.3
		100	200	92.19	29.9	
		100	200	93.34	30.3	
	10%	100	200	97.77	31.7	31.4
		100	200	95.58	31.0	
		100	200	96.76	31.4	
	15%	100	200	92.58	30.1	29.7
		100	200	90.50	29.4	
		100	200	91.62	29.7	



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**



Expediente N° : 1708-2021  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 17-08-21

**Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo**

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	% viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura $f_r$ (MPa)	Módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio de módulo de rotura $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )
$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	15%	20-07-21	27-07-21	7	28.83	45.0	15.1	15.1	3.8	38.4	39.1
		20-07-21	27-07-21		29.47	45.0	15.1	15.1	3.9	39.3	
		20-07-21	27-07-21		29.70	45.0	15.1	15.1	3.9	39.6	
		20-07-21	03-08-21	14	36.37	45.0	15.1	15.1	4.8	48.5	49.3
		20-07-21	03-08-21		37.18	45.0	15.1	15.1	4.9	49.6	
		20-07-21	03-08-21		37.47	45.0	15.1	15.1	4.9	50.0	
		20-07-21	17-08-21	28	44.35	45.0	15.1	15.1	5.8	59.1	60.2
		20-07-21	17-08-21		45.34	45.0	15.1	15.1	5.9	60.4	
		20-07-21	17-08-21		45.70	45.0	15.1	15.1	6.0	60.9	



## Anexo 5

### Información para el procesamiento de datos

Tabla 1

Días	% Viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Resistencia a la flexión $f_r$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
7	0	36.603	165.586
7	0	37.418	171.974
7	0	37.712	173.969
14	0	46.176	193.566
14	0	47.204	202.200
14	0	47.576	201.406
28	0	56.313	229.074
28	0	57.566	233.268
28	0	58.019	232.418
7	5	39.531	178.480
7	5	40.411	184.635
7	5	40.729	187.886
14	5	49.870	209.051
14	5	50.980	218.376
14	5	51.382	218.380
28	5	60.818	248.379
28	5	62.171	253.424
28	5	62.661	250.515
7	10	49.630	192.361
7	10	50.534	198.096
7	10	50.861	203.231
14	10	60.256	223.366
14	10	61.396	234.464
14	10	61.809	233.468
28	10	71.507	264.578
28	10	72.898	270.851
28	10	73.401	267.281
7	15	44.433	183.827
7	15	46.289	189.925
7	15	45.598	193.147
14	15	55.485	215.115
14	15	57.564	223.354
14	15	59.954	224.358
28	15	67.128	254.079
28	15	69.444	259.078
28	15	71.920	256.687

## Anexo 5

### Información para el procesamiento de datos

**Tabla 2**

% Viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> )
0	28.091
0	27.461
0	27.802
5	30.619
5	29.933
5	30.304
10	31.743
10	31.031
10	31.416
15	30.057
15	29.383
15	29.748

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

Página 1 de 1

**DISEÑO DE MEZCLA**  
**MÉTODO DE MODULO DE FINEZA**

**1. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES**

AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
Tamaño máximo nominal	---		Tamaño máximo nominal	3/4 pulg	
Peso unitario compactado	1770	kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario compactado	1527	kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1686	kg/m <sup>3</sup>	Peso unitario suelto	1463	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.61	g/cm <sup>3</sup>	Peso específico de masa	2.64	g/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.54	%	Absorción	1.02	%
Contenido de humedad	1.21	%	Contenido de humedad	0.64	%

CEMENTO			AGUA		
Tipo de cemento portland	I		Tipo de agua	Potable	
Peso específico	3.15	g/cm <sup>3</sup>	Peso específico	1.0	g/cm <sup>3</sup>
Marca de cemento portland	Andino				

