



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F'C=210$  KG/CM<sup>2</sup>  
ADICIONANDO FIBRA DE VIDRIO EN PROPORCIONES DE  
2%, 4% Y 6%”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Lenin Stalin Abrigo Campos

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Abrigo Campos Lenin Stalin

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “RESISTENCIA DEL CONCRETO  $f'c=210$  KG/CM<sup>2</sup> ADICIONANDO FIBRA DE VIDRIO EN PROPORCIONES DE 2%, 4% Y 6%” para aspirar al título profesional de: **INGENIERO CIVIL** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados Han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Lenin Stalin Abrigo Campos para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "RESISTENCIA DEL CONCRETO  $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$  ADICIONANDO FIBRA DE VIDRIO EN PROPORCIONES DE 2%, 4% Y 6%".

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Gerson Quispe Rodríguez  
Jurado

---

Ing. Eryln Salazar Huamán  
Jurado

## DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi aprecio a mis Padres por sus sacrificios y esfuerzos, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles, siempre han estado ahí brindándome su apoyo.

A mis amadas hermanas que con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

Gracias a todos.

## AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a la Universidad Privada del Norte por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi Asesor de Tesis Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento.

Finalmente a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias.

## Tabla de contenidos

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad problemática .....	14
1.2. Formulación del problema .....	28
1.3. Objetivos .....	28
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	28
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	28
1.4. Hipótesis.....	29
1.4.1. <i>Hipótesis general</i> .....	29
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
2.1. Tipo de investigación .....	30
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	30
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	31
2.4. Procedimiento .....	32
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
3.1. Resultados de las características físico-mecánicas de los agregados de la cantera roca fuerte del río Chonta-Baños del Inca. ....	35
3.1.1. <i>CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC 108/ASTM D2216 / NTP 339.127)</i> .....	35
3.1.2. <i>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (N.T.P. 400.012:2001/MTC E204 – ASTM C 134-96)</i> .....	36
3.1.3. <i>CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200 (MTC E202 – ASTM C117 –NTP 400.018.</i> .....	39
3.1.4. <i>PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS (MTC E203 –ASTM C29 – NTP 400.017)</i> .....	40
3.1.5. <i>ABRASIÓN DE LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½ ") (MTC E207 –ASTM C131- NTP 400.019)</i> .....	44
3.1.6. <i>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS (MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022)</i> .....	45
3.1.7. <i>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (MTC E206 – ASTM C127 – NTP 400.021</i> .....	46

3.2.	Resultados del concreto ensayado en las edades de 7, 14 y 28 días. ....	47
3.3.	Resultados de la ruptura de las probetas edades de 7, 14 y 28 días. ....	56
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>		<b>68</b>
4.1.	Discusión.....	68
4.1.1.	<i>Discusión de los resultados de los agregados de las características físico-mecánicas de los agregados. ....</i>	<i>68</i>
4.1.2.	<i>Discusión de los resultados de ensayos al concreto endurecido. ....</i>	<i>69</i>
4.1.3.	<i>Discusión sobre los resultados con los antecedentes de esta investigación de tesis. ....</i>	<i>71</i>
4.2.	Conclusiones.....	73
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>76</b>
ANEXO N° 01: RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA MEDIANTE EL MÉTODO ACI .....		77
ANEXO N° 02: PROTOCOLOS DE ENSAYO .....		87
ANEXO N° 03: PROTOCOLOS ESFUERZO-DEFORMACIÓN.....		88
ANEXO N° 04: PANEL FOTOGRAFICO .....		89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto.....	22
Tabla 2: Propiedades mecánicas de los tipos de fibra de vidrio.....	23
Tabla 3: Resumen detallado de la población. ....	30
Tabla 4: Resumen de probetas sin y con los porcentajes de fibra de vidrio. ....	31
Tabla 5: Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos. ....	32
Tabla 6: Contenido de humedad del agregado grueso. ....	35
Tabla 7: Contenido de humedad del agregado fino .....	36
Tabla 8: Análisis granulométrico del agregado fino.....	36
Tabla 9: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	38
Tabla 10: Cantidad de material que pasa por la malla N° 200.....	39
Tabla 11: Peso unitario de agregado fino suelto.....	40
Tabla 12: Peso unitario del agregado fino compactado. ....	41
Tabla 13: Peso unitario del agregado grueso suelto.....	42
Tabla 14: Peso unitario del agregado grueso compactado. ....	43
Tabla 15: Desgaste de abrasión de los ángeles del agregado grueso. ....	44
Tabla 16: Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	45
Tabla 17: Peso específico y absorción del agregado grueso. ....	46
Tabla 18: Resultados del ensayo a compresión axial del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.....	49
Tabla 19: Resultados del ensayo a compresión axial del concreto añadiendo 2% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días. ....	50
Tabla 20: Resultados del ensayo a compresión axial del concreto añadiendo 4% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días. ....	51



Tabla 21: Resultados del ensayo a compresión axial del concreto añadiendo 6% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días. ....	52
Tabla 22: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 7 días.....	53
Tabla 23: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 14 días.....	54
Tabla 24: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 28 días.....	55
Tabla 25: Diseño de mezclas usando el método ACI. ....	78
Tabla 26: Resultados del diseño de mezclas.....	80
Tabla 27: Corrección por humedad usando método ACI: .....	81
Tabla 28: Diseño final de mezclas para diferentes números de probetas.....	83
Tabla 29: Peso de fibra de vidrio para una probeta en respecto al peso del cemento.....	84
Tabla 30: Peso de fibra de vidrio para tres probetas en respecto al peso del cemento .....	85
Tabla 31: Peso de fibra de vidrio para cuatro probetas en respecto al peso del cemento. ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fractura tipo 1.....	26
Figura 2: Fractura tipo 2.....	26
Figura 3: Fractura tipo 3.....	27
Figura 4: Fractura tipo 4.....	27
Figura 5: Ubicación de la cantera.....	33

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica N° 1: Curva granulométrica del agregado fino. ....	37
Grafica N° 2: Curva granulométrica del agregado grueso. ....	39
Grafica N° 3: Resistencia a la compresión axial del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días. .....	49
Grafica N° 4: Resistencia a la compresión axial del concreto añadiendo 2% de fibra de vidrio. ....	50
Grafica N° 5: Resistencia a la compresión axial del concreto añadiendo 4% de fibra de vidrio. ....	51
Grafica N° 6: Resistencia a la compresión axial del concreto añadiendo 6% de fibra de vidrio. ....	52
Grafica N° 7: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 7 días.....	53
Grafica N° 8: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 14 días.....	54
Grafica N° 9: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 28 días.....	55

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1: Fractura presentada en la probeta patrón a la edad de 7 días.....	56
Fotografía N° 2: Fractura presentada en la probeta patrón a la edad de 14 días.....	57
Fotografía N° 3: Fractura presentada en la probeta patrón a la edad de 28 días.....	58
Fotografía N° 4: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de 7 días...	59
Fotografía N° 5: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de 14 días.	60
Fotografía N° 6: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de 28 días.	61
Fotografía N° 7: Fractura presentada en la probeta con 4% de fibra de vidrio a la edad de 7 días...	62
Fotografía N° 8: Fractura presentada en la probeta con 4% de fibra de vidrio a la edad de 14 días.	63
Fotografía N° 9: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de 28 días.	64
Fotografía N° 10: Fractura presentada en la probeta con 6% de fibra de vidrio a la edad de 7 días.	65
Fotografía N° 11: Fractura presentada en la probeta con 6% de fibra de vidrio a la edad de 14 días. .....	66
Fotografía N° 12: Fractura presentada en la probeta con 6% de fibra de vidrio a la edad de 28 días. .....	67

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal estudiar la influencia de la incorporación de fibra de vidrio al concreto convencional analizando su influencia en las propiedades físico-mecánica de este material. Para llevar a cabo la investigación se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón o convencional y el concreto con la adición de fibra de vidrio en los porcentajes de 2%, 4% y 6% donde se usaron los agregados extraídos de la cantera Roca Fuerte del río Chonta- Baños del Inca. La propiedad que se estudió fue la resistencia a la compresión axial, para lo cual se añadió el 2%, 4% y 6% de la fibra de vidrio en la del concreto convencional. El porcentaje de fibra de vidrio que se usó se determinó en función del peso del cemento. El concreto patrón y el concreto con la adición de fibra de vidrio en los porcentajes ya mencionados tuvieron una resistencia nominal a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Según los resultados obtenidos se observó que la fibra de vidrio favorece a la resistencia a la compresión axial en el porcentaje de 2% con  $251.41 \text{ kg/cm}^2$  sobre el concreto patrón con  $230.13 \text{ kg/cm}^2$  y sobre los demás porcentajes esto a la edad de 28 días, con estos resultados obtenidos la hipótesis solo se cumplió en el porcentaje de 2%, por lo tanto se puede concluir que la hipótesis se cumplió parcialmente.

**Palabras clave:** Concreto, Fibra de vidrio, Porcentaje, Resistencia a la compresión

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Desde sus inicios la industria de la construcción se ha visto en la obligación de explorar diversos materiales que concilien los más variados aspectos tales como durabilidad, resistencia, costo, etc.; es así como en esta constante búsqueda los materiales aglomerantes, principalmente en la forma de hormigones o morteros, destacan para su uso como materiales de construcción, pues en ellos se combina de la mejor forma los referidos aspectos de bajo costo, su considerable durabilidad y su adecuada resistencia a la compresión para un uso estructural; en otro orden de ideas, en su estado inicial ellos son fácilmente moldeables a las formas más complejas que sean requeridas; sin embargo presentan algunos aspectos negativos como su baja resistencia a la tracción y a los impactos, y un deficiente desempeño en condiciones de cambios de humedad. En pos de superar los problemas recién anotados se han hecho variados esfuerzos, entre los cuales destacan el reforzamiento del hormigón mediante fibras, con ello se busca incrementar la resistencia a la flexión, resistencia a la abrasión, tenacidad, fatiga, impacto y permeabilidad (Muñoz, 2007).

Las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio influyen directamente en el diseño de los elementos estructurales en la construcción de edificaciones, como es en la fabricación del hormigón para usarlo en el dimensionamiento de peraltes y deformaciones (Ruda, 2015).

En el caso específico del refuerzo del concreto con fibra de vidrio se han obtenido buenos resultados cuando se trata de morteros de áridos finos, utilizándose en distintas aplicaciones, tales como paneles anti ruido y paneles de fachadas de edificaciones, dadas su fácil instalación y su poco peso. En otras aplicaciones esta técnica ha sido poco explorada pese a los buenos resultados obtenidos (Muñoz, 2007).

El Concreto, es un material pétreo artificial que se obtiene al mezclar en determinadas proporciones cemento, agregados gruesos y finos, con agua; este junto con el agua forman una pasta que rodea a los agregados, dando por resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo. El concreto simple es resistente a la compresión, pero es débil a tracción, por lo cual se debe armar convenientemente con barras de acero que absorben los esfuerzos de tracción y evitan la formación de grietas en la masa del concreto (Fratelli, 1998).

No se ha encontrado un trabajo de investigación local o nacional referente a la resistencia del concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  añadiendo fibra de vidrio por lo siguiente esta tesis servirá como guía de futuras investigaciones que tiene como objetivo mejorar la resistencia del concreto añadiendo fibra de vidrio. Por otro lado se encontró investigaciones referente a las propiedades físico-mecánicas del concreto como menciona Escobedo, 2014 en su tesis para optar el título de ingeniero civil con el tema de: “Influencia de la nanosílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I”, que el objetivo principal

fue determinar la incidencia de nanosílice en la resistencia mecánica del concreto, también tuvo como objetivos determinar la resistencia a la compresión con las diferentes dosificaciones de nanosílice y el incremento de la resistencia del concreto, llegando a la conclusión que la nanosilice mejora las características tanto al estado fresco como al endurecido del concreto en comparación del concreto patrón, obtuvo concretos de alta resistencia a la compresión con valor de  $785.30 \text{ kg/ cm}^2$  con adición del 1.5% de nanosílice del peso del cemento a la edad de 28 días.

