

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
sustituyendo agregado fino por fibras y virutas de acero,
Ancash - 2019”**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Deledesma Carrera Sarita Beatriz

Asesor

Urrutia Vargas Segundo

Ancash– Perú

2019

PALABRAS CLAVE:

Tema	Resistencia a compresión, fibras de acero, virutas de acero
-------------	---

Especialidad	Tecnología del concreto
---------------------	-------------------------

KEYWORDS

Theme	Steel fibers, steel shavings, strength compression
--------------	--

Specialty	Concrete technology
------------------	---------------------

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Programa	Ingeniería civil
-----------------	------------------

Línea de investigación	Construcción y gestión de la construcción
-------------------------------	---

OCDE	2. Ingeniería y tecnología 2.1 Ingeniería civil
-------------	--

Sub líneas o campos de la investigación	Materiales para la construcción
--	---------------------------------

**Resistencia a compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
sustituyendo agregado fino por fibras y virutas de acero,
Ancash - 2019**

RESUMEN

La presente investigación se realizó con dos materiales, de tipo comercial y reciclado que se sustituyeron parcialmente con el agregado fino en las mezclas de concreto. Se implementó estos materiales en cada una de las mezclas, afectando las propiedades mecánicas de un concreto convencional para obtener un concreto de mayor resistencia a la compresión y que sea más resistente a la generación de fisuras.

Los agregados utilizados en la investigación proceden de la cantera Tacllan – Huaraz los cuales se verificó que cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana.

Se adquirió las fibras de acero (comercial) y se recolecto las virutas de acero resultantes de trabajos con acero de los tornos, las mismas que fueron tamizadas evitando la presencia de impurezas que perjudiquen al concreto.

Se realizó el diseño de mezcla del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ mediante el método ACI 211, se elaboraron 45 probetas cilíndricas de concreto: 9 probetas de concreto patrón, 18 de concreto con sustitución al 4% y 6% por fibras de acero y 18 de concreto con sustitución al 4% y 6% por virutas de acero. Las cuales se comprobaron las resistencias a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días.

Del ensayo de asentamiento en el concreto se observó que disminuye con el aumento de fibras y virutas de acero, siendo el de menor asentamiento el concreto con sustitución de agregado fino al 6% por fibras de acero.

Las probetas experimentales superan la resistencia establecida para un concreto de 210 kg/cm^2 a los 28 días en promedio de 14%, siendo el más favorable cuando se sustituye el agregado fino en 4% de fibras de acero, teniendo un incremento de un 16% con respecto a la resistencia de diseño.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with two commercial and recycled materials that were specifically substituted with the fine aggregate in the concrete mixtures. These materials are implemented in each of the mixtures, affecting the mechanical properties of a conventional concrete to obtain a concrete with greater compressive strength and that is more resistant to the generation of resistance.

The aggregates used in the investigation come from the Tacllán - Huaraz quarry which are verified to have been determined with the parameters established in the Peruvian Technical Standard.

The steel fibers (commercial) were acquired and the steel shavings resulting from work with steel of the lathes were collected, which were cut down avoiding the presence of impurities that harm the concrete.

The design of the concrete mix $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ was carried out using the ACI 211 method, 45 cylindrical concrete specimens were made: 9 standard concrete specimens, 18 concrete specimens with 4% replacement and 6% by fibers of steel and 18 concrete with 4% and 6% replacement by steel shavings. Which are checked in compressive strengths at the ages of 7, 14 and 28 days.

The concrete settling test will be modified with the increase of steel fibers and shavings, with the lowest settlement being the concrete with replacement of 6% fine aggregate by steel fibers.

The experimental probes exceed the resistance established for a concrete of 210 kg / cm^2 at 28 days on average of 14%, being the most favorable when the fine aggregate is replaced in 4% of steel fibers, having an increase of 16% Regarding design strength.

ÍNDICE GENERAL

Contenido:

Palabras Clave – Key Words – Lineas de Investigación	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGIA DE TRABAJO	33
III. RESULTADOS	42
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	66
V. CONCLUSIONES.....	69
VI. RECOMENDACIONES	70
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
VIII. ANEXOS	74

Índice de Tablas

Tabla N° 1: Componentes del cemento	7
Tabla N° 2: Granulometría del agregado fino	13
Tabla N° 3: Componentes adicionales de virutas de acero fundido	23
Tabla N° 4: Variable dependiente (Resistencia a compresión)	31
Tabla N° 5: Variable independiente (Fibras y virutas de acero).....	31
Tabla N° 6: Diseño experimental de bloque completo al azar.	34
Tabla N° 7: Técnicas e instrumentos de investigación	35
Tabla N° 8: Análisis granulométrico del agregado grueso.	42
Tabla N° 9: Análisis granulométrico del agregado fino	43
Tabla N° 10: Peso unitario del agregado grueso.....	44
Tabla N° 11: Peso unitario del agregado fino.....	44
Tabla N° 12: Contenido de humedad del agregado grueso	45
Tabla N° 13: Contenido de humedad del agregado fino.....	45
Tabla N° 14: Peso específico y absorción del agregado grueso	46
Tabla N° 15: Propiedades de los Materiales para el Concreto Patron	47
Tabla N° 16: Proporción por bolsa de cemento para el concreto patron	47
Tabla N° 17: Cantidad de materiales para el diseño de mezcla.....	48
Tabla N° 18: Asentamientos obtenidos del concreto.....	48
Tabla N° 19: Resistencia a compresión del concreto patron	49
Tabla N° 20: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 4% de fibras de acero	50
Tabla N° 21: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 6% de fibras de acero	51
Tabla N° 22: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 4% de virutas de acero	52
Tabla N° 23: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 6% de virutas de acero	53
Tabla N° 24: Resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días	56
Tabla N° 25: Porcentaje de resistencia a compresión respecto al patrón a 7, 14 y 28 días	58
Tabla N° 26: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con sustitución de agregado fino por fibras de acero según días de curado	59
Tabla N° 27: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con fibras de acero.....	60
Tabla N° 28: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencia a la	

compresión de las probetas de concreto es diferentes.	61
Tabla N° 29: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con una sustitución de agregado fino por virutas de acero según días de curado	61
Tabla N° 30: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con virutas de acero.....	62
Tabla N° 31: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencia a la compresión de las probetas de concreto es diferentes.	63
Tabla N° 32: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con porcentajes de agregado fino sustituido por fibras y virutas de acero según días de curado.....	63
Tabla N° 33: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con fibra y viruta de acero.....	64
Tabla N° 34: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto es diferente.....	65

Índice de Figuras

Figura N° 1: Forma Geométrica Secciones de las Fibras más Comunes.....	20
Figura N° 2: Forma Geométrica de las Fibras.	20
Figura N° 3: Fibras de Acero.....	21
Figura N° 4: <i>Dimensiones de las Fibras de Acero</i> ,	22
Figura N° 5: virutas de acero	23
Figura N° 6: Fractura tipo I.....	26
Figura N° 7: Fractura tipo II	27
Figura N° 8: Fractura tipo III.....	27
Figura N° 9: Fractura tipo VI.....	27
Figura N° 10: Fractura tipo V	28
Figura N° 11: Fractura tipo VI.....	28
Figura N° 12: Bolsa de SikaFiber CHO 65/35 NB.....	36
Figura N° 13: Fibras de acero	36
Figura N° 14: Virutas de acero	37
Figura N° 15: Peso de los materiales para la mezcla.....	38
Figura N° 16: Mezclado de los materiales.....	38
Figura N° 17: Medición del asentamiento	39
Figura N° 18: Llenado y enrasado de las probetas	40
Figura N° 19: Desencofrado de probetas.....	40
Figura N° 20: Curado de probetas	41

Figura N° 21: Ensayo a compresión de las probetas	41
Figura N° 22: Curva granulométrica del agregado grueso.	42
Figura N° 23: Cutva granulométrico del agregado fino	43
Figura N° 24: Resistencias a compresión obtenidas del concreto patron.....	54
Figura N° 25: Resistencias a compresión obtenidas al 4% de fibras de acero	54
Figura N° 26: Resistencias a compresión obtenidas al 6% de fibras de acero	55
Figura N° 27: Resistencias a compresión obtenidas al 4% de virutas de acero.....	55
Figura N° 28: Resistencias a compresión obtenidas al 6% de virutas de acero.....	56
Figura N° 29: Comparación de las resistencias a la compresión de los 7, 14 y 28 días	57
Figura N° 30: Porcentaje de aumento de la resistencia a compresión	58

I. INTRODUCCIÓN

El concreto ha llegado a ser el material más empleado en el sector de la construcción, pero a pesar de ser resistente, presenta fallas al momento de su rotura.

En el medio existe la falsa afirmación que un concreto de alto desempeño es solo aquel que posee la característica de alta resistencia y durabilidad, sin embargo, la definición de concreto de alto desempeño es mucho más amplia y alcanza una gran variedad de concretos, pudiendo ser un concreto de alto desempeño aquel concreto optimizado en su costo y trabajabilidad, que cumpla los requerimientos de resistencia y durabilidad.

El conocimiento de que las fibras se han utilizado para reforzar materiales frágiles, dio la pauta para que surja la idea de adicionar fibras dispersas dentro del concreto con la finalidad de contribuir a la mejora de determinadas características del concreto convencional.

Con el aporte de nuevas investigaciones realizadas, se han implementado nuevos procesos de construcción y combinación de distintos materiales tanto comerciales como reciclados que hace al concreto aumentar su resistencia.

En la presente investigación se hace un enfoque especial al comportamiento del concreto cuando se sustituye parcialmente el agregado fino por fibra de acero comercial y virutas de acero recicladas viendo cómo influye su presencia en el concreto, aumentando su resistencia o mejorando su capacidad para controlar las fisuras y otras variables que se pudieran presentar en el concreto ante diferentes factores.

Se analizará, estudiará y evaluará la influencia de la incorporación de fibras de acero y virutas de acero en el concreto. Con los resultados finales obtenidos de todos los ensayos de laboratorio, se contará con una suficiente información que pueda describir el real comportamiento que presenta el concreto cuando se sustituye el agregado fino por dos concentraciones de fibra de acero y virutas de acero.

ANTECEDENTES

Chávez (2014), en su tesis de titulación sobre “Resistencia a la compresión de un concreto con adición de limaduras de hierro fundido”. Realizado en la Universidad Nacional De Cajamarca, tuvo como objetivo general determinar la resistencia respecto a la resistencia de diseño, en función al porcentaje de adición, concluyó que la variación de la resistencia a la compresión del concreto al añadir tres porcentajes (4%, 6% y 8%) de limaduras de hierro fundido, la cual alcanza su máximo incremento con la adición del 4% de limaduras, y disminuye de manera uniforme para los valores del 6% y 8% respectivamente, siendo siempre mayor a la resistencia alcanzada por el concreto patrón, la resistencia máxima del concreto se logró con 4% de adición de limaduras de hierro fundido en reemplazo del agregado fino, alcanzando una resistencia promedio de 331.69 kg/cm^2 , lo cual equivale a un incremento del 58% respecto al f_c , 32% respecto del f_{cr} y 26% respecto a la resistencia promedio final de las muestras control, Las probetas adicionales que se fabricaron con mayores porcentajes de adición de limaduras (10%, 20% y 30%), sirvieron para demostrar que el incremento de la resistencia ya no es muy significativo, puesto que los valores hallados son muy cercanos a los obtenidos con el 8% de adición de limaduras, Todos los diseños de mezcla (con adición y sin adición de limaduras de hierro fundido), superan la resistencia de diseño ($f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) y la resistencia promedio ($f_{cr} = 252 \text{ kg/cm}^2$) a los 28 días de edad.

Guevara (2008), en su tesis de titulación sobre “Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand”. Realizado en la Universidad Ricardo Palma, Lima Perú, tuvo como objetivo general comparar las propiedades mecánicas a compresión y a flexión el concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand, concluyó que , la resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días resulta ser mayor que el del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 20 kg/m^3 , pero menor que el del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 25 kg/m^3 , y con el de 35 kg/m^3 , Con respecto a sus características geométricas, a menor diámetro con la misma longitud obtengo mayor número de fibras, asimismo, a mayor diámetro

desarrolla mejor tenacidad y ductilidad. La resistencia a la flexión a los 28 días, del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 20 kg/m^3 es superior al del concreto patrón. Luego conforme se incrementa la dosificación de la fibra wirand a 25 y 35 kg/m^3 , también se incrementa en ese orden la resistencia a la flexión.

Sotil y Zegarra (2015), en su tesis de titulación sobre “Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido”. Realizado Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Perú, tuvo como objetivo general comparar analíticamente las propiedades mecánicas (flexión, compresión, tenacidad) del concreto sin refuerzo respecto al concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y la fibra de acero Wirand FF4 (80/60), concluyó que las fibras metálicas modifican el comportamiento frágil del concreto gracias a los puentes de transferencia de esfuerzos que genera. Se logra ductilizar la falla y controlar la propagación de fisuras, Las fibras de acero son una alternativa preventiva para controlar dichas restricciones enfocadas principalmente a losas o pavimentos de concreto. Estos filamentos proporcionan una mayor energía de rotura, logrando la sustitución de las armaduras de acero convencionales, El parámetro que representa el aporte de las fibras se denomina valor de resistencia equivalente a la flexión, denominado Re_3 . Este factor depende principalmente de la dosificación de las fibras (kg/m^3) y de la característica de la misma. El Re_3 ingresa en el cálculo de momento positivo, mas no en el negativo ya que no aporta control de agrietamiento causado por esfuerzos de tracción.

Lao (2007), en su tesis sobre “Utilización de fibras metálicas para el concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa”, realizado en la Universidad Ricardo Palma, Perú, tuvo como objetivo general determinar las ventajas del uso de fibras en pavimentos de concreto en la ciudad de Pucallpa. Concluyó que la inclusión de las fibras en el concreto hace que este disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, lo cual significa que el Slump disminuye, en general la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento del factor de forma de fibra empleada, la dosificación de las fibras metálicas son fáciles y rápidas de usar, además garantiza una distribución perfecta y

homogénea en el concreto, es una ventaja importante para los sistemas modernos de producción de concreto, los extremos de las fibras de acero llevan una deformación que proporciona un anclaje óptimo de las fibras en el concreto, transformando la naturaleza del concreto simple de quebradizo a tenaz, haciendo posible tomar en cuenta una resistencia adicional, Se pudo observar cuando se realizó el ensayo que en la viga se notó que no había una homogeneidad de fibras, quiere decir que al momento de poner los materiales en el trompo, la fibra no se bateó bien, y eso podría causar agrietamientos en los paños.

Valencia y Quintana (2016), en su tesis sobre “Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%”. Realizado en la Universidad Católica de Colombia, tuvo como objetivo general Analizar el comportamiento del concreto simple y el concreto reforzado con adición de fibras de acero al 12 % y 14%, con el fin de conocer si existe una mejora en la capacidad de carga a la compresión. Concluyó que mejora en la resistencia a la compresión de los cilindros con fibra de acero con respecto a los cilindros sin fibra, notándose que la mezcla con adición del 14 % fue la más alta, obteniendo una resistencia promedio 24500 kg-f o de 4324 psi, superando en un 13,65 % la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto sin adición, Los resultados encontrados evidencian que la mezcla que brindó mejor comportamiento a los 14 días supero en 30 % por encima de la resistencia del diseño esperado, a los 21 días 38 % por encima y a los 28 días se alcanzó una resistencia superior al 44% de la resistencia esperada, Los cilindros sin adición de fibra tuvieron una falla columnar, falla que no da tiempo a reacción porque se rompe el concreto en instante de segundos al llegar a su máxima resistencia, dejando los cilindros en estado total de daño. A diferencia de los cilindros reforzados con fibra los cuales presentan falla tipo cono y corte y corte cilíndrico que son unas fallas menos letales y que conservan un 80 % la forma del cilindro, Se evidencio que la cuantía de acero al 14% produjo fisuras finas y juntas, a diferencia del 12% que produjo fisuras gruesas y separadas que varían entre $0.1 < e < 0.2$ mm de espesor.

Hernández (2011), En su tesis de titulación sobre “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas”. Realizado en la Universidad San Carlos de Guatemala tuvo como objetivo general determinar las características mecánicas a compresión que adquiere el concreto, al adicionarle materiales de reciclaje, en este caso, el plástico y las llantas. Asimismo, observar los cambios en el trabajo, factor que, de alguna manera, podría condicionar el uso de dichas mezclas. Concluyo que el manejo del diseño de las mezclas disminuye con la adición de materiales de reciclaje. Este fenómeno se observó especialmente en la mezcla con PET, ya que, en su caso, cuando los agregados presentan un contenido excesivo de agua, es necesario realizar las pruebas y cálculos necesarios para obtener un valor correcto de la relación a/c, para que luego de hacer las correcciones pertinentes, sea posible determinar de manera adecuada la resistencia que alcanzará el concreto, la resistencia a la compresión alcanzada por la mezcla patrón fue menor a la resistencia para la cual fue diseñada, esto se debió seguramente a deficiencias en la calidad de los agregados pétreos utilizados en la misma.

