



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE CONCRETO $F'C=175$ KG/CM² DE AGREGADOS DE CERRO CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO, UPN - 2016”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Joshua Yasser Sifuentes Aguirre.

Asesor:

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Joshua Yasser Sifuentes Aguirre**, denominada:

**“RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAxIAL DEL CONCRETO $F'C=175$
KG/CM² DE AGREGADOS DE CERRO CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES
PORCENTAJES DE FIBRAS DE POLIPROPILENO, UPN - 2016”**

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero.
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Alejandro Cubas Becerra
JURADO
SECRETARIO

Ing. José Vásquez Sevillano
JURADO
VOCAL

Ing. Eryln Salazar Huamán
JURADO
ACCESITARIO

DEDICATORIA

A Dios:

Por permitirme cumplir este objetivo, de siempre darme lo que necesitaba sobre lo que deseaba y darme grandes experiencias que enriquecieron mi vida.

A Mis Padres:

Elsa Aguirre Novoa

Por nunca haber perdido la confianza en mí y siempre haberme apoyado con sus acciones y consejos, por entenderme y guiarme.

Samuel Sifuentes Vigo

Por su guía y sus consejos, por siempre esperar lo mejor de mí y por ser un digno ejemplo de modelo a seguir.

A mis Hermanos

Por ser ejemplos de dedicación, esmero y sacrificio; por su apoyo y motivación.

A mi tío

Alfonso Aguirre Novoa

Por compartirme de su experiencia y de ser una valiosa guía en esta noble carrera de Ingeniería Civil.

Gracias

AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a la Universidad Privada del Norte y a la Facultad de Ingeniería de haberme dado las herramientas necesarias para formarme como un profesional de calidad.

Al Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por sus enseñanzas y dedicación a desarrollar mi potencial.

A mi asesora Ing. Irene Ravines Azañero, por su valiosa ayuda, guía, y enseñanzas que me ayudaron a culminar este trabajo de investigación.

Al coordinador de Laboratorio Víctor Cuzco Minchán por su apoyo y guía en el proceso de análisis e investigación efectuados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMINETO.....	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE FOTOGRAFIAS	ix
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	15
1.4. Limitaciones	15
1.5. Objetivos	16
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	16
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	16
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Bases Teóricas	19
2.2.1. <i>Fundamentos del Concreto.</i>	19
2.2.2. <i>Concreto con Fibras de Polipropileno</i>	24
2.2.3. <i>Procedencia de Fibras de Polipropileno y Agregados</i>	30
2.2.4. <i>Características físicas de los Agregados según la Norma ASTM /NTP</i>	31
2.2.5. <i>Dosificación de la mezcla</i>	35
2.2.6. <i>Ensayos en el Concreto según Norma ASTM / NTP</i>	38
2.2.7. <i>Desarrollo Experimental de la Investigación</i>	45
2.3. Definición de términos básicos	48
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS	50
3.1. Formulación de la Hipótesis.....	50
3.2. Operacionalización de Variables	50
CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS	51
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	51
4.2. Material de estudio.....	51
4.2.1. <i>Unidad de estudio.</i>	51
4.2.2. <i>Población.</i>	51
4.2.3. <i>Muestra.</i>	51
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	52

4.3.1.	<i>Para recolectar datos</i>	52
4.3.2.	<i>Para analizar información</i>	61
CAPÍTULO 5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
5.1.	Resultados de las características físicas de los agregados.....	62
5.2.	Resultados de los diseños y las mezclas de concreto fresco.....	67
5.3.	Resultados del concreto endurecido.....	71
5.4.	Discusión de Resultados.....	78
	CONCLUSIONES.....	98
	RECOMENDACIONES.....	100
	REFERENCIAS.....	101
	ANEXOS.....	102
	ANEXO N° 01. Requisitos granulométricos del gregado Grueso.....	103
	ANEXO N° 02. Diseño de mezclas.....	105
	ANEXO N° 03. Panel Fotográfico.....	112
	ANEXO N° 04. Ficha Técnica de Fibras de Polipropileno.....	124
	ANEXO N° 05. Formato de los ensayos realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Valores permisibles del Agua	20
TABLA N° 2	Límites de granulometría según Norma ASTM C-33 / NTP 400.037.....	21
TABLA N° 3	Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.....	36
TABLA N° 4	Relación agua / cemento vs $f'c$	37
TABLA N° 5	Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto.....	37
TABLA N° 6	Operacionalización de variable dependiente.....	50
TABLA N° 7	Operacionalización de variable independiente.....	50
TABLA N° 8	Cuadro resumen de las probetas de concreto con porcentajes de Fibras de Polipropileno.....	52
TABLA N° 9	Granulometría del agregado grueso.....	62
TABLA N° 10	Resumen de las características físicas del agregado grueso.....	64
TABLA N° 11	Granulometría del agregado fino.....	65
TABLA N° 12	Resumen de las características físicas del agregado fino	66
TABLA N° 13	Cantidad de materiales para el diseño patrón ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$).....	67
TABLA N° 14	Cantidad de fibras de Polipropileno requeridas por m^3 ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)	68
TABLA N° 15	Resultado de los ensayos de concreto fresco.....	69
TABLA N° 16	Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido de todos los diseños de mezcla a los 07 días ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)	72
TABLA N° 17	Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido de todos los diseños de mezcla a los 14 días ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)	73
TABLA N° 18	Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido de todos los diseños de mezcla a los 07 días ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)	74
TABLA N° 19	Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	104
TABLA N° 20	Resistencia a la compresión promedio.....	107
TABLA N° 21	Volumen Unitario de Agua	108
TABLA N° 22	Contenido de Aire.....	108
TABLA N° 23	Relación agua-cemento vs $f'c$	109
TABLA N° 24	Volumen de Agregado Grueso por unidad de Volumen del Concreto.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	Fibras de Polipropileno	25
FIGURA N° 2	Aplicación de Concreto lanzada con fibras y sin fibras en túneles.....	29
FIGURA N° 3	Ubicación de la cantera "El Gavilán"	30
FIGURA N° 4	Procedimiento para medir el asentamiento.....	38
FIGURA N° 5	Fractura Tipo I.....	42
FIGURA N° 6	Fractura Tipo II.....	42
FIGURA N° 7	Fractura Tipo III.....	43
FIGURA N° 8	Fractura Tipo IV.....	43
FIGURA N° 9	Fractura Tipo V.....	44
FIGURA N° 10	Fractura Tipo VI.....	44
FIGURA N° 11	Curva Granulométrica del agregado grueso.....	63
FIGURA N° 12	Curva Granulométrica del agregado fino	66
FIGURA N° 13	Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 7 días.....	75
FIGURA N° 14	Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 14 días.....	76
FIGURA N° 15	Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 21 días.....	77
FIGURA N° 16	Resistencia alcanzada de cada diseño de Mezclas.....	78

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFIA N° 1	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 7 días.....	80
FOTOGRAFIA N° 2	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 7 días.....	80
FOTOGRAFIA N° 3	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 7 días.....	81
FOTOGRAFIA N° 4	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	81
FOTOGRAFIA N° 5	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	82
FOTOGRAFIA N° 6	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	82
FOTOGRAFIA N° 7	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	83
FOTOGRAFIA N° 8	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	83
FOTOGRAFIA N° 9	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	84
FOTOGRAFIA N° 10	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	84
FOTOGRAFIA N° 11	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	85
FOTOGRAFIA N° 12	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 7 días	85
FOTOGRAFIA N° 13	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 14 días.....	86
FOTOGRAFIA N° 14	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 14 días.....	86
FOTOGRAFIA N° 15	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 14 días.....	87
FOTOGRAFIA N° 16	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	87
FOTOGRAFIA N° 17	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	88
FOTOGRAFIA N° 18	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	88
FOTOGRAFIA N° 19	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	89

FOTOGRAFIA N° 20	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	89
FOTOGRAFIA N° 21	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	90
FOTOGRAFIA N° 22	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	90
FOTOGRAFIA N° 23	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	91
FOTOGRAFIA N° 24	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 14 días	91
FOTOGRAFIA N° 25	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 21 días.....	92
FOTOGRAFIA N° 26	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 21 días.....	92
FOTOGRAFIA N° 27	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 21 días.....	93
FOTOGRAFIA N° 28	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	93
FOTOGRAFIA N° 29	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	94
FOTOGRAFIA N° 30	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	94
FOTOGRAFIA N° 31	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	95
FOTOGRAFIA N° 32	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	95
FOTOGRAFIA N° 33	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	96
FOTOGRAFIA N° 34	Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	96
FOTOGRAFIA N° 35	Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	97
FOTOGRAFIA N° 36	Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 21 días	97
FOTOGRAFIA N° 37	Cantera de agregados de cerro "El Gavilán"	113
FOTOGRAFIA N° 38	Secado de material para realizarlos ensayos.....	113
FOTOGRAFIA N° 39	Ensayos granulométricos del agregado grueso y fino.....	114

FOTOGRAFIA N° 40	Ensayo del agregado fino y grueso para encontrar el contenido de humedad.....	114
FOTOGRAFIA N° 41	Ensayo del agregado fino para encontrar el Peso específico.....	115
FOTOGRAFIA N° 42	Peso unitario volumétrico suelto seco y peso unitario volumétrico compactado seco del agregado Fino.....	116
FOTOGRAFIA N° 43	Densidad aparente y contenido de vacíos del agregado grueso	117
FOTOGRAFIA N° 44	Peso unitario volumétrico suelto seco y peso unitario volumétrico compactado seco del agregado Grueso.....	118
FOTOGRAFIA N° 45	Presentación de Fibras de Polipropileno Sika-Perú.....	118
FOTOGRAFIA N° 46	Preparación de materiales y elaboración de la mezcla de concreto.....	119
FOTOGRAFIA N° 47	Preparación de Fibras de Polipropileno a ser adicionadas a la mezcla.....	119
FOTOGRAFIA N° 48	Ensayo para medir el asentamiento o Slump.....	120
FOTOGRAFIA N° 49	Realizando el llenado y enrazado de probetas de concreto fresco.....	120
FOTOGRAFIA N° 50	Desencofrado de las probetas a las 24 horas	121
FOTOGRAFIA N° 51	Probetas sumergidas a la poza de curado inmediatamente después del desencofrado.....	121
FOTOGRAFIA N° 52	Verificación de Ensayos de las Probetas por la asesora de la Tesis.....	122
FOTOGRAFIA N° 53	Extracción de las probetas de la poza de curado para luego ser ensayadas compresión uniaxial.....	122
FOTOGRAFIA N° 54	Realización de los ensayos a compresión uniaxial del concreto endurecido.....	123
FOTOGRAFIA N° 55	Probetas después de ser ensayadas, se analiza el tipo de fractura posteriormente.....	123

RESUMEN

Esta investigación ha determinado la influencia en la resistencia a la compresión uniaxial del concreto $f'c= 175$ kg/cm² usando agregados de cantera de cerro " El Gavilán " con la adición de diferentes porcentajes de fibras de polipropileno.

La metodología a utilizarse consistió en preparar una mezcla patrón de concreto de $f'c = 175$ kg/cm² y otras mezclas de la misma dosificación con la adición de diferentes porcentajes de fibras de polipropileno (0,10%, 0,17% y 0,25%) con respecto a la cantidad total de un metro cúbico de concreto teniendo en consideración la densidad de las fibras de polipropileno, y posteriormente fueron ensayadas a compresión uniaxial a los 7,14 y 21 días.

Para la presente investigación se evaluó a los 21 días donde se obtuvo un aumento de resistencia compresión del 6.08% al adicionar el 0.10% de fibras de polipropileno con respecto a la mezcla patrón, al adicionar el 0.17% de fibras de polipropileno se obtuvo un incremento de la resistencia a compresión del 12.82% con respecto al diseño de concreto patrón y al adicionar el 0.25% de Fibras de Polipropileno se obtuvo un incremento de la resistencia a compresión del 16.21% con respecto al diseño de concreto patrón.

De acuerdo a los ensayos realizados se obtuvo resultados que nos indican que los concretos adicionados con fibras de polipropileno presentan unas resistencias mayores a las del concreto convencional ensayadas a los 21 días; sin embargo la adición de fibras de polipropileno, según su dosificación puede reducir su resistencia a compresión uniaxial en los días 7 y 14.

ABSTRACT

This research has determined the influence on uniaxial compressive strength of concrete $f'c = 175$ kg/cm² using aggregates quarry hill "El Gavilán" with the addition of different percentages of polypropylene fibers.

The methodology used to prepare a standard consist in concrete mix $f'c = 175$ kg/cm² and other mixtures of the same dosage with the addition of different percentages of polypropylene fibers (0.10%, 0.17% and 0.25%) with respect to the total amount of a cubic meter of concrete considering the density of the polypropylene fibers, and then were assayed at the uniaxial compression 7,14 and 21 days.

For this investigation was assessed at 21 days where increased compressive strength of 6.08% by adding 0.10% of polypropylene fibers with respect to the standard mixture, to add was obtained 0.17% of polypropylene fibers increases is obtained the compressive strength of 12.82% compared to design specific pattern and by adding 0.25% of polypropylene fibers increased compressive strength of 16.21% compared to design specific pattern is obtained.

According to tests conducted results indicate that the concrete added with polypropylene fibers have a greater resistance to conventional concrete tested at 21 days was obtained; however the addition of polypropylene fibers, according to its dosage can reduce uniaxial compressive strength on days 7 and 14.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Se definen como causas internas en la ocurrencia de daños en el concreto a aquellas que se relacionan con cambios volumétricos que ocurren dentro del concreto, la reacción química del cemento con el agua, conocida como hidratación, genera distintas reacciones químicas que pueden llegar a producir daños severos al concreto por el efecto de aumento de volumen. Esta misma reacción química genera un fuerte aumento en la temperatura del concreto la cual al comenzar a enfriarse puede producir grietas de consideración. La eventual reacción de álcalis libres con áridos de alto contenido de sílice es iniciadora de una reacción incontrolable que también induce a un aumento interno de esfuerzos. La pérdida del agua de mezclado produce cambios físicos conocidos como retracción de secado, pudiendo iniciarse desde muy temprana edad. En este caso se producen fisuras superficiales. Si se generan con el tiempo, las fisuras pueden alcanzar todo el espesor del elemento (Cerna Vásquez & Galicia Guarniz, 2010).

Actualmente existe una dosificación en su uso proporcionado por la empresa Sika la cuál es de 600 gr/m³ en concretos de hasta $f'c = 300$ kg/cm² (Sika Perú S.A., 2014); sin embargo, con esta dosificación no se tiene como propósito mejorar las resistencias mecánicas del concreto, en cambio tiene como propósito evitar el fisuramiento de éste, por lo cual se considera teniendo como base antecedentes de proyectos de investigación similares que una mayor cantidad de fibras de polipropileno mejorará la resistencia del concreto.

En Cajamarca, es escaso el conocimiento y la poca aplicación de esta tecnología genera el desaprovechamiento de sus potenciales ventajas.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la adición de fibras de polipropileno en la compresión uniaxial del concreto $f'c=175$ kg/cm² con agregados de cerro?

1.3. Justificación

- Justificación Teórica

Esta investigación servirá como base de futuras investigaciones para mejorar la resistencia de concreto de canteras de cerro usando refuerzos no convencionales, además de obtener concretos más resistentes se innovará en la tecnología del concreto usados en la construcción y así contribuir con diseños que mejores resistencia sin afectar considerablemente el costo promedio de un concreto.

Asimismo con los datos obtenidos se puede dar apertura a nuevas investigaciones usando materiales plásticos en el diseño del concreto incluso reciclados.

- Justificación Práctica

El uso de aditivos es una tecnología cada vez más usada en el sector de la construcción, sin embargo no se cuenta con información técnica de la zona del porcentaje necesario a usar y/o los niveles de incremento de la resistencia del concreto.

Los agregados de canteras de cerro tienen resistencias mecánicas inferiores a los agregados de canteras de río, tal como se demostró en la tesis de investigación “Evaluación de la Influencia en la resistencia del concreto $f'c = 140$ kg/cm² y $f'c = 210$ kg/cm² usando agregado de río o de cerro en Cajamarca” por Karla Jhanet Torres Rios, por lo cual utilizar el aditivo de Fibras de Polipropileno puede subsanar esta importante carencia en los agregados de cantera de cerro, mejorando así la calidad de las estructuras que utilizan este material.

- Justificación Académica:

El presente proyecto representa la oportunidad de poner en práctica los conocimientos y experiencia adquirida durante mi formación personal en la carrera de Ingeniería de Civil, planteando una mejora para diseño de mezclas del concreto por el método ACI en el caso específico de técnicas utilizadas en Cajamarca.