En nuestro el país y en la ciudad de Cajamarca, el concreto en las construcciones civiles es de suma importancia ya que es el conglomerado que se utiliza en mayor porcentaje, por ende existe la necesidad que este concreto preste buen desempeño en obra, por eso añadiéndole fibra de vidrio en diferentes porcentajes quiero obtener un nuevo tipo de concreto, además este concreto obtendría nuevas propiedades físico-mecánicas; así utilizaremos el concreto en forma eficiente en los recursos de la construcción civil.

A nivel internacional se encontró algunas investigaciones acerca de concreto añadiendo fibra de vidrio, así pudimos encontrar antecedentes tales como: Muñoz, 2007 en su tesis titulada: “Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio” que tuvo como principal objetivo determinar cómo varían las propiedades mecánicas del hormigón al adicionarle distintos porcentajes de fibra de vidrio, confeccionar probetas cúbicas de  $15*15*15 \text{ cm}^3$  y probetas prismáticas de  $15*15*15 \text{ cm}^3$  para ser ensayadas a los 7, 15, 28 días, tanto a la compresión como a la flexotracción, llegó a la conclusión que si bien al aumentar la cantidad de fibra de



vidrio adicionada a la mezcla aumenta la resistencia a la compresión, la influencia en el aumento a la resistencia de los distintos porcentajes de fibra de vidrio aplicadas es similar en todas las edades de ensayo y que la resistencia a la flexotracción aumenta una gran medida al aumentar la dosis de fibra en la mezcla.

En otra investigación hallada, Rueda, 2015 en su tesis con el tema: “Análisis comparativo del hormigón simple sin y con fibra de vidrio reciclada” que tuvo objetivos realizar un análisis comparativo a compresión, flexión y módulo de elasticidad del hormigón simple sin y con fibra de vidrio reciclado con resistencia de 21MPa, 24MPa, 28Mpa y 35 MPa, determinar el porcentaje óptimo de la fibra de vidrio con respecto al peso del cemento, llegando a la conclusión de que las fibras de vidrio reciclado producen un incremento a la compresión de hasta en un 20% de la resistencia del diseño, también producen un incremento a la flexión hasta de un 28% lo que le hace a la estructura más flexible, finalmente las fibras de vidrio producen un incremento del módulo de elasticidad de hasta un 10.27% en comparación con el hormigón y que estas fibras reciclados son muy económicas con referencia a las comerciales lo que quiere decir que la producción del hormigón es ecológico y durable.

En el Perú y en la Ciudad de Cajamarca, no se halló investigaciones referidas al tema, pero si se encontró tesis de concreto con adiciones de diferente material, como Sotil y Zegarra, 2015 en su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil con el tema: “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”, que cuyos objetivos fueron comparar analíticamente las propiedades mecánicas de concreto con refuerzos de fibra de acero y sin refuerzos de fibra de acero, también realizar diseño de mezcla por el método de fuller con resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y una dosificación de  $20 \text{ kg/cm}^3$  de fibra wirand, llegando a la conclusión de que los datos obtenidos a compresión ensayadas a los 28 días con las respectivas fibras de acero wirand demostró una variación del 15% y 5% respectivamente, cabe resaltar los resultados iniciales de variación de 30% y 19% para 7 y 14 días respectivamente denotan la propiedad de aumento de resistencia inicial a la compresión lo cual se va estabilizando conforme pasan los días, también resalto que el aumento en la compresión debido gracias a la adición de fibras no debe ser considerado en los diseños de mezclas para los proyectos a realizar, este solo debe de ser considerado como una ventaja complementaria para efectos constructivos (factor seguridad).

En la investigación presente se tiene definiciones conceptuales de términos básicos tales como:

**Agregados** según la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 define a los agregados como, el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Así también estos son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

**Contenido de aire** es el volumen de los poros o vacíos de aire o de otro gas en la pasta de cemento, mortero o concreto, excluyendo los poros de impermeables contenidos en las partículas del agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la pasta, mortero o concreto (NTP 339.047, 2006).

**Curado** que se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr a hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia deseada (Sánchez y Tapia, 2015).

**Dosificación** es la que establece las proporciones apropiadas de los materiales que componen un concreto a fin de obtener la manejabilidad, resistencia y durabilidad requeridas, o bien para obtener un acabado o una adherencia correcta (Rivva, 2007).

**Probeta** es una muestra de dimensiones previamente definidas, elaborada a partir de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de encofrado no reactivo (Torre, 2004).

**Fibra de vidrio** es un material fibroso compuesto obtenidos al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos en dirección vertical (Elizabeth, 2015).

**Resistencia a la compresión** es capacidad máxima de carga que soporta un material antes de llegar a su límite de ruptura, se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  (Rivva, 2010).

También tenemos conceptos importantes en la presente investigación que son lo siguiente:

**El Concreto** es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que hace un material ideal para la construcción (Rivera, 2012). El concreto está compuesto por diversos materiales como: cemento, agua, aire, agregado grueso, agregado fino y aditivos. 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). Las propiedades más importantes del concreto en estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, peso unitario y en el estado endurecido las propiedades del concreto incluyen la resistencia mecánica, durabilidad, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia (Rivva, 2000).

**El Cemento Portland** es el producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker (Rivera, 2012). Según la norma ASTM C 150 establece cinco diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción.

**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 y **el agua de curado** es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado (Rivva, E. 2010).

**Agregados** es el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Constituyen hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados en la zona (Norma Técnica Peruana 400.037). El agregado grueso es aquel cuyo tamaño de partícula es mayor a 4.75mm (malla N° 4), debido a que hay una gran gama de tamaños para los agregados gruesos, cabe recalcar que para la elaboración de concretos de alta resistencia es necesario utilizar solamente un rango de esos valores ya que con ello obtendremos resistencias adecuadas y el agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8" (9.51 mm) y es retenido en el número 200 (0.074mm) El contenido del agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado (NTP 400.037).

Tabla 1:

*Proporciones típicas en volumen de los componentes del concreto.*

---

AIRE 1%-3%
CEMENTO 7%- 15%
AGUA 15%-22%
AGREGADOS 60%-75%

---

Fuente: NTP 400.037

**Fibra de vidrio** esta consistido por la lana de vidrio que se comienza a fundir a una temperatura de  $1450 \text{ }^\circ\text{C}$  con una mezcla de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), aditivos como óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) y vidrio reciclado el cual es convertido en fibras. Para ello se recurre a un método de alta velocidad, forzándolo a través de una rejilla fina mediante una fuerza centrífuga, enfriándose al entrar en contacto con el aire. La cohesión y resistencia mecánica del producto se obtiene rociando a los millones de filamentos con una solución aglutinante que adhiere a las fibras entre sí.

La masa de fibras embebidas en el aglutinante es calentada a una temperatura de unos  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  para polimerizar la resina y es curada para darle resistencia y estabilidad. La etapa final comprende el corte de la lana y el empaclado en rollos o paneles a alta presión previo a paletizar el producto terminado, para facilitar su transporte y almacenamiento (Melter, 2010).

Tabla 2:  
*Propiedades mecánicas de los tipos de fibra de vidrio.*

Propiedades	Vidrio E	Vidrio D	Vidrio R	Vidrio AR
Densidad	2.6	2.14	2.53	2.68
Resistencia a la tensión	3400	2500	4400	3000
Módulo de elasticidad (Gpa)	72	55	86	72
Resistencia a la ruptura (%)	4.5	4.5	5.2	4.3

**Diseño de mezcla por el método ACI** ha sido desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en tablas que se presentarán en los siguientes pasos de este método, permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto (Rivva, 2014).

Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, cuando se emplea el Método del Comité 211 del ACI siguiendo la secuencia que se indica a continuación:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado.
- Selección del asentamiento.

- Selección de volumen unitario del agua de diseño.
- Selección del contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento por resistencia.
- Determinación del Factor cemento.
- Determinación del contenido de agregado grueso.
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire y agregado grueso.
- Determinación del volumen absoluto de agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.

**Resistencia a la compresión** del espécimen se calculó dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo entre el área de la cara axial del espécimen. Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de la forma y tamaño del espécimen, la pasta de cemento, los procedimientos de mezcla, la elaboración, la edad y las condiciones de humedad durante el curado (Norma ASTM C 39). La fracturación se define como una consecuencia directa de la baja resistencia a tracción del 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 (Sotil y Zegarra, 2015).



Según la NTP 399.034, define las siguientes fallas o tipos de fracturas de probetas que en este caso es para el concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  los siguientes:

Fractura tipo N° I: Cono razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

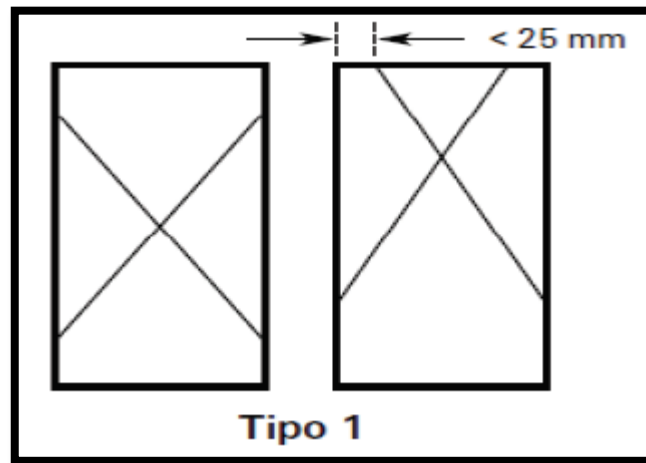
Fractura tipo N° II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.

Fractura tipo N° III: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Fractura tipo N° IV: Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar el tipo.

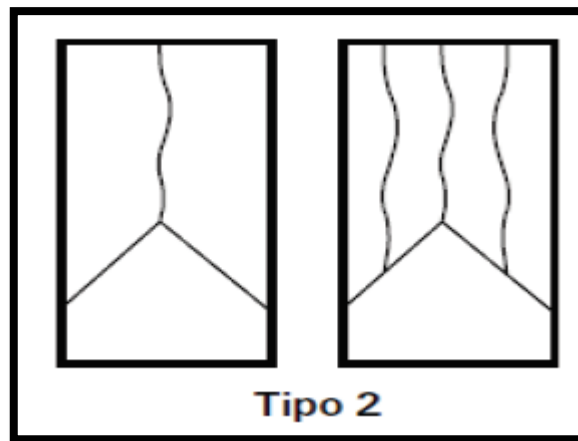
Fractura tipo N° V: Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior.

Fractura tipo N° VI: Similar al tipo N° 5, pero el terminal del cilindro es acentuado.



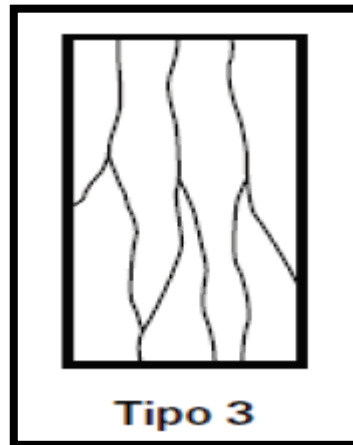
*Figura 1:* Fractura tipo 1.

Fuente: NTP 399.034.



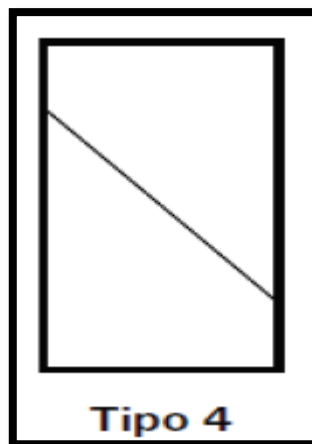
*Figura 2:* Fractura tipo 2.