Concreto

En nuestro medio encontramos muchas definiciones del concreto llamado también hormigón; sin embargo, la mayoría de estas guardan la misma significancia.

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua, la cual después de cierto tiempo adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes.

Al respecto Rivva (2000) sostiene que: “El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado” (p. 8), explicando posteriormente que la pasta es la fase continua y el agregado es la fase discontinua del concreto debido a que la pasta siempre se encuentra unida a algo de ella misma contrariamente a las diversas partículas del agregado que no se unen entre sí y en su mayoría se encuentran separadas y rodeadas por pasta (Rivva, 2000).

Este material de construcción es el más extensamente utilizado por varias razones, primero, porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los ingenieros civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo (Condori, 2016).

Componentes del concreto

El concreto está compuesto por diversos materiales como: cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aire.

Cada uno de ellos tiene un rol muy importante en el comportamiento del concreto en sus diferentes estados, aportando diversas características para la resistencia del mismo (Sotil y Zegarra, 2015).

De esta manera, se realizará ensayos con el fin de comprobar que se cumplan los requerimientos para obtener un concreto de alta calidad y comportamiento adecuado según las especificaciones requeridas.

Cemento

El cemento es uno de los componentes más importantes para la producción del concreto. En la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 (2011) se define el cemento Portland como un: “cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda” (p. 5).

Conglomerante formado a partir de una mezcla de 60 % caliza y 40 % arcillas calcinadas, con adición de yeso, que tiene la propiedad de fraguar y endurecer al contacto con el agua, adquiriendo resistencias considerables (Sandoval, 2017).

El cemento portland es uno de los componentes más importantes para hacer concreto, que al ser mezclado con agua forma una masa (pasta) con propiedades plásticas y moldeables que luego fragua y endurece adquiriendo gran resistencia y durabilidad (Torre, 2004).

A continuación, se presentan los componentes principales del cemento:

Tabla N° 1: Componentes del cemento

Nombre del componente	Composición oxida	Nomenclatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato bicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: Rivva, 2000

- **El silicato tricálcico:**

Determina la resistencia inicial del concreto y produce una gran velocidad de hidratación por ende un rápido endurecimiento del cemento, además de producir un alto calor de hidratación (Rivva, 2000).

- **El silicato bicálcico:**

Desarrolla una lenta velocidad de endurecimiento por lo que su contribución de resistencia a corto plazo es muy pequeña, pero posteriormente determina la ganancia de resistencia a largo plazo y tiene un bajo calor de hidratación (Rivva, 2000).

- **El aluminato tricálcico:**

Es el primero en hidratarse después de los álcalis, su fraguado ocurre a una velocidad de hidratación casi instantánea (hidratación violenta), lo cual obliga a la adición de sulfato de calcio para poder controlar esta velocidad de hidratación, el aluminato tricálcico desarrolla una cantidad elevada de calor de hidratación. Contribuye al desarrollo de resistencia durante las primeras 24 horas (Rivva, 2000).

- **El ferroaluminato tetracálcico:**

Tiene un calor de hidratación bajo, en la resistencia mecánica no está definido su papel (Rivva, 2000).

Agregado Grueso

A los agregados se les puede definir como un conjunto de partículas de distintos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza o como resultado de la trituración de rocas.

En los hormigones estructurales, los agregados pueden llegar a ocupar del 60% al 75% del volumen del concreto, y su vez intervienen directamente en las características del hormigón en su estado fresco y endurecido pues de sus propiedades físicas y mecánicas depende la proporción de los componentes de la mezcla (Silva, 2014).

Los agregados tienen que estar libre de impurezas que podrían reaccionar con los componentes del cemento de manera negativa o cambiar sus propiedades.

A) Propiedades físicas del agregado grueso

Las propiedades influyen en el comportamiento del concreto, algunas de las propiedades físicas de los agregados son:

- **Peso Específico:**

El peso específico de los agregados se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas (Pasquel, 1998). Las normas que establecen los procedimientos para su determinación en laboratorio son las NTP 400.021 para agregados gruesos.

- **Peso Unitario:**

El peso unitario de los agregados se obtiene de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos entre ellas. Este valor es muy relativo debido a que depende bastante del acomodo de las partículas (Pasquel, 1998). La norma que establece los procedimientos para su determinación en laboratorio es la NTP 400.017.

- **Porcentaje de Vacíos:**

Es el porcentaje del volumen de vacíos o espacios entre las partículas del agregado. Esta propiedad también es relativa debido a que depende también del

acomodo de las partículas (Pasquel, 1998). La norma que establece los procedimientos para su determinación es la NTP 400.017.

- **Humedad:**

La humedad de los agregados es la cantidad de agua que queda retenida en los poros abiertos de las partículas de agregado en un determinado momento. Esta característica es muy importante en la producción del concreto, debido a que aporta agua a la mezcla del concreto (Pasquel, 1998). La norma que establece los procedimientos para su determinación es la NTP 339.185.

- **Absorción:**

La absorción es una propiedad que resulta de la capilaridad en los vacíos de las partículas de los agregados, aunque estos vacíos no se llegan a llenar puesto que siempre queda aire atrapado. Esta propiedad tiene importancia en la producción del concreto puesto que reduce el agua de mezcla (Pasquel, 1998). La norma que establece los procedimientos para su determinación es la NTP 400.021.

- **Porosidad:**

Los poros son espacios sin materia sólida dentro de las partículas del concreto, el volumen total de estos espacios es la porosidad, y esta tiene gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados como: las resistencias mecánicas, propiedades elásticas, etc. (Moy y Remuzgo, 2013).

- **Superficie Específica:**

Es el área superficial de una partícula de agregado y la superficie específica de varias partículas de agregados es la suma de las áreas superficiales, su unidad es cm^2/gr . Mientras mayor es la superficie específica de los agregados, es mayor la cantidad de pasta de cemento que se necesita para cubrir el área superficial de los agregados (Moy y Remuzgo, 2013).

B) Propiedades mecánicas del agregado grueso

- **Porosidad:**

Es una de las propiedades físicas más importantes del agregado, ya que tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades mecánicas, absorción y permeabilidad de las partículas (Lao, 2007).

Los agregados que tiene alto porcentaje de poros, tiene una mayor superficie específica susceptible de ataques químicos. El tamaño y continuidad de los poros controla la velocidad y magnitud de absorción, así como la velocidad con la cual el agua puede escapar de las partículas del agregado.

- **Resistencia:**

La textura, estructura y composición de las partículas de agregado influyen sobre la resistencia de éste. La resistencia a la compresión del agregado suele ser más alta que la del concreto preparado con éste, estando comprendido entre valores de 700 a 3 500 kg/cm² (Guevara, 2008).

- **Adherencia:**

Tanto la forma de la partícula como la textura de la superficie del agregado influyen considerablemente en la resistencia del concreto. Una textura más áspera dará por resultado una mayor adhesión entre partículas y la matriz de cemento, igualmente, el área mayor de superficie de un agregado más angular propiciará una mejor adherencia (Lao, 2007).

- **Dureza:**

La dureza de un agregado está definida por su resistencia a la abrasión, erosión y desgaste. La determinación de la dureza de un agregado se hace sometiéndolo a un proceso de desgaste por abrasión concreto (Guevara, 2008).

- **Módulo de elasticidad:**

Es definido como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

Es lógico pensar que la deformación que experimenta el concreto es, parcialmente, una deformación del agregado, por lo tanto, conforme el módulo de elasticidad de los agregados aumente mayor será el del concreto (Guevara, 2008).

- **Densidad:**

La densidad de los agregados depende mucho de la porosidad del material mismo. Las bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción (Lao, 2007).

C) Propiedades Térmicas del agregado grueso

- **Coefficiente de Expansión Térmica:**

El empleo de agregados de bajo coeficiente de expansión puede llevar a la destrucción del concreto ya que conforme la temperatura de éste se reduce la pasta tiende a contraer más que el agregado desarrollándose esfuerzos de tensión en la pasta, lo que puede conducir a agrietamientos (Lao, 2007).

- **Conductividad térmica:**

La conductividad térmica es una propiedad de los agregados que dicen cuán fácil es la conducción de calor a través de ellos, está influenciada por la porosidad (Guevara, 2008).

- **Calor específico:**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1 °C la temperatura. El calor específico y la conductividad térmica son importantes en construcciones masivas en las que hay que tener un control de elevación de la temperatura (Guevara, 2008).

D) Requisitos que deben cumplir los agregados

Los agregados que se usaran para la elaboración del concreto deben cumplir con las especificaciones que indican la norma técnica peruana NTP 400.037 lo cual son especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

Además de cumplir los requerimientos de composición, resistencia, durabilidad, estabilidad y limpieza establecidos para el empleo en concretos convencionales, los agregados deben tener una granulometría adecuada para la elaboración de un concreto con fibras y virutas de acero.

Granulometría

La granulometría del agregado grueso se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. Esta serie de tamices son 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", ⅜" y N° 4.

Tamaño Nominal Máximo TNM

Para determinar el tamaño nominal máximo se busca el primer valor que represente el 15% o más en la columna de %Retenido Acumulado de la tabla del análisis granulométrico de una muestra de agregado, y el TNM será la abertura del tamiz antes del cual corresponde al que retiene el 15% o más.

Densidad Relativa:

Se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 127-80 Mediante la aplicación de este ensayo es posible determinar la densidad promedio de una muestra de agregado grueso.

Resistencia al Desgaste:

En los agregados gruesos una de las características físicas cuyo análisis es indispensable es la Resistencia a la Abrasión o Desgaste, pues influye en la durabilidad y adecuada resistencia del concreto. *ASTM C-33. Especificación Normalizada para agregados en el concreto.*

Agregado Fino

La norma técnica Peruana NTP 400.037 (2013) define al agregado fino como "el proveniente de la desagregación natural o artificial", que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8") y que queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200).

Granulometría

Siendo la granulometría la distribución de los tamaños de las partículas, esta debe cumplir con los límites de la NTP 400.037 Agregados. Indicada a continuación:

Tabla N° 2: Granulometría del agregado fino

Tamiz estándar	Limite (% que pasa)
3/8" (9.51 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (0.60 mm)	25 a 60
N° 50 (0.30 mm)	5 a 30
N° 100 (0.15 mm)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037 Agregados.

Módulo de Finura:

El módulo de finura es un parámetro con el cual se obtiene la finura del agregado mediante la norma NTP 400.037. sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. El módulo de finura para la elaboración de concreto, deberá estar entre 2,3 y 3,1 según la norma.

Los tamices que se utilizan para determinar el módulo de finura son la de 0.15mm (No.100), 0.30mm (No.50), 0.60mm (No.30), 1.18mm (No.16), 2.36mm (No.8), 4.75mm (No.4), 9.52mm (3/8"), 19.05mm (3/4"), 38.10mm (1½"), 76.20mm.

Densidad Relativa:

La densidad relativa (denominada gravedad específica) de un árido es la relación entre su masa y la masa de agua con igual volumen absoluto. Generalmente los agregados de origen natural tienen densidades relativas entre 2.4 y 2.9. Este ensayo se lo realiza de acuerdo a la norma NTP 301.139.

Contenido de Humedad:

Los agregados pueden llegar a presentar cierto grado de humedad lo cual está relacionado con la porosidad de las partículas. Adicionalmente las partículas de árido pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

a) Seco al horno (OD): se consigue mediante un secado al horno a 110 C hasta que el agregado tenga un peso constante (por lo general 12 horas).

b) Seco al aire (AD): se logra mediante la exposición de los agregados al aire libre.

c) Saturado superficie seca (S.S.S): es un estado límite en donde todas las partículas presentan sus poros completamente llenos de agua, pero superficialmente se encuentran secos. Este estado se logra únicamente en el laboratorio.

d) Saturado superficie húmeda: todos los agregados están llenos de agua y adicionalmente hay presencia de agua libre en su superficie.

Peso unitario:

Debe realizarse basándose en la norma NTP 400.017, para determinar de esta manera el peso unitario del agregado en condición compactado o suelto y así calcular los vacíos entre áridos.

Resistencia al Desgaste:

En los agregados gruesos una de las características físicas cuyo análisis es indispensable pues influye en la durabilidad y adecuada resistencia del concreto es la resistencia a la abrasión o desgaste de los áridos. *ASTM C-33. Especificación Normalizada para agregados en el concreto.*

Agua de mezcla

Empleado para conseguir la mezcla entre el cemento y los agregados, formando un material moldeable y trabajable.

El agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón (Rivera ,2010).

Propiedades mecánicas del concreto

Concreto Fresco

Se denomina como concreto fresco al hormigón que al presentar plasticidad tiene la capacidad de poder moldearse. El hormigón fresco tiene una vida comprendida entre el instante en que culmina el proceso de amasado manual o mecánica y aquel en que inicia el fraguado del cemento, siendo este periodo de tiempo variable dependiendo del tipo de cemento utilizado, de la cantidad de agua, de la temperatura ambiental, de la incorporación de aditivos, etc. Las propiedades más relevantes del hormigón fresco son: Consistencia, Docilidad, Homogeneidad y Peso Específico. (Jiménez, 2001).

a) Trabajabilidad:

Un hormigón se considera trabajable cuando puede adaptarse fácilmente a cualquier forma de encofrado, con un mínimo de trabajo mecánico aplicado. Cuantitativamente la trabajabilidad se mide mediante el asentamiento del cono de Abrams o el diámetro de dispersión en la mesa de flujo; mientras mayor es el asentamiento o mayor es el diámetro de dispersión, el hormigón es más trabajable (Flores,2017).

b) Consistencia:

La consistencia es la menor o mayor facilidad que presenta el concreto fresco a experimentar deformaciones, siendo, por tanto, una propiedad física inherente al propio concreto. Cuando el concreto está endurecido, los áridos que son los componentes más pesados quedan sujetos por la pasta de cemento, pero cuando el concreto está fresco estos componentes se encuentran sueltos y por las acciones del transporte y puesta en obra pueden separarse con facilidad dando lugar a problemas de segregación y de exudación (Cortez, 2017).

c) Docilidad:

Conocida como trabajabilidad. Se la define como la facilidad con que el concreto fresco es manipulado, transportado, colocado y compactado en los moldes o encofrados con la mínima pérdida de homogeneidad (Silva, 2014).

d) Homogeneidad:

Se dice que un hormigón es homogéneo cuando en cualquier parte de su masa, los componentes que lo conforman están perfectamente mezclados y en la proporción prevista en la etapa del diseño de la mezcla (Silva, 2014).

e) Peso Específico:

Es la relación que existe entre la masa del hormigón fresco y el volumen que ocupa. El peso específico es un buen índice de medida de su uniformidad (Silva, 2014).

Concreto Endurecido

El concreto presenta un proceso de endurecimiento continuo que lo transforma de un material plástico a uno sólido, debido a que pasa por una fase físico-química compleja. En esta etapa las propiedades del concreto se desarrollan con el tiempo, dependiendo de las características y dosificaciones de los diferentes componentes, adicionalmente de las condiciones medio ambientales a las que estará expuesto a lo largo de su vida útil (Silva, 2014).

Este estado se da una vez que la mezcla ya ha fraguado y presenta las siguientes propiedades:

a) Permeabilidad:

El hormigón es un material permeable, es decir que, al estar sometido exteriormente a presión de agua, se genera escurrimiento a través de su superficie. El parámetro que más influye es la relación agua/cemento, pues al disminuir esta disminuye la permeabilidad del concreto (Silva, 2014).

b) Resistencia a la Compresión:

El hormigón convencional es un material que resiste las sollicitaciones de compresión, tensión y flexión; siendo la resistencia a compresión la más elevada de todas, cifrando

resultados diez veces más en comparación a la de tensión. (Silva, 2014).

- **Resistencia Característica:** Valor de la resistencia a la compresión del hormigón simple, si se ensayan varias muestras en el laboratorio, el 95% de las probetas tienen resistencias mayores o iguales.
- **Resistencia Media:** Media aritmética entre las resistencias a compresión obtenidas de varias muestras de hormigón.

El ensayo con el cual se mide la resistencia a la compresión del concreto, está establecido en la norma, NTP 339.034.

Se emplean moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Para cada edad se deben ensayar 3 cilindros y trabajar con el valor promedio.

Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar éste se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7,5 cm o con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2,5 cm, para asentamientos entre 2,5 y 7,5 cm puede usarse varilla o vibrador preferiblemente el método empleado en la obra (Condori, 2016).

La resistencia a la compresión se calcula de la siguiente manera:

$$RC = P/A$$

Dónde:

P = Carga máxima aplicada en kg.