1.4. Limitaciones

- La presente tesis no presenta limitaciones.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la Resistencia a Compresión uniaxial del concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, con adición de Fibras de Polipropileno en proporciones de 0.10%, 0.17% y 0.25%

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados a utilizar de la cantera "El Gavilán".
2. Determinar el diseño de mezclas por el método ACI para un concreto de $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$ patrón, elaborar probetas y ensayarlas a compresión uniaxial a los 7, 14 y 21 días.
3. Diseñar por el método ACI, un concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con adición de porcentajes de 0.10%, 0.17% y 0.25% de fibras de polipropileno, elaborar probetas y ensayarlas a compresión uniaxial a los 7, 14 y 21 días.
4. Ensayar todas las probetas de concreto utilizando la máquina para ensayos de compresión uniaxial de concreto existente en el laboratorio de concreto de la UPN.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Internacionales:

Según López Roman, en su investigación titulada "Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado", 2015, se determina una mayor trabajabilidad, resistencia y un menor costo de las fibras de polipropileno con respecto a las fibras de acero en una mezcla de concreto. Teniendo un punto máximo de incremento de resistencia en una adición de 0.51% de fibras de polipropileno llegando a un incremento de resistencia en un 9%, sin embargo al día 90 la dosificación que muestra mejor resultado es la de la adición de 0.25% de fibras de polipropileno.

Según Paulina Barros Fierro y César Ramírez Cueva en su investigación titulada "Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la Cantera De Pifo", 2012, concluyeron los resultados del incremento de la resistencia a compresión del concreto logrando tener en el diseño $f'c = 21 \text{ MPa}$ un incremento promedio de 4.09% a los 28 días, y en el diseño $f'c = 28 \text{ MPa}$ se obtiene un incremento promedio superior a los 28 días llegando al 13.04%. Sin embargo, se tiene que tomar en cuenta que aunque se hicieron 4 mezclas distintas según la dosificación (Patrón, 0.10%, 0.15% y 0.17%) se tomó una media estadística de las 3 mezclas con aditivos para obtener estos promedios.

Nacionales:

No se han encontrado estudios del uso de Polipropileno a nivel Nacional, sin embargo se han hecho estudios del uso de fibras de acero en concreto.

Según Montalvo Guevara realizó la tesis titulada "Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales", 2015, se comparó de manera teórica las propiedades mecánicas: flexión, compresión, modulo elástico y físicas del concreto

sin refuerzo y el concreto reforzado con fibras de acero”. La comparación teórica fue efectuada mediante uso de software, en los resultados se concluyeron que la diferencia del espesor del pavimento rígido tienen una gran variación, siendo de espesor 300 cm sin el uso de fibras y de espesor 190 cm con el uso de fibras.

Locales:

No se han encontrado estudios del uso de Polipropileno a nivel Local, sin embargo se han hecho estudios en la aplicación en la utilización de elementos plásticos.

Según Alexander Jhoel Astopilco Valiente en su tesis titulada “Comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC”, 2015, concluyó que el uso de residuos plásticos en los ladrillos de concreto perjudica la resistencia del mismo, teniendo los ladrillos adicionados con residuos plásticos PVC una resistencia mucho menor a la de los ladrillos patrones. En mi apreciación personal posiblemente se deba al porcentaje de vacíos que los residuos plásticos generaron.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Fundamentos del Concreto.

A. Naturaleza del Concreto.

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 (Díaz, 2015).

a. El Concreto

Mezcla del cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, 2009).

$$\text{CONCRETO}=\text{C}+\text{AF}+\text{AG}+\text{AGUA}$$

b. El Cemento

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo del agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, 2009).

El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que amasado con agua, forma una pasta que fragua y endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua (Rivva, 2007).

c. El Agua

El agua deberá cumplir con la NTP 339.088. Será lo suficientemente limpia y libre de álcalis y todo lo que pueda ser dañino al concreto y al acero. No contendrá concentraciones mayores de 500 ppm de ion cloro, ni de 1 000 ppm de ion sulfato (NTP, 2002).

El agua que se empleará para preparación de la mezcla de concreto y así mismo para realizar el curado. Deberá cumplir con los análisis de laboratorio cumpliendo con parámetros establecidos.

A continuación se muestra los valores máximos permisibles para el uso del agua.

TABLA N° 1 Valores permisibles del Agua

Descripción	Máximos	Partes por Millón
Cloruros	300	ppm
Sulfatos	300	ppm
Sales de magnesio	150	ppm
Sales solubles totales	1500	ppm
PH	Mayor de	7
Sólidos en suspensión	1500	ppm
Materia Orgánica	10	ppm

Fuente: Rivva, 2007.

d. Agregados

Material granular, de origen natural o artificial como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto y mortero hidráulico (Reglamento Nacional de Edificaciones E.060, 2009).

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 y 2500 kg/cm²) cumplieron con los requisitos de la norma NTP 400.037 y de la norma ASTM C33, así como los de las especificaciones del proyecto (Rivva, 2007).

1. Agregado Fino

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al tamiz 9.5 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la Norma.

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas (Rivva, 2007).

Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

TABLA N° 2 Límites Granulométricos del agregado fino

c	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 85
N°30	25 – 60
N°50	10 – 30
N°100	2 – 10

Fuente: Rivva, 2007.

2. Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa. (Rivva, 2007)

B. Concreto recién Mezclado

El concreto recién mezclado debe ser plástico o semifluido y generalmente capaz de ser moldeado a mano. Una mezcla de concreto húmeda se puede moldear en sentido de que puede colarse en el molde o cimbras (encofrado), pero no está dentro de la definición de “plástico”, aquél que es flexible y capaz de ser moldeado de la misma manera que un terrón de arcilla para moldear (Marrufo, 2015).

a. Trabajabilidad

Es el trabajo interno utilizado en vencer la fricción interna o componentes del concreto para conseguir una compactación adecuada, es decir, la capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin producir deficiencias de sus propiedades en estado fresco. "La manejabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y consistencia" (Reyes y Gutiérrez, 2010).

b. Mezclado

La función del mezclado de concreto es revestir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, la cual dará como resultado una masa homogénea. La secuencia de carga de los materiales en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado (Rivva, 2007).

c. Sangrado

Sangrado o exudación es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie.

El sangrado es normal y no debería disminuir la calidad del concreto adecuadamente colocado, acabado y curado. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por retracción plástica. Por otro lado, la excesiva exudación aumenta la relación agua-cemento cerca de la superficie; puede ocurrir una camada superficial débil y con poca durabilidad, particularmente si se hace el acabado cuando el agua de sangrado aún está presente. Los vacíos y bolsas de agua pueden ocurrir, resultantes del acabado prematuro de la superficie (Marrufo, 2015).

d. Hidratación del concreto

La hidratación determina la calidad de adhesión y adherencia de la pasta de cemento portland, se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua. Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobretodo en el silicato de calcio hidratado y en los compuestos cristalinos (Kosmatka, 2004).

e. Consistencia

La consistencia de la mezcla es una propiedad que define la humedad de la muestra por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación (Rivva, 2007).

C. Concreto Endurecido

Una vez que el concreto se encuentre fraguado, este comienza a ganar resistencia y endurece. Las propiedades del concreto endurecido son la resistencia y durabilidad, antes de su total endurecimiento, la mezcla experimenta dos etapas dentro de un proceso general que vendría a ser:

- El fraguado inicial: el primero es cuando la mezcla pierde su plasticidad, donde pierde la facilidad de ser trabajable.
- El fraguado final: alcanza una dureza tan apreciable que la mezcla entra en su fraguado final.

a. Curado

El aumento de la resistencia con la edad continúa desde que el cemento no hidratado aún esté presente, el concreto permanezca húmedo o la humedad relativa del aire esté arriba de aproximadamente 80% la temperatura del concreto permanezca favorable y haya suficiente espacio para la formación de los productos de hidratación. Cuando la humedad relativa dentro del concreto baja cerca de 80% o la temperatura del concreto baja a menos del cero, la hidratación y el incremento de resistencia se interrumpen (Marrufo, 2015).

b. Secado

El concreto no se endurece o se cura con el secado. El concreto (o más precisamente el cemento en él) necesita de humedad para hidratarse y endurecerse. Cuando el concreto se seca, la resistencia para de crecer; el hecho es que el secado no indica que haya ocurrido suficiente hidratación para que se obtengan las propiedades físicas deseables (Kosmatka, 2004).

c. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

La resistencia a la compresión, es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o resistencia al desgaste, pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra (Rivva, 2007).

d. Durabilidad

La durabilidad del concreto se puede definir como la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería. Los diferentes tipos de concreto necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables. Los componentes del concreto, la proporción de éstos, la interacción entre los mismos y los métodos de colocación y curado determinan la durabilidad final y la vida útil del concreto (Kosmatka, 2004).

2.2.2. Concreto con Fibras de Polipropileno

A. Generalidades

Las fibras de Polipropileno son un producto comercial utilizado con el fin específico de tratar las fisuras en el concreto, sin embargo, existen numerosas investigaciones sobre los beneficios de las fibras de polipropileno enfocados en las mejoras mecánicas del concreto, teniendo resultados mixtos debido a que el uso excesivo de este aditivo puede generar vacíos en el concreto mermando su resistencia, sin embargo una dosificación adecuada puede generar una "costura" interna en el concreto reduciendo fisuras internas en el concreto que son producidas durante la acción del fraguado.

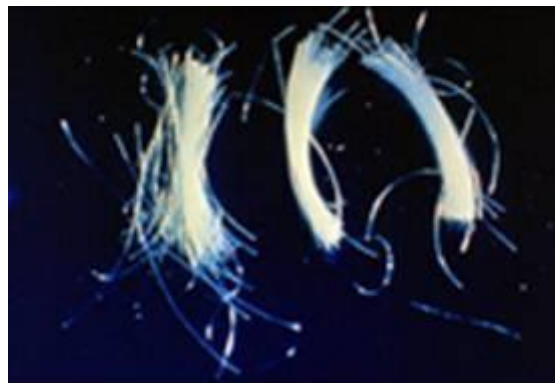
La cantidad de fibras de Polipropileno a adicionar al concreto será del 0.10%, 0.17% y 0.25% del peso respecto a la cantidad global del concreto.

B. Fibras de Polipropileno

Las fibras de polipropileno fueron usadas por primera vez en los años sesentas. El polipropileno es un polímero de hidrocarburo sintético cuya fibra está hecha usando procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel. Es producida como monofilamento de sección circular y se corta según la longitud requerida. Esta fibra es manufacturada también fibrilada o como cinta de sección rectangular (Mercado, 2010).

Las fibras de Polipropileno son utilizadas principalmente para tratar las fisuras en el concreto debido a que las fibras "cosen" al concreto, la principal distribuidora es Sika-Perú que en sus catálogos recomienda una dosificación de 600 gr/m³ para concretos de un F'c inferior a 300 kg/cm² (Sika Perú S.A., 2011).

FIGURA N° 1 Fibras de Polipropileno



Fuente: Mercado, 2010

C. Concreto incorporado con fibras sintéticas

Según Barreda, Iaiani, y Sota:

- Las fibras de polipropileno, nylon y poliéster, principalmente utilizadas para reducir la fisuración por contracción del concreto, ofrecen otros beneficios.
- Las fibras sintéticas no reemplazan el refuerzo estructural principal en el concreto porque agregan poca o ninguna resistencia. Pero el refuerzo estructural no suministra sus beneficios hasta que el concreto haya endurecido.
- A diferencia del refuerzo estructural, las fibras sintéticas proporcionan beneficios mientras el concreto es aún plástico. Ellas también aumentan algunas de las propiedades del concreto endurecido.

- Las fisuras por contracción son pequeñas, fisuras irregulares que pueden desarrollarse en el concreto durante las primeras 24 horas después de su colocación. No deben confundirse con las fisuras superficiales, dado que las fisuras por contracción usualmente pasan a través de todo el espesor de la losa.
- Las fisuras son generalmente causadas por cualquier contracción plástica o por secado. La contracción plástica ocurre antes de alcanzar el concreto su endurecimiento inicial; la contracción por secado ocurre después del endurecimiento del concreto.
- Todo concreto se contrae después de colocado debido a un cambio de volumen causado por pérdida de humedad. Si la contracción se produjo sin ninguna restricción, el concreto pudo no agrietarse. Pero los elementos de concreto están siempre sujetos mínimamente a alguna restricción por la fundación, otra parte de la estructura, o por acero de refuerzo. El confinamiento además desarrolla retracción diferencial, cuando el concreto de la superficie se retrae más rápido que el concreto subyacente. Si las tensiones de tracción causadas por confinamiento exceden la resistencia a tracción del concreto, el concreto se fisura.
- Los fabricantes de fibras sintéticas afirman que sus productos pueden ser usados para minimizar la fisuración por contracción plástica o por secado prematuro. Mezclando las fibras en el concreto en los dosajes recomendados resulta en millones de fibras dispersas uniformemente en la matriz del concreto. Este refuerzo multidimensional supuestamente otorga al concreto mayor capacidad de resistencia a tracción. Si se forman las fisuras por retracción, las fibras unen estas fisuras, ayudando a reducir su longitud y anchura. Los efectos de las fibras sobre el comportamiento del concreto plástico y endurecido varían dependiendo de los materiales del concreto, proporciones de la mezcla, tipo y longitud de la fibra, y cantidad de fibra agregada. (Barreda, Iaiani, & Sota, 2000)

D. Aplicación de fibras de polipropileno

Las fibras de Polipropileno inhiben la fisuración intrínseca en todo tipo de concreto, siendo particularmente adecuadas en la industria del concreto premezclado. Aplicaciones frecuentes incluyen pavimentos, carreteras, elementos prefabricados (Mercado, 2010).

1) Pisos y pavimentos

Las microfibras han encontrado su campo natural de uso y aplicación en estructuras donde la relación superficie/volumen es muy alta. De alguna forma si estamos interesados en “secar” concreto existen pocas configuraciones que sean más eficientes para evaporar, diferentes a las de extender el material dándole un bajo espesor. Esto hace que pavimentos, pisos y morteros de nivelación sean estructuras muy susceptibles a fisurarse durante las primeras etapas de fraguado y endurecimiento.

Las microfibras a pesar de su baja dosis en masa ($< 1 \text{ kg/m}^3$ de concreto) representan una verdadera dispersión de millones de fibras dentro de la matriz del concreto que absorben los micro esfuerzos generados por la retracción plástica e impiden que nazca o se propague la figuración. Entre más delgada sea la aplicación menos costosa será la inclusión por metro cuadrado y más eficiente será su funcionamiento (Sika Perú S.A., 2011).

2) Prefabricados

Para elementos prefabricados cuyas dimensiones y espesores están optimizadas, las fibras han sido desde la década de los setenta un elementos comunes. El transporte, la colocación de estos elementos hacen que sean susceptibles a desportillamientos, agrietamientos y descascamientos. Las fibras (micro y macro) en estos casos resultan muy útiles debido a que el agrietamiento de los elementos se reduce y si tiene lugar, le permiten a la unidad continuar funcionando sin desecharla. En el caso particular de elementos aligerados de bajas densidades, las microfibras se han usado históricamente para disminuir su fisuración en estado fresco pero también para mejorar el monolitismo del material y hacerlo menos “frágil”, es decir para

augmentar su capacidad de deformación, hacerlo más "dúctil" antes de que se produzca la falla. Las aplicaciones de fibras en tuberías, vigas, prelosas, micro como macro son un hecho cotidiano puesto que le permiten a dichos elementos eliminar o convivir con la fisuración.

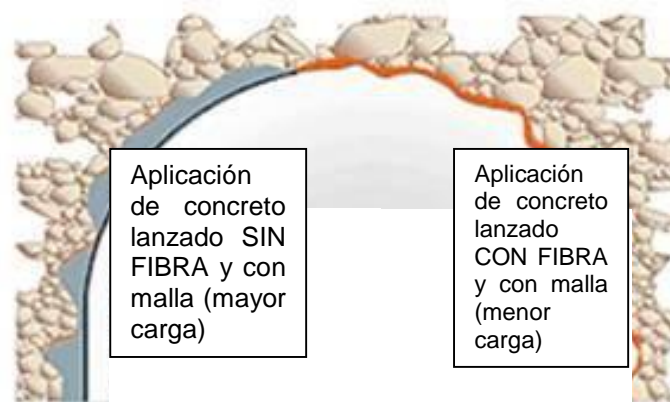
Las fibras de asbesto empleadas en la fabricación de elementos tan esbeltos como tejas o láminas, se usaron durante muchos años hasta que surgieron inquietudes acerca de consideraciones de salud por la presencia de este material (Sika Perú S.A., 2011).

3) Concreto Lanzado

Al igual que en pisos y pavimentos en concreto lanzado las microfibras sustituyen la malla electrosoldada, que en este caso se constituye en parte de la ruta crítica de un ciclo de excavación. Los tiempos de ahorro que representan eliminar la colocación y fijación de la malla justifican ampliamente la diferencia en costo por metro cuadro del material colocado. Sin embargo más allá del aumento en el rendimiento de excavación, el uso de las fibras como refuerzo permite un ahorro muy importante en la cantidad de concreto lanzado debido a que pueden seguirse estrictamente los espesores del concreto colocado La condición de siguiendo estrictamente el perfil de la excavación sin preocuparse por el cubrir (sepultar) la malla, no solo se convierte en un ahorro evidente de material sino al mismo tiempo en un ahorro de tiempo (Sika Perú S.A., 2011).