Fuente: NTP 399.034.



*Figura 3:* Fractura tipo 3

Fuente: NTP 399.034.



*Figura 4:* Fractura tipo 4.

Fuente: NTP 399.034.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye en la resistencia del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  la adición de fibra de vidrio en porcentajes de 2%, 4% y 6% en función al peso del cemento?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la resistencia del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6%.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados que se utilizarán en esta tesis, extraída de la cantera Roca Fuerte del río Chonta – Baños del Inca.
- Realizar diseños de mezclas mediante el método ACI, para un concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y concreto adicionando fibra de vidrio en los porcentajes de 2%, 4% y 6%.
- Elaborar probetas patrón por el método ACI para un concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  a edades de 7, 14 y 28 días.
- Elaborar probetas por el método ACI para un concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con una adición de fibra de vidrio en porcentajes de 2%, 4% y 6% a edades de 7, 14 y 28 días.

- Determinar la variación de resistencia entre el concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando fibra de vidrio y la del concreto convencional.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La resistencia del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6% aumentó en más del 1%.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Experimental, ya que se aplicó ensayos de forma manual en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

### 2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

**Unidad de estudio:** Probetas de concreto convencional con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y con la adición de fibra de vidrio en porcentajes de 2%, 4% y 6%.

**Población:** 72 probetas

Tabla 3:  
*Resumen detallado de la población.*

Días de ensayo de rotura de Especímenes	7 días	14 días	28 días
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	6	6	6
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 2% Fibras de vidrio	6	6	6
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 4% Fibras de vidrio	6	6	6
Concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 6% Fibras de vidrio	6	6	6

#### **Muestra:**

Se elaboraron y ensayaron 72 unidades de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  añadiendo fibra de vidrio, debido a que en la NTP 339.183 donde especifica que en la elaboración y curado de especímenes de concreto se requirió por lo menos 6 testigos por cada dosificación a los 7, 14 y 28 días de curado. Sin embargo, según la norma ACI 318, se explica que si los ensayos no son efectuados a los 28 días debe indicarse en los planos o especificaciones del diseño.

Tabla 4:

*Resumen de probetas sin y con los porcentajes de fibra de vidrio.*

<b>DÍAS DE ENSAYO</b>	7, 14 y 28 días
<b>ESPECÍMENES</b>	Concreto convencional con $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ y concreto con la adición de 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio.
<b>NUMERO DE ESPECÍMENES</b>	6 Probetas por espécimen
<b>TOTAL</b>	72 Probetas

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de datos para determinar la influencia de la resistencia del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando fibra de vidrio en porcentajes de 2%, 4% y 6%, consistió en determinar las características del material a incorporar al concreto convencional y las propiedades físico mecánicas de los agregados para poder realizar los diseños de mezcla usando el método ACI.

Una vez ya realizado el diseño de la muestra patrón y las muestras con los diferentes porcentajes de fibra de vidrio, se procede a ensayarlos a los 7, 14 y 28 días de curado.

Donde la técnica para recolectar los datos fue observación directa y el monitoreo de los ensayos realizados.

Siendo los instrumentos las fichas de observación o también conocidas como protocolos, donde se tomaron datos y las observaciones necesarias de cada ensayo realizado, la toma de datos fue inmediata en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte – Cajamarca.

Finalmente se utilizó Excel para el análisis de los datos recopilados en cada ensayo y posteriormente hallar los resultados respectivos.

Tabla 5:

*Resumen de técnicas en instrumentos de recolección y análisis de datos.*

Variable Dependiente	Recolección de Datos			Análisis de Datos
	Fuente	Técnica	Instrumento	
Propiedades Mecánicas	Resistencia A la compresión	Experimento Observación	Protocolos Excel	-Gráficas de esfuerzo-deformación -Comparación de resultados
<b>Compresión del concreto</b>				

#### 2.4. Procedimiento

Para la realización de la siguiente investigación se realizaron procedimientos de recolección de datos, análisis de ellos y finalmente el cálculo y procesamientos de datos. Esto se ve respectivamente en lo siguiente:



- A. Obtención del material agregado fino y grueso**, la obtención de estos materiales se realizó de manera manual, se extrajo de la cantera Roca Fuerte ubicado en Baños del Inca – Cajamarca.



*Figura 5:* Ubicación de la cantera.

Fuente: Google maps.

- B. Obtención del Cemento portland Tipo I**, este material se obtuvo de Sódimac.
- C. Compra y envío de la fibra de vidrio**, esto se realizó de la ciudad de Lima a Cajamarca, luego se procedió a él cortado respectivo.
- D. Determinación de las propiedades físico-mecánicas de los agregados y ensayos respectivos**, guiándonos de las normas MTC y NTP específicos para cada ensayo, también de las guías de laboratorio que se mostraran en las siguientes descripciones:

- Contenido de humedad (MTC 108/ASTM D2216 / NTP 339.127).
- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (N.T.P. 400.012:  
2001 / MTC E204 - ASTM C 136-96).
- Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E202 –  
ASTM C117 – NTP 400.018).
- Peso unitario de los agregados (MTC E 203 – ASTM C29 – NTP 400.017)
- Abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de  
37.5 mm (1 ½”) (MTC E207 – ASTM C131 – NTP 400.019).
- Gravedad específica y absorción de agregado fino (MTC E 205 / ASTM  
C128 / NTP 400.022).
- Peso específico y absorción de agregados gruesos (MTC E206 – ASTM  
C127 – NTP 400.021)
- Diseño de mezcla mediante el método ACI.
- Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos (MTC E704 – ASTM  
C39 – NTP 339.034)

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este presente capítulo se muestran los principales resultados a los ensayos realizados en el laboratorio de tecnología del concreto en la Universidad Privada del Norte para el agregado grueso, agregado fino, también los resultados del concreto en las edades de 7, 14 y 28 días.

#### 3.1. Resultados de las características físico-mecánicas de los agregados de la cantera roca fuerte del río Chonta-Baños del Inca.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los diferentes ensayos para hallar las propiedades de los agregados que utilice en esta investigación.

##### 3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC 108/ASTM D2216 / NTP 339.127)

###### Agregado grueso

Tabla 6:  
*Contenido de humedad del agregado grueso.*

<b>Contenido de humedad de muestra</b>				
<b>RECIPIENTE N° :</b>		<b>Muestra N 01</b>	<b>Muestra N 02</b>	<b>Muestra N 03</b>
Pr + Ph (gr).	A	1665.00	1665.00	1665.00
Pr+Ps (gr).	B	1653.60	1655.20	1653.20
Pr (gr).	C	157.50	157.70	157.40
Ph	D=A-C	1507.50	1507.30	1507.60
Ps	W = B-C	1496.10	1497.50	1495.80
% DE HUMEDAD	$((W/D)/D)*100$	<b>0.76</b>	<b>0.65</b>	<b>0.79</b>
<b>TOTAL % CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>0.74%</b>	

## Agregado fino

Tabla 7:  
Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad de muestra				
RECIPIENTE N° :		Muestra N 01	Muestra N 02	Muestra N 03
Pr + Ph (gr).	A	665.60	665.80	665.60
Pr+Ps (gr).	B	639.10	645.10	638.40
Pr (gr).	C	157.30	157.50	157.40
Ph	D=A-C	508.3	508.3	508.2
Ps	W = B-C	481.8	487.6	481
% DE				
HUMEDAD	$((W/D)/D)*100$	<b>5.50</b>	<b>4.25</b>	<b>5.65</b>
<b>TOTAL %CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			<b>5.13</b>	<b>%</b>

### 3.1.2. ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

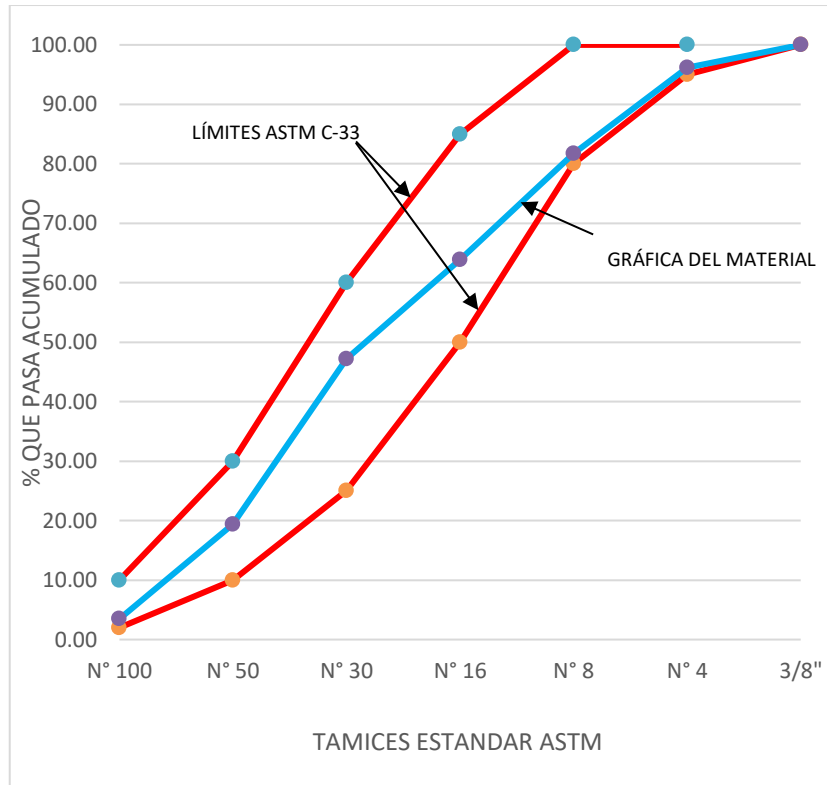
(N.T.P. 400.012:2001/ MTC E204 – ASTM C 134-96)

#### Agregado fino.

Tabla 8:  
Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamizado de muestra												
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO								HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO				
Peso Inicial (gr).		2000										
Tamaño de Tamiz	Tamaño Tamiz (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. Compens.	Peso Ret. Acumul. (gr)	%Ret.	% Ret. Acum.	%Pasa	Tamaño de Tamiz	Tamaño de Tamiz (mm)	% Que Pasa 1	% Que Pasa 2	% Que Pasa Acum. 3
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	N° 100	0.15	2.00	10.00	3.48
N° 4	4.75	75.90	76.64	76.64	3.83	3.83	96.17	N° 50	0.30	10.00	30.00	19.39
N° 8	2.36	287.90	288.64	365.29	14.43	18.26	81.74	N° 30	0.60	25.00	60.00	47.17
N° 16	1.18	355.90	356.64	721.93	17.83	36.09	63.91	N° 16	1.18	50.00	85.00	63.91
N° 30	0.60	334.10	334.84	1056.78	16.74	52.83	47.17	N° 8	2.36	80.00	100.00	81.74
N° 50	0.30	554.90	555.64	1612.42	27.78	80.61	19.39	N° 4	4.75	95.00	100.00	96.17
N° 100	0.15	317.40	318.14	1930.57	15.91	96.52	3.48	3/8"	9.50	100.00		100.00
N° 200	0.075	51.50	52.24	1982.81	2.61	99.13	0.87					
Platillo		15.70	16.44	1999.26	0.82	100.0	0.1					
<b>TOTAL</b>		<b>1993.3</b>										
		e=813-812.1=		6.7	0.74444							