A = Área de la sección transversal en cm².

RC = Resistencia a la compresión del cilindro en kg/cm², con aproximación a 1 kg/cm².

10kg/cm² ≈ 1Mpa

- **Resistencia al desgaste (Durabilidad):** Es la habilidad del concreto para resistir a distintos tipos de Ambientes, ataques químicos y a la abrasión (desgaste). La durabilidad varía según el tipo de concreto y de la exposición del mismo al medio ambiente (Sotil y Zegarra, 2015).

Concreto reforzado con fibras (FRC)

El concreto reforzado con fibras (FRC) se define como aquellos concretos que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa. El concreto reforzado con fibras, según la definición del ACI - American Concrete Institute, no es más que concreto hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo agregados finos y gruesos, y fibras discretas discontinuas (De La Cruz, 2014).

La utilización de fibras en el interior de la matriz del hormigón tiene como finalidad la formación de un material diverso en el cual el conglomerado, que ya puede ser considerado un material diferente constituido por un esqueleto lítico dispersado en una matriz de pasta de cemento hidratada, está unido a un agente reforzante formado por un material fibroso de distinta naturaleza (De La Cruz, 2014).

Concreto reforzado con fibras de acero (SFRC)

El concreto reforzado con fibras de acero está formado esencialmente por un conglomerante hidráulico, generalmente cemento, agregado fino y grueso, agua y fibras de acero cuya misión es contribuir en la mejora de determinadas características del concreto.

Los SFRC están constituidos esencialmente por los mismos componentes que un hormigón tradicional y adicionalmente fibras de acero. La inclusión de las fibras, además de alterar el comportamiento del hormigón en estado endurecido, también lo hace en estado fresco, por lo que algunos de los componentes se les exigen condiciones que en los hormigones tradicionales no son necesarias (Mármol, S., 2010).

Según Flores, F. (2013), las ventajas más significativas del uso del concreto reforzado con fibras de acero son las siguientes:

- Control de la fisuración.
- Aumento de la resistencia a la abrasión.
- Gran resistencia a la fatiga dinámica.
- Reducción de la deformación bajo cargas permanentes.
- Reducción de la fragilidad, aumento de la tenacidad.

- Incremento significativo de la resistencia al impacto y choque.
- Mejora de durabilidad.

Carrillo, J. et all (2013), concluye que la trabajabilidad del concreto disminuye a medida que se incrementa la cantidad de fibras, especialmente cuando se utilizan fibras con longitudes de 60mm. Además de manera general concluye que la fibra de acero ocasiona que el concreto se vuelva ligeramente menos resistente pero más dúctil cuando éste se somete a fuerzas axiales de compresión.

Fibras

Las fibras son elementos alargados naturales o artificiales que se introducen en la mezcla para evitar agrietamientos que tienden a producirse por contracción de fragua y cambios de temperatura y para mejorar algunas propiedades del concreto simple, como son: su resistencia a los impactos y a la abrasión, su resistencia a la flexión, su resistencia al corte y su factor de durabilidad (Lao, 2007, p. 15).

Moy y Remuzgo (2013), sostienen que “Las fibras son elaboradas de diferentes materiales, tales como: acero, polipropileno, acrílicos, fibras naturales, etc., y son utilizadas en la elaboración de concreto fibroso”.

Dentro de la amplia gama de fibras, las que se aplican actualmente como adición para el concreto son las de origen mineral, como son las fibras de acero, fibras de carbono y fibras de vidrio.

Fibras de acero

Las fibras de acero se definen como pequeños pedazos discontinuos de acero. Son elementos con la característica que presentan una dimensión predominante respecto a las demás, cuya superficie puede ser lisa o labrada para conseguir una mayor adherencia al matriz cementante en caso de hormigones reforzados con fibras (Silva, 2014).

Las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al hormigón con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de hormigón en estado fresco empleando metodologías de mezclado tradicionales (Arango, 2010).

Tipos de fibra de acero

La norma ASTM A 820 clasifica cuatro tipos de fibras de acero según su proceso de fabricación:

Grupo I. Trefiladas: fibras de alambre conformadas a frío.

Grupo II. Láminas cortadas: fibras cortadas de chapas de acero.

Grupo III. Extractos fundidos: las fibras extraídas por fundición.

Grupo IV. Otras fibras.

Mármol (2010), sostiene que “las fibras de acero pueden tener formas muy variadas: rectas, onduladas, corrugadas, con extremos conformados, dentadas y otras. Las sesiones también pueden ser muy variadas: circulares, cuadradas, rectangulares y planos”.



Figura N° 1: Forma Geométrica Secciones de las Fibras más Comunes.

Fuente: P. Mármol, p. 19, 2010.

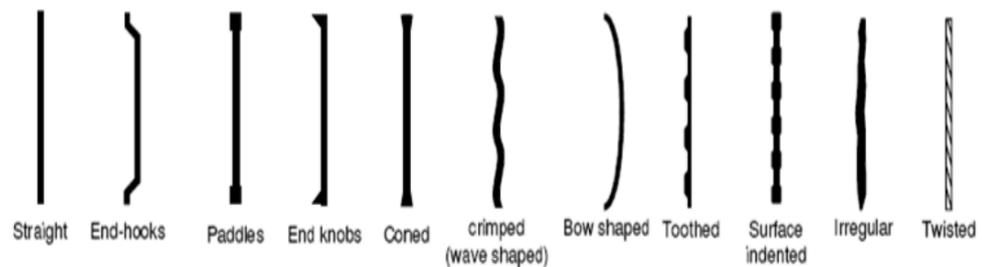


Figura N° 2: Forma Geométrica de las Fibras.

Fuente: P. Mármol, p. 19, 2010.

ZicaFiber® CHO 80/60 NB

Son fibras de acero trefilado para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.



Figura N° 3: Fibras de Acero

Fuente: *Elaboración propia*

Características Principales

Las fibras brindan muchos beneficios al concreto y se incorporan directamente al concreto, como si se tratara de un agregado o aditivo más. Algunos beneficios que obtenemos con la adición de las fibras de acero al concreto son:

- Ductilidad
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia al corte
- Resistencia al impacto.
- Reducción de la fisuración por retracción.

Características geométricas de las fibras de acero

Longitud (L): es la distancia entre las dos extremidades.

Diámetro o diámetro equivalente (De): es el diámetro del hilo, para las fibras de sección transversal circular, o es el diámetro del círculo de área igual a la de la sección transversal de la fibra ($0,15 \leq De \leq 1,20$).

Relación de aspecto $\lambda = L/De$: es la relación entre la longitud L y el diámetro De (0 diámetro equivalente).

Forma: fibras rectilíneas o fibras amoldadas (longitudinalmente o transversalmente).

Composición química: Acero de bajo o elevado contenido de carbono o inoxidable $C \leq 0,04$, $Mn 0,25-0,40$, si $P \leq 0,10$, $P \leq 0,03$

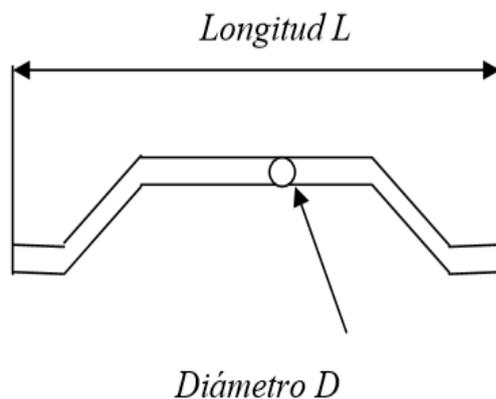


Figura N° 4: Dimensiones de las Fibras de Acero,

Fuente: Lao, E., 2007.

Concreto con virutas de acero

Trabajos de tesis realizados en Colombia usaron la viruta de acero en la mezcla de concreto para mejorar su resistencia a la compresión. En los distintos trabajos realizados, se probaron diferentes dosificaciones de viruta respecto del agregado fino en porcentajes que van desde el 8% al 20%.

Se ensayaron muestras sin adición de viruta como muestras patrón y muestras con distintas dosis de adición de viruta, concluyendo finalmente que el mayor incremento de la resistencia a la compresión se obtuvo en muestras que contenía un 10% de viruta, ya que se evidenció un incremento de la resistencia del 62% respecto de las muestras patrón (García, H. y Sarmiento, J., 2008).

Viruta de acero

Son desechos dejados por los tornos al trabajar con el acero, un residuo solido de procesos industrializados elaborados con acero. Su tamaño se encuentra distribuido en gran porcentaje entre el tamiz N°4 y N°100. Es un material dúctil y maleable debido a que presenta características físicas muy similares al acero fundido y a las fibras de acero comerciales.

Tabla N° 3: Componentes adicionales de virutas de acero fundido

Elemento	Símbolo	Cantidad ASTM A247-10
Carbono	C	3.2% - 3.6%
Silicio	Si	1.8% - 2.4%
Azufre	S	0.12% - 0.15%

Fuente: *Reyes, J. y Rodriguez, Y., 2010*

La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante, tiene variadas aplicaciones. (Gutierrez, 2017).



Figura N° 5: virutas de acero

Fuente: *Elaboración propia*

Fallas en el concreto

Las estructuras de concreto se diseñan para tener un mecanismo de falla dúctil, sin embargo, durante su vida útil pueden estar sometidas a acciones para las cuales no están diseñadas, como es el caso de sobrecargas, explosiones, sismos, ataques químicos etc.

Reacciones debidas a los materiales del concreto:

Aunque por lo general se considera que el agregado es un material inerte, existen algunos que no lo son y pueden reaccionar con el Cemento Portland causando expansión y como consecuencia de ello agrietamientos y desprendimientos.

Estado fresco del concreto

la mayoría de los problemas del concreto endurecido se originan durante el cimbrado, el colado y el acabado del concreto en su estado plástico. Aunque cuando el concreto se encuentra en estado fresco se presentan algunas grietas debido a una o varias de las siguientes causas:

- Cimbras construidas deficientemente.
- Elevado revenimiento.
- Vibración inapropiada o insuficiente.
- Falta de curado.
- Colocación inapropiada de acero de refuerzo.
- Contracción de volumen por el asentamiento de los sólidos en el concreto plástico.
- Vibración intensa debido a maquinaria.
- Descimbrado previo a la finalización del curado.
- Falta de juntas de expansión.

Efectos de la temperatura y la humedad

El volumen de concreto en estado fresco se reduce en pocas horas debido al asentamiento de los sólidos. Una parte del agua es absorbida por los agregados, mientras otra se absorbe por la superficie del terreno y una parte del agua del sangrado se pierde por evaporación. Al evaporarse el agua de la superficie se producen algunos

tipos de grietas debido a que la evaporación del agua es mayor que la rapidez con la que se asciende el agua del sangrado.

Las fisuras de contracción por secado se producen al secarse el agua de la superficie del concreto. Generalmente son rectas distribuidas aleatoriamente, son superficiales y no representan serios problemas, aunque dan mal aspecto al concreto.

Las fisuras por contracción plásticas son más anchas además de atravesar todo el espesor del concreto.

Fisuración del Concreto

Este es un tema relevante debido a que uno de los aportes más importantes de las fibras de acero es la minimización o control de la fisuración en el concreto.

La fisuración se define como una consecuencia directa de la baja resistencia a tracción el concreto, también pueden darse debido a la compresión y puede estar presente en cualquier tipo de estructura desde edificaciones, hasta toda clase de obra civil en donde participe el concreto. Dichas fisuras pueden manifestarse en años, semanas, días u horas debido a distintas causas. Esta patología en el concreto puede afectar la apariencia a la estructura; sin embargo, también puede indicar fallas estructurales ya que, debida a ellas, agentes químicos pueden entrar en contacto con la armadura del elemento y/o con el mismo concreto, debilitando así la estructura y afectando la durabilidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no siempre son peligrosas, lo que importa es conocer el tipo de elemento estructural en el que han aparecido y la naturaleza de la misma (Sotil y Zegarra, 2015).

Diseño de mezcla

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que conforman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados, existen diferentes métodos de diseños de mezcla, algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

Relación Agua / Cemento

Constituye un parámetro importante de la composición del concreto, influyendo en la resistencia, durabilidad. La relación agua/cemento (a/c) es el valor característico más importante de la tecnología del concreto.

El agua en exceso debilita al hormigón, por tal circunstancia este parámetro es de gran importancia en cuanto al control de calidad del concreto. Cuando se tiene una mayor relación agua cemento (a/c) la resistencia del hormigón disminuye, de esta relación también depende la durabilidad, la fluencia y la retracción (Flores, 2017).

$$R = a/c$$

R: Relación agua / cemento

a: Masa del agua del hormigón fresco

c: Masa del cemento del hormigón.

Ensayos de cilindro de concreto a compresión NTP 339.034 / ASTM C-39

Consiste en aplicar una carga uniáxial a los cilindros moldeados o en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la probeta.

Tipo de fracturas en los cilindros de concreto NTP 339. 034.

- a. Fractura tipo I:** Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 25mm.

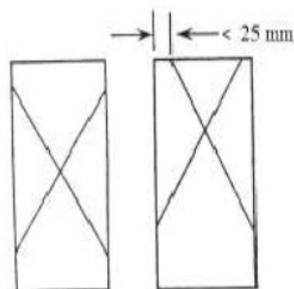


Figura N° 6: Fractura tipo I

Fuente: NTP 339.034, 2008

b. Fractura tipo II: Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.

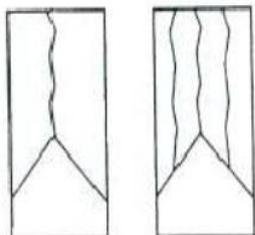


Figura N° 7: Fractura tipo II

Fuente: NTP 339.034, 2008

c. Fractura tipo III: Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, como no bien formados.



Figura N° 8: Fractura tipo III

Fuente: NTP 339.034, 2008

d. Fractura tipo IV: Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del tipo 1.

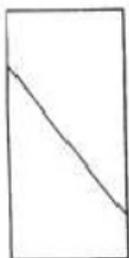


Figura N° 9: Fractura tipo VI

Fuente: NTP 339.034, 2008

e. **Fractura tipo V:** Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos).

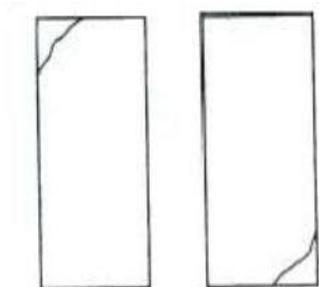


Figura N° 10: Fractura tipo V

Fuente: NTP 339.034, 2008

f. **Fractura tipo VI:** Similar a tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo.



Figura N° 11: Fractura tipo VI

Fuente: NTP 339.034, 2008

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se proyecta a complementar los conocimientos existentes referidos a materiales reciclados que podrían adicionar en la preparación de un concreto estructural y no estructural, de tal modo que mejoren las propiedades físicas y mecánicas en comparación a un concreto convencional sin ninguna adición o se mantengan en comparación a un concreto con fibras de acero comerciales.

En la actualidad distintos autores han demostrado que la incorporación de fibras de acero distribuidas en la mezcla del concreto mejora muchas propiedades estructurales, las cuales se emplean en la elaboración de losas industriales, pavimentos, recubrimiento de túneles mediante el sistema de concreto lanzado (shotcrete), elementos prefabricados, etc.

Dentro de la Ingeniería civil en el campo de la construcción las fibras de acero se emplean para mejorar el desempeño del concreto con el aumento de resistencia, control del agrietamiento y la mitigación de las fisuras.

El objetivo de esta investigación es el empleo de materiales reciclados como las virutas de acero dentro de la elaboración del concreto y así mejorar las propiedades generando excelentes características de resistencia al igual que las fibras de acero; considerándose una alternativa sustentable y eficiente al obtener un concreto con características adecuadas de resistencia y control de fisura, de lo cual surgirá un aporte para la industria de construcción e incentivar el reciclaje y la reutilización de las virutas de acero utilizado para la elaboración de concreto logrando mejor resistencia a la compresión y así contribuir de pequeña forma a la reducción de la contaminación ambiental.

PROBLEMA

En nuestra región el crecimiento de la población va aumentando cada vez más y por ende las construcciones, por lo cual es indispensable profundizar en el estudio de comportamiento del concreto en sus diversidades, para lograr un mayor control y conocimiento en la elaboración del mismo. Por lo que es necesario mejorar las propiedades del concreto, es así que, en esta investigación experimental se busca estudiar y determinar los beneficios que se obtienen usando las innovaciones tecnológicas, que en este caso están constituidas por adiciones con fibras de acero y adiciones de virutas de acero que mejoran las propiedades del concreto en estado fresco, plástico y endurecido.