Este tipo de fibras se aplica, principalmente, en la construcción de túneles y taludes como refuerzo secundario permitiendo eliminar el uso de mallas, ya que el concreto lanzado con fibras puede seguir la curvatura irregular de una excavación sin que queden espacios vacíos o sombras, como sí ocurre al utilizar mallas produciendo oxidaciones en ellas y como consecuencia grietas en el concreto lanzado (Mercado, 2010).

FIGURA N° 2 Aplicación de Concreto lanzado con fibras y sin fibras en túneles



Fuente: Mercado, 2010

E. Principales usos de fibras de polipropileno a nivel nacional según Sika-Perú

- ✓ Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc)
- ✓ Mortero y concreto proyectado (Shotcrete).
- ✓ Paneles de fachada.
- ✓ Elementos prefabricados.
- ✓ Revestimientos de canales.

F. Ventajas de las fibras de polipropileno según Sika-Perú

La adición de polipropileno, sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- ✓ Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- ✓ Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- ✓ Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- ✓ En mayor cuantía mejora la resistencia a la tracción y a la compresión.
- ✓ La acción de las fibras de polipropileno es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

2.2.3. Procedencia de las Fibras de Polipropileno y Agregados

A. Localización

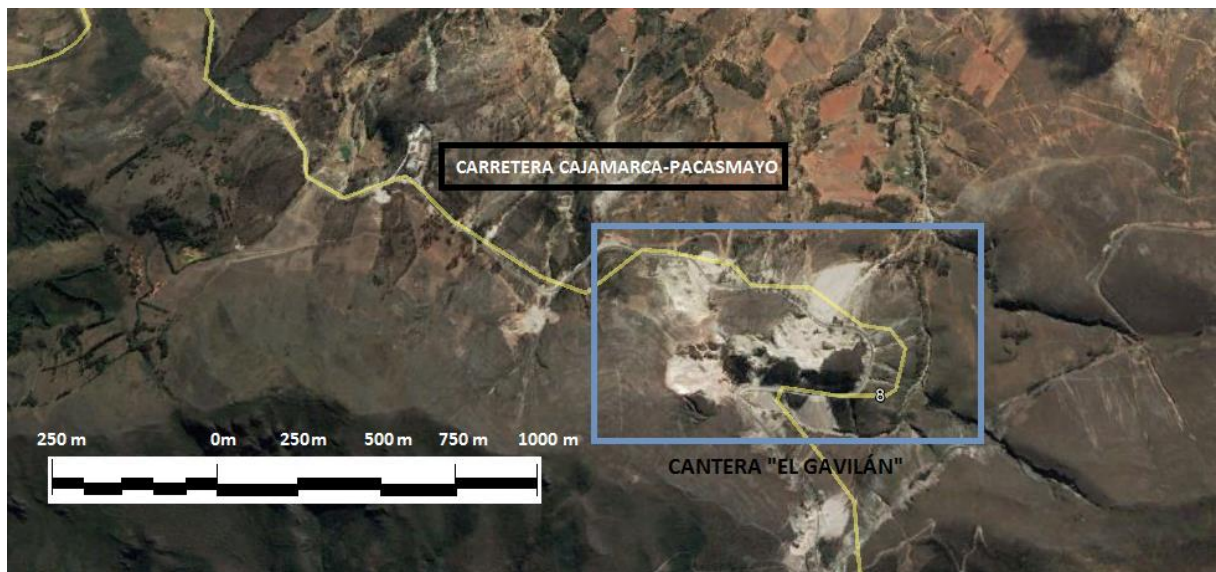
- Las Fibras de Polipropileno fueron adquiridas de la empresa Sika Perú S.A.C. una compañía global integrada globalmente que vende químicos especiales y tecnología de aplicación, se adquirió el material a través de una distribuidora ubicada en Av. Vía de Evitamiento Norte S/N, Urb. San Roque, Cajamarca.

- **Cantera "El Gavilán":**

El agregado se obtendrá de la cantera "El Gavilán", siendo una cantera de cerro. A los agregados se realizaron las respectivas pruebas para realizar lograr cuantificar sus características y así efectuar el Diseño de la Mezcla por el método ACI.

Se encuentra ubicada al Sur - Este de la ciudad de Cajamarca en las faldas de cerro "ventanilla" cerca al abra el Gavilán, al costado derecho de la carretera Cajamarca - Pacasmayo, a una altitud de 3250 m.s.n.m.

FIGURA N° 3 Ubicación de la cantera "El Gavilán"



Fuente: Google Earth 2016

B. Descripción de la Muestra

Se realizaron mezclas de concreto con $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, cada uno de ellos tuvo distintos porcentajes de Fibras de Polipropileno en base a la cantidad total de concreto, la medición de la probetas fueron las indicadas en la norma ASTM C-31, donde se indica las dimensiones de las probetas para ensayos a compresión del concreto, las cuales fueron evaluadas a los 7, 14 y 21 días.

Equipo y Maquinaria.

Se utilizará una máquina de sistema de compresión del concreto cerrada, con el fin de prevenir la dispersión de las partículas de concreto rotas. Que incluye el limitador de posicionamiento para el cilindro.

2.2.4. Características físicas de los Agregados según la Norma ASTM /NTP

A. Agregado fino, ASTM C-33 / NTP 400.037:

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al tamiz 4 (4.75 milímetros) es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgadas lineales y que cumple con los límites establecidos (Rivva, 2007).

B. Agregado Grueso, ASTM C-33 / NTP 400.037.

El agregado grueso está formado por gravas trituradas escorias de explosión de concreto, piedra triturada (Rivva, 2007).

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla (Rivva, 2007).

C. Granulometría, ASTM C-136 / NTP 400.012

Definición: Es el estudio de la forma en que se encuentran distribuidas las partículas de un agregado.

Equipo:

- 1 Balanza con sensibilidad del 0.1% del peso de la muestra a ensayar.
- Juego de tamices conformados por: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2" y 4"
- Una estufa capaz de mantener una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Módulo de finura:

Definición:

- Teóricamente, el módulo de finura se puede definir como el indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas de un agregado.
- Así mismo el módulo de finura puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas.
- Es preciso mencionar que el módulo de finura está en relación inversa tanto a las áreas superficiales como al valor lubricante del agregado: por lo que la demanda de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones que a continuación se dan están referidas exclusivamente al agregado fino puesto que en la estimación de proporciones de los agregados se emplea únicamente el módulo de finura del agregado fino.

- El módulo de finura no debe ser menor que 2.3 ni mayor que 3.1
- La variación del módulo de finura, no debe exceder de 0.2 de la base del módulo para una determinada obra.

Además se estima que con agregados finos cuyos módulos de finura varían entre 2.2 y 2.8 se obtienen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación, y aquellos que están comprendidos entre 2.8 y 3.2 son los más indicados para producir concretos de alta resistencia.

Tamaño Máximo del Agregado:

Esta característica está referida única y exclusivamente al agregado grueso.

Definición:

Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15%, o, más del agregado grueso tamizado.

Ha quedado comprobado que cuando se extiende la granulometría del agregado a un tamaño máximo mayor, hasta de una pulgada y media, las necesidades de la mezcla se pueden reducir, tal es así que, para una trabajabilidad y riqueza especificada se puede conseguir mayor resistencia, reduciendo la relación agua-cemento. Cuando se sobrepasa el tamaño máximo de 1 ½", los incrementos en resistencia debido a la reducción de agua se compensan por los efectos de la menor área de adherencia y las discontinuidades producidas por los agregados muy grandes.

Especificaciones Técnicas:

Según el REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES, el tamaño máximo del agregado para concreto será el pasante por el tamiz de 2 ½".

D. Absorción y contenido de humedad, ASTM C-566 / NTP 339.185

Definiciones:

a) **Peso Específico:**

Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada.

b) **Peso Específico aparente:**

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario el material, a la masa del aire (de igual densidad) de un volumen igual destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera volumen a la porción impermeable.

c) **Peso Específico de Masa:**

Viene a ser la relación entre la masas en el aire de un volumen unitario del material permeable (Incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire (de igual densidad) de un

volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

d) **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:**

Tiene la misma definición que el Peso Específico de masa con salvedad de que la masa incluye el agua en los poros permeables.

El peso específico que más se utiliza, por su fácil determinación para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesaria de agregado para un volumen dado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado con superficie seca del agregado.

e) **Absorción:**

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca, expresada en porcentaje, se denomina Porcentaje de Absorción.

Esta particularidad de los agregados, que dependen de la porosidad, es de suma importancia para realizar correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto.

A su vez, la absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la estabilidad química, la resistencia a la abrasión, y la resistencia del concreto al congelamiento y al deshielo.

A menudo se considera que, los agregados absorben o ceden el agua en defecto o exceso para quedar saturados y superficialmente secos (S.S.S.) antes de que el concreto llegue a fraguar.

Especificaciones Técnicas:

El peso específico puede variar, entre los intervalos de 1.2 a 2.2 gr/cm^3 para concreto ligeros, 2.3 a 2.9 gr/cm^3 para concretos normales y 3.00 a 5.00 gr/cm^3 para concretos pesados.

E. Contenido de Humedad (ASTM C566 / NTP 339.185)

Definición:

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se le denomina Porcentaje de Humedad pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. 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 una mezcla.

- a) Seco: No existe humedad alguna en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongando en una estufa a una temperatura de $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. El contenido de humedad es menor al porcentaje de absorción.
- b) Seco al aire: Cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Es característica, en los agregados que se han dejado secar al medio ambiente. El contenido de humedad es menor al porcentaje de absorción.
- c) Saturado superficialmente seco: Estado en el cual todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua.
- d) Húmedo: En este estado existe una película de agua que rodea el agregado, llamada agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor al porcentaje de absorción.

Especificaciones Técnicas:

El contenido de humedad es una de las propiedades físicas de las propiedades físicas del agregado, que no se encuentra limitada en especificaciones; sin embargo, se pueden manifestar que en los agregados finos, el contenido de humedad puede llegar a representar un 8% o más, mientras que el agregado grueso dichos contenidos puede representar un 4%.

2.2.5. Dosificación de la mezcla

La recomendación original del ACI data del año 1944, habiendo experimentado relativamente muy pocas variantes sustantivas hasta la última versión emitida por el Comité 212.1 el año 1991. Está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por ASTM C 33, define el agua de

mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del slump (asentamiento) como medida de trabajabilidad (Tabla 3); asimismo, establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena exclusivamente (Tabla 4), y correlaciona la relación agua/cemento en peso con la resistencia en compresión (Tabla 5).

TABLA N° 3 Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8 "	1/2 "	3/4"	1"	1	2 "	3 "	4 "
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	.....
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	.....
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.	2	1.5	1
Moderado	8	5.5	5	4.5	4.	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.	5	4.5	4

Fuente: A.C.I, 1981.

TABLA N° 4 Relación agua / cemento vs $f'c$

$f'c$ a 28 Días (Kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	.....
400	0.43	.....
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: A.C.I, 1981.

TABLA N° 5 Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto

Tamaño Máximo Nominal del Agregado	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3 / 8 "	0.50	0.46	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 "	0.75	0.73	0.71	0.69
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.82	0.80	0.78	0.76
6 "	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: A.C.I, 1981.

2.2.6. Ensayos en el Concreto según Norma ASTM / NTP

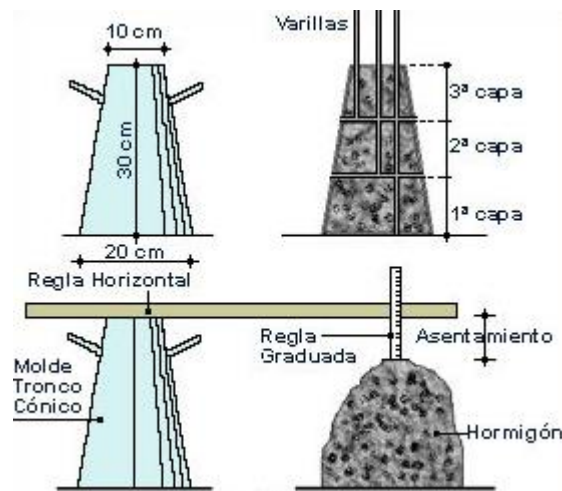
A. Concreto fresco

El concreto deber de cumplir con las especificaciones técnicas para su fácil trabajabilidad, al momento del mezclado, los materiales involucrados fueron ser mezclados hasta contar con una mezcla homogénea.

1. Asentamiento ASTM C – 143 / NTP 339.035

Se buscó para todos los ensayos un asentamiento constante de 3" a 4", consiguiendo una consistencia plástica y trabajable del concreto fresco referido al grado de fluidez

FIGURA N° 4 Procedimiento para medir el asentamiento



Fuente: NTP 339.035, 2009

B. Especímenes para la resistencia a compresión ASTM C-31 / NTP 339.033.

El número y tamaño de los cilindros será establecida en las especificaciones de los ensayos. Adicionalmente, la longitud debe ser el doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. En el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte se cuenta con moldes fabricados cumpliendo la NTP 339.209, capaces de moldear muestras cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura

El ensayo de resistencia se desarrolló cumplido los 7,14 y 21 días de curado, utilizando 3 probetas para obtener en promedio.

C. Ensayos en el concreto endurecido

1. Control de calidad del concreto endurecido.

Se desarrolla la comprobación de la resistencia del concreto endurecido a los 7,14 y 21 días, para verificar la resistencia a compresión uniaxial para la cual fue diseñada cada uno de los concretos patrones y concreto con la adición de Fibras de polipropileno, la resistencia del concreto aumenta con la edad, resultando de una forma favorable.

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

Normas:

ASTM C39: Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

Definición:

Consiste en aplicar una carga de compresión uniaxial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada 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 sección recta de la probeta.

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) o en megapascales (MPa).

Importancia:

Los resultados de las pruebas de Resistencia a Compresión se emplean fundamentalmente para verificar que la mezcla del concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) en la definición del proyecto.

También se puede utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia en elementos estructurales que permitan definir la programación de los siguientes procesos constructivos en la ejecución de una obra (remoción de encofrados, puntales, etc.) (Marrufo, 2015).

Equipo:

La máquina de ensayo deberá tener capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05 \text{ MPa/s}$, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento (Marrufo, 2015).

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, uno de los cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la parte superior de la probeta, y el otro se apoya sobre una sólida base en el que se asienta la parte inferior de la misma. Las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo y deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

Especímenes para ensayo:

El ensayo se puede realizar con especímenes obtenidos en cualquiera de las siguientes condiciones:

- Especímenes curados y moldeados, de acuerdo con la ASTM C31, de una muestra de concreto fresco.
- Especímenes extraídos o aserrados de una estructura de concreto endurecido, de acuerdo con la ASTM C42.
- Especímenes producidos con moldes de cilindros colocados in situ (embebidos en la estructura), de acuerdo con la ASTM C873.

Para esta investigación se realizara teniendo en cuenta la norma ASTM C31.

Procedimiento de ensayo:

En el caso de probetas de probetas cilíndricas, curadas y moldeadas, se pueden tener dimensiones de 6" x 12" o 4" x 8", las probetas más pequeñas suelen ser más fáciles de manipular en el campo y en laboratorio, el diámetro de la probeta a utilizar debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado utilizado en la preparación del concreto. Según la ASTM C39 y la NTP 339.034 las probetas deben ser ensayadas tan pronto como sea práctico luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayarán en condiciones húmedas superficialmente secas.

Medir el diámetro de la probeta con el micrómetro en dos posiciones que estén en ángulo recto entre sí, a la altura media de la misma, estos diámetros deben promediarse para poder calcular el área de la sección (Marrufo, 2015).

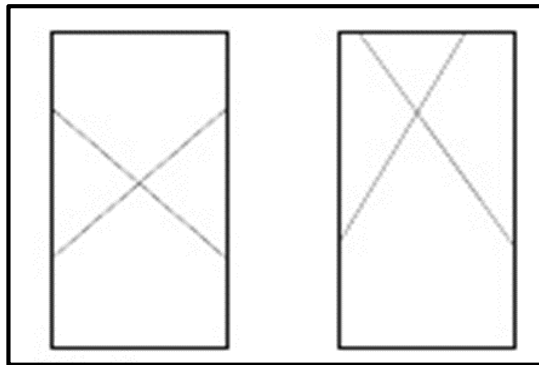
Antes de colocar la probeta entre los cabezales de la máquina de ensayo, se limpiarán las caras de contacto de los bloques de acero, superior e inferior, y las de la probeta, evaluar si es conveniente aplicar capping, refrentado o usar pads de neopreno. Se alinearán los ejes de la probeta a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades.

Verificar que el indicador de carga de la máquina esté en cero, de no ser así se deberá ajustar. Luego aplicar la carga de manera continua y uniforme, hasta el momento de la falla de la probeta, por último registrar el tipo de falla y la carga máxima soportada por la probeta antes de fracturarse. Calcular la Resistencia a Compresión, dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección.