*Grafica N° 1: Curva granulométrica del agregado fino.*

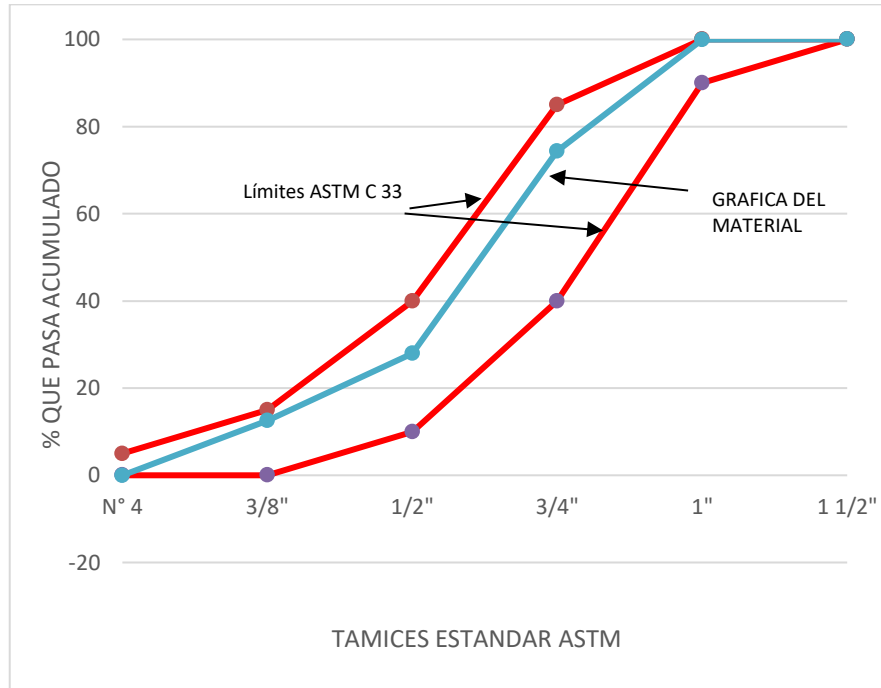


## Agregado grueso

Tabla 9:  
Análisis granulométrico del agregado grueso.

Tamizado de muestra												
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO								HUSO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (TABLA N° 56)				
Peso Inicial (gr).		5000										
Tamaño de Tamiz	Tamaño Tamiz (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. Compens.	Peso Ret. Acumul. (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Pasa	Tamaño de Tamiz	Tamaño de Tamiz (mm)	% Que Pasa 1	% Que Pasa 2	% Que Pasa Acum. 3
1 1/2"	37.50	0	0	0	0	0	100	N° 4	4.75	0	5	-0.02
1"	25.00	0	0.75	0.75	0.02	0.02	99.98	3/8"	9.5	0	15	12.57
3/4"	19.00	1282.5	1283.25	1284	25.67	25.69	74.29	1/2"	12.5	10	40	27.91
1/2"	12.50	2319.4	2320.15	3604.15	46.4	72.09	27.91	3/4"	19	40	85	74.29
3/8"	9.50	766.30	767.05	4371.20	15.34	87.43	12.57	1"	25	90	100	99.98
N° 4	4.75	628.80	629.55	5000.75	12.59	100.02	-0.02	1 1/2"	37.5	100	100	100
<b>TOTAL</b>		4997	5000.75									
<b>Compensación</b>		e=10000-9999.9=	3.00	0.75								

Grafica N° 2: Curva granulométrica del agregado grueso.



### 3.1.3. CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N° 200

(MTC E202 – ASTM C117 –NTP 400.018)

#### Agregado fino

Tabla 10:

Cantidad de material que pasa por la malla N° 200.

	1	2	3
Peso inicial de la muestra (gr) = W0	2002	2001	1998
Peso de la muestra seca lavada (gr) = W1	1945	1942	1938
Material que pasa el tamiz N° 200	57	59	60
<b>PARTÍCULAS &lt; TAMIZ N° 200 (%) = F</b>	2.85%	2.95%	3.00%
<b>PROMEDIO F</b>		<b>2.93%</b>	

### 3.1.4. PESO UNITARIO Y VACIO DE LOS AGREGADOS (MTC E203 –ASTM

C29 – NTP 400.017)

#### Agregado grueso

Tabla 11:

*Peso unitario de agregado fino suelto.*

<b>PESO UNITARIO AGREGADO FINO SUELTO</b>				
<b>Molde</b>				
<b>MEDIDAS DE MOLDE</b>	Diámetro mayor (m)	Diámetro menor (m)	Altura (m)	
	0.223	0.203	0.29	0.29 0.29
Promedio(m)	0.213		0.290	
Volumen "V" (m <sup>3</sup> )	0.0103		Peso de Recipiente "T" (Kg).	4.785
<b>Peso Unitario Suelto</b>				
1 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>19.400</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		14.615	kg
2 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>18.860</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		14.075	kg
3 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>18.750</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		13.965	kg
<b>Resultados</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO en kg/m<sup>3</sup></b>	1 Medida	$M1 = (G - T) / V$	1414.330	kg/m <sup>3</sup>
	2 Medida	$M2 = (G - T) / V$	1362.073	kg/m <sup>3</sup>
	3 Medida	$M3 = (G - T) / V$	1351.428	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Promedio</b>	$M = (M1 + M2 + M3) / 3$	<b>1375.943</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>



Tabla 12:  
*Peso unitario del agregado fino compactado.*

<b>PESO UNITARIO AGREGADO FINO COMPACTADO</b>				
<b>Molde</b>				
<b>MEDIDAS DE MOLDE</b>	Diámetro mayor (m)	Diámetro menor (m)	Altura (m)	
	0.223	0.203	0.29	0.29
Promedio(m)	0.213		0.290	
Volumen "V" (m <sup>3</sup> )	0.0103		Peso de Recipiente "T" (Kg).	4.785
<b>Peso Unitario Suelto</b>				
1 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>20.640</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		15.855	kg
2 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>19.970</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		15.185	kg
3 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>19.700</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		14.915	kg
<b>Resultados</b>				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO en kg/m<sup>3</sup></b>	1 Medida	$M = (G - T) / V$	1534.328	kg/m <sup>3</sup>
	2 Medida	$M = (G - T) / V$	1469.490	kg/m <sup>3</sup>
	3 Medida	$M = (G - T) / V$	1443.362	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Promedio</b>	$M = (M1 + M2 + M3) / 3$	<b>1482.393</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

**Agregado fino**

Tabla 13:

*Peso unitario del agregado grueso suelto.*

<b>PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO – SUELTO</b>				
<b>Molde</b>				
	Diámetro mayor (m)	Diámetro menor (m)	Altura (m)	
	0.254	0.254	0.278	0.278
Promedio(m)	0.254		0.278	
Volumen "V" (m <sup>3</sup> )	0.0141		Peso de Recipiente "T" (Kg).	5.82
<b>Peso Unitario Suelto</b>				
1 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>25.185</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		19.365	kg
2 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>24.980</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		19.160	kg
3 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>25.090</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T " (Kg).		19.270	kg
<b>Resultados</b>				
<b>PESO UNITARIO SUELTO en kg/m<sup>3</sup></b>	1 Medida	$M1 = (G - T) / V$	1374.720	kg/m <sup>3</sup>
	2 Medida	$M2 = (G - T) / V$	1360.167	kg/m <sup>3</sup>
	3 Medida	$M3 = (G - T) / V$	1367.976	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Promedio</b>	$M = (M1 + M2 + M3) / 3$	<b>1367.621</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Tabla 14:  
*Peso unitario del agregado grueso compactado.*

<b>PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO - COMPACTADO</b>				
<b>Molde</b>				
	Diámetro mayor (m)	Diámetro menor (m)	Altura (m)	
	0.254	0.254	0.278	0.278
Promedio(m)	0.254		0.278	
Volumen "V" (m <sup>3</sup> )	0.0141		Peso de Recipiente "T" (Kg).	5.82
<b>Peso Unitario Suelto</b>				
1 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>26.220</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T" (Kg).		20.400	kg
2 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>26.100</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T" (Kg).		20.280	kg
3 Medida	Peso de Recipiente + Agregado "G" (Kg).		<b>25.900</b>	kg
	Peso del Agregado "G-T" (Kg).		20.080	kg
<b>Resultados</b>				
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO en kg/m<sup>3</sup></b>	1 Medida	$M = (G - T) / V$	1448.195	kg/m <sup>3</sup>
	2 Medida	$M = (G - T) / V$	1439.676	kg/m <sup>3</sup>
	3 Medida	$M = (G - T) / V$	1425.478	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Promedio</b>	$M = (M1 + M2 + M3) / 3$	<b>1437.783</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

**3.1.5. ABRASION DE LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS  
DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 MM (1 ½ ") (MTC E207 –ASTM C131-  
NTP 400.019)**

**Agregado grueso**

Tabla 15:

*Desgaste de abrasión de los ángeles del agregado grueso.*

<b>Desgaste Abrasión de muestra</b>				
RECIPIENTE N° :	Muestra N 01	Muestra N 02	Muestra N 03	<b>PROMEDIO</b>
Pa (gr).	5000	5000	5000	
Pb (gr).	3401.4	3385.9	3435.2	
Pd (gr).	0.31972	0.32282	0.31296	<b>32%</b>
Pd %	31.97%	32.28%	31.30%	

### 3.1.6. GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS

(MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022)

#### Agregado fino

Tabla 16:  
*Gravedad específica y absorción del agregado fino.*

#### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO	
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo (Psss)	gr	500.00	500.00	500.00	<b>PROMEDIO</b>	
B	Peso del frasco + agua hasta marca de 500ml	gr	1310.27	1309.20	1310.00		
C	Peso del frasco + agua + Psss, $C = A + B$	gr	1810.27	1809.20	1810.00		
D	Peso del frasco + Psss + agua hasta la marca de 500ml	gr	1613.11	1610.21	1612.81		
E	Volumen de masa + volumen de vacío, $E = C - D$	$\text{cm}^3$	197.16	198.99	197.19		
F	Peso seco del suelo (en estufa a $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ )	gr	487.90	489.40	486.80		
G	Volumen de masa, $G = E - (A - F)$	$\text{cm}^3$	185.06	188.39	183.99		
H	Peso específico bulk (base seca), $H = F / E$	$\text{gr/cm}^3$	2.47	2.46	2.47		<b>2.47</b>
I	Peso específico (base saturada), $I = A / E$	$\text{gr/cm}^3$	2.54	2.51	2.54		<b>2.53</b>
J	Peso específico aparente (base seca), $J = F / G$	$\text{gr/cm}^3$	2.64	2.60	2.65		<b>2.63</b>
K	Absorción, $K = (A - F / F) * 100$	%	2.48	2.17	2.71	<b>2.45</b>	

### 3.1.7. PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS (MTC)

#### E206 – ASTM C127 – NTP 400.021

#### Agregado grueso

Tabla 17:

*Peso específico y absorción del agregado grueso.*

#### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO	
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en aire	gr	4000.00	3999.00	4000.20	<b>PROMEDIO</b>	
B	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo en agua	gr	2410.19	2409.70	2412.10		
C	Volumen de masa +volumen de vacío, $C=A-B$	gr	1589.81	1589.30	1588.10		
D	Peso seco del suelo (en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ )	gr	3953.00	3955.20	3950.90		
E	Volumen de masa, $E = C - (A - D)$	$\text{cm}^3$	1542.81	1545.50	1538.80		
F	Peso específico bulk (base seca), $F=D/C$	gr	2.49	2.49	2.49		
G	Peso específico (base saturada), $G=A/C$	$\text{cm}^3$	2.52	2.52	2.52		
H	Peso específico aparente (base seca), $H=D/E$	$\text{gr/cm}^3$	2.56	2.56	2.57		<b>2.56</b>
I	Absorción, $I=(A-D)/D*100$	$\text{gr/cm}^3$	1.19	1.11	1.25		<b>1.18</b>

### **3.2. Resultados del concreto ensayado en las edades de 7, 14 y 28 días.**

La tabla N° 18, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto patrón, donde la resistencia a la compresión promedio fue de  $170.90 \text{ kg/cm}^2$ ,  $193.94 \text{ kg/cm}^2$  y  $230.13 \text{ kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

La tabla N° 19, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto con el 2% de fibra de vidrio, donde la resistencia a la compresión promedio fue de  $153.32 \text{ kg/cm}^2$ ,  $181.54 \text{ kg/cm}^2$  y  $251.41 \text{ kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

La tabla N° 20, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto con el 4% de fibra de vidrio, donde la resistencia a la compresión promedio fue de  $111.57 \text{ kg/cm}^2$ ,  $171.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $199.37 \text{ kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

La tabla N° 21, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto con el 6% de fibra de vidrio, donde la resistencia a la compresión promedio fue de  $91.50 \text{ kg/cm}^2$ ,  $119.76 \text{ kg/cm}^2$  y  $186.60 \text{ kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

La tabla N° 22, presenta las comparaciones de las resistencias alcanzadas a la edad de 7 días, donde las resistencias fueron  $170.90 \text{ kg/cm}^2$ ,  $153.32 \text{ kg/cm}^2$ ,  $111.57 \text{ kg/cm}^2$  y  $91.50 \text{ kg/cm}^2$  del concreto patrón, 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio respectivamente.