En muchas ocasiones nos hemos encontrado con la aparición de fisuras en estructuras con concreto debido a un control inadecuado de temperatura, diseño, curado, entre otros; que podrían ser a causa de no alcanzar la resistencia requerida, debido a que la fisuración es uno de los factores que contribuyen a la penetración de sustancias que debilitan y afectan la durabilidad de la estructura. Es necesario buscar soluciones y controlar la aparición de fisuras en estructuras de concreto baja la resistencia. El uso de fibras de acero como refuerzo del concreto es cada día más frecuente en el Perú y sus aplicaciones van desde su empleo como refuerzo en elementos estructurales, losas industriales, revestimiento de túneles hasta estabilización de taludes. Al contrario de las virutas de acero la cual no se encuentran muchos antecedentes de su aplicación en el concreto.

Debido a que en numerosas obras se necesita el concreto tanto convencional como modificado se ha propuesto la implementación de fibras de acero y virutas de acero como refuerzo para un desempeño óptimo de las propiedades mecánicas del concreto, así como mejorar su resistencia y vida útil.

Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia del concreto cuando se sustituye el agregado fino en 4% y 6% por fibras de acero y virutas de acero?

Conceptuación y operacionalización de las variables

El proceso de realizar la operacionalización de variable, consiste en determinar las variables tanto dependiente como independiente, su definición conceptual, definición operacional y mostrar su indicador.

Variable Dependiente:

Tabla N° 4: Variable dependiente (Resistencia a compresión)

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Resistencia a la compresión del concreto	Es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse (Rivva, E. 2013).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga axial	Kg/cm ²

Fuente: *Elaboración propia*

Variable Independiente:

Tabla N° 5: Variable independiente (Fibras y virutas de acero)

Variable	Definición operacional	Indicador
Fibras de acero y virutas de acero	Sustitución del agregado fino por fibras de acero y virutas de acero para un concreto $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	Porcentaje Fibras de acero al 4% Fibras de acero al 6% Virutas de acero al 4% Virutas de acero al 6%

Fuente: *Elaboración propia*

HIPOTESIS

La sustitución del agregado fino en 4% y 6% por fibras de acero y virutas de acero aumentaría la resistencia a compresión del concreto.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar la resistencia a compresión del concreto cuando se sustituye el agregado fino en 4% y 6% por fibras de acero y virutas de acero.

Objetivos Específicos:

- ✓ Realizar el diseño de mezcla del concreto
- ✓ Determinar la granulometría de las fibras de acero y virutas de acero.
- ✓ Determinar la relación agua-cemento del concreto experimental $f'c=210\text{kg/cm}^2$.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y del concreto experimental
- ✓ Realizar el análisis comparativo respecto a la compresión entre el concreto normal y el concreto experimental, mediante el ANOVA.

II. METODOLOGIA DE TRABAJO

Enfoque de Investigación

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativo, debido a que se fundamenta en el análisis de datos que se obtuvieron a partir de ensayos de materiales para determinar el comportamiento del concreto sustituyendo al agregado fino por fibras de acero y virutas de acero y su influencia en las propiedades mecánicas.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada y explicativa, ya que se desarrolló con la finalidad de resolver problemas relacionados a la construcción, específicamente en las propiedades del concreto; donde se busca validar técnicas y métodos que optimicen los procesos y demostrar la hipótesis en termino eficaz o ineficaz.

Diseño de Investigación

La investigación corresponde a un diseño experimental del caso diseño en bloque completo al azar, porque mediante la aplicación del método de la experimentación y de la observación se comparó cinco grupos de estudio realizando el control y manipulación de la variable independiente en base al diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por fibras de acero y virutas de acero en 4% y 6% respectivamente, buscando resultados de acuerdo al ensayo de concreto en estado endurecido, evaluando la resistencia a la compresión.

Todos los ensayos se ejecutaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro - Huaraz, observando y debatiendo los resultados con técnicos profesionales en el ámbito de diseño de mezclas.

Bloque completo al azar:

Tabla N° 6: Diseño experimental de bloque completo al azar.

Edades de ensayo (Días)	“Resistencia de concreto sustituyendo el agregado fino por Fibras de acero y viruta de acero en 4% y 6%”				
	Patron	Fibras de acero		Virutas de acero	
	0%	4%	6%	4%	6%
7					
14					
28					
Total	45 probetas				

Fuente: *Elaboración propia*

Población y Muestra

Población

Para la resistencia a la compresión se tuvo como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm², elaboradas con agregados de la cantera Tacllan de la ciudad de Huaraz, cemento portland tipo I, agua, fibras acero y virutas de acero.

Muestra

La muestra se delimito por los diseños de mezcla con las siguientes características de los materiales:

Cemento, agregado fino, arena con módulo de fineza de 3.0, agregado grueso, grava tamaño máximo nominal de 1/2”, agua, fibras de acero, virutas de acero.

Para la resistencia a la compresión se promedió de los resultados de tres probetas, ensayadas a la edad establecida, con esta referencia, para efectuar un análisis comparativo se decide trabajar con un total de 45 probetas de concreto:

Concreto patrón, 7,14,28 días (9 probetas), sustitución de Agregado Fino (A.F) por 4% de fibras de acero, 7,14,28 días (9 probetas), sustitución de A.F por 6% de fibras de acero, 7,14,28 días (9 probetas), sustitución de A.F por 4% de virutas de acero, 7,14,28 días (9 probetas), sustitución de A.F por 6% de virutas de acero (9 probetas).

Técnicas e instrumentos de investigación

Se aplicó como técnica la observación ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta.

Tabla N° 7: Técnicas e instrumentos de investigación

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación Resumen. Protocolos del laboratorio de las pruebas a realizar.

Fuente: *Elaboración Propia*

Para esto se utilizó como instrumento una guía de observación resumen y protocolos del laboratorio de los ensayos, porque nos permitió organizar y clasificar la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Procesamiento y análisis de la información

Recolectada la información, su procesamiento se ejecutó en una hoja de cálculo Excel y con el SPSS v21.

Para ejecutar el análisis de los datos se tomaron en cuenta:

- Cálculo de la dosificación para los diseños de mezcla de concreto patrón y los experimentales (Sustituyendo el agregado fino por fibras y virutas de acero).
- Representación de los resultados obtenidos mediante tablas, gráficos, porcentajes, promedios y una prueba de ANOVA para verificar la hipótesis.

Selección y caracterización de los materiales

Caracterización de las fibras de acero:

Para el uso de las fibras de acero como material de sustitución se trabajó con el material de SikaFiber CHO 65-35-NB, el cual es.



Figura N° 12: Bolsa de SikaFiber CHO 65/35 NB

Fuente: *Elaboración Propia*

Datos técnicos:

Longitud: 35 mm

Diámetro de la fila: 0.54 mm

Relación longitud/ diámetro: 65

Resistencia a tracción: 1350 mpa +/- 7.5%

Elongación de rotura: 4% máx.



Figura N° 13: Fibras de acero

Fuente: *Elaboración Propia*

Caracterización de las virutas de acero:

Se recolectó las virutas de acero de forma aleatoria y conveniente de los desechos dejados por los tornos al trabajar con el acero, en el sector de independencia Huaraz.



Figura N° 14: Virutas de acero

Fuente: *Elaboración Propia*

Procedencia: obtenido de los tornos ubicados en el sector de independencia

Datos técnicos:

Longitud: 20mm - 30mm

Diámetro de la fila: 0.55mm – 0.63 mm

Relación longitud/ diámetro: 36

ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN

Proporcionamiento y pesado de los materiales

Se elaboraron los tres tipos de mezcla de concreto, uno con sustitución del agregado fino por fibras de acero, por virutas de acero y el concreto patrón, que servirá como parámetro de comparación. Las proporciones se realizaron en base al peso del agregado fino.

Se escogió una concentración de materiales (fibras de acero y virutas de acero) del 4% y 6% del total del peso del agregado fino, debido a que esta cantidad parece ser suficiente para observar el efecto que causa esta sustitución, para lograr algún beneficio.

Basándose en las proporciones definidas, se pesó el cemento, los agregados, el agua, las fibras y las virutas de acero en una balanza electrónica con capacidad para 100 kg.



Figura N° 15: Peso de los materiales para la mezcla

Fuente: *Elaboración propia*

Mezclado de los materiales

Habiendo pesado los materiales y calculado el peso de las fibras y virutas de acero, se procedió a realizar la mezcla, vaciando el agregado grueso, el agregado fino y cemento en el suelo, mezclando por 4 min. de forma manual con el objetivo de conseguir una mezcla homogénea. Luego en el caso de las mezclas con sustitución de agregado fino por fibras de acero y virutas de acero, se procedió a agregar dichos materiales y de la misma forma se mezcló manualmente.



Figura N° 16: Mezclado de los materiales

Fuente: *Elaboración propia*

Ensayo del asentamiento

Una vez obtenida la mezcla de concreto se realizó el ensayo de asentamiento o la prueba de “Slump”, según norma NTP 339.035, la cual permite determinar la trabajabilidad y consistencia que tenía la mezcla para así poder llenar los moldes.



Figura N° 17: Medición del asentamiento

Fuente: *Elaboración propia*

Moldeado de cilindros

Los moldes utilizados para el ensayo a fueron de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura. Antes de llenar el concreto, los moldes fueron aceitados con petrolero para de que no existiera adherencia entre el molde y la mezcla, logrando así un desencofrado más fácil.

La mezcla fue llenada en el molde en tres capas según la NTP, cada capa fue apisonada con un apisonador metálico.

Luego de apisonar la última capa, el molde se golpeó a los costados, utilizando un martillo de hule para que la mezcla se asentara completamente y por último se enrasó utilizando una pieza metálica plana.



Figura N° 18: Llenado y enrasado de las probetas

Fuente: *Elaboración propia*

Desencofrado

Aproximadamente veinticuatro horas después de haber moldeado las probetas, se procedió a desencofrarlas, para esto se procedió a desatornillar las mariposas y luego se quitaron los cilindros de metal alrededor de las probetas, por último, se les asignó una nomenclatura para poder identificarlos al momento de ensayarlos.



Figura N° 19: Desencofrado de probetas

Fuente: *Elaboración propia*

Curado

Luego de ser desencofradas, las probetas fueron sumergidas en un cilindro con agua. Se dejaron inmersas hasta las edades a las cuales fueron ensayadas, 7, 14 y 28 días, para garantizar que se mantuvieran las condiciones de curado adecuadas.



Figura N° 20: Curado de probetas

Fuente: *Elaboración propia*

Ensayo de Compresión

El ensayo se apegó a la norma NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Se procedió a realizarlos, esto se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la facultad de la Universidad San Pedro.



Figura N° 21: Ensayo a compresión de las probetas

Fuente: *Elaboración propia*

III. RESULTADOS

Análisis granulométrico agregado grueso (NTP 400.037):

Tamaño máximo: ¾" (19 mm)

Tamaño máximo nominal: ½" (12.5 mm)

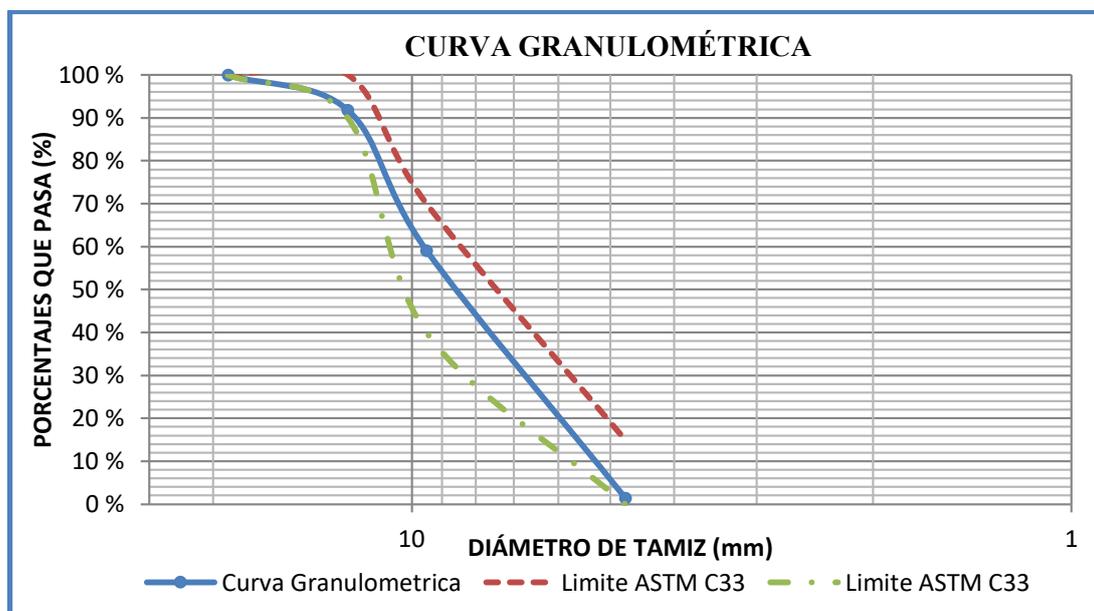
Tabla N° 8: Análisis granulométrico del agregado grueso.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Limites ASTM % que pasa	Limites ASTM % que pasa
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1/2"	12.5	1003.5	8.17	8.17	91.83	90	100
3/8"	9.5	4015.5	32.68	40.85	59.15	40	70
4"	4.75	7087.0	57.68	98.53	1.47	0	15
Fondo	2.36	180.5	1.47	1.47	0.00		
Total		12286.50	100.00				

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP.

Curva granulométrica:

Figura N° 22: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Análisis granulométrico agregado fino (NTP 400.037):

Módulo de fineza: 3.0

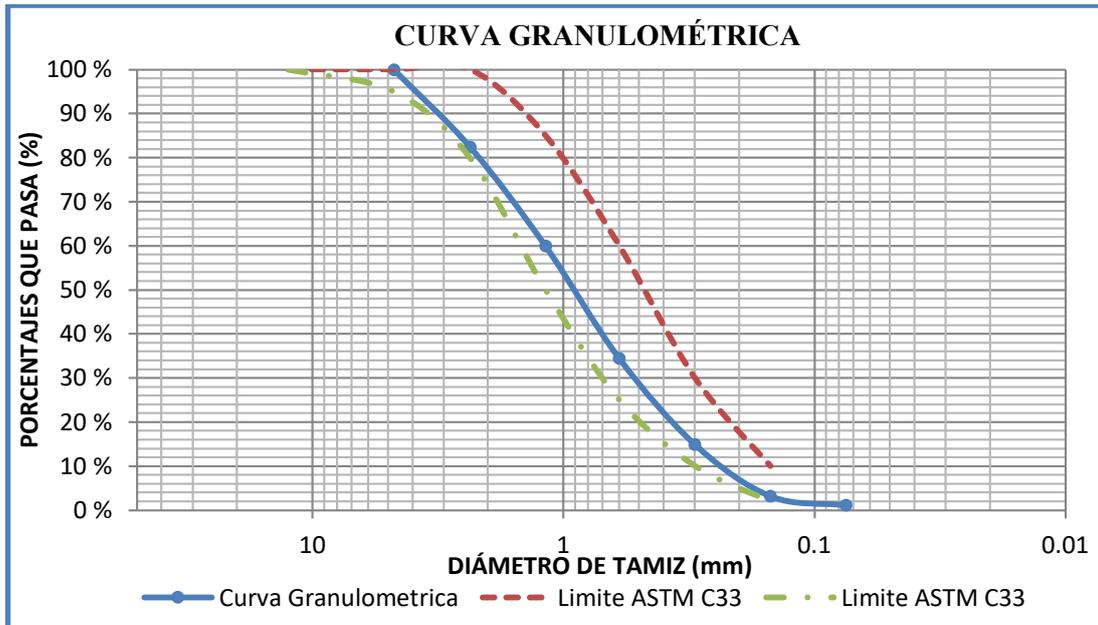
Tabla N° 9: Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Limites ASTM % que pasa	Limites ASTM % que pasa
3/8"	12.5	0.00	0.00	0.00	100	100	100
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100	95	100
8	2.36	249.5	17.55	17.55	82.45	80	100
16	1.18	320.0	22.51	40.05	59.94	50	85
30	0.6	362.5	25.50	65.56	34.44	25	60
50	0.3	277.5	19.52	85.09	14.91	10	30
100	0.15	167.0	11.75	96.83	3.17	2	10
200	0.075	29.0	2.04	98.87	1.13	-	-
Fondo		16.0	1.14	100.00	0.00	-	-
Total		1421.50	100.00				

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP.

Curva granulométrica:

Figura N° 23: Curva granulométrico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Peso unitario

Para determinar los pesos unitarios pesamos los agregado grueso tres veces para poder determinar su peso con mayor precisión.