3. Tipo de fracturas en los cilindros de concreto ASTM C-39 / NTP 339. 034.

- a. Fractura tipo I:** Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25mm).

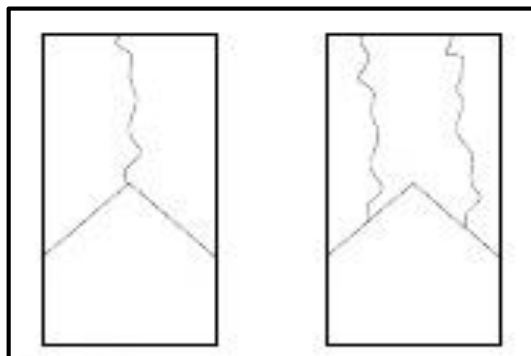
FIGURA N° 5 Fractura tipo I.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

- 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.

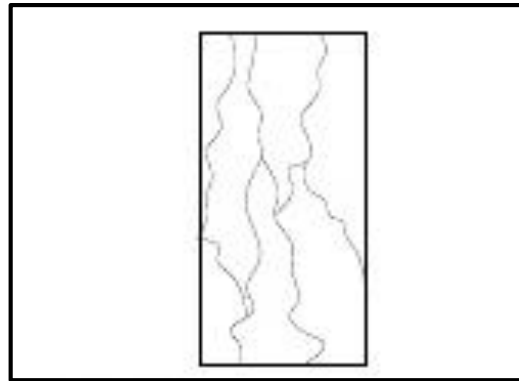
FIGURA N° 6 Fractura tipo II.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

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

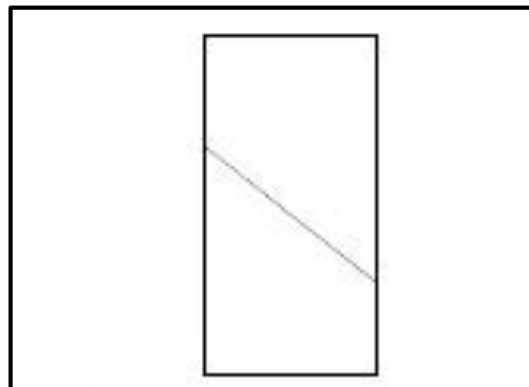
FIGURA N° 7 Fractura tipo III.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

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

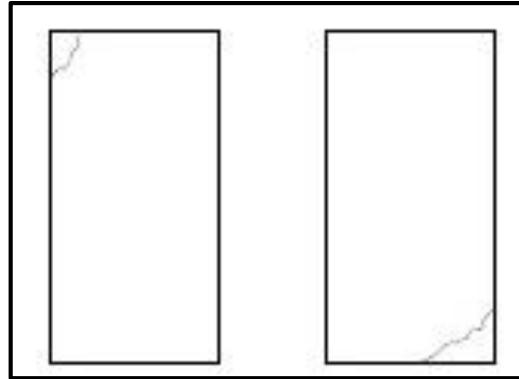
FIGURA N° 8 Fractura tipo IV.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

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

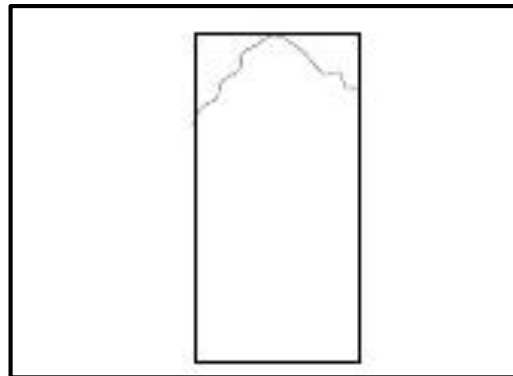
FIGURA N° 9 Fractura tipo V.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

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

FIGURA N° 10 Fractura tipo VI.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39

2.2.7. Desarrollo Experimental de la Investigación

A. Mezcla de concreto

Se realizarán mezclas de concreto para un diseño de patrón de 175 kg/cm^2 , y para los concretos con 0.10%, 0.17% y 0.25% de Fibras de Polipropileno que fueron añadidos con respecto a la cantidad total del concreto, posteriormente se muestra los diseños de mezclas (**Ver anexo N°2: Diseño de Mezcla**).

B. Diseño de mezcla.

Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezclas, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador (Arana, s.f.).

La dosificación de las mezclas para concreto de peso normal es la determinación más económica y práctica de los componentes para concreto. De tal forma que tenga manejabilidad en su estado plástico y que desarrolle las propiedades requeridas en su estado endurecido. Así, una mezcla para concreto correctamente dosificada debe lograr fundamentalmente tres objetivos:

- La manejabilidad del concreto recién mezclado.
- Las propiedades que se requieren en el concreto endurecido.
- Ser económica.

Uno de los diseños más utilizados para elaborar diseños de mezclas es el contemplado en el ACI 211. Este documento nos da un alcance para comenzar a trabajar y encontrar proporciones aproximadas en el diseño de un concreto nuevo (Rivva, 2007).

Utilizando el método ACI 211 y realizando las mezclas de prueba se consiguió un diseño de mezclas patrón, posteriormente se pudo obtener los diseños de mezcla con la adición de Fibras de Polipropileno. Posteriormente se realizó la corrección

debido a la humedad de los agregados al momento de realizar la mezcla del concreto, así mismo la adición del agua según su consistencia adquirida en el instante.

Se realizó el diseño de mezcla para un concreto convencional con una resistencia de 175 kg/cm², Utilizando agregado fino, agregado grueso, cemento, agua, posteriormente se realizó el diseño de mezcla de concreto con la adición de distintos porcentajes de Fibras de Polipropileno.

C. Cantidad de Fibras de Polipropileno:

Según Barros Fierro y Ramírez Cueva, el contenido de las fibras de polipropileno en la mezcla es expresado comúnmente como una fracción en peso del hormigón (Concreto). La cantidad óptima varía con el tipo de fibras y es principalmente limitada por consideraciones prácticas, como son la facilidad de rociado y dispersión de las fibras en la mezcla.

Es conocido que una cantidad exagerada de fibras produce una concentración alta con una contribución no uniforme, deteriorando las propiedades mecánicas del hormigón (Concreto).

Según el ACI, "Report on Fiber Reinforced Concrete" del año 2002, a través de su Reporte en Hormigón Reforzado con Fibras, menciona que ha obtenido datos de materiales compuestos que contienen fibras de polipropileno en porcentajes de volumen que varían de 0.1% en incluso hasta 10%, pero recalcan que las propiedades materiales de dichos compuestos variaron en gran medida y se vieron afectados por el volumen de fibra, el método de producción y la composición de la matriz.

En el mismo informe, el ACI menciona que se obtuvo una trabajabilidad satisfactoria con contenidos de fibra que oscilaron entre el 0.1% al 2.0% en volumen. Pero advierten que 2.0% ya es un contenido de fibra alto, y que con esta concentración, el hormigón requirió de la adición de una cantidad apropiada de reductor de agua de alto rango para mantener una resistencia considerable (Barros Fierro & Ramírez Cueva, 2012).

Según recomendaciones de Sika la dosificación es de 600 gramos por metro cúbico de concreto con $F'c$ inferior a 300 kg/cm² (Sika Perú S.A., 2014). Sin embargo, en mi diseño de mezcla es una cantidad muy inferior a la recomendada por ACI, por lo cual esta cantidad queda descartada.

Por lo tanto la cantidad base de polipropileno a usar será de 0.10%, que es lo mínimo recomendado por ACI, el siguiente porcentaje de Fibra será de 0.17% debido a que en el Proyecto de Tesis de Barros Fierro y Ramírez Cueva fue su mayor porcentaje en adición de Fibra experimental y por último se aplicará también la adición en porcentaje de 0.25% teniendo como referencia la Tesis de López Roman, la cual fue la cantidad mínima que utilizó y se obtuvo una resistencia inferior comparada a la del porcentaje adicionado del 0.17% de la tesis de Barros Fierro y Ramírez Cueva.

- Determinación de la cantidad de fibra a utilizarse:

Para este fin se tomó como referencia la metodología utilizada en el antecedente de Barros Fierro y Ramírez Cueva:

Tomando en cuenta que la fibra tiene una densidad de alrededor de 0.91 g/cm³ (Sika Perú S.A., 2014), la cantidad en masa de fibra que debe adicionarse por metro cúbico de hormigón, para una adición del 0.10%, es la siguiente:

Masa de fibra = ρ * Volumen de fibra

Masa de fibra = 0.91 Ton/m³ * 0.0010 m³

Masa de fibra = 0.00091 Ton

Por lo tanto: 0.91 kg/m³ de Concreto

De aquí que para poder determinar el porcentaje de fibra adecuado para nuestros agregados nos hemos impuesto, a manera de parámetros de comparación, dos porcentajes de adición de fibras de polipropileno adicionales:

- 1era: 0.910 Kg/m³ (0.10%)
- 2da: 1.547 Kg/m³ (0.17%)
- 3era: 2.275 Kg/m³ (0.25%)

D. Plan de trabajo

Se realizó un diseño de concreto convencional de 175 kg/cm², posteriormente se realizaron diseños de mezclas para cada porcentaje de Fibras de Polipropileno adicionando (0.10%, 0.17% y 0.25%), se dejó curando a 7, 14 y 21 días para luego ser evaluadas a la resistencia a compresión uniaxial.

2.3. Definición de términos básicos

1. Agregados:

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico (NTE, 2009).

2. Cemento:

Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo del agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento, 2009).

3. Concreto:

Es una mezcla de cemento, agua y agregados que cuando están bien dosificados y energéticamente bien mezclados, integran una masa plástica que puede ser moldeada en una forma predeterminada y que al endurecer se convierte en una piedra artificial, resistente y durable, por lo que se ha convertido en un material más empleado en la construcción (Rivva, 2007).

4. Asentamiento:

Es la medida de la consistencia de una mezcla de concreto fresco realizada con el cono de Abrams y se suele expresar en pulgadas. Se mide el descenso de la masa de concreto al quedar libre del cono en que fue moldeada con relación a la altura del mismo. Mientras mayor sea esta diferencia de altura, se puede llegar a concluir que la masa de concreto es muy fluida (Torre, 2004).

5. Dosificación:

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 adherencia correctos (Rivva, 2007).

6. Probeta:

Es una muestra de dimensiones previamente definidas, elaborada a partir de cualquier sustancia o material para probar sus características mecánicas tales como elasticidad, resistencia, entre otros (Torre, 2004).

7. Polipropileno:

El polipropileno es un polímero de hidrocarburo sintético cuya fibra está hecha usando procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel (Martinez, 2000).

8. Resistencia a la compresión axial:

Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Torre, 2004).

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la Hipótesis

La resistencia a compresión del concreto de $f'c = 175$ kg/cm² con agregado de cerro aumenta con la incorporación de fibras de polipropileno en un 15% con respecto al diseño patrón.

3.2. Operacionalización de Variables

➤ **Variable Dependiente:**

Resistencia a compresión uniaxial.

➤ **Variable Independiente:**

Diferentes porcentajes en adición de Fibras de Polipropileno.

TABLA N° 6 Operacionalización de Variable dependiente

Variable dependiente	Definición	Indicadores	Índice
Resistencia del concreto.	Es una medida de la capacidad del concreto para resistir cargas que tienden a aplastarlo (Paez, 1986).	- Resistencia a la Compresión uniaxial. - Edad. - Slump.	- Kg-f/cm ² - Días - Pulgadas

Fuente: Elaboración Propia, 2016

TABLA N° 7 Operacionalización de Variable Independiente

Variable Independiente	Definición	Indicadores	Índice
Fibras de Polipropileno en diferentes porcentajes.	Alambres muy finos, se consiguen fácilmente altas resistencias mecánicas por trefilado (Paez, 1986).	- Resistencia a la Compresión uniaxial (0.10% Fibras de Polipropileno). - Resistencia a la Compresión uniaxial (0.17% Fibras de Polipropileno). - Resistencia a la Compresión uniaxial (0.25% Fibras de Polipropileno).	- Kg-f/cm ² - Kg-f/cm ² - Kg-f/cm ²

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

La investigación será de tipo experimental ya que se realizara con respecto a los trabajos hechos en gabinete y en laboratorio teniendo en cuenta la cantidad de muestras a ensayar.

4.2. Material de estudio.

4.2.1. Unidad de estudio.

Probetas de concreto de 175 kg/cm² elaboradas en laboratorio incorporando fibras de polipropileno en porcentajes de adición de 0.10%, 0.17% y 0.25%

4.2.2. Población.

Para poder recopilar los datos, se realizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia de los concretos de resistencia $f'c= 175$ kg/cm²

4.2.3. Muestra.

Se elaboraron y ensayaron 36 probetas, debido a que la NTP 339.183 especifica que en la elaboración y curado de especímenes de concreto se requirió por lo menos 3 testigos por cada dosificación a los 7, 14 y 28 días de curado, donde se registran los datos a comparar. 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. En esta investigación de tesis los ensayos se efectuaron a los 7, 14 y 21 días utilizando los valores estimativos de la resistencia a compresión a la edad de "j" días en relación con la resistencia a 28 días.

Porcentajes de dureza del concreto:

- 1 día : 16%
- 3 días : 40%
- 7 días : 65%
- 14 días : 90%
- 28 días : 99%

La tesis será enfocada al aporte de las fibras de polipropileno en la reducción de fisuras internas, por esta razón la comparativa de la resistencia a compresión uniaxial del diseño patrón y de los diseños con adiciones de fibras de polipropileno serán efectuados durante el periodo de fraguado, por lo cual se tomó las edades de probetas: 7, 14 y 21 días.

TABLA N° 8 Cuadro Resumen de las probetas de concreto con porcentajes de Fibras de Polipropileno

Días de ensayo de rotura de Especímenes	7 días	14 días	21 días
Concreto Kg/cm ²	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
Concreto 175 Kg/cm ² con 0.10% Fibras de Polipropileno	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
Concreto 175 Kg/cm ² con 0.17% Fibras de Polipropileno	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas
Concreto 175 Kg/cm ² con 0.25% Fibras de Polipropileno	3 Probetas	3 Probetas	3 Probetas

Fuente: NTP 339.183 (Número de Especímenes necesarios)

4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

4.3.1. Para recolectar datos.

Para la recolección de datos para determinar la influencia de la resistencia a Compresión uniaxial del concreto al adicionar las Fibras de Polipropileno, consistió en determinar las características del material a incorporar y las propiedades físico mecánicas de los agregados para poder realizar los diseños de mezcla usando el método ACI 211.

Una vez diseñado la muestra patrón y las muestras con diferentes adiciones de porcentaje de fibras de Polipropileno (0.10%, 17% y 0.25%), se procede a ensayarlos a compresión uniaxial a los 7, 14 y 21 días de curado, donde se registran los datos a comparar.

A. Características del material a Adicionar

A.1. Catálogo de fábrica de las fibras de polipropileno

Según las especificaciones de Sikafiber® PE:

- Datos Básicos:
 - Aspecto: Fibra
 - Color: Crema
 - Presentación: Bolsa de 600 gr
 - Almacenamiento: Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.
- Modo de Empleo:
 - Dosificación:
 - Se agrega, en planta o a pie de obra directamente a la mezcla de concreto o mortero, No disolver en el agua de amasado, Una vez añadido el Sikafiber® PE
 - El Sikafiber® PE se empleará para todo tipo de concretos hasta $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ se debe usar 600 gr por m^3 de concreto y para concreto de alta resistencia mayores a $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ se colocará 1 kg/m^3
 - Usar de 2 a 8 kg. En caso de Mezcla de shotcrete.
- Datos Técnicos:
 - Densidad real: Aprox. 0.91 kg/l.
 - Absorción de agua: Ninguna.
 - Módulo de elasticidad: 20-30%
 - Resistencia a tracción: $300\text{-}350 \text{ kg/cm}^2$
 - Resistencia química: Inerte a los álcalis, del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacteria.
 - Durabilidad: Indefinida
 - Temperatura de fusión: $160\text{-}170 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Longitud: 190 mm
 - Norma: A los concretos a los que se ha agregado Sikafiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116-95

B. Características de los agregados

Para lograr obtener las características de los agregados, se deben hacer ensayos establecidos en las NTP/ASTM.

B.1. Granulometría de los Agregados (ASTM C136 / NTP 400.012)

Análisis Granulométrico:

Procedimiento:

- Colocar la muestra en la estufa a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta conseguir que dos pesadas consecutivas, a una hora de intervalo, no difieran más de 0.1%
- Colocando la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según abertura, se procede al tamizado con forma manual o mecánica, prevaleciendo en caso de duda el primero.
- Si el tamizado se realiza en forma manual, se tomará cada tamiz con tapa y base, imprimiéndoles diferentes movimientos de vaivén. No se permitirá en ningún caso, presionar las partículas con la mano para que éstas pasen a través del tamiz.
- Si en el transcurso de un minuto, no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz, la operación del tamizado se dará por concluida.