La tabla N° 23, presenta las comparaciones de las resistencias alcanzadas a la edad de 14 días, donde las resistencias fueron  $193.94 \text{ kg/cm}^2$ ,  $181.54 \text{ kg/cm}^2$ ,  $171.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $119.76 \text{ kg/cm}^2$  del concreto patrón, 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio respectivamente.

La tabla N° 24, presenta las comparaciones de las resistencias alcanzadas a la edad de 28 días, donde las resistencias fueron  $230.13 \text{ kg/cm}^2$ ,  $251.41 \text{ kg/cm}^2$ ,  $199.37 \text{ kg/cm}^2$  y  $186.60 \text{ kg/cm}^2$  del concreto patrón, 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio respectivamente.



Tabla 18:

*Resultados del ensayo a compresión axial del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.*

7 Días (PATRON)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	169.74	165.65	168.35	175.78	180.81	165.10
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	180.81	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>170.90</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	165.10					
14 Días (PATRON)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	196.22	197.80	193.76	193.76	190.63	191.49
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	197.80	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>193.94</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	190.63					
28 Días (PATRON)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	231.24	229.01	228.36	235.75	231.42	224.98
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	235.75	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>230.13</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	224.98					

*Grafica N° 3: Resistencia a la compresión axial del concreto patrón a las edades de 7, 14 y 28 días.*

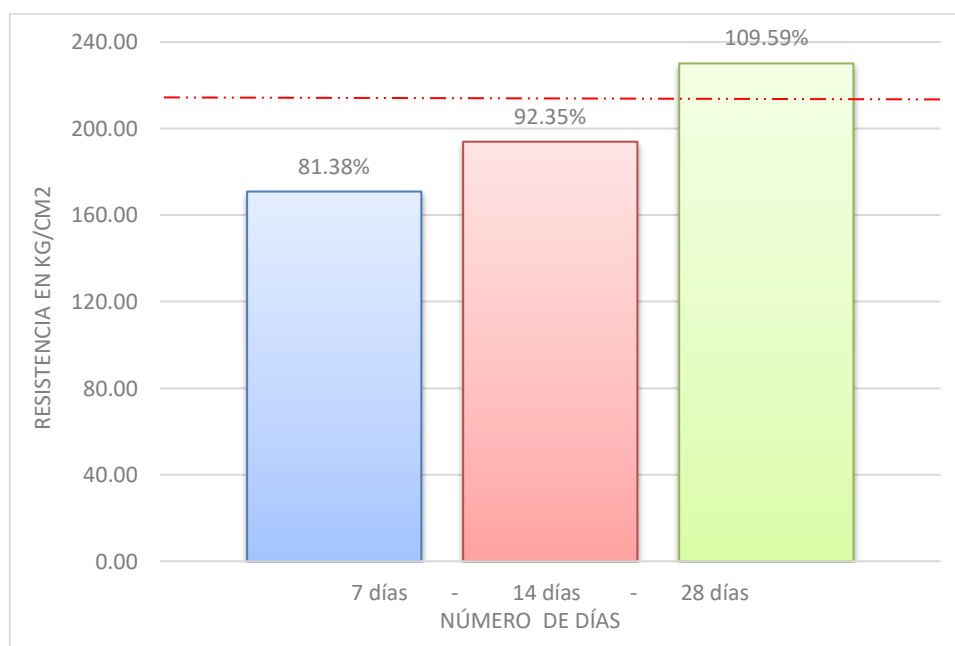


Tabla 19:

*Resultados del ensayo a compresión axial del concreto añadiendo 2% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días.*

7 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	140.98	141.45	158.43	152.78	169.17	157.12
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	169.17	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>153.32</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	140.98					
14 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	180.13	177.25	182.02	172.32	185.12	192.41
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	192.41	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>181.54</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	172.32					
28 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	247.21	256.19	250.66	250.20	248.85	255.36
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	256.19	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>251.41</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	247.21					

*Grafica N° 4: Resistencia a la compresión axial del concreto añadiendo 2% de fibra de vidrio.*

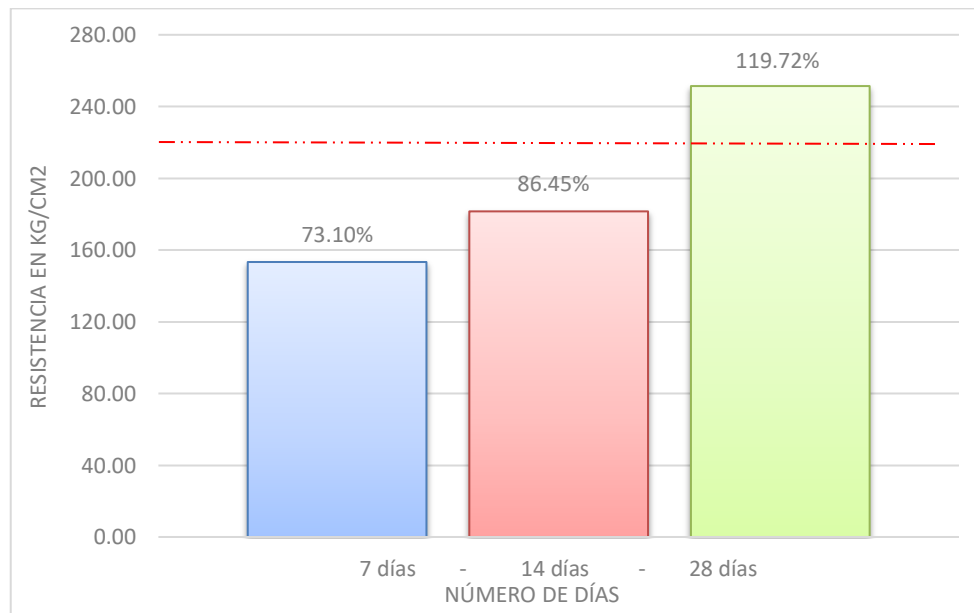


Tabla 20:

*Resultados del ensayo a compresión axial del concreto añadiendo 4% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días.*

7 Días (4% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	107.93	115.65	108.78	118.98	103.38	114.71
$f'c$ máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	118.98	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>111.57</b>		
$f'c$ mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	103.38					
14 Días (4% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	167.17	159.73	177.14	172.47	173.30	177.23
$f'c$ máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	177.23	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>171.17</b>		
$f'c$ mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	159.73					
28 Días (4% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	212.81	217.44	177.00	183.18	215.69	190.13
$f'c$ máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	217.44	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>199.37</b>		
$f'c$ mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	177.00					

*Grafica N° 5: Resistencia a la compresión axial del concreto añadiendo 4% de fibra de vidrio.*

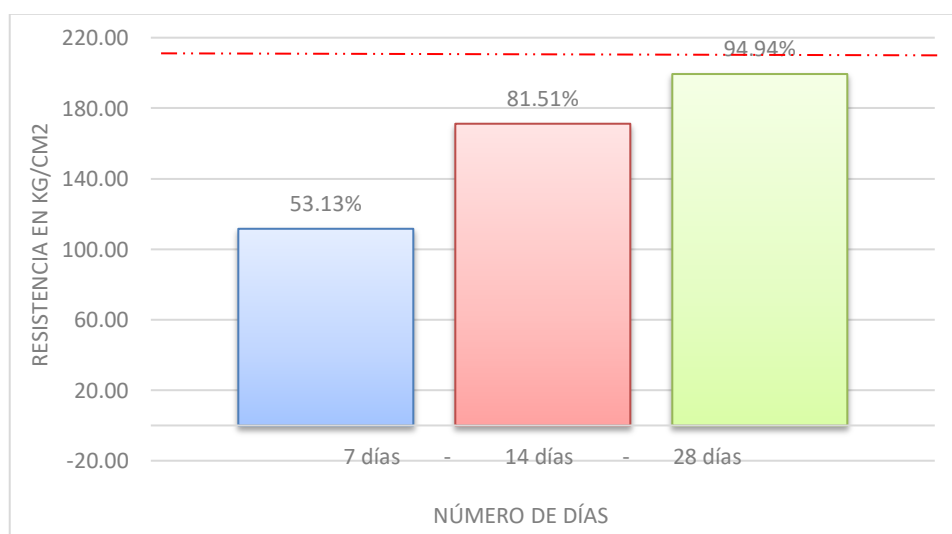


Tabla 21:

*Resultados del ensayo a compresión axial del concreto añadiendo 6% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días.*

7 Días (6% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	91.36	86.90	94.06	95.96	87.56	93.14
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	95.96	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>91.50</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	86.90					
14 Días (6% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	124.53	116.92	120.35	117.85	116.51	122.38
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	124.53	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>119.76</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	116.51					
28 Días (6% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	204.31	118.42	204.69	168.89	210.68	212.58
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	212.58	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>186.60</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	118.42					

*Grafica N° 6: Resistencia a la compresión axial del concreto añadiendo 6% de fibra de vidrio.*

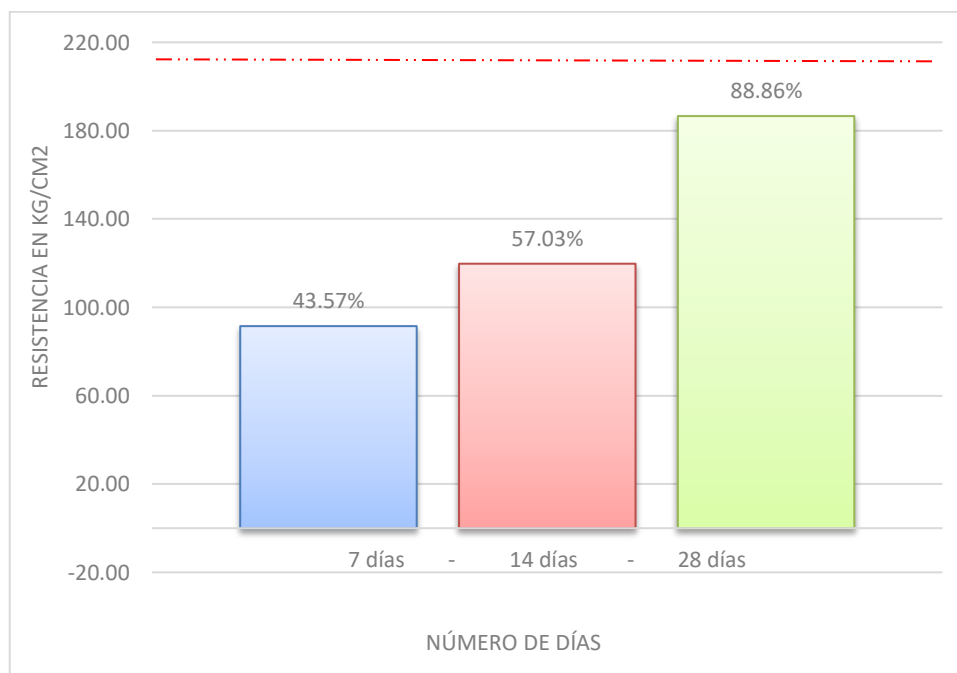


Tabla 22:

Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 7 días.