Peso unitario del agregado grueso:

Tabla N° 10: Peso unitario del agregado grueso

Tipo De Peso Unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
	1	2	3	1	2	3
Peso material + molde	29740	29735	29745	30520	30505	30510
Peso de molde	7471	7471	7471	7471	7471	7471
Peso de material	22269	22264	22274	23049	23034	23039
Volumen de molde	13724	13724	13724	13724	13724	13724
Peso Unitario	1.623	1.622	1.623	1.679	1.678	1.679
Peso Unitario Promedio		1.623			1.679	

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Peso unitario del agregado fino:

Tabla N° 11: Peso unitario del agregado fino

Tipo De Peso Unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
	1	2	3	1	2	3
Peso material + molde	7090	7087	7085	7410	7385	7395
Peso de molde	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso de material	3670	3667	3665	3990	3965	3975
Volumen de molde	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso unitario	1.322	1.321	1.320	1.437	1.428	1.432
Peso unitario promedio		1.321			1.433	

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Contenido de humedad

Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de un diseño de mezcla. (ASTM C566 / NTP 339.185).

Contenido de humedad del agregado grueso:

Tabla N° 12: Contenido de humedad del agregado grueso

Agregado Grueso			
N° Recipiente	1	2	3
Peso recipiente + suelo húmedo	1452	1387	1373
Peso recipiente + suelo seco	1428	1365	1351
Peso recipiente (gr.)	168.5	170	169.5
Peso del agua	24	22	22
Peso suelto	1259.5	1195	1181.5
Humedad (%)	1.91	1.84	1.86
Humedad promedio (%)		1.9	

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Contenido de humedad del agregado fino:

Tabla N° 13: Contenido de humedad del agregado fino

AGREGADO FINO			
N° Recipiente	4	5	6
Peso recipiente + suelo húmedo	798	814	823.5
Peso recipiente + suelo seco	766	780.5	790
Peso recipiente (gr.)	174	171.5	173.4
Peso del agua	32	33.5	33.5
Peso suelto	592	609	616.6
Humedad (%)	5.41	5.50	5.43
Humedad Promedio (%)		5.45	

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Peso específico y absorción de agregados

Agregado fino: Se llenó el agregado fino al cono y se le dio 25 golpes con una pequeña varilla, se quita el cono y si mantiene la forma de este significa que se encuentra aún húmedo, de no ser así se desplomaría, lo cual significara que está superficialmente seco (como sucedió).

Tabla N°16: Peso específico y absorción del agregado fino

AGREGADO FINO	
N° Recipiente	1
Peso del material saturado sup. seca (en aire)	300
Peso frasco + h2o	678.3
Peso frasco + h2o + material	978.3
Peso del material + h2o en el frasco	866
Volumen de masa + volumen de vacío	112.3
Peso del material seco en estufa (105°c)	295.7
Volumen de masas	108
P.e bulk (base seca)	2.63
P.e bulk (base saturada)	2.671
P.e aparente (base seca)	2.74
(%) de absorción	1.45

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Agregado grueso:

Tabla N° 14: Peso específico y absorción del agregado grueso

Agregado Grueso			
N° Recipiente	1	2	3
Peso material saturado sup. seca (en aire)	840.5	809	831
Peso material saturado sup. sumergido (en agua)	524.3	504.6	518.6
Volumen de masas + volumen de vacíos	316.2	304.4	312.4
Peso material seco en estufa (105°c)	832.7	800.4	822.4
volumen de masas	308.4	295.8	303.8
P.e bulk (base seca)	2.633	2.629	2.633
Promedio P.e.		2.63	
P.e bulk (base saturada)	2.658	2.658	2.660
P.e aparente (base seca)	2.700	2.706	2.707
(%) de absorción	0.937	1.074	1.046
promedio (%) absorción		1.02	

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Para la determinación de la relación Agua-Cemento del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, se tomó en cuenta los parámetros del diseño ACI 211, para fines de laboratorio, no se contempla el factor de seguridad. Por lo que el $f'cr$ es 210 Kg/cm^2 , se trabajará con un Slump de 3 a 4", los agregados tienen las siguientes propiedades:

Tabla N° 15: Propiedades de los Materiales para el Concreto Patron

CONDICIONES GENERALES	
Resistencia a la compresión a los 28 Días Será	210 Kg/cm²
Factor de seguridad	No
MATERIALES	
Cemento	
Sol Tipo I	
Peso Específico del Cemento	3.15 gr/cm ³
Agua	
	Agua Potable
Agregado Fino	
Peso específico de Masa	2.63 gr/cm ³
Absorción	1.45 %
Contenido de Humedad	5.45 %
Peso unitario suelto seco	1.32 gr/cm ³
Peso unitario compactado seco	1.43 gr/cm ³
Módulo de Fineza	3
Agregado Grueso	
Tamaño máximo Nominal	1/2"
Peso específico de Masa	2.63 gr/cm ³
Absorción	1.02 %
Contenido de Humedad	1.90 %
Peso unitario suelto seco	1.62 gr/cm ³
Peso unitario compactado seco	1.68 gr/cm ³
Módulo de Fineza	6.5

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Del método ACI se determinó los siguientes resultados para la relación de a/c; para ambas sustituciones será la misma del patron = 0.55.

Tabla N° 16: Proporción por bolsa de cemento para el concreto patron

Mezcla	Cemento	Agregado Grueso	Agregado Fino	a/c
Corregido por Humedad	1	2.85	2.79	0.55

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP.*

Cantidad de material para el diseño de mezcla

Las cantidades de material obtenido para la elaboración de diseño mediante el método ACI se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 17: Cantidad de materiales para el diseño de mezcla

Cantidad de materiales					
% de sustitución	1 Probeta				
	0%	4% FA	6% FA	4% VA	6% VA
Cemento	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
Agua	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Agregado fino	5.17	4.96	4.86	4.65	4.55
Agregado grueso	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
fibras de acero	-	0.207	0.310	-	-
Virutas de acero	-	-	-	0.207	0.310
% de sustitución	9 Probetas				
	0%	4% FA	6% FA	4% VA	6% VA
Cemento	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67
Agua	9.15	9.15	9.15	9.15	9.15
Agregado fino	46.54	44.68	41.88	40.02	37.23
Agregado grueso	47.58	47.58	47.58	47.58	47.58
fibras de acero	-	1.861	2.792	-	-
Virutas de acero	-	-	-	1.861	2.792

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP.

Asentamiento NTP 339.035 / ASTM C -143

Se buscó para cada uno de diseño de mezcla un asentamiento constante de 3" a 4", consiguiendo una consistencia plástica y trabajable del concreto fresco.

Tabla N° 18: Asentamientos obtenidos del concreto

Dosificación	Asentamiento (Pulg.)
0% Concreto patron	3.1"
Sustitución al 4% por fibras de acero	3"
Sustitución al 6% por fibras de acero	2.8"
Sustitución al 4% por virutas de acero	3"
Sustitución al 6% por virutas de acero	2.9"

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP.

Ensayo de resistencia a compresión según la norma NTP 339.034

Resultado de roturas de muestras del concreto patron

Tabla N° 19: Resistencia a compresión del concreto patron

Muestra	Curado (Días)	Fecha		Probeta (Código)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Mínima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
		Moldeo	Rotura									
Patron	7	29/03/19	05/04/19	P1 - P	15.15	180.27	13.20	29340	163	164	70 F'c	78%
				P2 - P	15.15	180.27	13.15	29990	166		147 kg/cm ²	
				P3 - P	15.20	181.46	13.00	29770	164			
	14	29/03/19	12/04/19	P4 - P	15.10	179.08	13.25	33020	184	195	85 F'c	93%
				P5 - P	15.00	176.71	13.00	33540	190		178.5 kg/cm ²	
				P6 - P	15.20	181.46	13.15	38280	211			
	28	29/03/19	26/04/19	P7 - P	15.10	179.08	13.19	37020	207	212	100 F'c	101%
				P8 - P	15.10	179.08	13.22	38540	215		210 kg/cm ²	
				P9 - P	15.15	180.27	13.16	38610	214			

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

Resultado de roturas de muestras sustituyendo el agregado fino por 4% de fibras de acero

Tabla N° 20: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 4% de fibras de acero

Muestra	Curado (Días)	Fecha		Probeta (Código)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Mínima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
		Moldeo	Rotura									
Sustitución al 4% por fibras de acero	7	29/03/19	05/04/19	P10 - FA	15.00	176.71	13.30	32220	182	183	70 F'c	87%
				P11 - FA	15.00	176.71	13.25	32610	185		147 kg/cm ²	
				P12 - FA	15.15	180.27	13.20	32650	181			
	14	29/03/19	12/04/19	P13 - FA	15.00	176.71	13.50	38010	215	215	85 F'c	102%
				P14 - FA	15.10	179.08	13.30	37980	212		178.5 kg/cm ²	
				P15 - FA	15.00	176.71	13.29	38280	217			
	28	29/03/19	26/04/19	P16 - FA	15.15	180.27	13.25	44200	245	244	100 F'c	116%
				P17 - FA	15.10	179.08	13.50	44080	246		210 kg/cm ²	
				P18 - FA	15.10	179.08	13.30	43280	242			

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

Resultado de roturas de muestras sustituyendo el agregado fino por 6% de fibras de acero

Tabla N° 21: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 6% de fibras de acero

Muestra	Curado (Días)	Fecha		Probeta (Código)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Peso (Kg)	Carga aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia mínima	Resistencia obtenida
		Moldeo	Rotura									
Sustitución al 6% por fibras de acero	7	29/03/2019	05/04/2019	P19 - FA	15.00	176.715	13.35	32440	184	181	70 F'c	86%
				P20 - FA	15.10	179.079	13.30	31960	178		147 kg/cm ²	
				P21 - FA	15.20	181.459	13.15	32840	181			
	14	29/03/2019	12/04/2019	P22 - FA	15.15	180.267	13.37	37970	211	211	85 F'c	100%
				P23 - FA	15.00	176.715	13.40	37760	214		178.5 kg/cm ²	
				P24 - FA	15.10	179.079	13.29	37150	207			
	28	29/03/2019	26/04/2019	P25 - FA	15.00	176.715	13.30	42970	243	241	100 F'c	115%
				P26 - FA	15.20	181.459	13.32	43760	241		210 kg/cm ²	
				P27 - FA	15.15	180.267	13.40	43150	239			

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

Resultado de roturas de muestras sustituyendo el agregado fino por 4% de virutas de acero

Tabla N° 22: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 4% de virutas de acero

Muestra	Curado (Días)	Fecha		Probeta (Código)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Mínima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
		Moldeo	Rotura									
Sustitución al 4% por virutas de acero	7	29/03/19	05/04/19	P28 - VA	15.15	180.27	13.50	31850	177	178	70 F'c	85%
				P29 - VA	15.15	180.27	13.30	32810	182		147 kg/cm ²	
				P30 - VA	15.20	181.46	13.29	31990	176			
	14	29/03/19	12/04/19	P31 - VA	15.10	179.08	13.25	36130	202	204	85 F'c	97%
				P32 - VA	15.00	176.71	13.50	36630	207		178.5 kg/cm ²	
				P33 - VA	15.20	181.46	13.30	36920	203			
	28	29/03/19	26/04/19	P34 - VA	15.15	180.27	13.40	42130	234	236	100 F'c	112%
				P35 - VA	15.00	176.71	13.50	42630	241		210 kg/cm ²	
				P36 - VA	15.10	179.08	13.50	41720	233			

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

Resultado de roturas de muestras sustituyendo el agregado fino por 6% de virutas de acero

Tabla N° 23: Resistencia a compresión sustituyendo el agregado fino por 6% de virutas de acero

Muestra	Curado (Días)	Fecha		Probeta (Codigo)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Minima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
		Moldeo	Rotura									
Sustitución al 6% por virutas de acero	7	29/03/19	05/04/19	P37 - VA	15.15	180.27	13.35	31940	177	176	70 F'c	84%
				P38 - VA	15.20	181.46	13.37	31450	173		147 kg/cm ²	
				P39 - VA	15.10	179.08	13.40	31760	177			
	14	29/03/19	12/04/19	P40 - VA	15.00	176.71	13.29	36110	204	208	85 F'c	99%
				P41 - VA	15.10	179.08	13.30	37760	211		178.5 kg/cm ²	
				P42 - VA	15.10	179.08	13.32	37220	208			
	28	29/03/19	26/04/19	P43 - VA	15.00	176.71	13.40	43070	244	239	100 F'c	114%
				P44 - VA	15.15	180.27	13.50	42060	233		210 kg/cm ²	
				P45 - VA	15.00	180.27	13.50	43010	239			

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos, USP

Resistencias a compresión obtenidas a los 28 días del concreto patron

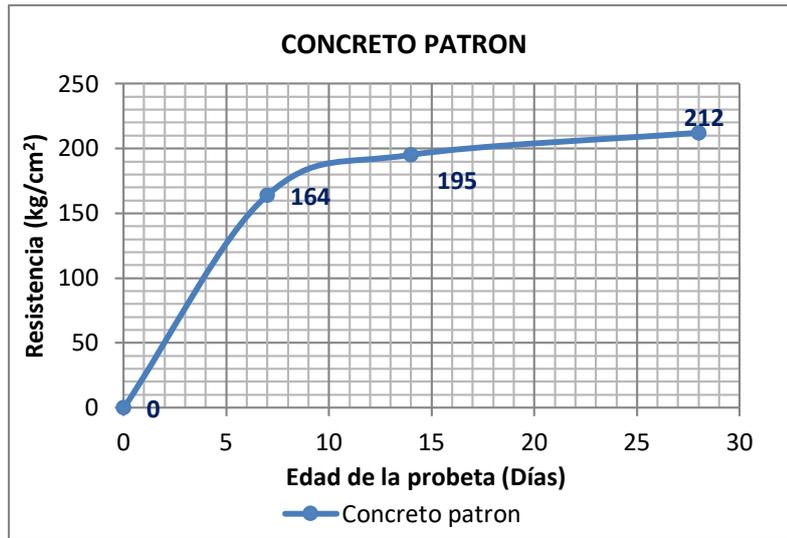


Figura N° 24: Resistencias a compresión obtenidas del concreto patron

Fuente: *Elaboración propia*

Resistencias a compresión obtenidas a los 28 días sustituyendo el agregado fino al 4% por fibras de acero

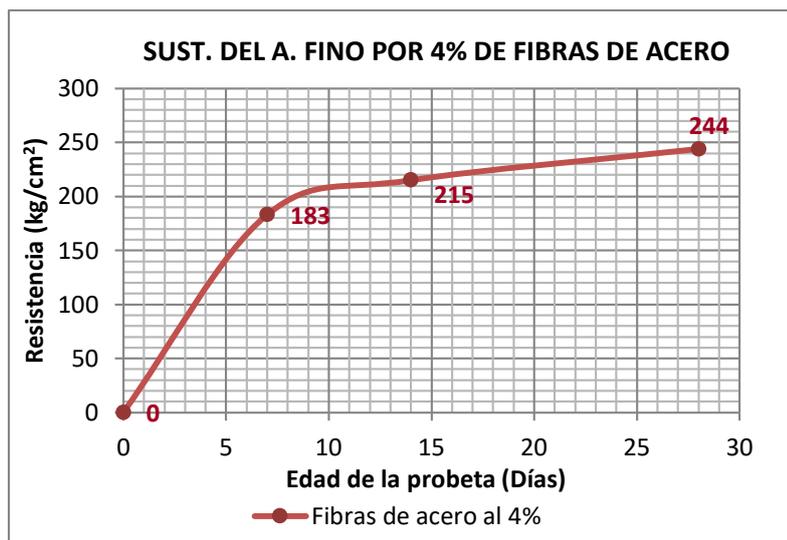


Figura N° 25: Resistencias a compresión obtenidas al 4% de fibras de acero

Fuente: *Elaboración propia*

Resistencias a compresión obtenidas a los 28 días sustituyendo el agregado fino al 6% por fibras de acero

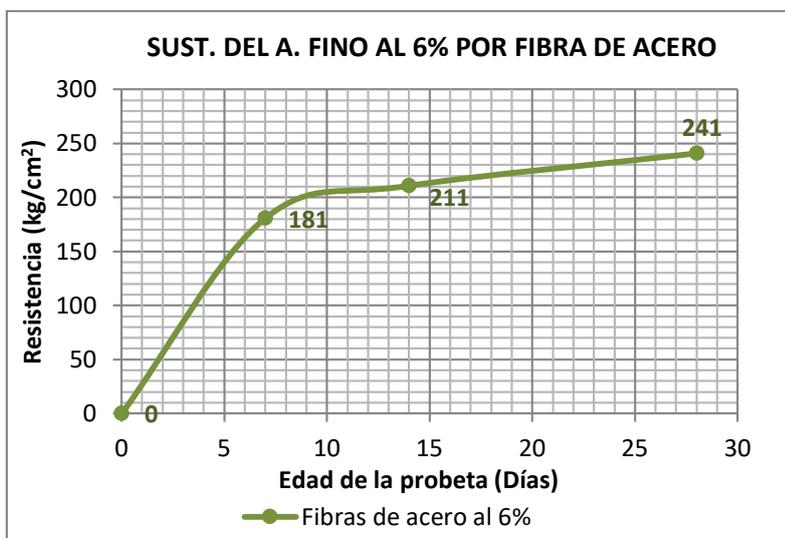


Figura N° 26: Resistencias a compresión obtenidas al 6% de fibras de acero

Fuente: *Elaboración propia*

Resistencias a compresión obtenidas a los 28 días sustituyendo el agregado fino al 4% por virutas de acero