Módulo de finura (ASTM C136 / NTP 400.012):

Método de Ensayo:

Este factor empírico, al igual que el tamaño máximo de agregado, se determina junto con el análisis granulométrico.

Expresión de resultados:

Se calcula a partir del análisis granulométrico, sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y dividiendo dicha suma por 100, aunque en otras referencias se toma el módulo de finura utilizando también los tamices 3", 1 1/2", 3/4" y 3/8"; en mis ensayos de laboratorio se calculará únicamente el Módulo de Finura del Agregado Fino, de ahí la razón de tomar como tamiz máximo el N° 4.

Tamaño Máximo del Agregado:

Método de Ensayo:

Está referido al método de ensayo del análisis granulométrico para los agregados gruesos.

Expresión de resultados:

El tamaño máximo del agregado, se obtiene como consecuencia del ensayo de análisis granulométrico y puede ser expresado en pulgadas o milímetros.

B.2. Peso Unitario (ASTM C29 / NTP 400.017)

Método de Ensayo:

- Equipo:
 - Balanza, con precisión de 0.1%.
 - Barra compactadora de acero, circular, recta, de 5/8" de diámetro y 60 cm. de largo, con extremo redondeado.
 - Recipiente cilíndrico y de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.
- Preparación de la muestra: La muestra deberá estar completamente mezclada y seca a temperatura ambiente.
- Procedimiento:
 - **Peso Unitario Suelto:**

Este procedimiento se emplea para agregados que tengan un tamaño máximo no mayor a 10 cm.

Se llenó el recipiente el cual se le conoce el volumen hasta rebosar, descargando el material a una altura no mayor de 5 cm, y se registró el peso neto del agregado en el recipiente (W_s).
 - **Peso Unitario Compactado:**

En este procedimiento se debe llenar un 1/3 del recipiente con la muestra, se compacto con 25 golpes y repetir el procedimiento a los 2/3, al llenar el recipiente se debe enrasar y compactar nuevamente con 25 golpes; seguidamente se determinará el peso neto del agregado en el recipiente (W_a).

B.3. Peso Específico y Absorción de los Agregados

a) Agregado Fino (ASTM C128 / NTP 400.022):

Método de Ensayo:

Equipo:

- Balanza, con precisión de 0.1gr. y capacidad no menor a 1 kg.
- Frasco Volumétrico de capacidad de 500 cm^3 calibrado hasta 0.10 cm^3 a 20°C .
- Molde Cónico, metálico, diámetro de 4 cm a 9 cm y altura de 7.5 cm.
- Varilla de metal, con un extremo redondeado de $25 \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro $340 \pm 15 \text{ gr.}$ de peso.
- Estufa, capaz de mantener una temperatura de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$

Preparación de la Muestra:

Coloque aproximadamente 1 000 gr. de agregado fino, obtenido por el método del cuarteo, y secarlo en un envase a una temperatura de 100°C , después de 24 horas cubrir la muestra con agua y déjala en reposo durante 24 horas. Después extender en una superficie plana expuesta a una corriente de aire tibio y remuévala con frecuencia para un secado uniforme. Continúe esta operación hasta que los granos del agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí, luego coloque el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpee la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levante el molde verticalmente. Si el agregado fino mantiene su forma significa que existe humedad libre, repetir la operación hasta que el cono de arena se derrumbe al retirar el cono.

Procedimiento:

Introducir de inmediato en el frasco (fiola) una muestra de 500 gr. del material preparado y llénelo de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm^3 a una temperatura de 20°C . Enseguida haga rodar la fiola sobre una superficie plana, hasta eliminar todas las burbujas de aire, después de lo cual se colocará en un baño a temperatura constante de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Después de aproximadamente de una hora llénelo con agua hasta la marca de 500 cm^3 y determine el peso total del agua introducida en el frasco con

0.1 gr. de aproximación. Con cuidado saque el agregado fino del frasco, séquelo hasta peso constante a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$, enfríelo a temperatura ambiente en un secador y péselo.

b) Agregado Grueso (ASTM C127 / NTP 400.021):

Equipo:

- Balanza, con precisión de 0.5 gr y capacidad no menor a 5 kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3mm.
- Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Estufa, capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Preparación de la Muestra:

Mediante el método del cuarteo seleccionar la cantidad requerida según el Tamaño Máximo Nominal especificado en la ASTM C127 / NTP 400.021, rechazando todo el material que pase el tamiz N° 4.

Procedimiento:

Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, seque la muestra hasta el peso constante a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ por 24 horas y luego sumérgelas en agua durante 24 horas ± 4 horas. Saque la muestra del agua y hágala rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún aparezca húmeda. Seque separadamente los fragmentos más grandes. Tenga cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie. Obtenga el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Obtenga el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca. Determínese este y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 gr.

Después de pesar, colóquelo de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y determine su peso en agua a temperatura de 20°C a 25°C .

Seque la muestra hasta peso constante, a una temperatura de 100°C a 110°C , déjela enfriar hasta temperatura ambiente y pésela.

Precisión de resultados:

En el peso específico, determinaciones por partida doble (Agregado Fino y Grueso) no deberá diferir en 0.02; y en el porcentaje de Absorción la diferencia no será mayor de 0.05%. De no cumplirse esta condición se tendrá que realizar nuevamente los ensayos. Del promedio de dos o más determinaciones se obtendrá el resultado definitivo.

B.4. Contenido de Humedad de los Agregados (ASTM C566 / NTP 339.185)

Equipo:

- Balanza, con precisión de 0.1 gr y capacidad no menor a 1 kg.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra de Ensayo.
- Estufa, capaz de mantener una temperatura de 100°C +/- 5C°.

Procedimiento:

- Se coloca la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).
- Llevar el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de 100°C +/- 5C°.
- Pesar el recipiente con la muestra seca (Peso recipiente + muestra seca) y determinar la cantidad de agua evaporada.

B.5. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 por lavado de agregados (ASTM C117 / NTP400.018)

Se toma una muestra de agregado seca y se la pesa, luego se coloca en el recipiente y se agrega la cantidad suficiente de agua para cubrir el material. El contenido del recipiente se agita vigorosamente y el agua de lavado se vacía inmediatamente sobre la serie de dos tamices (N° 16 y N° 200), la agitación deberá ser lo suficiente vigorosa para obtener una completa separación de las partículas gruesas de aquellas que son más finas que el tamiz N° 200 y traer el material fino en suspensión de modo que sea removido por decantación del agua de lavado. Debe evitarse, tanto como sea posible, la decantación de las partículas gruesas de la muestra. La operación se repetirá hasta que el agua de lavado se vea clara.

C. Diseño y elaboración de mezclas de concreto patrón y modificado

C.1. Diseño Patrón: Método ACI 211

Se realizó diseños patrones de concreto con una resistencia de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, utilizando el método ACI 211.

Para el concreto modificado se realizó diseños con la adición de diferentes porcentajes de fibras de Polipropileno (0.10%, 0.17% y 0.25%).

C.2. Elaboración de mezclas de concreto patrón y modificado

Para la preparación de la mezcla del concreto patrón y modificado se utilizó una mezcladora mecánica, donde se colocan todos los componentes de la mezcla para un volumen de 0.017 m^3 , el volumen de 3 especímenes es de 0.016 m^3 pero según la NTP 339.183 se debe considerar un 10% de desperdicios, este concreto fue mezclado hasta homogenizarlo con todos sus materiales igualmente distribuidos.

Se realizaron tres testigos por cada diseño según la norma ASTM C31 / NTP 339.033, así como también se siguió la normativa de elaboración; tomándose como referencia los tiempos y secuencias de mezclado: Primero el agregado grueso con una parte de agua (con el aditivo si la mezcla lo requiere), luego se iniciaba el funcionamiento de la mezcladora agregándose el agregado fino, cemento y la otra parte del agua dejando mezclar por 3 minutos, luego para la mezcladora 2 minutos y volver a mezclar por otros 3 minutos.

C.3. Instrumentos

- Balanza, con precisión de 0.5 gr y capacidad no menor a 5 kg.
- Balanza, con precisión de 0.1 gr y capacidad no menor a 1 kg (para las fibras de Polipropileno).
- Mezcladora Mecánica.
- Recipientes.
- Envases Graduados.

D. Ensayos en el concreto fresco

Después de realizado la mezcla de concreto se realizó los siguientes ensayos:

D.1. Slump (ASTM C143 / NTP 339.035)

La muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta con una varilla metálica (chuceo) en un molde con forma de cono trunco (con medidas normalizadas). Se coloca en tres capas cada una con 25 golpes.

El molde se levanta y el concreto fluye. La distancia vertical entre la posición original (el tamaño del molde) y la desplazada producto del asentamiento del centro de la superficie superior del concreto es medida y registrada como el asentamiento del concreto.

D.2. Instrumentos

Los instrumentos necesarios para realizar los ensayos de concreto fresco fueron los siguientes:

- Barra Compactadora de 5/8"
- Cucharón.
- Wincha
- Cono de Abrams.

E. Desencofrado y curado de cilindros de concreto

Se han utilizado probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, los moldes se limpiaron y se les coloco petróleo para su mejor manejo al momento de desencofrar.

Para cada ensayo se elaboraron 3 testigos por cada diseño según la norma ASTM C31 / NTP 339.033.

Una vez realizada la mezcla, se procedió a vaciarla en los moldes con las dimensiones antes indicadas, este vaciado se hizo en tres capas; la primera se vació hasta llegar a 1/3 del molde y se compacto con 25 golpes, luego se dieron 15 golpes con un martillo de caucho tal y como especifica la NTP 339.033 para evitar burbujas de aire y un asentamiento uniforme, posteriormente se vació la siguiente capa y se compactó asegurándose que los golpes no llegaran a la primera capa en más de 1", finalmente se añadió la tercera capa hasta rebosar el molde y se repitió el proceso de compactación para posteriormente enrasarlo.

Se desencofro a las 24 horas ± 4 de realizados los especímenes de concreto, los cuales fueron curados en una poza a temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ según norma ASTM C31 / NTP 339.183.

4.3.2. Para analizar información.

Para analizar la información primeramente se determinó las características físico mecánicas de los agregados fino y grueso, estos deberán cumplir con los parámetros de las norma ASTM C33 / NTP 400.037, para poder ser utilizados en los diseños de mezclas.

Se analizó el ensayo para el concreto fresco para poder obtener los resultados del Slump de cada tanda de concreto.

Los resultados de los ensayos a la resistencia a compresión uniaxial de los diferentes diseños de concreto evaluados a los 7, 14 y 21 días. También se analizó el tipo de falla de todas las probetas de concreto según la ASTM C-39 / NTP 339. 034.

Se utilizó del software Excel de Microsoft Office 2013 para procesar los resultados.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos ya analizados de los ensayos de laboratorio: el estudio de cantera de los materiales de construcción, el análisis de la mezcla de concreto en estado fresco y la resistencia de los testigos de concreto. Todos los ensayos fueron efectuados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte.

5.1. Resultados de las características físicas de los agregados.

Según la especificación de la norma ASTM C-33 / NTP 300.037, se presentan los siguientes resultados obtenidos.

A. Agregado Grueso

En la siguiente tabla N° 9 se muestran los resultados que se obtuvo de la granulometría:

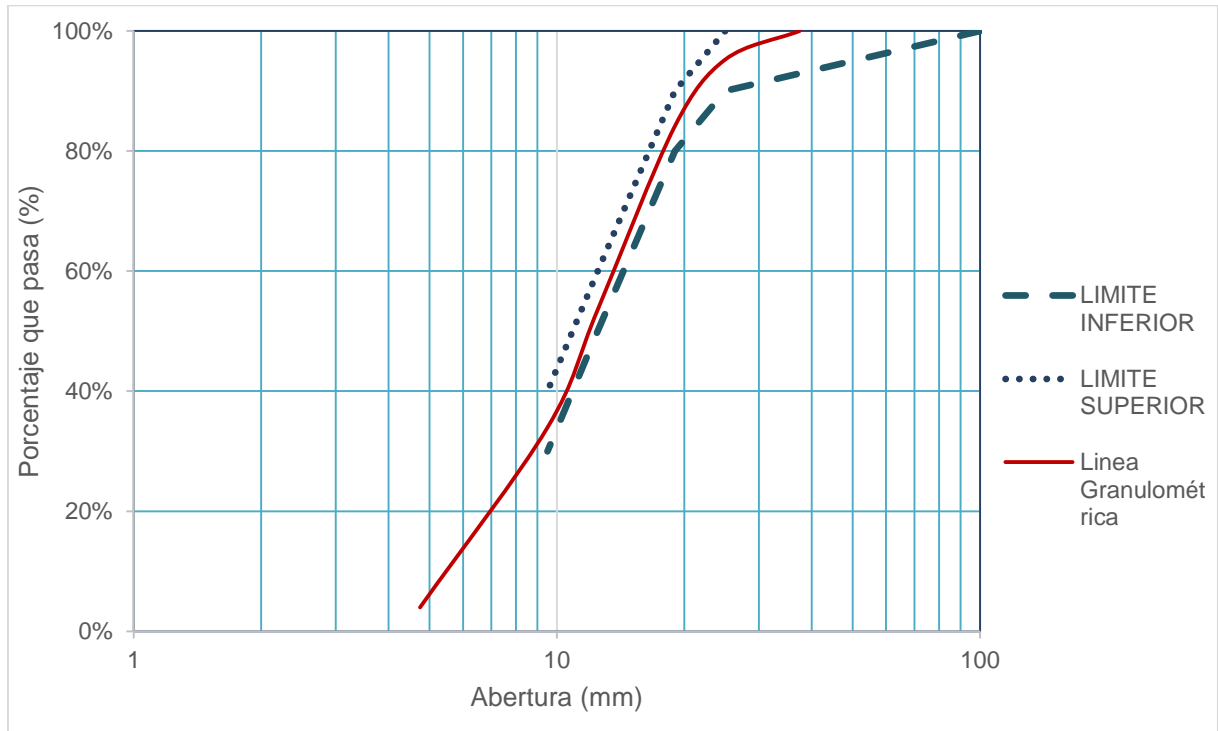
TABLA N° 9 Granulometría del Agregado Grueso

Tamiz o Malla		Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
Abertura (mm)	N°				
37.5	1 1/2"	0	0.00%	0.00%	100.00%
25	1"	238.48	4.77%	4.77%	95.23%
19	3/4"	555.68	11.11%	15.88%	84.12%
12.5	1/2"	1525.28	30.50%	46.38%	53.62%
9.5	3/8"	985.48	19.70%	66.08%	33.92%
4.75	4	1497.38	29.94%	96.02%	3.98%
Cazoleta		197.70			
Total		5000.00			

Fuente: Elaboración propia, 2016

Para clasificar el agregado grueso se realizara mediante el huso granulométrico, y se muestra en la siguiente figura.

FIGURA N° 11 Curva Granulométrica del agregado grueso (Huso # 67)



Fuente: Elaboración propia, 2016

La granulometría del agregado grueso cumple con los límites del huso granulométrico # 67, el TMN es 3/4". Según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037 **(Ver Anexo N° 01)**.

TABLA N° 10 Resumen de las características físicas del agregado grueso.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO				
ENSAYO	VALOR	UNIDAD	PARÁMETROS (ASTM C33 / NTP 400.037)	OBSERVACIONES
Contenido de Humedad	0.14	%	-	-----
Peso Específico de Masa (Pem)	2.501	gr/cm ³	-	-----
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.544	gr/cm ³	- -	-----
Peso Específico aparente (Pea)	2.512	gr/cm ³	-	-----
Absorción (Ab)	2.641	%	-	-----
Peso unitario suelto	1405.12	kg/m ³	-	-----
Peso unitario compactado	1545.19	kg/m ³	-	-----
Porcentaje que Pasa el tamiz N°200	0.75	%	1 (máximo)	Verdadero

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados del Agregado Grueso:

1. Granulometría:

Respecto a la granulometría obtenida se puede determinar que el material puede ser utilizado para la elaboración de concreto.

La granulometría del agregado grueso cumple con los límites del Huso Granulométrico #67 de la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

El Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado es de ¾".

2. Porcentaje que pasa el tamiz N° 200:

Se obtuvo 0.75%, el cual está por debajo del límite permisible de 1% según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037. Con el cual concluimos que el agregado no necesita ser lavado para utilizarlo.