7 Días ( PATRON)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	169.74	165.65	168.35	175.78	180.81	165.10
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	180.81	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>170.90</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	165.10					
7 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	140.98	141.45	158.43	152.78	169.17	157.12
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	169.17	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>153.32</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	140.98					
7 Días (4% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	107.93	115.65	108.78	118.98	103.38	114.71
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	118.98	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>111.57</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	103.38					
7 Días (6% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo $\text{kg/cm}^2$	91.36	86.90	94.06	95.96	87.56	93.14
f'c máximo ( $\text{kg/cm}^2$ )	95.96	<b>Promedio (<math>\text{kg/cm}^2</math>)</b>		<b>91.50</b>		
f'c mínimo ( $\text{kg/cm}^2$ )	86.90					

Grafica N° 7: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 7 días.

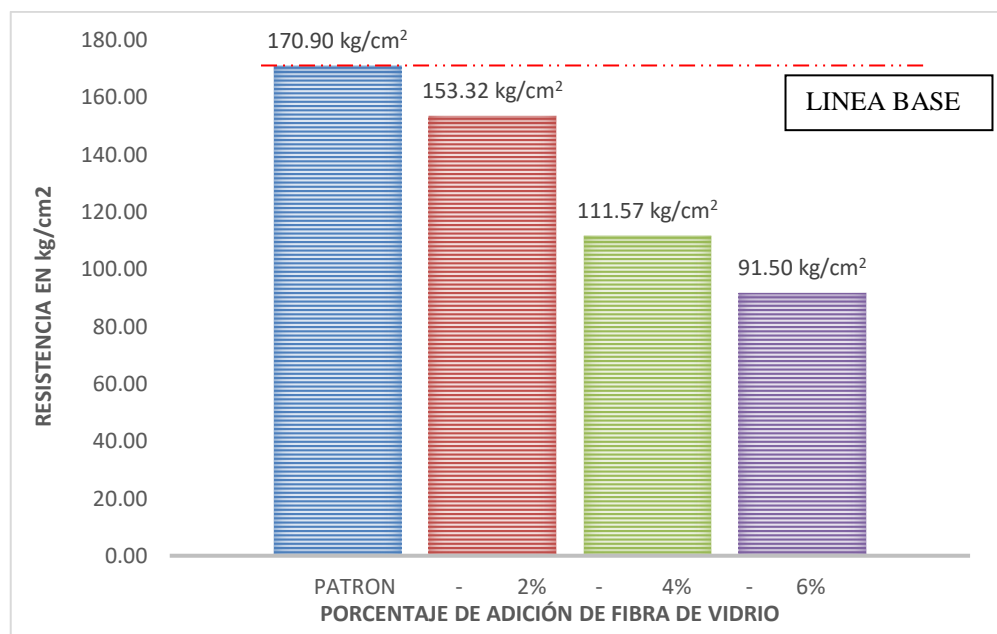


Tabla 23:

*Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 14 días.*

14 Días ( PATRON)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	196.22	197.80	193.76	193.76	190.63	191.49
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	197.80	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>193.94</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	246.27					
14 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	180.13	177.25	182.02	172.32	185.12	192.41
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	192.41	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>181.54</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	172.32					
14 Días (4% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	167.17	159.73	177.14	172.47	173.30	177.23
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	177.23	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>171.17</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	159.73					
14 Días (6% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	124.53	116.92	120.35	117.85	116.51	122.38
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	124.53	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>119.76</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	116.51					

*Grafica N° 8: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 14 días.*

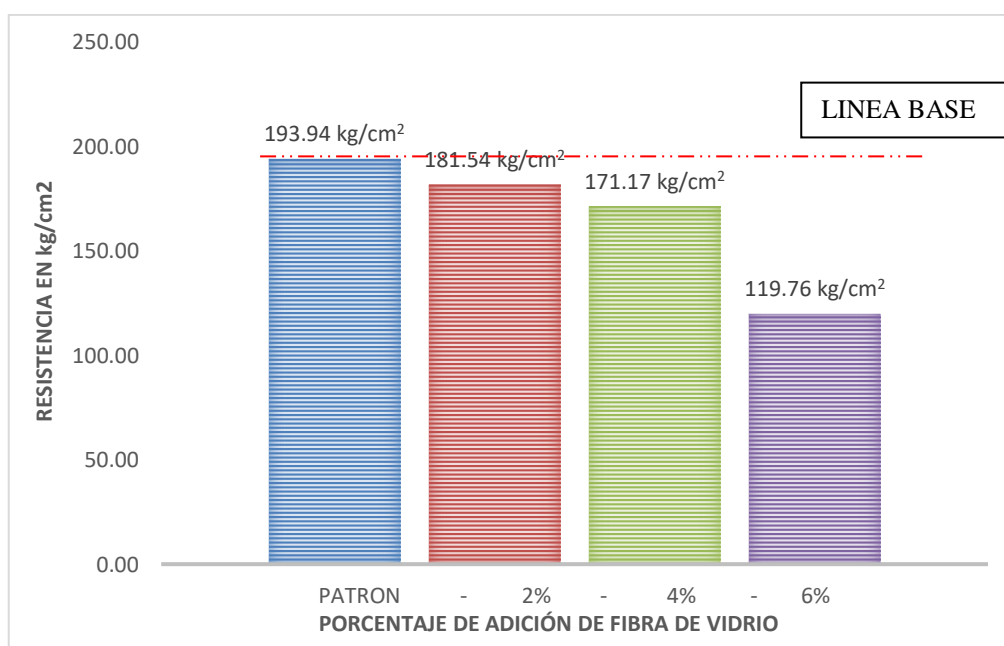
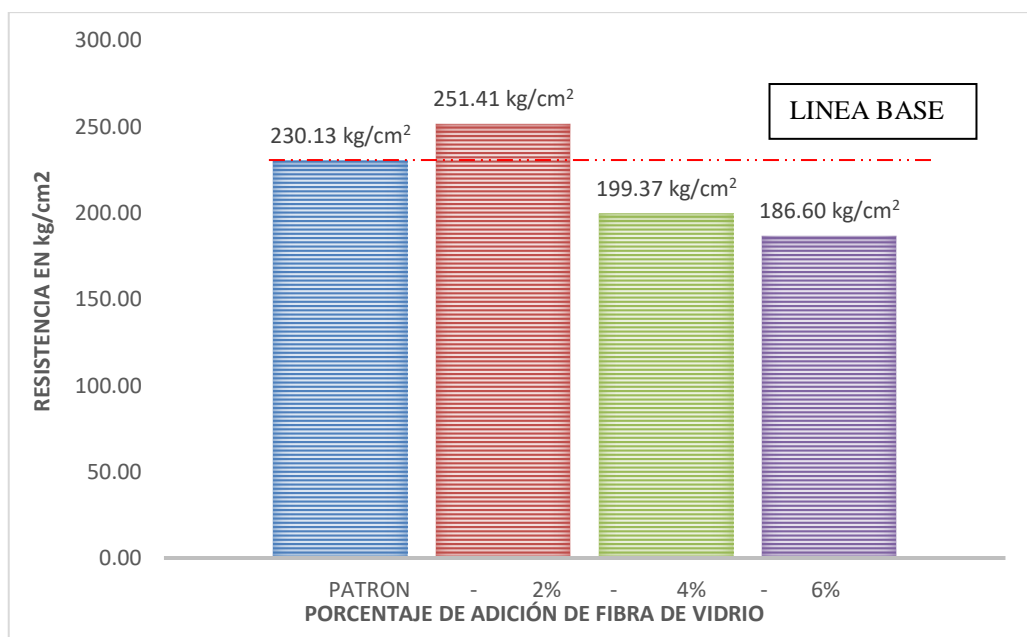


Tabla 24:

*Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 28 días.*

28 Días (PATRON)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	231.24	229.01	228.36	235.75	231.42	224.98
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	235.75	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>230.13</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	268.69					
28 Días (2% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	247.21	256.19	250.66	250.20	248.85	255.36
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	256.19	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>251.41</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	247.21					
28 Días (4% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	212.81	217.44	177.00	183.18	215.69	190.13
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	217.44	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>199.37</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	177.00					
28 Días (6% FIBRA DE VIDRIO)						
Probeta	1	2	3	4	5	6
Esfuerzo kg/cm <sup>2</sup>	204.31	118.42	204.69	168.89	210.68	212.58
f'c máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	212.58	<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		<b>186.60</b>		
f'c mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	118.42					

*Grafica N° 9: Comparación de resistencia alcanzada a la edad de 28 días.*



### 3.3. Resultados de la ruptura de las probetas edades de 7, 14 y 28 días.

#### 1. Probetas patrón a las edades de 7, 14 y 28 días

*Fotografía N° 1: Fractura presentada en la probeta patrón a la edad de 7 días.*



Fractura tipo II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.



*Fotografía N° 2: Fractura presentada en la probeta patrón a la edad de 14 días.*



Fractura tipo IV: Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar el tipo.

*Fotografía N° 3: Fractura presentada en la probeta patrón a la edad de 28 días.*



Fractura tipo V: Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior.

**2. Probetas con 2% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días.**

*Fotografía N° 4: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de 7 días.*



Fractura tipo IV: Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar el tipo.

*Fotografía N° 5: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de  
14 días.*



Fractura tipo V: Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior.

*Fotografía N° 6: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de  
28 días*



Fractura tipo II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.

**3. Probetas con 4% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días.**

*Fotografía N° 7: Fractura presentada en la probeta con 4% de fibra de vidrio a la edad de 7 días.*



Fractura tipo II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.

*Fotografía N° 8: Fractura presentada en la probeta con 4% de fibra de vidrio a la edad de  
14 días.*



Fractura tipo V: Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior.

*Fotografía N° 9: Fractura presentada en la probeta con 2% de fibra de vidrio a la edad de  
28 días.*



Fractura tipo II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.



**4. Probetas con 6% de fibra de vidrio a las edades de 7, 14 y 28 días.**

*Fotografía N° 10: Fractura presentada en la probeta con 6% de fibra de vidrio a la edad de 7 días.*



Fractura tipo II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.

*Fotografía N° 11: Fractura presentada en la probeta con 6% de fibra de vidrio a la edad  
de 14 días.*



Fractura tipo V: Es considerada así porque presenta fractura de lado en las bases superior o inferior.

*Fotografía N° 12: Fractura presentada en la probeta con 6% de fibra de vidrio a la edad  
de 28 días.*



Fractura tipo II: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

#### 4.1.1. Discusión de los resultados de los agregados de las características físico-mecánicas de los agregados.

Todos los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte se encuentran dentro del requisito requerido, parámetros y recomendaciones de la norma ASTM C33 / NTP 400.037.

#### **Agregado grueso**

El peso de la muestra para el análisis del ensayo de granulometría fue de 5000 gr., donde se determinó el tamaño máximo nominal del agregado grueso que es de 3/4", que se encuentra establecido en la norma ASTM C33 / NTP 400.037.

#### **Agregado fino**

El peso de la muestra para análisis del ensayo de granulometría fue de 2000gr., donde se determinó el módulo de finura del agregado fino que es de 2.88, este valor nos indica que es un agregado fino gradado y que se encuentra dentro del rango de 2.3 y 3.1 que establece la norma. También se determinó que su granulometría se encuentra entre los límites inferior y superior de los porcentajes que pasan según lo establecido en la norma ASTM C33 / NTP 400.037.