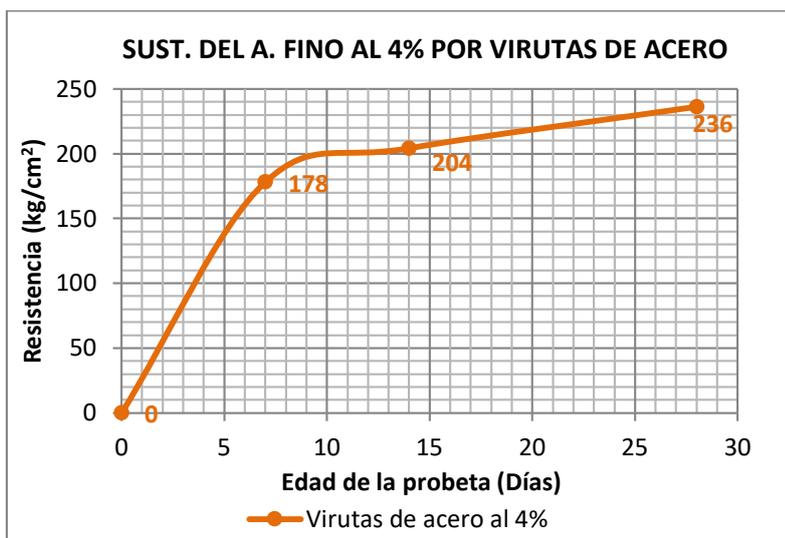


Figura N° 27: Resistencias a compresión obtenidas al 4% de virutas de acero

Fuente: *Elaboración propia*

Resistencias a compresión obtenidas a los 28 días sustituyendo el agregado fino al 6% por virutas de acero

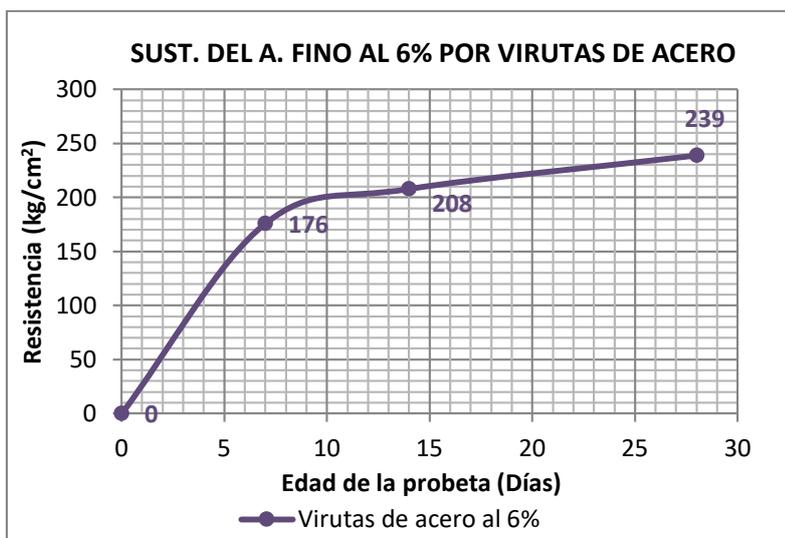


Figura N° 28: Resistencias a compresión obtenidas al 6% de virutas de acero

Fuente: *Elaboración propia*

Resumen de los resultados promedios a los 7, 14 y 28 días

El cuadro de datos y resultados a las edades de 7,14 y 28 días fueron obtenidas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil de la Universidad San Pedro.

Tabla N° 24: Resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días

Días	Patron 0%	Fibras de acero al 4%	Fibras de acero al 6%	Virutas de acero al 4%	Virutas de acero al 6%
7	164 Kg/cm ²	183 Kg/cm ²	181 Kg/cm ²	178 Kg/cm ²	176 Kg/cm ²
14	195 Kg/cm ²	215 Kg/cm ²	211 Kg/cm ²	204 Kg/cm ²	208 Kg/cm ²
28	212 Kg/cm ²	244 Kg/cm ²	241 Kg/cm ²	236 Kg/cm ²	239 Kg/cm ²

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP*

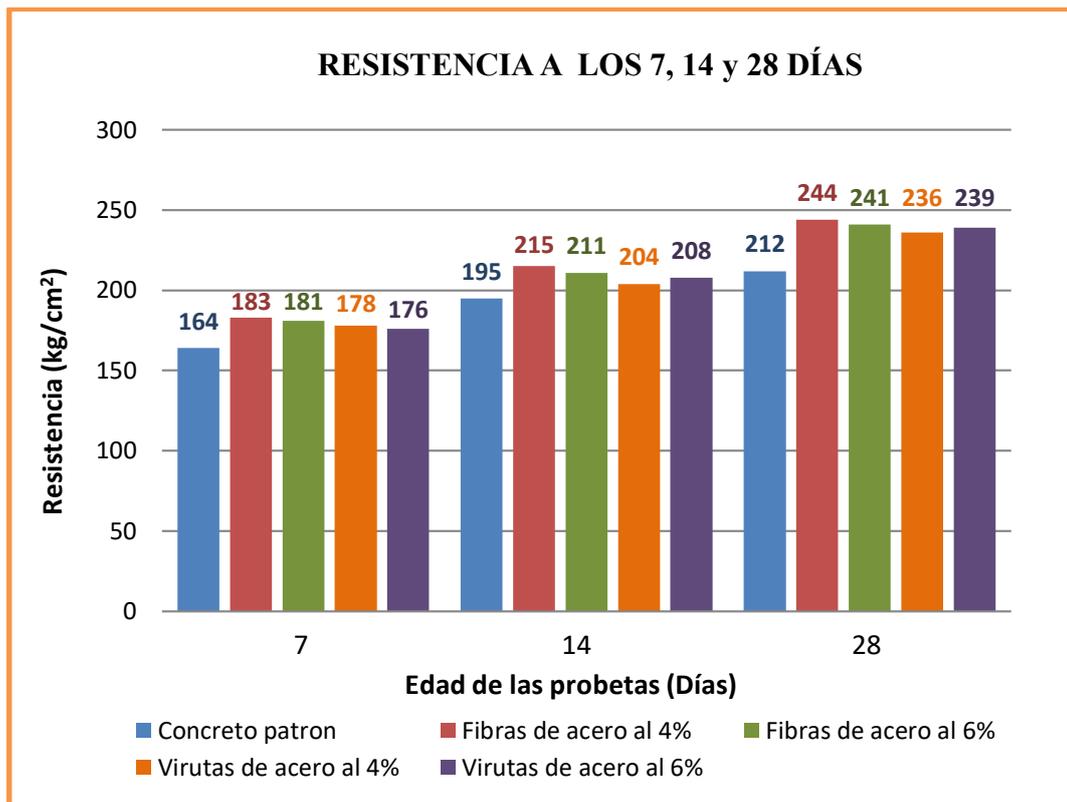


Figura N° 29: Comparación de las resistencias a la compresión de los 7, 14 y 28 días

Fuente: *Elaboración propia*

El concreto patron alcanzó una resistencia de 164 kg/cm², para el concreto con sustitución de 4% fibras de acero a 183 kg/cm², para el concreto con sustitución de 6% fibras de acero a 181 kg/cm², para el concreto con sustitución al 4% virutas de acero a 178 kg/cm² y para el concreto con sustitución al 6% virutas de acero a 176 kg/cm² a la edad de 7 días.

El concreto patron alcanzo una resistencia de 195 kg/cm², para el concreto con sustitución al 4% fibras de acero a 215 kg/cm², para el concreto con sustitución de 6% fibras de acero a 211 kg/cm², para el concreto con sustitución al 4% virutas de acero a 204 kg/cm² y para el concreto con sustitución de 6% virutas de acero a 208 kg/cm² a la edad de 14 días.

El concreto patron alcanzo una resistencia de 212 kg/cm², para el concreto con sustitución de 4% fibras de acero a 244 kg/cm², para el concreto con sustitución de 6% fibras de acero a 241 kg/cm², para el concreto con sustitución al 4% virutas de acero a

236 kg/cm² y para el concreto con sustitución al 6% virutas de acero a 239 kg/cm² a la edad de 28 días.

Porcentajes de aumento de resistencia a compresión

Tabla N° 25: Porcentaje de resistencia a compresión respecto al patrón a 7, 14 y 28 días

Días	Patron 0%	Fibras de acero al 4%	Fibras de acero al 6%	Virutas de acero al 4%	Virutas de acero al 6%
7	78%	87%	86%	85%	84%
14	93%	102%	100%	97%	99%
28	101%	116%	115%	112%	114%

Fuente: *Laboratorio de mecánica de suelos, USP*

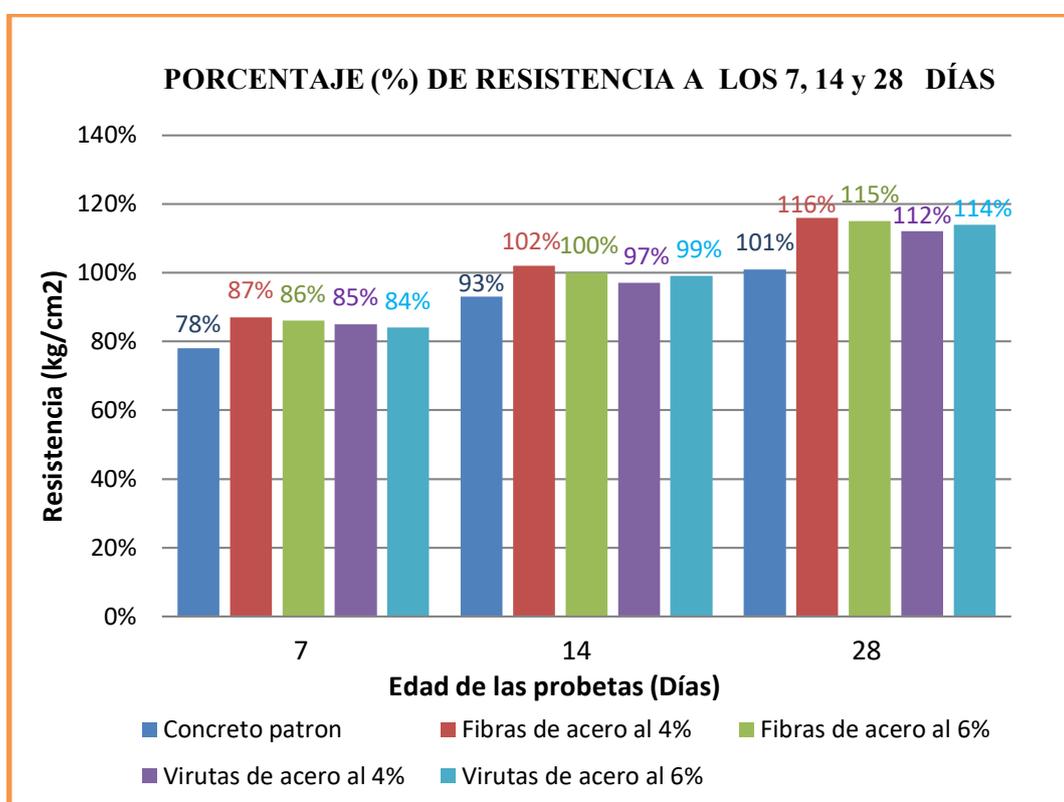


Figura N° 30: Porcentaje de aumento de la resistencia a compresión

Fuente: *Elaboración propia*

En lo correspondiente a la estadística, se usó el análisis de la varianza ANOVA (Analysis Of Variance), la cual es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

La hipótesis definida para esta evaluación, está de acuerdo a los factores antes ya definidos, tales como los tipos de concreto (Patrón y experimentales) y edad de rotura (7, 14 y 28 días), de acuerdo a dicha descripción la prueba ANOVA.

Las Hipótesis contempladas fueron:

H0: Las medias de las resistencias a la compresión del concreto son iguales para los diferentes tipos de concreto.

H1: Las medias de las resistencias a la compresión del concreto no son iguales para los diferentes tipos de concreto.

Tomando como referencia la tabla, en la que se muestran las resistencias promedias de acuerdo a la edad de rotura:

Tabla N° 26: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con sustitución de agregado fino por fibras de acero según días de curado

Días de curado	Resistencia de concreto con fibras de acero		
	0%	4%	6%
7	164	183	181
14	195	215	211
28	212	244	241

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP.*

En la tabla N° 26 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.967$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en las

probetas de concreto en cada tratamiento (sustitución de agregado fino por fibra de acero) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla N° 27: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con fibras de acero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Fibras de acero	996,222	2	498,111	28,284	,004
Días de curado	4776,222	2	2388,111	135,603	,000
Error	70,444	4	17,611		
Total	5842.889	8			

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP.*

En la tabla N° 27 se puede visualizar que para la sustitución del agregado fino por fibras de acero (en un porcentaje de 0%, 4% y 6%) el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.004$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las probetas de concreto, con sustitución del agregado fino por fibra de acero en 0%, 4%, y 6%, son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.000$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

Tabla N° 28: Cálculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto es diferentes.

Fibras de acero	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
0%	190,33	
6%		211,00
4%		214,00

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP.*

Valores por grupo de estudio

4%	214.00	.....a
6%	211.00	.....a
0%	190.33	.....b

En la tabla N° 28, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las probetas de concreto que tienen mayor resistencia a la compresión es que se sustituye al 4% de agregado fino por fibra de acero y esta a su vez es significativamente igual a cuando se sustituye al agregado fino por 6% de fibra de acero, y las probetas con menor resistencia corresponde al patrón.

Tabla N° 29: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con una sustitución de agregado fino por virutas de acero según días de curado

Días de curado	Resistencia de concreto con virutas de acero		
	0%	4%	6%
7	164	178	176
14	195	204	208
28	212	236	239

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP*

En la tabla N° 29 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.959$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto en cada tratamiento (sustitución de agregado fino por viruta de acero) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla N° 30: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con virutas de acero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Virutas de acero	548,667	2	274,333	11,842	,021
Días de curado	4764,667	2	2382,333	102,835	,000
Error	92,667	4	23,167		
Total	5406.000	8			

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP*

En la tabla N° 30 se puede visualizar que para la sustitución del agregado fino por viruta de acero (en un porcentaje de 0%, 4% y 6%) el $p\text{-value} < \alpha$ ($p = 0.021$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en las probetas de concreto, con sustitución del agregado fino por virutas de acero en 0%, 4%, y 6%, son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p = 0.000$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

Tabla N° 31: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencia a la compresión de las probetas de concreto es diferentes.

Virutas de acero	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
0%	190,33	
4%		206,00
6%		207,67

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP*

Valores por grupo de estudio

6%	207.00 .....a
4%	206.00 .....a
0%	190.33 .....b

En la tabla N° 31, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las probetas de concreto que tienen mayor resistencia a la compresión es que se sustituye al 6% de agregado fino por virutas de acero y esta a su vez es significativamente igual a cuando se sustituye al agregado fino por 4% de virutas de acero, y las probetas con menor resistencia corresponde al patrón.

Tabla N° 32: Resistencias a la compresión de probetas de concreto con porcentajes de agregado fino sustituido por fibras y virutas de acero según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto con fibras de acero y virutas de acero				
	0%	FA-4%	FA-6%	VA-4%	VA-6%
7	164	183	181	178	176
14	195	215	211	204	208
28	212	244	241	236	239

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP*

En la tabla N° 32 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.999$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en las

probetas de concreto en cada tratamiento (sustitución de agregado fino por fibra y viruta de acero) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla N° 33: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto con fibra y viruta de acero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Fibra y viruta de acero	1011,067	4	252,767	19,344	,000
Días de curado	8414,800	2	4207,400	321,995	,000
Error	104,533	8	13,067		
Total	9530.400	14			

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP*

En la tabla N° 33 se puede visualizar que para la sustitución de un porcentaje de agregado fino por fibra y viruta de acero (en un porcentaje de 0%, FA-4%, FA-6%, VA-4% y VA-6%) el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.000$, $p<0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en las probetas de concreto, con sustitución del agregado fino por fibra y viruta de acero en 0%, 4%, y 6%, son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.000$, $p<0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

Tabla N° 34: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de la resistencia a la compresión de las probetas de concreto es diferente.