Las propiedades del agregado grueso antes mostradas en la tabla N° 10, servirán para el diseño de mezclas de concreto

B. Agregado Fino

En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvo de la granulometría:

TABLA N° 11 Granulometría del Agregado Fino

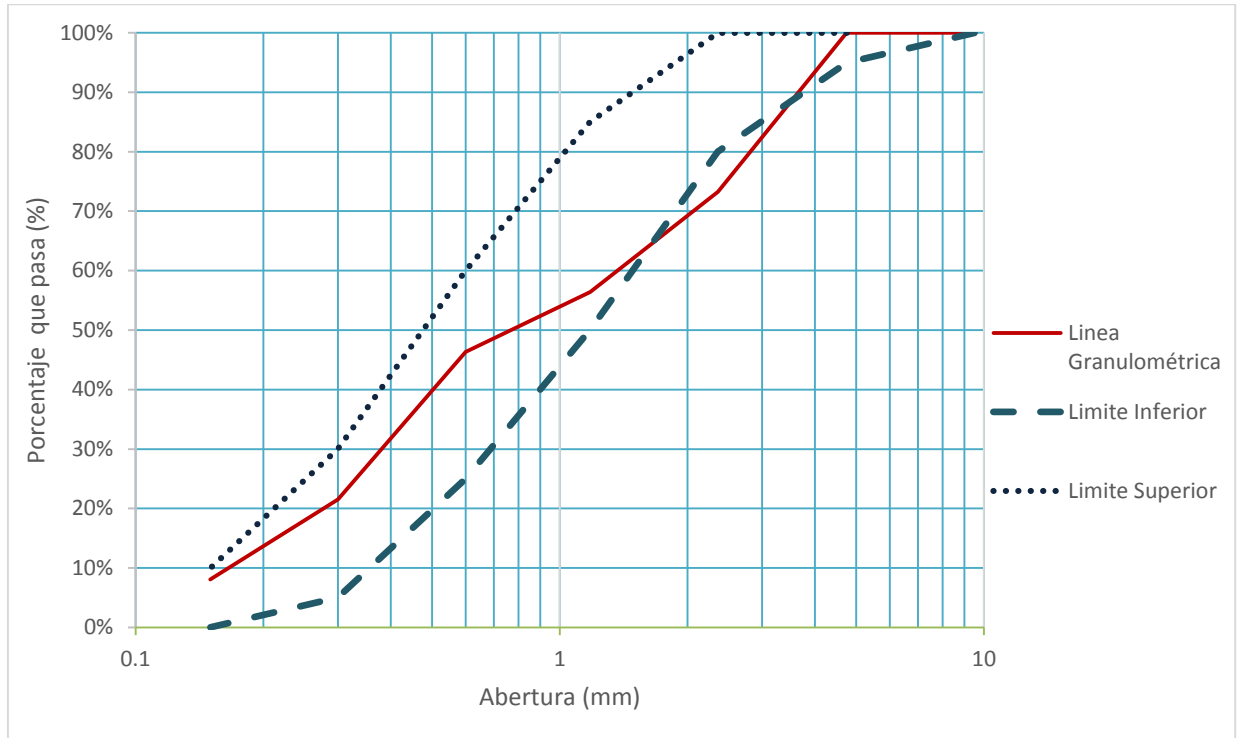
Peso inicial (gr) : 1650.6

Tamiz o Malla		Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
Abertura (mm)	N°				
9.5	3/8	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
4.75	4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2.36	8	441.74	26.76%	26.76%	73.24%
1.18	16	277.54	16.81%	43.58%	56.42%
0.6	30	166.54	10.09%	53.67%	46.33%
0.3	50	409.94	24.84%	78.50%	21.50%
0.15	100	221.54	13.42%	91.93%	8.07%
0.075	200	85.04	5.15%	97.08%	2.92%
Cazoleta		48.24	2.92%	100.00%	0.00%
TOTAL		1650.6			

Fuente: Elaboración propia, 2016

Para clasificar el agregado grueso se realizara mediante el huso granulométrico # 6, y se muestra en la siguiente figura.

FIGURA N° 12 Curva Granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia, 2016

La granulometría del agregado fino cumple NTP 400.037 /ASTM C-33, lo cual se puede ver en el gráfico.

TABLA N° 12 Resumen de las características físicas del agregado fino.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO				
ENSAYO	VALOR	UNIDAD	PARÁMETROS (ASTM C33 / NTP 400.037)	OBS
Módulo de Finura (MF)	2.94	-----	-	---
Contenido de Humedad	0.91	%	-	---
Peso Específico de Masa (Pem)	2.554	gr/cm ³	-	---
Peso Específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.579	gr/cm ³	-	---
Peso Específico aparente (Pea)	2.620	gr/cm ³	-	---
Absorción (Ab)	0.99	%	-	---
Peso unitario suelto	1553.88	kg/m ³	-	---
Peso unitario compactado	1774.78	kg/m ³	-	---
Porcentaje que Pasa el tamiz N°200	2.92	%	5 (máximo)	Verdadero

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados del Agregado Grueso:

1. Granulometría:

De acuerdo con la granulometría obtenida se puede determinar que el material puede ser utilizado para la elaboración de concreto.

El módulo de finura obtenida es de 2.94 cumple con el rango permisible de 2.3 a 3.1 según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

La granulometría del agregado grueso cumple con los límites del Huso Granulométrico # 6 de la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

El porcentaje de la muestra que pasa por tamiz N° 8 es de 73.24%, por lo tanto no cumple con los límites de granulometría según Norma ASTM C-33 / NTP 400.037 que establece un rango para el tamiz N° 8 de 80%-100%.

5.2. Resultados de los diseños y las mezclas de concreto fresco

A. Diseño de Mezclas

Se realizó diseños de mezcla de concreto convencional con un resistencia deseada de 175 kg/cm^2 , a los 7, 14 y 28 días. El cual se muestra a continuación:

TABLA N° 13 Cantidad de materiales para el diseño Patrón ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)

CANTIDAD DE MATERIAL PARA 1 M³ DE CONCRETO

MATERIAL	PESO POR M ³		PESOS		PROPORCIÓN
			CORREGIDOS POR HUMEDAD		
Cemento	325.4	kg/m ³	325.4	kg/m ³	1
Agua	205.00	lt/m ³	224.15	lt/m ³	29.3
Agregado Grueso	935.71	kg/m ³	935.72	kg/m ³	2.88
Agregado Fino	778.43	kg/m ³	778.50	kg/m ³	2.39

Fuente: Elaboración propia, 2016

La adición de las Fibras se calcula en base a la cantidad total por metro cúbico.

- Para el porcentaje de adición de **0.10%** es la siguiente:

$$\text{Masa de fibra} = d \cdot \text{Volumen de fibra}$$

$$\text{Masa de fibra} = 0.91 \text{ Ton/m}^3 \cdot 0.0010 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa de fibra} = 0.00091 \text{ Ton}$$

Por lo tanto: 0.91 kg/m^3 de Concreto

- Para la concentración de **0.17%** es la siguiente:

$$\text{Masa de fibra} = d \cdot \text{Volumen de fibra}$$

$$\text{Masa de fibra} = 0.91 \text{ Ton/m}^3 \cdot 0.0017 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa de fibra} = 0.001547 \text{ Ton}$$

Por lo tanto: 1.547 kg/m^3 de Concreto

- Para el porcentaje de adición de **0.25%** es la siguiente:

$$\text{Masa de fibra} = d \cdot \text{Volumen de fibra}$$

$$\text{Masa de fibra} = 0.91 \text{ Ton/m}^3 \cdot 0.0025 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa de fibra} = 0.002275 \text{ Ton}$$

Por lo tanto: 2.275 kg/m^3 de Concreto

TABLA N° 14 Cantidad de fibras de polipropileno requeridas por m^3 ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)

CANTIDAD DE FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA 1 M^3 DE CONCRETO

PORCENTAJE DE ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO	PESO POR M^3	
0.10%	0.91	kg/m^3
0.17%	1.547	kg/m^3
0.25%	2.275	kg/m^3

Fuente: Elaboración propia, 2016

B. Concreto Fresco

Se realizó los ensayos al concreto fresco, siguiendo los procedimientos que están establecidos en las normas correspondientes. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 15 Resultado de los ensayos de concreto fresco

ENSAYOS EN EL CONCRETO FRESCO		
DISEÑOS	PROBETA PROMEDIO	ASENTAMIENTO (pulg)
DISEÑO PATRON $f'c=175$ (kg /cm ²)	P1	3.75"
	P2	4"
	P3	4"
DISEÑO $f'c=175$ (kg /cm ²) + 0.10% ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO	P1	3.75"
	P2	3.5"
	P3	3.5"
DISEÑO $f'c=175$ (kg /cm ²) + 0.17% ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO	P1	3"
	P2	3.5"
	P3	3.15"
DISEÑO $f'c=175$ (kg /cm ²) + 0.25% ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO	P1	3"
	P2	2.75"
	P3	3"

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados del Concreto Fresco:

A. Concreto Patrón: ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): El asentamiento del concreto patrón fue el diseñado inicialmente, para el cual se le consideró un asentamiento plástico (3 a 4 pulg.), cumpliendo con nuestro diseño planteado inicialmente.

B. Concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) con la adición del 0.10% de Fibras de Polipropileno:

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): En la tabla 15, se observa que: los diseños P1, P2 y P3 del diseño con la adición DE 0.10% de Fibras de Polipropileno, presentan un asentamiento promedio de 3.5", respecto al del diseño patrón que es de 4". Sin embargo los asentamientos obtenidos son aceptables, ya que cumplen con el diseño de concreto planteado.

C. Concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) con la adición del 0.17% de Fibras de Polipropileno:

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): En la tabla 15, se observa que: los diseños P1, P2 y P3 del diseño con la adición del 0.17% de Fibras de Polipropileno, presentan un asentamiento de 3 ¼ ", respecto al del diseño patrón que es de 4". Sin embargo los asentamientos obtenidos son aceptables, ya que cumplen con el diseño de concreto planteado.

D. Concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) con la adición del 0.25% de Fibras de Polipropileno:

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): En la tabla 15, se observa que: los diseños P1, P2 y P3 del diseño con la adición del 0.25% de Fibras de Polipropileno, presentan un asentamiento de 3". Los asentamientos obtenidos son aceptables, ya que cumplen con el diseño de concreto planteado.

5.3. Resultados del concreto endurecido

La Tabla 16, presenta los resultados de los ensayos a compresión uniaxial para todos los diseños de mezclas (Patrón, y adiciones de 0.10%, 0.17% y 0.25% de fibras de polipropileno) de probetas a la edad de 7 días.

La Tabla 17, presenta los resultados de los ensayos a compresión uniaxial para todos los diseños de mezclas (Patrón, y adiciones de 0.10%, 0.17% y 0.25% de fibras de polipropileno) de probetas a la edad de 14 días.

La Tabla 18, presenta los resultados de los ensayos a compresión uniaxial para todos los diseños de mezclas (Patrón, y adiciones de 0.10%, 0.17% y 0.25% de fibras de polipropileno) de probetas a la edad de 21 días.

TABLA N° 16 Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido de todos los diseños de mezcla a los 07 días ($f'c = 175$ kg/cm²)

DISEÑO $f'c=175$ (kg /cm ²)											
EDAD	DISEÑO	PROBETA	PROMEDIO		AREA (cm ²)	Carga Max kg	σ (kg/cm ²)	σ prom (kg/cm ²)	Resistencia σ (%)	σ (%) Promedio	Resistencia Mínima (ACI) (%)
			DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)							
7 Días	Patrón	P1	14.94	30.08	175.21	37383	213.25	220.25	122%	125.86%	65%
		P2	14.95	29.77	175.45	39237	223.52		128%		
		P3	15.02	30.12	177.10	39685	223.97		128%		
7 Días	0.10% Fibras de Polipropileno	P4	14.95	29.72	175.45	37729	214.93	209.00	123%	119.43%	65%
		P5	15.01	29.69	176.86	35981	203.34		116%		
		P6	15.09	29.74	178.75	37329	208.73		119%		
7 Días	0.17% Fibras de Polipropileno	P7	15.01	29.95	176.86	46285	261.57	252.61	149%	144.35%	65%
		P8	14.96	29.83	175.68	42911	244.13		140%		
		P9	15.01	29.81	176.86	44614	252.13		144%		
7 Días	0.25% Fibras de Polipropileno	P10	14.82	29.79	172.41	39350	228.12	217.13	130%	124.08%	65%
		P11	14.99	29.85	176.39	39327	222.84		127%		
		P12	14.96	29.88	175.68	35232	200.44		115%		

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 17 Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido de todos los diseños de mezcla a los 14 días ($f'c = 175$ kg/cm²)

DISEÑO $f'c=175$ (kg /cm ²)											
EDAD	DISEÑO	PROBETA	PROMEDIO		AREA (cm ²)	Carga Max kg	σ (kg/cm ²)	σ prom (kg/cm ²)	Resistencia σ (%)	σ (%) Promedio	Resistencia Mínima (ACI) (%)
			DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)							
14 Días	Patrón	P13	14.85	29.96	173.11	46608	269.10	287.00	154%	164.00%	90%
		P14	14.9	30.3	174.28	51883	297.55		170%		
		P15	15	30.14	176.63	52013	294.33		168%		
14 Días	0.10% Fibras de Polipropileno	P16	14.99	30.18	176.39	46148	261.49	274.93	149%	157.10%	90%
		P17	14.96	30.11	175.68	51749	294.41		168%		
		P18	14.97	30.22	175.92	47328	268.90		154%		
14 Días	0.17% Fibras de Polipropileno	P19	14.98	29.61	176.15	48242	273.72	270.61	156%	154.63%	90%
		P20	15.06	30.21	178.04	44827	251.65		144%		
		P21	14.99	29.69	176.39	50553	286.45		164%		
14 Días	0.25% Fibras de Polipropileno	P22	15.01	29.86	176.86	38786	219.19	244.88	125%	139.93%	90%
		P23	15.04	29.85	177.57	47235	265.88		152%		
		P24	14.99	29.92	176.39	44044	249.57		143%		

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 18 Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido de todos los diseños de mezcla a los 21 días ($f'c = 175$ kg/cm²)

DISEÑO $f'c=175$ (kg /cm ²)											
EDAD	DISEÑO	PROBETA	PROMEDIO		AREA (cm ²)	Carga Max kg	σ (kg/cm ²)	σ prom (kg/cm ²)	Resistencia σ (%)	σ (%) Promedio	Resistencia Mínima (ACI) (%)
			DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)							
21 Días	Patrón	P25	15.02	30.07	177.10	46448	262.14	250.96	150%	143.40%	95%
		P26	14.94	29.96	175.21	42368	241.68		138%		
		P27	15.05	30.03	177.80	44304	249.05		142%		
21 Días	0.10% Fibras de Polipropileno	P28	14.98	29.96	176.15	46517	263.94	266.21	151%	152.12%	95%
		P29	14.96	30.02	175.68	47316	269.19		154%		
		P30	15.02	29.88	177.10	47044	265.51		152%		
21 Días	0.17% Fibras de Polipropileno	P31	15.01	30.01	176.86	50846	287.35	283.13	164%	161.79%	95%
		P32	15.04	29.85	177.57	50100	282.00		161%		
		P33	15.07	29.94	178.28	49949	280.03		160%		
21 Días	0.25% Fibras de Polipropileno	P34	14.95	30.06	175.45	50261	286.32	291.62	164%	166.64%	95%
		P35	14.9	30.02	174.28	47857	274.46		157%		
		P36	14.98	29.93	176.15	55353	314.07		179%		

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados:

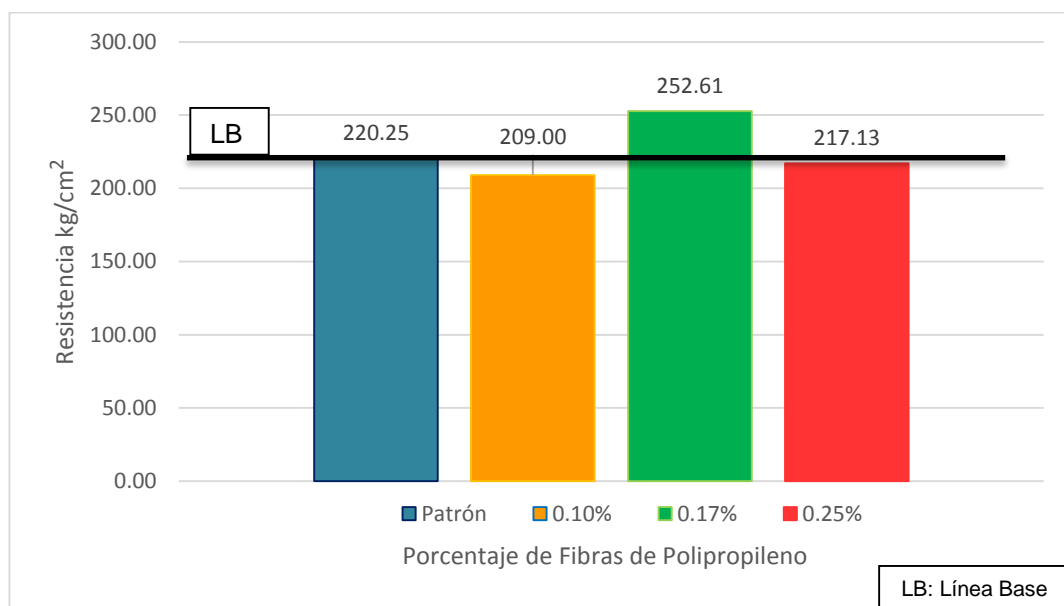
A. Concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) a los 7 días

En la figura 12 los resultados demuestran como la adición de Fibras de Polipropileno son capaces de generar un incremento de la resistencia a la compresión uniaxial de los especímenes a los 7 días.