#### 4.1.2. Discusión de los resultados de ensayos al concreto endurecido.

En la tabla N° 24 muestra las resistencias a la compresión axial alcanzadas del concreto patrón y el concreto añadiendo porcentajes de 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio a la edad de 28 días. El concreto sin añadirle fibra vidrio (concreto patrón) alcanzó una resistencia a la compresión promedio de  $f'c = 230.13$  kg/cm<sup>2</sup>, superando la resistencia de diseño  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia promedio alcanzada por el concreto patrón representa al 100% a la edad de 28 días.

Se tuvo la comparación a los 7 días como se muestra en la Gráfica N° 7, donde las resistencias axial promedio fueron de 170.90 kg/cm<sup>2</sup>, 153.32 kg/cm<sup>2</sup>, 111.57 kg/cm<sup>2</sup> y 91.50 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio respectivamente. Donde hubo una disminución del 6.44% en la resistencia respecto del concreto con 2% de fibra de vidrio y el concreto patrón, 34.20% en la resistencia respecto del concreto con 4% de fibra de vidrio y el concreto patrón y 46.93% en la resistencia respecto del concreto con 6% de fibra de vidrio y el concreto patrón.

Se tuvo la comparación a los 14 días como se muestra en la Gráfica N° 8, donde las resistencias axial promedio fueron de 193.94 kg/cm<sup>2</sup>, 181.54 kg/cm<sup>2</sup>, 171.17 kg/cm<sup>2</sup> y 119.76 kg/cm<sup>2</sup> del concreto patrón, 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio respectivamente. Donde hubo una disminución del 2.73% en la resistencia respecto del concreto con 2% de fibra de vidrio y el concreto patrón, 10.40% en la resistencia respecto del concreto con 4% de fibra

de vidrio y el concreto patrón y 37.04% en la resistencia respecto del concreto con 6% de fibra de vidrio y el concreto patrón.

Se tuvo la comparación a los 28 días como se muestra en la Gráfica N° 9, donde las resistencias axial promedio fueron de  $230.13 \text{ kg/cm}^2$ ,  $251.41 \text{ kg/cm}^2$ ,  $199.37 \text{ kg/cm}^2$  y  $186.60 \text{ kg/cm}^2$  del concreto patrón, 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio respectivamente. Donde hubo un incremento del 8.67% en la resistencia respecto del concreto con 2% de fibra de vidrio y el concreto patrón, hubo una disminución del 7.77% en la resistencia respecto del concreto con 4% de fibra de vidrio y el concreto patrón y disminución del 9.83% en la resistencia respecto del concreto con 6% de fibra de vidrio y el concreto patrón.

El porcentaje de variación de la resistencia varía desde 2% para la dosis mínima hasta un 6% para la dosis máxima. Se puede decir, que la adición de fibras de vidrio no tiene mayor influencia en el aumento de la resistencia a la compresión del concreto.

Finalmente con la incorporación del 2% de fibra de vidrio al concreto patrón, se alcanzó un incremento de la resistencia a la compresión axial de hasta 8.67%.

#### **4.1.3. Discusión sobre los resultados con los antecedentes de esta investigación de tesis.**

Según La tesis de Muñoz (2007), mencionado y referenciado en los antecedentes, indica como varían las propiedades mecánicas del hormigón adicionándole diferentes porcentajes de fibra de vidrio, llegando a una conclusión que si bien al aumentar el porcentaje de fibra de vidrio aumenta a la resistencia a la compresión. Con respecto a la adición de fibra de vidrio en mi tesis, solo en la adición del 2% supera al diseño patrón.

Según La tesis de Rueda (2015), mencionado y referenciado en los antecedentes, cabe mencionar que realizar un análisis comparativo a compresión, flexión y módulo de elasticidad del concreto sin y con fibra de vidrio reciclado, donde producen el incremento hasta un 20% de la resistencia a la compresión del diseño. Con respecto a mi tesis solo se realizó un análisis comparativo a compresión axial llegando al resultado único y representativo en el que el concreto con 2% de fibra de vidrio con una resistencia a la compresión de  $f'c= 251.41 \text{ kg/cm}^2$  supera al del concreto patrón.

Por consiguiente se hacen las siguientes recomendaciones para investigaciones futuras:

- Realizar más investigaciones donde se utilicen diferentes resistencias y variación de los porcentajes de fibra de vidrio, para hallar las comparaciones de las propiedades del concreto.
- Ejecutar el ensayo de resistencia a la compresión axial a más edades a las estudiadas, para observar si la resistencia decae o aumenta durante las edades que especifica la norma.
- Desarrollar investigaciones donde se analicen las diferentes propiedades físico – mecánicas del concreto como la resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, etc.
- Hacer en las futuras investigaciones un análisis comparativo de costos de concreto patrón y de concreto con adición de fibras de vidrio en sus diferentes porcentajes de adición.



## 4.2. Conclusiones

1. La hipótesis se cumple parcialmente, ya que las probetas con adición de fibra de vidrio donde los resultados indican, que si bien al aumentar la cantidad de fibra de vidrio adicionada a la mezcla aumenta la resistencia a la compresión solo en el porcentaje de 2%, este aumento es pequeño.
2. En la adición de los porcentajes de 4% y 6% no cumple con la hipótesis ya que con estos porcentajes la resistencia a la compresión axial disminuye.
3. Las probetas de concreto con 2%, 4% y 6% de fibra de vidrio ensayadas a la compresión a la edad de 28 días, presentan valores de  $f'c=251.41 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=199.37 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=186.60 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.
4. El porcentaje de 2% de fibra de vidrio que tiene como valor promedio de  $f'c=251.69 \text{ kg/cm}^2$  es que supera en la resistencia a la compresión al concreto patrón que tiene como valor de  $f'c= 230.13 \text{ kg/cm}^2$ , esto significa que aumenta la resistencia a la compresión axial en un 8.67% al del concreto patrón, pero al del concreto del diseño que es  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  aumento en un 19.72%.

## REFERENCIAS

1. Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: Editorial San Marcos.
2. ACI 237R-07. (2007). *Self- Consolidating Concrete*. U.S.A.
3. ACI 318S-08 (2008). *Requisitos de Reglamentos para Concreto Estructural y Comentario*. Michigan, U.S.A.
4. ACI Committee. (2002). *Measurement of properties of Fiber Reinforced Concrete* (ACI 544.2R-78)
5. *Asentamiento. Perú: Indecopi*.
6. Cachay Huamán, R. (1995). *Diseño de Mezclas*. UNI-FIC, Lima, Perú.
7. Delgado Arana, R. *Diseño de mezcla*. Recuperado el 04 de diciembre del 2017, obtenido de <http://www.es.scribd.com/doc/57033127/DISENO-DE-MEZCLA>.
8. Enfedaque Díaz, A. (2008). *Resistencia a impacto de morteros de cemento reforzados con fibra de vidrio (GRC)*. (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
9. *Ensayo de la Columna de Segregación*. (2010). Perú: Indecopi.
10. *Folletos de la firma Vetrotex España S.A*. Recuperado el 04 de diciembre del 2017.
11. *Folletos de la empresa Gavatex*. Recuperado el 04 de diciembre del 2017.
12. *Folletos de la empresa Aparell S.A*. Recuperado el 04 de diciembre del 2017.
13. Instituto mexicano del cemento y del concreto (1989). *Agregados para concreto*. México D.F., México.
14. Lezama Leiva, J. (1996). *Tecnología del concreto*. Cajamarca.82p.

15. Muñoz Alvarez, C. J. (2007). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio*. (Tesis de licenciatura). Chile: Universidad Austral de Chile, Valdivia.
16. Mercado, M. P. (2010). *Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto*. México: México.
17. Norma Técnica Peruana (2006). *Hormigón (339.219), Método de ensayo estándar para determinar la fluidez de asentamiento del concreto compactado*. Lima, Perú.
18. Norma Técnica Peruana (2006). *Hormigón (339.220), Método de ensayo estándar para determinar la habilidad de paso del concreto autocompactado por el anillo*. Lima, Perú.
19. Norma Técnica Peruana (2005). *Contenido natural de humedad. (339.185)*. Lima, Perú.
20. Norma Técnica Peruana (2005). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. (400.012)*. lima, Perú.
21. Norma Técnica Peruana (2005). *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. (400.017)*. lima, Perú.
22. Norma Técnica Peruana (2005). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. (400.021)*. lima, Perú.
23. Norma Técnica Peruana (2001). *Método de ensayo normalizado para compresión testigos cilíndricos de concreto. (339.034)*. lima, Perú.
24. Rivva López, E. (2010). *Concreto Tomo 2. Diseño de Mezclas*. Fondo Editorial ICG.
25. Rueda Pillajo, E. Z. (2015). *Análisis comparativo del hormigón simple sin y con fibra de vidrio reciclada*. (Tesis de licenciatura).Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí.

## ANEXOS

**ANEXO N° 01: RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA MEDIANTE EL  
MÉTODO ACI**

Tabla 25:  
*Diseño de mezclas usando el método ACI.*

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Fecha de Diseño : 17/10/2017  
Realizado por : LENIN STALIN ABRIGO CAMPOS  
Chequeado por : ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A USAR PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Cantera de donde se extraen los materiales : **ROCA FUERTE**

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión especificada del Concreto ( $f'c$ ) =	<b>210</b>	kg / $\text{cm}^2$
	<b>84</b>	kg / $\text{cm}^2$
Resistencia promedio a la compresión del Concreto ( $f'cr$ ) =	<b>294</b>	kg / $\text{cm}^2$

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

AGREGADO FINO

AGREGADO GRUESO

Peso específico de masa :	<b>2.63</b>	Tamaño máximo nominal (Pulg.) :	<b>3/4 "</b>
Absorción (%) :	<b>2.45</b>	Peso seco compactado ( kg / m <sup>3</sup> ) :	<b>1437.78</b>
Contenido de Humedad (%) :	<b>5.13</b>	Peso específico de masa :	<b>2.56</b>
Módulo de finura :	<b>2.88</b>	Absorción (%) :	<b>1.18</b>
		Contenido de Humedad (%) :	<b>0.74</b>

CEMENTO

AGUA

Tipo de Cemento Portland a usar : **ASTM Tipo 1 "Pacasmayo"**  
Peso Específico : **3.11**

DISEÑO DE MEZCLA

Selección del Asentamiento :		Tipo de consistencia :	<i>Plástica</i>
		Asentamiento :	3 " a 4"
Tipo de Concreto a diseñar :			Concreto sin aire incorporado
Volumen unitario de Agua :	(Tabla # 2)	<b>205.00</b>	lt / m <sup>3</sup>
Contenido de aire total :	(Tabla # 2)	<b>2</b>	%
Relación Agua / Cemento :	(Tabla # 3-A)	<b>0.68</b>	
Factor cemento :	Factor Cemento =	299.71	Kg / m <sup>3</sup>
	Factor Cemento =	7.1	Bolsas / m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :	<b>0.60</b>	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Grueso :	862.6698	Kg / m <sup>3</sup>
<b>Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los materiales</b>			
	Cemento :	0.096	m <sup>3</sup>
	Agua :	0.205	m <sup>3</sup>
	Aire :	0.020	m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso :	0.337	m <sup>3</sup>
	Suma de Volúmenes :	0.658	m <sup>3</sup>
Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto de Agregado Fino :	0.342	m <sup>3</sup>
	Peso del Agregado Fino seco :	899	Kg / m <sup>3</sup>
<b>Cantidad de materiales a ser empleados como Valores de diseño por m3.</b>			
	Cemento :	299.71	Kg / m <sup>3</sup>
	Agua de diseño :	205.00	lt / m <sup>3</sup>
	Agregado Fino seco :	899.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso seco :	863.00	Kg / m <sup>3</sup>
	Cemento :	42.50	Kg / saco
<b>Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan En una tanda de un saco de Cemento.</b>			
	Agua de diseño :	29.07	lt / saco
	Agregado Fino seco :	127.48	Kg / saco
	Agregado Grueso seco :	122.38	Kg / saco
	Cemento :	1	kg

<b>Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por</b>	Agregado fino seco	:	3.00	kg
<b>Humedad del Agregado</b>	Agregado grueso seco	:	2.88	kg
	Agua de Diseño	:	29.1	lt / saco

Tabla 26:  
*Resultados del diseño de mezclas.*

<b>ELEMENTO</b>	<b>PESO EN KG/M<sup>3</sup></b>	<b>lt</b>
AGUA	185	185
CEMENTO	299.71	96.37
PIEDRA	869	339.45
ARENA	945	359.32
<b>SUMA</b>	<b>2298.71</b>	<b>980</b>
Masa aire 1% =10 lts		10
<b>TOTAL</b>		<b>990.1</b>



Tabla 27:  
*Corrección por humedad usando método ACI:*

CORRECCIÓN POR HUMEDAD USANDO EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI				
<b>Fecha de Corrección :</b>	17/10/2017			
<b>Tesista :</b>	LENIN STALIN ABRIGO CAMPOS			
<b>Asesor :</b>	ING. ANITA ELIZABET ALVA SARMIENTO			
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO				
<b>Cantera de donde se extraen los materiales :</b>	<b>ROCA FUERTE – BAÑOS DEL INCA</b>			
<b>Contenido de Humedad de los Agregados :</b>	Agregado Fino	:	5.13 %	
	Agregado Grueso	:	0.74 %	
<b>Peso Húmedo de los Agregados :</b>	Agregado Fino	:	945.00 Kg / m <sup>3</sup>	
	Agregado Grueso	:	869.00 Kg / m <sup>3</sup>	
<b>Humedad Superficial de los Agregados :</b>	Agregado Fino	:	2.68 %	
	Agregado Grueso	:	-0.44 %	
<b>Aporte de Humedad de los Agregados :</b>	Agregado Fino	:	24.00 lt / m <sup>3</sup>	
	Agregado Grueso	:	-4.00 lt / m <sup>3</sup>	
	Aporte Total	:	20.00 lt / m <sup>3</sup>	
<b>Agua Efectiva</b>	:	Agua Efectiva	:	185.00 lt / m <sup>3</sup>
<b>Relación Agua / Cemento de Diseño :</b>				0.68
		Cemento	:	299.71 Kg / m <sup>3</sup>
<b>Peso de los materiales corregidos por humedad</b>	Agua Efectiva		:	185.00 lt / m <sup>3</sup>
<b>A ser empleados en las mezclas de prueba por m<sup>3</sup>.</b>	Agregado Fino Húmedo		:	945.00 Kg / m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Húmedo		:	869.00 Kg / m <sup>3</sup>
<b>Relación Agua / Cemento Efectiva :</b>				0.62
		Cemento	:	42.5 Kg / saco

<b>Cantidad de materiales corregidos por humedad que se</b>	Agua Efectiva	:	26.2	lt / saco
<b>Necesitan en una tanda de un saco de Cemento.</b>	Agregado fino húmedo	:	134.0	Kg / saco
	Agregado grueso húmedo	:	123.2	Kg / saco
	Cemento	:	1	
<b>Proporción en peso de los materiales corregidos por</b>	Agregado fino húmedo	:	3.15	
<b>Humedad del Agregado</b>	Agregado grueso húmedo	:	2.90	
	Agua Efectiva	:	0.6	

Tabla 28:  
*Diseño final de mezclas para diferentes números de probetas.*

PARA 1 PROBETA		
AGUA	8.048	0.981 Lts
CEMENTO	13.038	1.589 Kg
PIEDRA	37.804	4.607 Kg
ARENA	41.110	5.010 Kg
PARA 3 PROBETAS		
AGUA	2.942	Lts
CEMENTO	4.767	Kg
PIEDRA	13.820	Kg
ARENA	15.029	Kg
PARA 4 PROBETAS		
AGUA	3.92	Lts
CEMENTO	6.36	Kg
PIEDRA	18.43	Kg
ARENA	20.04	Kg

Tabla 29:

*Peso de fibra de vidrio para una probeta en respecto al peso del cemento.*

Peso Cemento =			
	1.59	kg	1588.83 gr
PARA 1 PROBETAS			
días	%	cantidad (gr)	# probetas
7	2%	31.78	6
7	4%	63.55	6
7	6%	95.33	6
14	2%	31.78	6
14	4%	63.55	6
14	6%	95.33	6
28	2%	31.78	6
28	4%	63.55	6
28	6%	95.33	6
		571.98	gr

Tabla 30:

*Peso de fibra de vidrio para tres probetas en respecto al peso del cemento*

PARA 3 PROBETAS			
días	%	cantidad (gr)	# probetas
7	2%	95.33	6
7	4%	190.66	6
7	6%	285.99	6
14	2%	95.33	6
14	4%	190.66	6
14	6%	285.99	6
28	2%	95.33	6
28	4%	190.66	6
28	6%	285.99	6
		1715.94	gr

Tabla 31:

*Peso de fibra de vidrio para cuatro probetas en respecto al peso del cemento.*

PARA 4 PROBETAS			
días	%	cantidad (gr)	# probetas
7	2%	127.11	6
7	4%	254.21	6
7	6%	381.32	6
14	2%	127.11	6
14	4%	254.21	6
14	6%	381.32	6
28	2%	127.11	6
28	4%	254.21	6
28	6%	381.32	6
		2287.92	gr

## **ANEXO N° 02: PROTOCOLOS DE ENSAYO**

### **ANEXO N° 03: PROTOCOLOS ESFUERZO-DEFORMACIÓN**



## **ANEXO N° 04: PANEL FOTOGRAFICO**



*Foto 01: Cuarteo de agregado grueso en la cantera roca fuerte - chonta.*



*Foto 02: Cuarteo del agregado fino en la cantera roca fuerte – chonta.*



*Foto 03: Tarado de recipiente para el ensayo de contenido de humedad del agregado fino.*



*Foto 03: Tarado de recipiente para el ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.*



*Foto 04: Toma de datos el ensayo de contenido de humedad del agregado fino.*



*Foto 05: toma de datos para el ensayo de contenido de humedad del agregado fino.*



*Foto 06: Colocación de las taras con los agregados en el horno, para luego tomar datos.*



*Foto 07: Tamizado respectivo de los agregados grueso y fino para el ensayo de granulometría.*



*Foto 08: Pesado de material retenido en cada tamiz.*



*Foto 09: Extracción del agregado grueso del tamiz, para luego pesarlo.*



*Foto 10: toma de datos del material fino pasante.*



*Foto 11: Lavado de material para realizar el ensayo malla número 200.*



*Foto 12: Lavado del material hasta que quede sin impureza.*



*Foto 13: Material listo para depositarlo en la tara correspondiente*





*Foto 14: Muestra dejado en el horno del laboratorio de la Universidad Privada del Norte.*



*Foto 15: Apuntalamiento uniforme de agregado grueso para el ensayo de peso unitario.*



*Foto 16: Colocación de agregado fino en el molde para el ensayo de peso unitario.*



*Foto 17: Eliminación de material que sobrepasa el molde.*



*Foto 18: Traslado de material más molde para la recolección de datos.*



*Foto 19: Regreso de material al costal, luego de ser usado.*



*Foto 20: Limpiando el ambiente usado en el ensayo de peso unitario.*



*Foto 21: Ensayo de abrasión de los ángeles.*



*Foto 22: Agitado de la fiola contenido de agregado fino para el ensayo de peso específico.*



*Foto 23: Secado al aire libre del agregado grueso para el ensayo de peso específico.*



*Foto 23: Alquiler y preparado de los moldes para las probetas.*



*Foto 24: Cortado de la fibra de vidrio.*



*Foto 25: Traslado de material para comenzar con la preparación de la mezcla.*



*Foto 26: Con la ingeniera Anita Alva supervisando el desarrollo de la mezcla de concreto.*



*Foto 28: Añadiendo la fibra de vidrio de acuerdo al porcentaje correspondiente.*



*Foto 27: Elaboración de la mezcla en la mezcladora del laboratorio de la universidad.*





*Foto 29: Apuntalamiento en la mezcladora para que los agregados y la fibra de vidrio se adhieran de forma uniforme.*



*Foto 30: Colocación de la mezcla de concreto en los moldes.*



*Foto 31: Colocación de la mezcla de concreto en los moldes.*



*Foto 32: Desencofrado de las probetas, para luego ser curados.*



*Foto 33: Armado y llenado de la piscina para el curado de las probetas.*



*Foto 34: Traslado de las probetas a la piscina para el curado correspondiente.*



*Foto 35: Curado de las probetas elaboradas de acuerdo a las edades.*



*Foto 36: Supervisión de la ingeniera Anita Alva en el curado de probetas.*



*Foto 37: Traslado de las probetas al laboratorio para el ensayo de compresión axial.*



*Foto 38: Supervisión de la ingeniera Anita Alva en el ensayo de compresión axial de probetas de la edad de 14 y 28 días.*



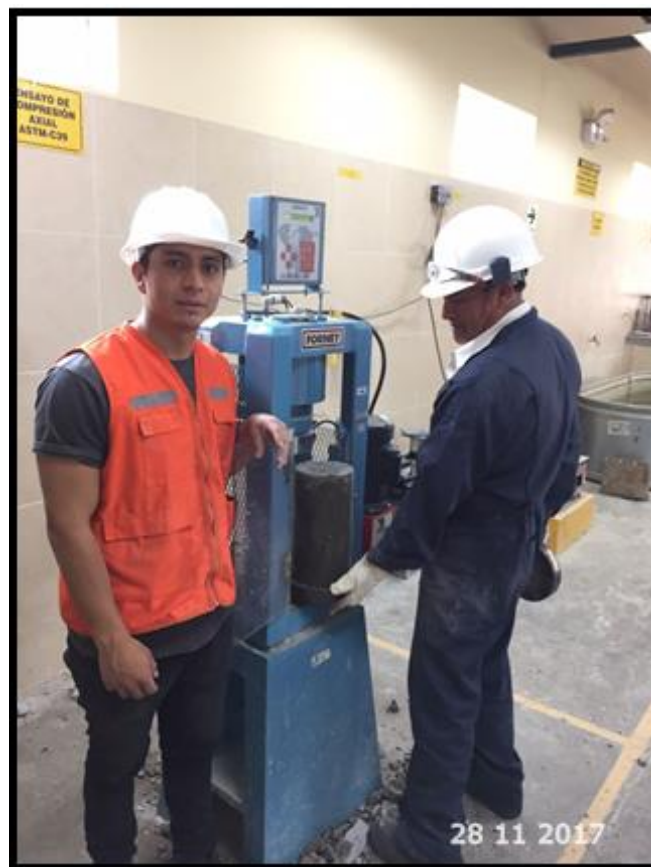
*Foto 39: Supervisión de la ingeniera Anita Alva y colaboración del Sr. Víctor Cuzco en el ensayo de compresión axial de probetas de la edad de 14 y 28 días.*



*Foto 40: Traslado de las probetas de la edad de 14 y 28 días ya ensayadas para su retiro de la universidad.*



*Foto 41: Preparación de las probetas de la edad de 7 días para el ensayo a compresión axial en el laboratorio.*



*Foto 42: Rotura de las probetas de la edad de 7 días con el apoyo del encargado de laboratorio.*



*Foto 43: Traslado de las probetas ya ensayadas para su retiro de la universidad.*



*Foto 44: Retirado de las probetas ya ensayadas y material excedente usados en los ensayos por la puerta posterior de la universidad.*