Sustitución	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
0%	190,33		
VA-4%		206,00	
VA-6%.		207,67	207,67
FA-6%.		211,00	211,00
FA-4%.			214,00

Fuente: *Resultados de los ensayos del laboratorio, USP*

Valores por grupo de estudio

FA-4%	214.00	.....	a
FA-6%	211.00	.....	a
VA-6%	207.67	.....	a
VA-4%	206.00	.....	b
0%	190.33	.....	c

En la tabla N° 34, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las probetas de concreto que tiene mayor resistencia a la compresión (kg/cm^2) es la que se sustituye al agregado fino por FA-4%, FA-6% y VA-6%, le sigue el VA-4% y la que registra menor resistencia es cuando no se sustituye al agregado fino (Patrón)

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos de la realización de los ensayos, habiendo realizado los cálculos de acuerdo a la Norma Técnica Peruana.

Con respecto a los ensayos de granulometría de los agregados grueso y fino según la figura N°22 Y N°23 se encuentra dentro de los límites de NTP 400.037, el módulo de finura es de 3 lo cual indica que es arena gruesa y está dentro del límite que es de 2.6 a 3.1.

Los ensayos de peso unitario del agregado se ajustaron a los parámetros establecidos en la norma NTP400.017, según la tabla N°10 y N°11 lo cual es indicador de calidad del agregado.

La caracterización de las fibras de acero se hizo según la ficha técnica del material y se realizó un análisis granulométrico para las virutas de acero que pasaron por el tamiz #4, y se hizo las mediciones de las virutas, lo cual varían de longitud y diámetro.

La granulometría de las virutas de acero indica cierta semejanza con las fibras de acero comercial y e agregado fino, sin embargo, en su mayoría contiene partículas onduladas por lo cual queda retenido en la malla N°4 y N°8.

Ensayo de Asentamiento según la norma NTP 339.035

De acuerdo a la norma NTP 339.035 se realizó la prueba de asentamiento para cada una de las diferentes mezclas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Los resultados de este ensayo corresponden a una mezcla con trabajabilidad variable según la sustitución por fibras de acero y virutas de acero.

El Slump de todas las mezclas se encuentran dentro de los límites considerados en el diseño (3" a 4"), siendo la sustitución del agregado fino al 6% por fibras de acero menos trabajable, y la sustitución al 4% por fibras de acero y la sustitución al 4% por virutas de acero la mezcla trabajable al igual que el concreto patron.

La relación a/c para el diseño de mezcla

La relación a/c para el diseño de mezcla de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de fibras de acero y con sustitución de virutas de acero al 4% y 6% respectivamente, se muestra en la tabla N°16, la variación de cada relación a/c son mínimos, por lo tanto, se tomó $a/c=0.55$ para los tres diseños de mezcla.

Ensayo de resistencia a compresión según la norma NTP 339.034

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados, se pudo observar que la sustitución del agregado fino por los dos tipos de materiales tanto la fibra de acero y virutas de acero aumenta la resistencia a la compresión esperada.

Analizando los resultados de la compresión de las probetas frente a las tres edades de curado que se realizaron bajo las mismas condiciones ambientales, al compararlos con las probetas patrón y las probetas con sustitución del agregado fino por virutas de acero se puede apreciar que la resistencia va en aumento con el grado de porcentaje, en caso de las fibras de acero la resistencia baja, pero siendo siempre mayor que la del concreto patrón. Siendo el porcentaje óptimo cuando se sustituye el agregado fino en 4% por fibras de acero y en 6% por virutas de acero.

Habiendo establecido esto, se procedió a comparar los resultados obtenidos de los ensayos a las probetas con fibras de acero y virutas de acero con los datos del concreto patrón, de lo que se concluyó que la mezcla con sustitución al 4% por fibras de acero alcanzó un máximo de 116% respecto a la resistencia de diseño, mientras que la mezcla con sustitución al 6% por virutas de acero alcanzó un 114% respecto a la resistencia de diseño, lo que indica un aumento en la resistencia del 16% y 14% respecto al $f'c$ de diseño.

En cuanto a la evolución de la resistencia a través del tiempo, la mezcla patrón alcanzó una resistencia de 212 kg/cm^2 , se pudo observar un aumento de 1% en su resistencia respecto a la resistencia de diseño, en el lapso de los 7 días de edad y los 28 días de edad, así mismo para el concreto con sustitución de 4% por fibras de acero alcanzó una resistencia de 244 kg/cm^2 , para el concreto con sustitución de 6% por fibras de

acero a 241 kg/cm^2 , para el concreto con sustitución al 4% por virutas de acero a 236 kg/cm^2 y para el concreto con sustitución al 6% por virutas de acero a 239 kg/cm^2 .

Cabe resaltar que las mezclas con fibras de acero tuvieron un aumento mayor en su resistencia a través del tiempo, para la mezcla que contenía virutas de acero siendo ésta la que presentó un menor aumento.

Sin embargo, la resistencia es mayor a la resistencia de diseño y comparable a las fibras de acero que es un producto comercial y no reciclado.

Fallas en las probetas ensayadas

Luego de haber ensayado las probetas de concreto a compresión se observó que el tipo de falla que más se presentó para un total de 45 probetas cilíndricas ensayadas fue: el de cono y corte, esta falla se registró en 25 probetas cilíndricas, seguido por la falla de tipo encolumnadas a través de ambos extremos, el cual se presentó en 14 probetas cilíndricas, lo restante que equivale a 4 probetas cilíndricas que fallaron tipo columnar. Los otros dos cilindros presentaron una falla tipo cono y hendedura para sumar así las 45 probetas del total de las muestras falladas.

Efectos de los materiales sobre el concreto

En cuanto a las propiedades mecánicas, el aumento de la resistencia a la compresión fue notable, esto puede deberse a que los agregados finos sustituidos parcialmente con las fibras de acero y virutas de acero se dispersen en la mezcla y trabajen de manera uniforme. No fue posible observar daños debido a la composición química y mecánica de los materiales.

De la validación de datos del ANOVA

De la tabla N° 34, podemos decir que estadísticamente por el ensayo de ANOVA las sustituciones del agregado fino por fibra y viruta de acero al 0%, 4%, 6% son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que la sustitución de fibras de acero y virutas de acero en un 4% y 6% mejora la resistencia a compresión.
- ✓ Se determinó la relación agua cemento utilizada para realizar el diseño de mezcla de la probeta patrón fue de $a/c = 0.55$ y al sustituir al agregado fino en 4% y 6% por fibras y virutas de acero fue $a/c = 0.55$ concluyendo que a pesar que la viruta no contiene humedad ni absorbe, al sustituirlo con el agregado fino esta no aumenta su relación a/c .
- ✓ La resistencia a compresión máxima a los 28 días de edad con la sustitución por fibras de acero al 4% da una resistencia promedio de 244 kg/cm^2 con un aumento de 16%, la cual es mayor en comparación a la resistencia del concreto patrón, con sustitución por virutas de acero al 6% dando una resistencia promedio de 239 kg/cm^2 con un aumento del 14%, demostrando de esta manera que sustituyendo parcialmente el agregado fino por fibras y virutas de acero mejora la resistencia de un concreto normal.
- ✓ Con la sustitución del agregado fino por las fibras y virutas de acero se determinó que la resistencia compresión de cada elemento aumenta en función al porcentaje con respecto a las virutas de acero y disminuye para las fibras de acero.
- ✓ Se determinó que sustituyendo el agregado fino por fibras de acero y virutas de acero la trabajabilidad del concreto varía del concreto patrón dependiendo del aumento de sustitución siendo a mayor incremento el manejo de la mezcla disminuye por la adherencia de la mezcla a la fibra y viruta de acero.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se tendrá que clasificar manualmente las virutas de acero extraídas del torno ya que salen con escombros adheridos al material a utilizar.
- ✓ Añadir al final de la mezcla de concreto la viruta y fibra de acero para obtener una buena adherencia con el concreto de acuerdo a la dosificación.
- ✓ El uso de concreto con sustitución al 4% por fibras de acero y 6% de virutas de acero puede ser utilizado en concretos estructurales como vigas, columnas, etc. Por otra parte, se puede aplicar en recubrimientos de túneles.
- ✓ Para futuras líneas de investigación existen posibilidades de seguir tabulando realizando estudios para hallar el porcentaje ideal que mejore las características del concreto para obtener un concreto de alta resistencia, además de poder sustituir las fibras de acero comerciales por virutas de acero recicladas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, Campo, S. E. (2010). *Fluencia a flexión del hormigón reforzado con fibras de acero (sfrc) en estado fisurado*. (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Valencia). Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8508/tesisUPV3329.pdf>.
- Carrillo, J; Aperador, W; Gonzales, G. (2013). *Correlaciones entre las propiedades mecánicas dl concreto reforzado con fibras*. Universidad Nacional Autónoma de México, Investigación y Tecnología, vol. XIV, núm.
- Chávez, Ravines, J. E.(2014). *Resistencia a la compresión de un concreto con adición de limaduras de hierro fundido*. (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/515>.
- Condori, Larico, J. L. (2016). *Análisis de la incidencia de las fibras de acero dramix en el comportamiento elástico del concreto empleando el cemento portland tipo I*. (Tesis de titulación, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez - Juliaca Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1612>.
- Corcino, Albornoz, V. C. (2007). *Estudio comparativo de concreto simple reforzado con fibras de acero Dramix y Wirand, empleando cemento andino tipo v*. (Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma). Recuperado de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/125/1/corcino_vc.pdf
- Córdova, C., Cuéllar, L., Guizado, M. (2012). *Comparación de la resistencia equivalente a la flexión entre las fibras de acero Wirand producidas en Italia y las producidas en Perú*. (Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de [http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle / UANCV/81 /ULTIMO.pdf?Sequen ce =1&isAllowed=y](http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/81/ULTIMO.pdf?Sequen ce =1&isAllowed=y).
- De la Cruz, W., Quispe, W. (2014). *Influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga – Ayacucho*. (Tesis de titulación, Universidad Nacional De Huancavelica). Recuperado de

<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/239/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200023.pdf?sequence=1>.

Guevara, Huarcaya, J. R. (2008). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand*. (Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma). Recuperado de <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/158>.

Hernández, Hernández, B. J. (2011). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas*. (Tesis de titulación, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3221_C.pdf.

Lao, Opicio, W. (2007). *Utilización de fibras metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa*. (Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma). Recuperado de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/145/1/lao_wj.pdf.

Moy, N., Remuzgo, J. (2013). *Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 m.s.n.m.* (Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú- Huancayo). Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/440>.

Reyes, J; Rodriguez, Y. (2010). *Análisis de la resisencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla*. (Tesis de bachiller, Universidad Pontifica Bolivariana Seccional Bucaramanga). Recuperado de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1360/digital_19885.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NTP 400.012, N. T. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- NTP 400.037, N. T. (2000). Análisis Granulométrico del Agregado fino, grueso y global.
- Rivva, Lopez, E. (2000). *Tecnología de concreto*
- Pasquel, Carvajal, E. (1998). *Tecnología de concreto*
- Silva, Tipantasig, L. G. (2014). *Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. (Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8337>.
- Sotil, A., Zegarra, J. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido*. (Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Recuperado de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/581616>.

VIII. ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	VARIABLES
GENERAL: ¿Cuál es la resistencia del concreto cuando se sustituye el agregado fino en 4% y 6% por fibra de acero y viruta de acero??	GENERAL: Determinar la resistencia a compresión del concreto cuando se sustituye el agregado fino en 4% y 6% por fibras de acero y virutas de acero.	GENERAL: Al sustituir el agregado fino en 4% y 6% por fibras de acero y virutas de acero aumentaría la resistencia a compresión del concreto.	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada y Explicativa	V. D. Resistencia a compresión
	Objetivos Específicos: ✓ Realizar el diseño de mezcla del concreto ✓ Determinar la granulometría de las fibras de acero y virutas de acero. ✓ Determinar la relación agua-cemento del concreto experimental $f'c=210\text{kg/cm}^2$. ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y del concreto experimental ✓ Realizar el análisis comparativo respecto a la compresión entre el concreto normal y el concreto experimental, mediante el ANOVA.		DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	V. I. Sustitución del agregado fino en 4% y 6% por fibras y virutas de acero.

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "					
SOLICITA : Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.					
DISTRITO : HUARAZ			HECHO EN : USP -HUARAZ		
PROVINCIA : HUARAZ			FECHA 10/06/2019		
PROG (KM.) :			ASESOR		
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO					
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		2	6	25	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1452,0	1387,0	1373,0	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1428,0	1365,0	1351,0	
PESO DE AGUA	(g)	24,00	22,00	22,0	
PESO DEL TARRO	(g)	168,50	170,0	169,5	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1259,50	1195,0	1181,5	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1,91	1,84	1,9	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)				1,9
AGEGRADO FINO					
Nº TARRO		16	45	25	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	798,0	814,0	823,5	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	766,0	780,5	790,0	
PESO DE AGUA	(g)	32,00	33,50	33,5	
PESO DEL TARRO	(g)	174,00	171,5	173,4	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	592,00	609,0	616,6	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5,41	5,5	5,4	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)				5,45



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
TELMA - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENYUJOS Y HERRAJES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

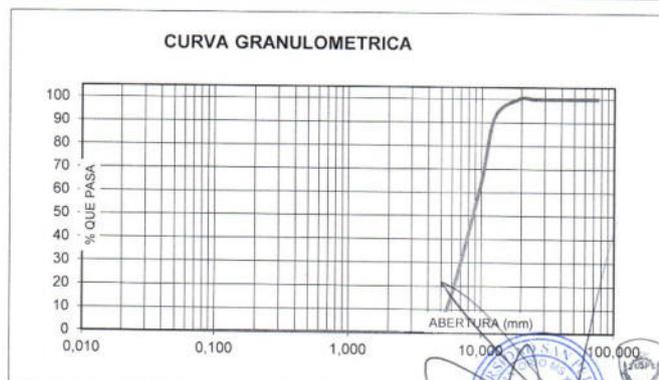
SOLICITA : Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.
TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'C= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
LUGAR : HUARAZ
FECHA : 10/06/2019 **CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	12286
PESO SECO LAVADO	12286,50
PESO PERDIDO POR LAVADO	-0,50

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	1003,50	8,17	8,17	91,83
3/8"	9,500	4015,50	32,68	40,85	59,15
N° 4	4,750	7087,00	57,68	98,53	1,47
N° 8	2,360	180,50	1,47	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		12286,50	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1/2"

HUMEDAD : 1,90%


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 SICAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENGENNERIA GEOTECNICA

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

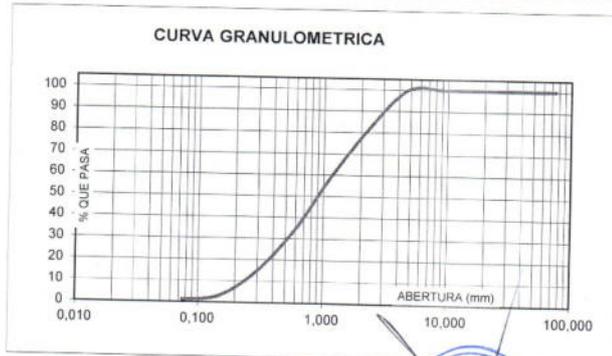
ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

SOLICITA : **Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.**
 TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'C= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 10/06/2019 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1421.5
PESO SECO LAVADO	1405.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	16.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63.000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50.000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38.100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25.000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19.000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12.500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9.500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4.750	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 8	2.360	249.50	17.55	17.55	82.45
N° 16	1.180	320.00	22.51	40.06	59.94
N° 30	0.600	362.50	25.50	65.56	34.44
N° 50	0.300	277.50	19.52	85.09	14.91
N° 100	0.150	167.00	11.75	96.83	3.17
N° 200	0.075	29.00	2.04	98.87	1.13
PLATO		16.00	1.13	100.00	0.00
TOTAL		1421.50	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 8
 MODULO DE FINEZA : 3
 HUMEDAD : 5.45%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.**
 TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo
 Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 10/06/2019

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de frasco+ agua
 C = A + B : Peso frasco + agua +material
 D : Peso de material+agua en el frasco
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio
 F : Peso Material seco en horno
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-F)/F) \times 100$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

300,0		
678,3		
978,3		
866,0		
112,3		
295,7		
108,00		
1,45		
1,45		

PROMEDIO

2,63		
2,67		
2,74		

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,63
2,67
2,74



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FIJAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : **Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.**
 TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo
 Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 10/06/2019

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios
 D : Peso de material seco en el horno
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

840,5	809,0	831,0
524,3	504,6	518,6
316,2	304,4	312,4
832,7	800,4	822,4
308,4	295,8	303,8
0,94	1,07	1,05
1,02		

ABSORCION (%) : $((A-D)/D) \times 100$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

2,63	2,63	2,63
2,66	2,66	2,66
2,70	2,71	2,71

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,63
2,66
2,70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES MAJUALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.
TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 10/06/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	29740	29735	29745
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	22269	22264	22274
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1623	1622	1623
Peso unitario prom.	1623 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	30520	30505	30510
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	23049	23034	23039
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1679	1678	1679
Peso unitario prom.	1679 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.
TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 10/06/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7090	7087	7085
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3670	3667	3665
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1322	1321	1320
Peso unitario prom.	1321 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7410	7385	7395
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3990	3965	3975
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1437	1428	1432
Peso unitario prom.	1433 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 118544
 JEFE

DISEÑO DE MEZCLA

Dosificación de mezcla

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que conforman el concreto con el fin de obtener los mejores resultados, existen diferentes métodos de diseños de mezcla, algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno de los métodos según sea la ocasión.

Para el desarrollo de esta investigación se adaptó el procedimiento ACI 211.

CONDICIONES GENERALES

Resistencia a la compresión a los 28 Días Será	210 Kg/cm²
Factor de seguridad	No

MATERIALES

Cemento

Sol Tipo I

Peso Específico del Cemento 3.15 gr/cm³

Agua Agua Potable

Agregado Fino

Peso específico de Masa 2.63 gr/cm³

Absorción 1.45 %

Contenido de Humedad 5.45 %

Peso unitario suelto seco 1.32 gr/cm³

Peso unitario compactado seco 1.43 gr/cm³

Módulo de Fineza 3

Agregado Grueso

Tamaño máximo Nominal 1/2"

Peso específico de Masa 2.63 gr/cm³

Absorción 1.02 %

Contenido de Humedad 1.9 %

Peso unitario suelto seco 1.62 gr/cm³

Peso unitario compactado seco 1.68 gr/cm³

Módulo de Fineza 6.5

1. Determinación de la Resistencia Promedio

f'_{cr} Especificado (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)
Sin Factor	$f'_{cr} + 0$
< 210	$f'_{cr} + 70$
210 - 350	$f'_{cr} + 84$
> 350	$f'_{cr} + 98$

No se usa el factor de seguridad: => $f'_{cr} =$ **210 Kg/cm²**

2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

Tamaño Máximo Nominal **1/2"**

3. Selección del Asentamiento

Mezcla Seca	0 - 2 pulg.
Mezcla Plástica	3 - 4 pulg.
Mezcla Fluida	≥ 5 pulg.

La Mezcla Será Plástica **3 - 4 pulg.**

4. Volumen Unitario de Agua

Asentamiento	Tamaño Máximo del Agregado Grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con Aire Incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

216 Lt/m³

Para un agregado Grueso de 3/4" con Asentamiento de 3" - 4" sin Aire Incorporado Tenemos

5. Relación a/c por Resistencia

f'cr (Kg/cm2)	Relación Agua / Cemento en Peso	
	Concreto sin Aire Incorporado	Concreto sin Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	--
450	0.38	--

200	0.70
210	0.68
250	0.62

Interpolando Tenemos la Relación de a/c tenemos

0.68

6. Factor Cemento

$$\text{Factor Cemento} = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{Relación Agua/Cemento}}$$

$$\text{Factor Cemento} = \frac{216}{0.68} = 317.65 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Factor Cemento} = \frac{317.65}{42.5} = \mathbf{7.47 \text{ Bolsas/m}^3}$$

7. Contenido de Aire Atrapado

TMN Agregado Grueso	Aire Atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
4"	0.2 %

El Contenido de Aire Atrapado será **2.5 %**

8. Calculo del Peso del Agregado Grueso

TMN A.G.	Módulo de Fineza del Agregado Fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

3	0.53
---	------

Tenemos el Contenido de Agregado Grueso **0.53**

Entonces el Peso del A.G. = 0.53 x 1679 Kg/m³ **889.87 Kg**

9. Calculo del Peso del Agregado Fino

Material	Peso (Kg)	P.E.	Vol. Absoluto
Cemento	317.65	3150	0.1008
Agua	216	1000	0.2160
Aire	0.025	-	0.0250
A. Grueso	889.87	2630	0.3384
Total			0.6802

$$\text{Volumen del Agregado Fino} = 1 - 0.6802 = 0.3198$$

$$\text{Peso Seco del Agr. Fino} = 0.3198 \times 2630 = \mathbf{841.09 \text{ Kg}}$$

10. Pesos Secos de Materiales por m³

Materiales	Pesos Secos (Kg)
Cemento	317.65
Agua	216.00
Agr. Grueso	889.87
Agr. Fino	841.09
Aire	2.5%
Total	2264.61

11. Corrección por Humedad de los Agregados

Agregado Fino

$$\text{Peso Húmedo A.F.} = \text{Peso Seco A.F.} (1 + \%C.H.A.F/100)$$

$$\text{Peso Húmedo A.F.} = 841.1 (1 + 5.45 / 100.0) = \mathbf{886.93 \text{ Kg}}$$

Agregado Grueso

$$\text{Peso Húmedo A.G.} = \text{Peso Seco A.G.} (1 + \%C.H.A.G/100)$$

$$\text{Peso Húmedo A.G.} = 889.87 (1 + 1.90 / 100.0) = \mathbf{906.78 \text{ Kg}}$$

12. Aporte de Agua de los Agregados

Agregado Fino

$$\text{Aporte agua A.F.} = \text{Peso Seco A.F.}(\%C.H.-\%Abs.)/100$$

$$\text{Aporte agua A.F.} = 841.09 (5.45 - 1.45) / 100 \quad \mathbf{33.64 \text{ Lt}}$$

Agregado Grueso

$$\text{Aporte agua A.G.} = \text{Peso Seco A.G.}(\%C.H.-\%Abs.)/100$$

$$\text{Aporte agua A.G.} = 889.87 (1.90 - 1.02) / 100 \quad \mathbf{7.83 \text{ Lt}}$$

$$\text{El Aporte de agua en los Agregados Ser\acute{a}} \quad \mathbf{41.47 \text{ Lt}}$$

13. Calculo de Agua Efectiva

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de Dise\~{n}o} - \text{Aporte de Agua}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 216 - 41.47 \quad \mathbf{174.53 \text{ Lt}}$$

14. Pesos Corregidos por Humedad

Cemento	317.65 Kg/m ³
Agua	174.53 Lt/m ³
Agregado Grueso	906.78 Kg/m ³
Agregado Fino	886.93 Kg/m ³

15. Proporción en Peso por Bolsa de Cemento

Cemento	317.65 Kg/m ³	317.65 Kg/m ³	1
agua	174.53 Lt/m ³	317.65 Kg/m ³	0.55
Agr. Grueso	906.78 Kg/m ³	317.65 Kg/m ³	2.85
Agr. Fino	886.93 Kg/m ³	317.65 Kg/m ³	2.79

16. Dosificación de Material para el diseño de mezcla

Las cantidades de material obtenido para la elaboración de diseño mediante el método ACI se muestra en la siguiente tabla:

Cantidad de materiales					
	1 Probeta				
% de sustitución	0%	4% FA	6% FA	4% VA	6% VA
Cemento	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
Agua	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Agregado fino	5.17	4.96	4.86	4.65	4.55
Agregado grueso	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
fibras de acero	-	0.207	0.310	-	-
Virutas de acero	-	-	-	0.207	0.310
	9 Probetas				
% de sustitución	0%	4% FA	6% FA	4% VA	6% VA
Cemento	16.67	16.67	16.67	16.67	16.67
Agua	9.15	9.15	9.15	9.15	9.15
Agregado fino	46.54	44.68	41.88	40.02	37.23
Agregado grueso	47.58	47.58	47.58	47.58	47.58
fibras de acero	-	1.861	2.792	-	-
Virutas de acero	-	-	-	1.861	2.792

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. Deledesma Carrera Sarita Beatriz
TESIS : " RESISTENCIA A COMPRESION DE UN CONCRETO FC = 210Kg/Cm2 SUSTITUYENDO AGREGADO FINO POR FIBRAS Y VIRUTAS DE ACERO"
LUGAR : HUARAZ - PROVINCIA HUARAZ - ANCASH
FECHA : 16/09/2019

ESPECIFICACIONES

La selección de las proporciones se hará empleando el metodo ACI
 La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 dias

MATERIALES

A. Cemento

Tipo I "Sol"
 Peso especifico 3.15

B. Agua

Potable de la zona

C. Agregado Fino

CANTERA : "ROLAN-TACLLAN"

Peso especifico de masa 2,63 gr/cm³
 Peso unitario suelto 1321 kg/m³
 Peso unitario compactado 1433 kg/m³
 Contenido de humedad 5,45 %
 Absorcion 1,45 %
 Modulo de Fineza 3,00

D. Agregado Grueso

CANTERA : "ROLAN-TACLLAN"

Piedra, perfil angular
 Tamaño Maximo Nominal 1/2"
 Peso especifico de masa 2,63 gr/cm³
 Peso unitario suelto 1623 kg/m³
 Peso unitario compactado 1679 kg/m³
 Contenido de humedad 1,90 %
 Absorcion 1,02 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plastica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4" el volumen unitario de agua es de 216 lt/m³

RELACION AGUA - CEMENTO

relación de agua - cemento por teoría (0,68
relación de agua - cemento por corrección (0,55

FACTOR DE CEMENTO

F C 216 / 0.68 = 317,65 kg/m³ 7,47 bls/m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento 317,65 kg/m³
Agua efectiva 174,35 t/m³
Agregado Fino 886,93 kg/m³
Agregado Grueso 906,78 kg/m³

PROPORCIONES EN PESO

317,65	886,93	906,78	174,35	
317,65	317,65	317,65	317,65	
C	AF	AG	A	
1	2,79	2,85	0,55	23,33 lt/bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

cálculos: 1 pie³: 35,32
1 Bolsa cemento: 42,5 Kg

Agregado Fino	
PUSS	1321,00
CH	5,45
	1.392,99

Agregado Grueso	
PUSS	1623,00
CH	1,90
	1.653,84

Peso por pie cubico :

Fino = 39,44 kg/pie³
Grueso = 46,82 kg/pie³
Cemento = 1 bolsa
Fino = 3,01
Grueso = 2,59
Agua = 23,33



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Elizabeth Maza Ambrosio
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

Resistencia a compresión



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.

TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "

FECHA: 12/06/2019

Muestra	Slump (pulg.)	Curado (Dias)	Fecha		Probeta (Codigo)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Minima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
			Moldeo	Rotura									
Patron	3.1"	7	29/03/2019	05/04/2019	P1 - P	15,15	180,267	13,20	29340	163	164	70%	78%
					P2 - P	15,15	180,267	13,15	29990	166		147	
					P3 - P	15,20	181,459	13,00	29770	164			
	3.1"	14	29/03/2019	12/04/2019	P4 - P	15,10	179,079	13,25	33020	184	195	85%	93%
					P5 - P	15,00	176,715	13,00	33540	190		178,5	
					P6 - P	15,20	181,459	13,15	38280	211			
	3.1"	28	29/03/2019	26/04/2019	P7 - P	15,10	179,079	13,19	37020	207	212	100%	101%
					P8 - P	15,10	179,079	13,22	38540	215		210	
					P9 - P	15,15	180,267	13,16	38610	214			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 INSTITUTO DE MECANICA DE SUELOS
 INGENIERIA CIVIL
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CP: 116644
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
 OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.
TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto FC= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
FECHA: 12/06/2019

Muestra	Slump (pulg.)	Curado (Dias)	Fecha		Probeta (Codigo)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Minima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
			Moldeo	Rotura									
Sustitución al 4% por fibras de acero	3"	7	29/03/2019	05/04/2019	P10 - FA	15,00	176,715	13,30	32220	182	183	70%	87%
					P11 - FA	15,00	176,715	13,25	32610	185		147	
					P12 - FA	15,15	180,267	13,20	32650	181			
	3"	14	29/03/2019	12/04/2019	P13 - FA	15,00	176,715	13,50	38010	215	215	85%	102%
					P14 - FA	15,10	179,079	13,30	37980	212		178,5	
					P15 - FA	15,00	176,715	13,29	38280	217			
	3"	28	29/03/2019	26/04/2019	P16 - FA	15,15	180,267	13,25	44200	245	244	100%	116%
					P17 - FA	15,10	179,079	13,50	44080	246		210	
					P18 - FA	15,10	179,079	13,30	43280	242			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 PUEBLA - HUANAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SUELOS Y
 FUNDACIONES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 C.I. 116544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.

TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "

FECHA: 12/06/2019

Muestra	Slump (pulg.)	Curado (Días)	Fecha		Probeta (Codigo)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Minima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
			Moldeo	Rotura									
Sustitución al 6% por fibras de acero	2.8"	7	29/03/2019	05/04/2019	P19 - FA	15,00	176,715	13,35	32440	184	181	70%	86%
					P20 - FA	15,10	179,079	13,30	31960	178		147	
					P21 - FA	15,20	181,459	13,15	32840	181			
	2.8"	14	29/03/2019	12/04/2019	P22 - FA	15,15	180,267	13,37	37970	211	211	85%	100%
					P23 - FA	15,00	176,715	13,40	37760	214		178,5	
					P24 - FA	15,10	179,079	13,29	37150	207			
	2.8"	28	29/03/2019	26/04/2019	P25 - FA	15,00	176,715	13,30	42970	243	241	100%	115%
					P26 - FA	15,20	181,459	13,32	43760	241		210	
					P27 - FA	15,15	180,267	13,40	43150	239			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.
TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'C= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "
FECHA: 12/06/2019

Muestra	Slump (pulg.)	Curado (Dias)	Fecha		Probeta (Codigo)	Diámetro (cm)	Area (cm2)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm2)	Resistencia Minima (Kg/cm2)	Resistencia Obtenida
			Moldeo	Rotura									
Sustitución al 4% por virutas de acero	3"	7	29/03/2019	05/04/2019	P28 - FA	15,15	180,267	13,50	31850	177	178	70%	85%
					P29 - FA	15,15	180,267	13,30	32810	182		147	
					P30 - FA	15,20	181,459	13,29	31990	176			
	3"	14	29/03/2019	12/04/2019	P31 - FA	15,10	179,079	13,25	36130	202	204	85%	97%
					P32 - FA	15,00	176,715	13,50	36630	207		178,5	
					P33 - FA	15,20	181,459	13,30	36920	203			
	3"	28	29/03/2019	26/04/2019	P34 - FA	15,15	180,267	13,40	42130	234	236	100%	112%
					P35 - FA	15,00	176,715	13,50	42630	241		210	
					P36 - FA	15,10	179,079	13,50	41720	233			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA Bach. Deledesma Carrera, Sarita Beatriz.

TESIS : "Resistencia a compresion de un Concreto F'c= 210 Kg/Cm2 Sustituyendo Agregado Fino por Fibras y Virutas de Acero "

FECHA: 12/06/2019

Muestra	Slump (pulg.)	Curado (Dias)	Fecha		Probeta (Codigo)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Peso (Kg)	Carga Aplicada (Kgf)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Prom. (Kg/cm ²)	Resistencia Minima (Kg/cm ²)	Resistencia Obtenida
			Moldeo	Rotura									
Sustitución al 6% por virutas de acero	2.9"	7	29/03/2019	05/04/2019	P37 - FA	15,15	180,267	13,35	31940	177	176	70%	84%
					P38 - FA	15,20	181,459	13,37	31450	173		147	
					P39 - FA	15,10	179,079	13,40	31760	177			
	2.9"	14	29/03/2019	12/04/2019	P40 - FA	15,00	176,715	13,29	36110	204	208	85%	99%
					P41 - FA	15,10	179,079	13,30	37760	211		178,5	
					P42 - FA	15,10	179,079	13,32	37220	208			
	2.9"	28	29/03/2019	26/04/2019	P43 - FA	15,00	176,715	13,40	43070	244	239	100%	114%
					P44 - FA	15,15	180,267	13,50	42060	233		210	
					P45 - FA	15,00	180,270	13,50	43010	239			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUAYLA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES
Ing. Eulalia Maiza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía N° 1: Adquiriendo los agregados grueso y fino de la cantera Tacllan.



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 2: Obtención de las virutas de acero de los tornos



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 3: Peso de los materiales para la mezcla



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 4: Ensayo de contenido de humedad



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 5: Ensayo gravedad específica y absorción agregado fino



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 6: Ensayo gravedad específica y absorción agregado fino



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 7: Ensayo de pesos unitario suelto y compactado de los agregados



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 8: Ensayo de granulometría



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 9: Ensayo gravedad específica y absorción agregado grueso



Fotografía N° 10: Mezclado manual de los agregados



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 11: Ensayo del Slump o asentamiento del concreto



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 12: Elaboración de probetas experimentales



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 13: Desencofrado de probetas a las 14 horas para ser sumergidas en el agua



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 14: Curado de las probetas



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 15: Ensayo de resistencia a la compresión de las probetas



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía N° 16: Rotura de las probetas cilíndricas



Fuente: *Elaboración propia*