Los datos recolectados demuestran que únicamente en la adición de 0.17% de fibras de Polipropileno la resistencia se incrementa, mientras que en las dosificaciones de 0.10% y 0.25% la resistencia se reduce.

Asimismo, se puede notar que al adicionar el 0.17% de fibras de Polipropileno se obtiene un incremento de la resistencia a compresión del 14.69% con respecto al diseño patrón, asimismo al adicionar el 0.10% de fibras de polipropileno su resistencia a compresión se reduce en un 5.11% con respecto al diseño patrón y al adicionar 0.25% la resistencia a compresión se reduce ligeramente en un 1.42%. Estos resultados reflejan la posibilidad de emplear las fibras de polipropileno en la elaboración de elementos estructurales debido al incremento en la resistencia a la compresión uniaxial en los primeros días sólo si se aplica en la dosificación adecuada.

FIGURA N° 13 Resistencia alcanzada de cada diseño a los 7 días



Fuente: Elaboración propia, 2016

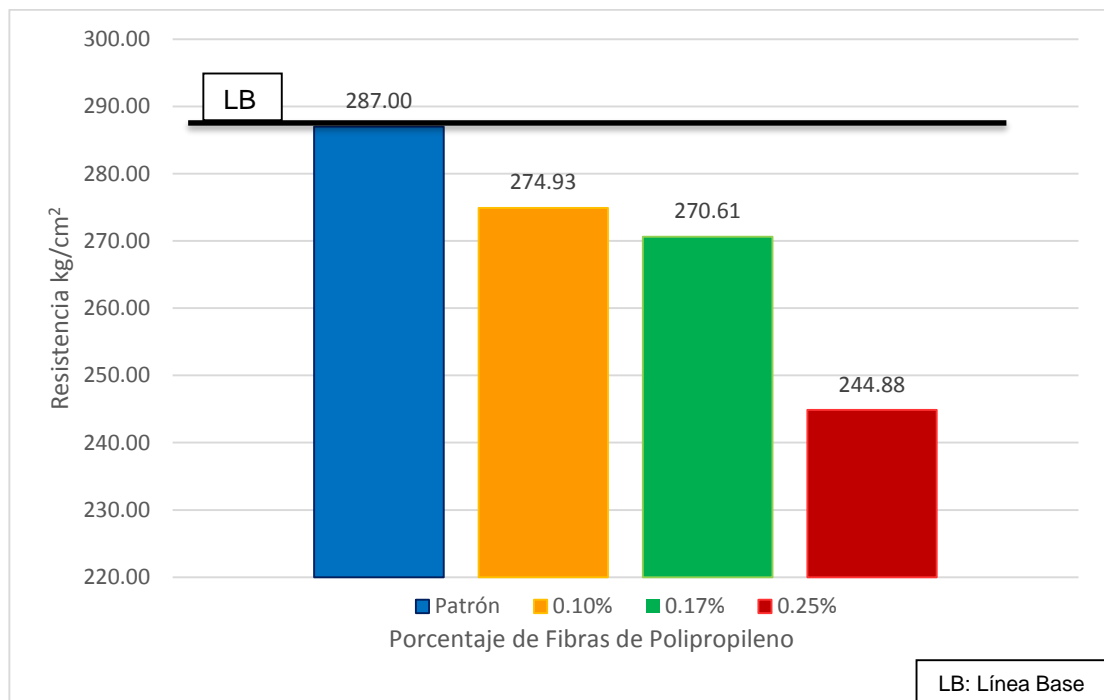
B. Concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) a los 14 días

En la figura 13 los resultados demuestran como la adición de Fibras de Polipropileno no son capaces de generar un incremento de la resistencia a la compresión uniaxial de los especímenes a los 14 días.

Los datos recolectados demuestran que las adiciones de 0.10%, 0.17% y 0.25% de fibras de Polipropileno reducen la resistencia uniaxial del concreto.

Asimismo, se puede notar que al adicionar el 0.10% de fibras de polipropileno su resistencia a compresión se reduce en un 4.20% con respecto al diseño patrón, al adicionar 0.17% la resistencia a compresión se reduce en un 5.71% y al adicionar 0.25% la resistencia a compresión se reduce en un 14.68%. Estos resultados reflejan riesgos al emplear las fibras de polipropileno en la elaboración de elementos estructurales.

FIGURA N° 14 Resistencia alcanzada de cada diseño a los 14 días



Fuente: Elaboración propia, 2016

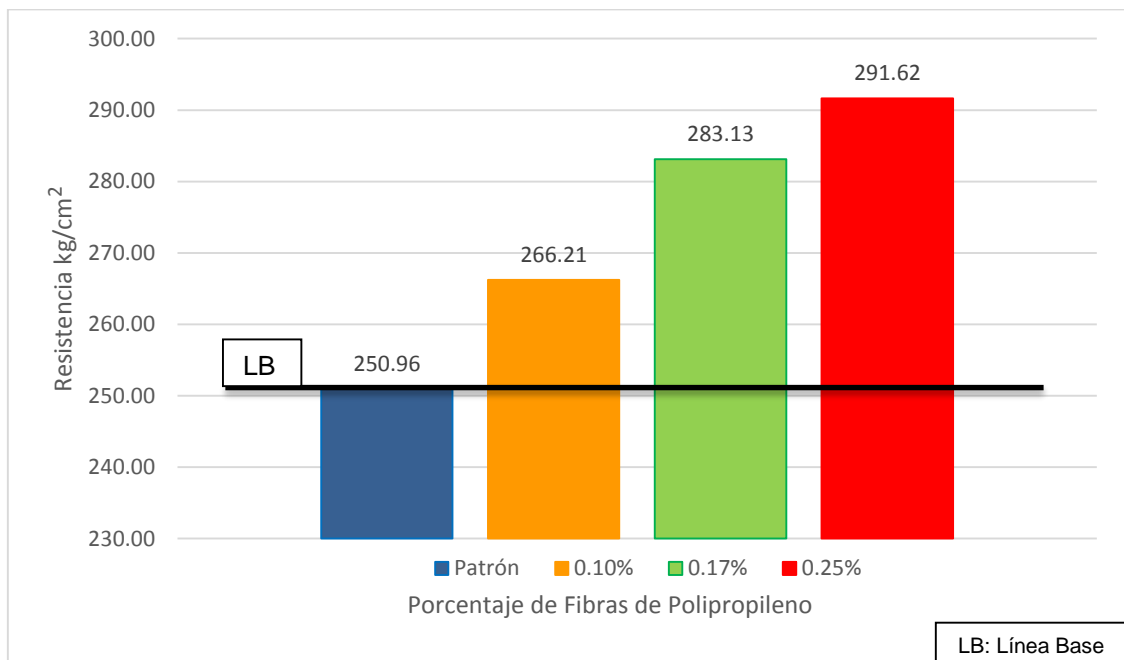
C. Concreto ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) a los 21 días

En la figura 14 los resultados demuestran como la adición de Fibras de Polipropileno son capaces de generar un incremento de la resistencia a la compresión uniaxial de los especímenes a los 14 días.

Los datos recolectados demuestran que todos los diseños de mezcla adicionando fibras de Polipropileno (0.10%, 0.17% y 0.25%) provocan un incremento de la resistencia uniaxial.

Al adicionar el 0.10% de fibras de Polipropileno se obtiene un incremento de la resistencia a compresión del 6.08% con respecto al diseño patrón, asimismo al adicionar el 0.17% de fibras de polipropileno su resistencia a compresión se incrementa en un 12.82% con respecto al diseño patrón y al adicionar 0.25% la resistencia a compresión se aumenta en un 16.21%. Estos resultados reflejan la posibilidad de emplear las fibras de polipropileno en la elaboración de elementos estructurales debido al incremento en la resistencia a la compresión uniaxial, demostrando un mejor resultado en la adición del 0.25% de fibras de polipropileno.

FIGURA N° 15 Resistencia alcanzada de cada diseño a los 21 días

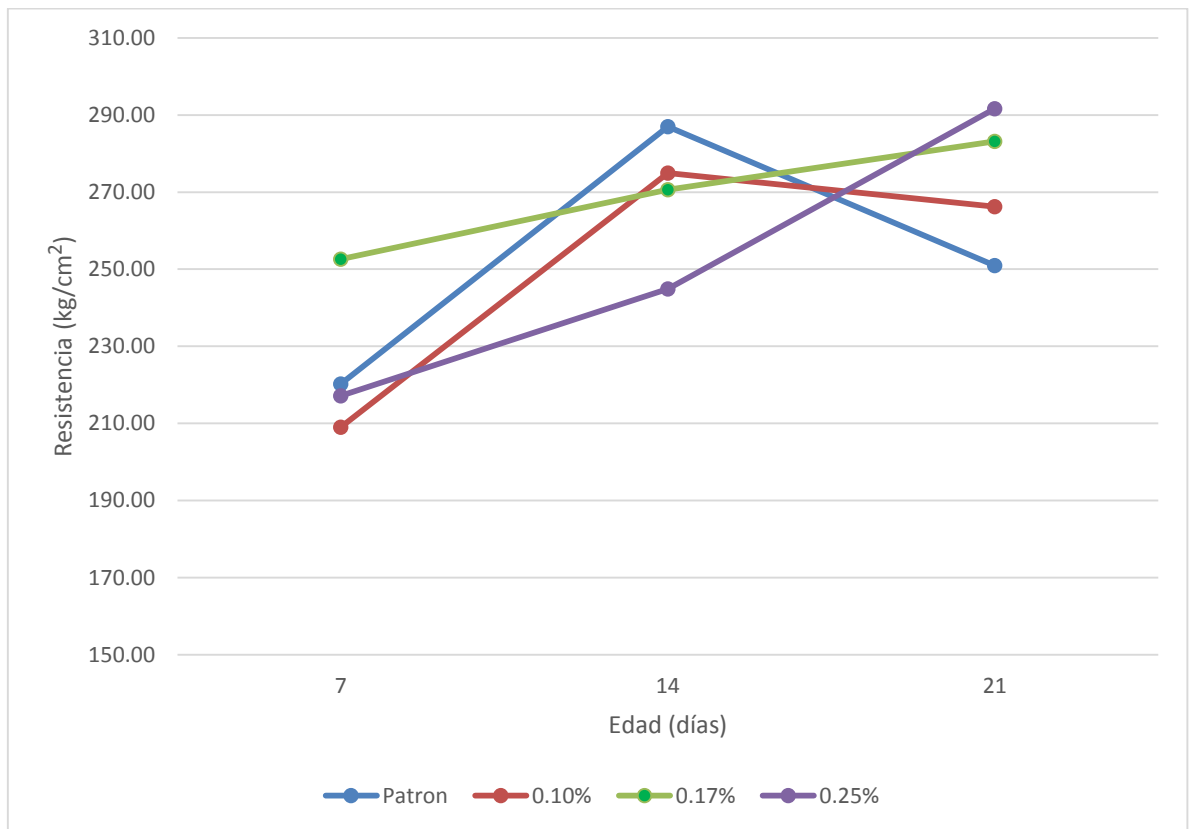


Fuente: Elaboración propia, 2016

5.4. Discusión de Resultados:

- De acuerdo a los resultados, el concreto convencional y el concreto con adición de Fibras de Polipropileno son aptos para el uso cumpliendo con los requerimientos de resistencia mínima según norma ASTM C39 / N.T.P 339.034, de acuerdo a esta indicación la investigación refleja valores de resistencia adecuados o conformes a lo establecido.

FIGURA N° 16 Resistencia alcanzada de cada diseño de Mezclas



Fuente: Elaboración propia, 2016

- Los resultados obtenidos en la FIGURA N° 15 nos indica que los concretos adicionados con fibras de polipropileno presentan un incremento de la resistencia a compresión uniaxial respecto a las del diseño convencional a los 21 días, sin embargo el resultado varía en los días 7 y 14 en donde la adición de las fibras puede incluso reducir la resistencia del concreto.

- Estos resultados reflejan la posibilidad de emplear el material en la elaboración de elementos estructurales como incremento en la resistencia a la compresión uniaxial.
- Según los antecedentes analizados, el concreto con adición de fibras de polipropileno tiene usos excelentes en el concreto lanzado, pavimentos y pisos.
- Los resultados en la presente investigación de Tesis de las probetas ensayadas al día 21 con la dosificación de 0.25% de Fibras de Polipropileno muestran una mejora a la resistencia a la compresión de 16.21% con respecto al diseño patrón, obteniendo un mejor resultado que en el de la Tesis de investigación *"Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado"* por Jorge López Roman del año 2015; en el cual se obtuvo con el 0.25% de adición de fibras de polipropileno una mejora en resistencia del 5.56% con respecto al diseño patrón de $F'c = 400 \text{ kg/cm}^2$, en esta tesis de investigación también se utilizó agregado de cerro de origen calizo y agregado fino provenientes de una mina.
- Los resultados en la presente investigación de Tesis de las probetas ensayadas al día 21 con la dosificación de 0.17% de Fibras de Polipropileno muestran una mejora a la resistencia a la compresión de 12.82% con respecto al diseño patrón, obteniendo un mejor resultado que en el de la Tesis de Investigación *"Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la Cantera De Pifo"* por Verónica Paulina Barros Fierro y Hugo César Ramírez Cueva del año 2012; en el cual se obtuvo con el 0.17% de adición de fibras de polipropileno una mejora en resistencia del 8.30% con respecto al diseño Patrón de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en esta tesis de investigación se utilizó agregados de cerro con existencia de roca volcánica.

D. Tipos de fracturas en cada especie de concreto

FOTOGRAFIA N° 1 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 7 días
(Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 2 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 7 días
(Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 3 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 7 días
(Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 4 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.10% de Fibras
de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo III)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 5 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 6 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.10% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo II)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 7 Fractura presentada en la probeta 1 del con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo VI)



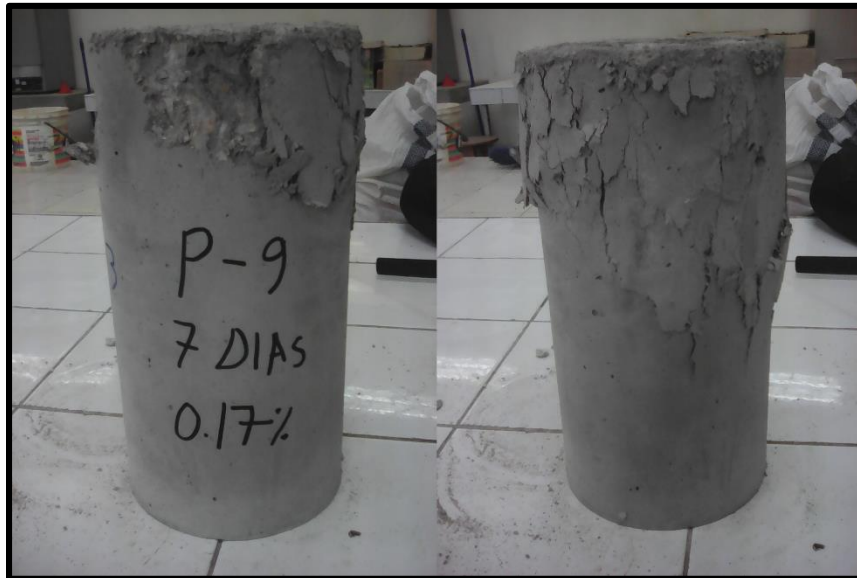
Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 8 Fractura presentada en la probeta 2 del con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo II)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 9 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.17% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 10 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo IV)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 11 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo II)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 12 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.25% de Fibras de Polipropileno a los 7 días (Fractura tipo IV)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 13 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 14 días
(Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 14 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 14 días
(Fractura tipo III)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 15 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 14 días
(Fractura tipo III)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 16 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.10% de fibras
de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo III)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 17 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.10% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 18 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.10% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 19 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.17% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 20 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.17% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 21 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.17% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 22 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.25% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 23 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.25% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo III)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 24 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.25% de fibras de Polipropileno a los 14 días (Fractura tipo III)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 25 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 21 días
(Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 26 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 21 días
(Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 27 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 21 días
(Fractura tipo VI)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 28 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.10% de fibras
de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 29 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño 0.10% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo II)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 30 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.10% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 31 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.17% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 32 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.17% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 33 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 0.17% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 34 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 0.25% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 35 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 0.25% de fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo V)



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 36 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 15% de Fibras de Polipropileno a los 21 días (Fractura tipo II)



Fuente: Elaboración propia, 2016

CONCLUSIONES

1. Se cumple parcialmente la hipótesis planteada, a los 21 días todas los porcentajes de adición de fibras de polipropileno aumentan la resistencia a compresión uniaxial del concreto, la adición de 0.25% obtuvo una mayor mejora de resistencia a compresión uniaxial aumentando en un 16.65% con respecto al diseño patrón, superando al porcentaje de adición de 0.10% y 0.17% con mejora a compresión uniaxial con respecto al diseño patrón en el día 21 de 6.08% y 12.82% respectivamente.
2. El diseño patrón obtiene una resistencia a los 7 días de 220.25 Kg/cm², a los 14 días se obtiene una resistencia de 274.93 Kg/cm² y a los 21 días se obtiene la resistencia de 250.96 Kg/cm². Como se explicó en las limitaciones de la Tesis, los datos obtenidos de la máquina para ensayos de compresión de concreto perteneciente al laboratorio de concreto son cuestionables con respecto a la carga última; habiendo una operación de mantenimiento de la máquina para ensayos de compresión de concreto en la víspera de los ensayos de los días 14.
3. Al adicionar el 0.10% de Fibras de Polipropileno se obtienen una resistencia a los 7 días de 209.00 Kg/cm², siendo 5.11% menor que la resistencia del diseño patrón; a los 14 días se obtiene una resistencia de 274.93 Kg/cm² siendo 4.20% menor que la resistencia del diseño patrón; a los 21 días se obtiene la resistencia de 266.34 Kg/cm² lo que corresponde a un incremento de la resistencia a compresión de 6.08% con respecto al diseño de concreto patrón.
4. Al adicionar el 0.17% de Fibras de Polipropileno se obtienen una resistencia a los 7 días de 252.61 Kg/cm², siendo 14.69% mayor que la resistencia del diseño patrón; a los 14 días se obtiene una resistencia de 270.61 Kg/cm² siendo 5.71% menor que la resistencia del diseño patrón; a los 21 días se obtiene la resistencia de 283.13 Kg/cm² lo que corresponde a un incremento de la resistencia a compresión de 12.82% con respecto al diseño de concreto patrón.
5. Al adicionar el 0.25% de Fibras de Polipropileno se obtienen una resistencia a los 7 días de 217.13 Kg/cm², siendo 1.42% menor que la resistencia del diseño patrón; a

los 14 días se obtiene una resistencia de 244.88 Kg/cm² siendo 14.68% menor que la resistencia del diseño patrón; a los 21 días se obtiene la resistencia de 291.62 Kg/cm² lo que corresponde a un incremento de la resistencia a compresión de 16.21% con respecto al diseño de concreto patrón.

6. Los resultados obtenidos nos indican que los concretos adicionados con fibras de polipropileno presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional según resultados obtenidos a los 21 días.

RECOMENDACIONES

1. En futuras investigaciones se puede efectuar un análisis comparativo de uso de fibras de polipropileno con respecto a diferentes usos de cantera: de río y de cerro, así como también probar la resistencia a compresión uniaxial en probetas de 90 días de edad.
2. En futuras investigaciones se puede efectuar un análisis comparativo de costos unitarios de concretos convencionales y de concretos con adición de fibras de polipropileno en sus diferentes porcentajes de adición.
3. Ampliar el uso de fibras de polipropileno con agregados cerro en estructuras y se compruebe en el uso si son o no adecuadas.

REFERENCIAS

1. Arana, D. R. (s.f.). *DISEÑO DE MEZCLA*.
Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/57033127/DISENO-DE-MEZCLA> el 18/07/2016
2. Barreda, M., Iaini, C., & Sota, J. (Agosto de 2000). *HORMIGON REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO: TRAMO EXPERIMENTAL DE UN PAVIMENTO DE HORMIGON*. La Plata, Argentina.
3. Barros Fierro, V. P., & Ramírez Cueva, H. C. (2012). *DISEÑO DE HORMIGONES CON FIBRAS DE POLIPROPILENO PARA RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE 21 Y 28 MPa CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE PIFO*. Quito, Ecuador.
4. CIVIL, C. (Enero de 2011). Obtenido de <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/resistencia-del-concreto.html> Obtenido el 17/08/2016
5. Gutiérrez, M. C. (s.f). *Evaluacion del comportamiento del concreto al que se ha reemplazado el agregado fino por viruta de acero*. Cuzco.
6. Kosmatka, S. (2004).
7. Leiva, J. L. (1996). *Tecnología del Concreto*. Cajamarca.
8. Marrufo, J. J. (2015). *INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO AL INCORPORAR PARCIALMENTE CENIZA DE ARROZ POR CEMENTO PORTLAND*.
9. Martínez, D. (2000). *Hormigones de Altas Prestaciones*.
10. Mercado, M. P. (2010). *EFECTO DE LA ADICIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS SOBRE LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO*. Ciudad de México.
11. Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.060 Concreto Armado*. Lima, Lima, Perú: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2009-07742.
12. NTE. (2009). En *NORMA TECNICA DE EDIFICACION*. LIMA.
13. NTP. (2002). *NTP*.
14. Paez, A. (1986). *Hormigon Armado*. Barcelona: Reverte, S.A.
15. *Porcentaje de absorción y humedad en los agregados del diseño de mezclas*. (s.f.).
16. Reyes y Gutiérrez. (2010). *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO AL ADICIONAR LIMALLA FINA EN UN 3%, 4% Y 5% RESPECTO AL PESO DE LA MEZCLA*.
17. Rivva, L. E. (2007). Lima.
18. Sika Perú S.A. (Agosto de 2011). *Concreto Reforzado con Fibras*. Lurín, Lima, Perú: "Las Praderas de Lurín".
19. Sika Perú S.A. (24 de Noviembre de 2014). *Fibra de Polipropileno para el refuerzo de concreto. HOJA TÉCNICA Sikafiber® PE*. Lurín, Lima, Perú: "Las Praderas de Lurín".
20. Torre, A. (2004). *Curso Básico de tecnología del concreto*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
21. American Concrete Institute, ACI 318
22. Instrucción Española de Hormigón Estructural. (EHE)
23. Karla Jhanet Torres Rios (2015). *EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $F'c = 140 \text{ KG/CM}^2$ Y $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ USANDO AGREGADO DE RÍO O DE CERRO EN CAJAMARCA*.
24. Eduardo Montalvo Guevara (2015). *PAVIMENTOS RÍGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES*.
25. Alexander Jhoel Astopilco Valiente (2015). *COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNIDADES DE LADRILLOS DE CONCRETO Y OTROS ELABORADOS CON RESIDUOS PLÁSTICOS DE PVC*.

ANEXOS

ANEXO N° 01. REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO

TABLA N° 19 Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso

		Grading Requirements for Coarse Aggregates													
Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings), Mass Percent													
		100 mm (4 in)	90 mm (3 1/2 in)	75 mm (3 in)	63 mm (2 1/2 in)	50 mm (2 in)	37.5 mm (1 1/2 in)	25 mm (1 in)	19 mm (3/4 in)	12.5 mm (1/2 in)	9.5 mm (3/8 in)	4.75mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 um (N° 50)
1	90 to 37.5 mm (3 1/2 to 1 1/2 in)	100	90 to 100	.....	25 to 60	.....	0 to 15	.....	0 to 5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	63 to 37.5 mm (2 1/2 to 1 1/2 in)	.....	.....	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	.....	0 to 5	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	50 to 25 mm (2 to 1 in)	.....	.....	.....	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	.....	0 to 5	.....	.....	.....	.....	.....
357	50 to 4.75 mm (2 in to N° 4)	.....	.....	.....	100	90 to 100	.....	35 to 70	.....	10 to 30	.....	0 to 5	.....	.....	.....
4	37.5 to 19 mm (1 1/2 to 3/4 in)	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	.....	0 to 5	.....	.....	.....	.....
467	37.5 to 4.75 mm (1 1/2 in to N° 4)	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	.....	35 to 70	.....	10 to 30	0 to 5	.....	.....	.....
5	25.0 to 12.5 mm (1 to 1/2 in)	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	.....	.....	.....	.....
56	25.0 to 9.5 mm (1 to 3/8 in)	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	.....	.....	.....
57	25.0 to 4.75 mm (1 in to N° 4)	.....	.....	.....	.....	.....	100	95 to 100	.....	25 to 60	.....	0 to 10	0 to 5	.....	.....
6	19.0 to 9.5 mm (3/4 to 3/8 in)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	.....	.....	.....
67	19.0 to 4.75 mm (3/4 in to N° 4)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	.....	20 to 55	0 to 10	0 to 5	.....	.....
7	12.5 to 4.75 mm (1/2 in to N° 4)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	.....	.....
8	9.5 to 2.36 mm (3/8 in to N° 8)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	.....
89	9.5 to 1.18 mm (3/8 in to N° 16)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5
9A	4.75 to 1.18 mm (N° 4 to N° 16)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	95 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5

C 33 - 07

^A Size Number 9 aggregate is defined in terminology C 125 is a fine aggregate. It is included as a coarse aggregate when it is combined with a size number 8 material to create a size number 89, which is a coarse aggregate as defined by Terminology C 125.

Fuente. Norma ASTM C33. Especificación para los Agregados del Concreto

ANEXO N° 02. DISEÑO DE MEZCLAS

DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DEL ACI 211 PARA UNA RESISTENCIA $f'c=175\text{kg/cm}^2$

1. Especificaciones:

- Resistencia requerida a los 28 días: $f'c=175\text{kg/cm}^2$
- El tipo de cemento a usar: Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Selección del asentamiento (Slump): 3"- 4", consistencia plástica.
- Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso: 3/4"
- Aire incorporado: Sin aire incorporado

2. Características de los materiales:

Con los datos obtenido en laboratorio, y presentados en el capítulo 6, se presentan los siguientes resultados:

Agregado Fino:

- Peso específico de masa.....2.620 gr/cm³
- Absorción.....0.99%
- Contenido de Humedad.....0.91%
- Módulo de Fineza.....2.94

Agregado Grueso:

- Peso Seco Compactado.....1545.19 kg/m³
- Peso Específico de masa.....2.501 gr/cm³
- Absorción.....2.12%
- Contenido de Humedad.....0.14%

El agua y el cemento tienen características ya definidas las cuales son:

Agua:

- Potable, de la red de servicio pública de Cajamarca.

Cemento:

- Portland ASMT Tipo I "Pacasmayo"
- Peso Específico.....3.12 gr/cm³

3. Diseño del Concreto Patrón

a. Determinación de la resistencia Promedio

Al no contar con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida deberá ser determinar empleando los valores que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 20 Resistencia a la compresión promedio

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: A.C.I., 1981.

De donde la resistencia promedio es:

$$f'cr = 175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$$

b. Volumen Unitario de Agua y Contenido de aire

En la tabla N° 21 se determina el volumen unitario de agua, o agua de diseño, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", es de 205 lt/m³.

En la tabla N° 22 también se determinó el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de 3/4", el cual fue de 2%

TABLA N° 21 Volumen Unitario de Agua

Asentamiento	Agua, en 1/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
TMN	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2"	2 "	3 "	6 "
CONSISTENCIA	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

Fuente: Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

TABLA N° 22 Contenido de Aire

Tamaño Maximo Nominal	Aire Atrapado
3/8 "	3.00%
1/2 "	2.50%
3/4 "	2.00%
1 "	1.50%
1 1/2"	1.00%
2 "	0.50%
3 "	0.30%
6 "	0.20%

Fuente: Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

c. Relación de Agua – Cemento

No presentándose en este caso problemas de intemperismo ni de ataques por sulfatos, u otro tipo de acciones que pudieran dañar el concreto, se seleccionará la relación agua-cemento únicamente por resistencia.

TABLA N° 23 Relación agua-cemento vs $f'c$

$f'c$ a 28 días (Kg/cm ³)	Relación Agua / Cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
245	0.63	0.54
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.28

Fuente: A.C.I, 1981.

En la tabla N°23 para una resistencia promedio correspondiente a 245 kg/cm^2 en un concreto sin aire incorporado, se encuentra interpolando una relación agua- cemento por resistencia de 0.63

d. Factor Cemento

El factor cemento se determinar dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua-cemento:

$$\text{Factor Cemento: } 205/0.63 = 325.4 \text{ kg/m}^3 = 7.66 \text{ bolsas/m}^3$$

e. Contenido de Agregado Grueso

Para determinar el contenido de agregado grueso, se debe entrar a la tabla N°24 con un Módulo de fineza de 2.94 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" encontrándose mediante una interpolación un valor de $b/b_0 = 0.61 \text{ m}^3$ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen del concreto.

TABLA N° 24 Volumen de Agregado Grueso por unidad de Volumen del Concreto

Tamaño Maximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado. Por unidad de volumen del concreto, para diversos modulos de fineza del fino.				
M.f. del Ag. Fino	2.4	2.6	2.8	2.94	3
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.45	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.66	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.71	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.76	0.75
6 "	0.87	0.85	0.83	0.82	0.81

Fuente: Método del Comité 211 del ACI (RIVVA, 1992)

$$\text{Peso del Agregado grueso} = 0.62 \times 1545.19 = 935.71 \text{ kg/m}^3$$

f. Calculo de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes. Volumen absoluto de:

Cemento.....	325.40 / 3120	= 0.10 m ³
Agua.....	205 / 1000	= 0.21 m ³
Aire.....	2.0%	= 0.02 m ³
Agregado Grueso.....	935.71 / 2501.11	= 0.37 m ³
Suma de volúmenes conocidos.....		= 0.7 m ³

g. Contenido de Agregado Fino

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso sólido.

$$\text{Volumen absoluto de Agregado Fino} = 1 - 0.70 = 0.30 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 0.297 \times 2620.96 = 778.4 \text{ kg/m}^3$$

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño fueron:

Cemento	:	325.40 kg/m ³
Agua	:	205 lt/m ³
Agregado Grueso	:	935.71 kg/m ³
Agregado Fino	:	778.43 kg/m ³

h. Cantidad de materiales ajustados por humedad y absorción

Se hizo la corrección de los valores de diseño por el contenido de humedad de los agregados:

Cemento	:	325.40 kg/m ³
Agua efectiva	:	224.15 lt/m ³
Agregado Grueso	:	935.72 kg/m ³
Agregado Fino	:	224.15 kg/m ³

Nota:

- Todos los diseños son para volumen de 1 m³ de concreto.
- Para realizar la mezcla del concreto en el laboratorio, se consideró 10% de desperdicio para cada material.

ANEXO N°3

PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRAFICO

Secado del material para la realización de los ensayos correspondientes

FOTOGRAFIA N° 37 Cantera de agregados de cerro "El Gavilán".



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 38 Secado del material para realizar los ensayos.



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Determinar la granulometría de los agregados finos y gruesos según la norma ASTM
C 136; NPT 400.012.**

FOTOGRAFIA N° 39 Ensayos Granulométricos del agregado grueso y fino.



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Absorción y contenido de humedad de los agregados fino y grueso según Norma
ASTM C-556 / NTP 339.185.**

FOTOGRAFIA N° 40 Ensayo del agregado fino y grueso, para encontrar el contenido de
humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Determinar las características de los agregados fino y grueso, especificadas según la norma ASTM C33/ NPT 400.037

Agregado fino:

Peso específico y absorción según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022.

FOTOGRAFIA N° 41 Ensayo del agregado fino, para encontrar el peso específico.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Determinación del Peso Unitario del Agregado Fino ASTM C-29 / NTP 400.017.

FOTOGRAFIA N° 42 Peso unitario volumétrico suelto seco y peso unitario volumétrico compactado seco del agregado Fino.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Agregado grueso

Peso específico y absorción según Norma ASTM C-127 / NTP 400.021.

FOTOGRAFIA N° 43 Ensayo de peso específico para agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Densidad aparente y contenido de vacíos según norma ASTM C-29 / NTP 400.017.

FOTOGRAFIA N° 44 Peso unitario volumétrico suelto seco y peso unitario volumétrico compactado seco del agregado Grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Presentación de Fibras de Polipropileno:

FOTOGRAFIA N° 45 Presentación de Fibras de Polipropileno de Sika-Perú, en bolsas de 600 gramos



Fuente: Elaboración propia, 2016

Elaboración de mezclas de concreto y Resistencia del concreto

FOTOGRAFIA N° 46 Preparación de materiales y elaboración de la mezcla de concreto



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 47 Preparación de Fibras de Polipropileno a ser adicionadas a la mezcla



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 48 Ensayo para medir el asentamiento o Slump



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 49 Realizando el llenado y enrazado de probetas de concreto fresco



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 50 Desencofrado de Probetas a las 24 horas



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 51 Probetas sumergidas a la poza de curado inmediatamente después del desencofrado



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 52 Verificación de Ensayos de las Probetas por la asesora de la Tesis.



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 53 Extracción de las probetas de la poza de curado para luego ser ensayadas a compresión uniaxial, para calcular su resistencia se es necesario tomar sus correspondientes medidas.



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 54 Realización de los ensayos a compresión uniaxial del concreto endurecido.



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 55 Pobretas después de ser ensayadas, se analiza el tipo de fractura posteriormente.



Fuente: Elaboración propia, 2016

ANEXO N°4

FICHA TÉCNICA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO

ANEXO N°5
FORMATOS DE ENSAYOS REALIZADOS EN EL
LABORATORIO DE CONCRETO DE LA
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE -
CAJAMARCA