**2. DISEÑO REQUERIDO**

CUENTA CON DESVIACION ESTANDAR			NO CUENTA CON DESVIACION ESTANDAR (X)		
Resistencia a la compresión (f'c)	---	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la compresión (f'c)	210	kg/cm <sup>2</sup>
Desviación estandar (s)	---		Factor de seguridad (S)	84	
Resistencia promedio (f'cr)	---	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia promedio (f'cr)	294	kg/cm <sup>2</sup>
Consistencia	---		Consistencia	Plástica	

**3. CALCULO DE VOLUMEN DE LA PASTA**

Tamaño máximo nominal	3/4 pulg	
Asentamiento	5 pulg.	
Volumen unitario de agua	210	lt/m <sup>3</sup>
Contenido de aire	2%	
Relación agua/cemento	0.558	
Cantidad de cemento	376.34	kg/m <sup>3</sup>
Factor cemento	8.86	bolsas/m <sup>3</sup>
Volumen de pasta	0.330	m <sup>3</sup>
Volumen de agregados	0.670	m <sup>3</sup>

**4. CALCULO DE MODULO DE FINEZA POR COMBINACION DE AGREGADOS**

M.F. por Combinación de agregados	5.16
Factor cemento en sacos	8.64
Tamaño máximo nominal	3/4 pulg

**5. CALCULO DE PORCENTAJE DE AGREGADO FINO**

rf=(mg-m)/(mg-mf)		
m	5.16	
mg	6.68	
mf	2.90	
rf	40.23	
Porcentaje de agregad fino	=	40.23%
Porcentaje de agregad grueso	=	59.77%

**6. VOLUMEN DE AGREGADOS EN LA MEZCLA**

Volumen absoluto del agregado fino	0.270	m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del agregado grueso	0.401	m <sup>3</sup>

**7. PESO DEL AGREGADO EN LA MEZCLA**

Peso absoluto del agregado fino	703.4	kg
Peso absoluto del agregado grueso	1055.9	kg

**8. DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO (POR m<sup>3</sup>)**

Cemento	376.34	kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	210.00	lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino	703.36	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1055.92	kg/m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>2345.62</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

**9. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

<b>Peso húmedo</b>	
Agregado fino	711.84 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1062.68 kg/m <sup>3</sup>

**Humedad superficial**

Agregado fino	-0.34 %
Agregado grueso	-0.38 %

**10. DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO HUMEDO (POR m<sup>3</sup>)**

Cemento	376.34	kg/m <sup>3</sup>
Agua de diseño	216.47	lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino	711.84	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1062.68	kg/m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>2367.34</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

**Aporte de agua por humedad de agregados**

Agregado fino	-2.40 lt/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	-4.07 lt/m <sup>3</sup>
Aporte de humedad del agregado	-6.47 lt/m <sup>3</sup>
Agua efectiva	216.47 lt/m <sup>3</sup>



**RAZÓN SOCIAL:** C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.  
**DIRECCIÓN :** Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín  
**CELULAR :** 947898992  
**E-MAIL :** c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 2007-2021  
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jhordi Luis Tovar Condori  
 Nombre de la tesis : Propiedades mecánicas de concreto con viruta de acero en reemplazo parcial de agregado fino  
 Ubicación : Huancayo - Junín  
 Fecha de emisión : 20-07-21

Página 2 de 2

**11. RELACION EN PESO**

MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD			
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
376	703	1056	210
376	376	376	376
1.00	: 1.87	: 2.81	: 0.56

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
376	712	1063	216
376	376	376	376
1.00	: 1.89	: 2.82	: 0.58

**12. RELACION EN VOLUMEN**

MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD			
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
8.86	15	25	210
8.86	8.86	8.86	8.86
1.00	: 1.66	: 2.88	: 23.72

lt/bolsa

MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD			
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
8.86	15	26	216
8.86	8.86	8.86	8.86
1.00	: 1.68	: 2.90	: 24.45

lt/bolsa



**OBSERVACIONES:**

- \* El muestreo e identificación son realizados por el peticionario.
- \* En obra corregir por humedad.
- \* Realizar tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- \* El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar.