

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS, GEOLOGIA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



“INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL  
CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS”

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

Bach. WILLIAM QUISPE QUICHUA

ASESOR:

Mg Sc. Ing. ÁNGEL H. VILCHEZ PEÑA

Ayacucho – Perú

2019

## Resumen

La presente investigación desarrolla una alternativa para mejorar la durabilidad, resistencia, vacíos internos, para su posible aplicación en obras de concreto simple como pavimentos rígidos, losas y similares.

En la investigación se analiza la variación del comportamiento del concreto hidráulico en función de adiciones de fibra de polipropileno, ya que este parámetro influye en su microestructura y por consiguiente en las propiedades plásticas empleando ensayos de cono de Abraham y propiedades mecánicas del concreto analizando la resistencia a compresión y flexión.

El diseño de investigación es de tipo experimental y correlacional, la adición de fibra de polipropileno ha dado manifiesto en las propiedades plásticas (asentamiento y peso unitario) y mecánicas (compresión y flexión) del concreto hidráulico, mediante adiciones de fibra en dosis de 0, 300, 500, 600, 800 y 1000g/m<sup>3</sup> de concreto de resistencias a la compresión de 210kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose mayor resistencia en dosis de 600g/m<sup>3</sup> de concreto, asimismo se realizó en dosis de 0, 600, 800 y 1000g/m<sup>3</sup> de concreto de resistencia a la flexión.

Se concluye que una dosis de fibra de polipropileno de 600 g/m<sup>3</sup> de concreto logra aumentar la resistencia a la compresión y fisuración en condiciones reales vistas en laboratorio, demostrándose que esta dosis causa los efectos respecto a sus propiedades plásticas, reduce el asentamiento hasta en un 40.32%. Mientras que respecto a sus propiedades mecánicas de resistencia a la compresión las incrementa aproximadamente en un 9.39% a la edad de 28 días en lo que respecta a la flexión aumenta en un 29.80%. concluyéndose que la fibra actúa de mejor manera en la flexión que es óptimo para pavimentos rígidos ya que estas estructuras mayormente trabajan a flexión.

**Palabras claves:** pavimento rígido liviano, resistencia a la compresión, asentamiento, fibra de polipropileno.

## Introducción

Actualmente el concreto se ha convertido en el material de construcción más ampliamente utilizado en el ámbito mundial, debido a su extraordinaria versatilidad para moldearse, sus propiedades físicas y mecánicas para ser usado como elemento estructural, y su economía.

El desarrollo de la tesis se basó en encontrar una solución para los problemas de durabilidad del concreto en pavimentos rígidos, se registran estas anomalías en nuestro país, también a nivel internacional donde se han desarrollado diferentes técnicas para contrarrestar este flagelo, la calidad del concreto como producto terminado depende en gran medida de los procesos de consolidación que se apliquen a la mezcla en su estado fresco.

La presente investigación fue necesaria para la creación de un diseño de mezcla para un concreto incluido con fibra de polipropileno, siendo una de las características del concreto tener mayor consistencia. **El objetivo** trazado fue encontrar la cantidad óptima de fibra de polipropileno.

La **hipótesis planteada** fue: al adicionar fibra de polipropileno mejorara las características mecánicas y plásticas del concreto hidráulico.

Lográndose crear un concreto con la capacidad de mejorar la calidad en los pavimentos rígidos

El presente trabajo de investigación se dividió en cinco capítulos. **Capítulo I:** Planteamiento del Problema, comprende situación problemática, formulación del problema, delimitaciones de la investigación, justificación e importancia de la investigación, limitaciones de la investigación y objetivos de la investigación. En el **Capítulo II:** Marco Teórico, comprende antecedentes de estudios, base teórica científica y marco conceptual. En el **Capítulo III:** Método de la Investigación, comprende enfoque, alcance, diseño de investigación, población y muestra, hipótesis, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos, técnicas estadísticas para el procesamiento de la información y desarrollo del trabajo de tesis. En el **Capítulo IV:** Análisis e Interpretación de Resultados, comprende contrastación de la hipótesis,

análisis e interpretación. En el **Capítulo V**: Conclusiones, comprende conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros, por último, la Referencia Bibliográfica y Anexos.

## ABSTRACT

The present investigation develops an alternative to improve durability, resistance, internal voids, for its possible application in simple concrete works such as rigid pavements, slabs and the like.

In the investigation the variation of the behavior of hydraulic concrete is analyzed based on polypropylene fiber additions, since this parameter influences its microstructure and by modification in the plastic properties using Abraham's cone tests and mechanical properties of the concrete analyzing the resistance to compression and flexion.

The research design is experimental and correlational, the addition of polypropylene fiber has shown in the plastic (settlement and unit weight) and mechanical properties (compression and bending) of hydraulic concrete, by adding fiber in doses of 0, 300, 500, 600, 800 and 1000g / m<sup>3</sup> of concrete of compressive strengths of 210kg / cm<sup>2</sup>, obtaining greater resistance in doses of 600g / m<sup>3</sup> of concrete, compression was performed in doses of 0, 600, 800 and 1000g / m<sup>3</sup> concrete flexural strength.

It is concluded that a dose of polypropylene fiber of 600 g / m<sup>3</sup> of concrete increases the resistance to compression and fishing in real conditions seen in the laboratory, demonstrating that this dose causes the effects with respect to its plastic properties, reduces settlement until in 40.32%. While with respect to its mechanical properties of compressive strength, it increases considerably by 9.39% at the age of 28 days as regards flexion, it increases by 29.80%. concluding with the active fiber in the best way in flexion that is effective for rigid pavements and with these structures mostly managed to flex.

**Keywords:** rigid rigid pavement, compressive strength, settlement, polypropylene fiber.

## **Presentación**

Esta tesis es presentada como parte de los requisitos para optar el título académico de Ingeniero Civil, de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, la misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el periodo 2018 – 2019.

William Quispe Quichua

[wiqui\\_kchua\\_5496@outlook.com](mailto:wiqui_kchua_5496@outlook.com)

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga

Ayacucho, 2019

## **Dedicatoria**

A mi padre Hermogenes y mi madre Elsa Beatriz, por el soporte brindado porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Mariela, Zeyda, Brayam y Jhogan por sus alientos para seguir con ahínco en este proyecto marcado.

A todos los docentes de mi alma mater UNSCH-ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, porque ellos fueron los pilares del aporte de conocimientos.

## **Agradecimientos**

- ✓ A los docentes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga - Escuela profesional de Ingeniería Civil, por su aporte en mi conocimiento.
- ✓ Al Msg. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña, quien es un excelente profesional, a la vez dar las gracias por haberme brindado su apoyo en el asesoramiento que correspondieron a esta investigación.
- ✓ Al Msg. Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón, por el apoyo brindado durante la investigación y aporte de algunos materiales para la presente.
- ✓ Al Msg. Ing. Nico Barbaran Oriundo, por el apoyo brindado durante la investigación.
- ✓ A mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y otros que contribuyeron entusiastamente en el desarrollo de este proyecto.

## INDICE GENERAL

Resumen.....	i
Introducción .....	ii
Dedicatoria .....	vi
Agradecimientos .....	vii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de tablas .....	xviii
Lista de siglas y símbolos .....	1
CAPITULO I .....	2
Planteamiento del problema.....	2
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Delimitación del problema .....	2
1.2.1. Espacial.....	2
1.2.2. Temporal .....	4
1.2.3. Temática y unidades de análisis.....	4
1.3. Formulación del problema .....	4
1.3.1. Problema general .....	4
1.3.2. Problemas específicos .....	5
1.4. Justificación e importancia.....	5
1.4.1. Justificación .....	5
1.4.2. Importancia .....	5
1.5. Limitaciones de la investigación .....	6

1.6. Objetivos .....	7
1.6.1. Objetivos generales .....	7
1.6.2. Objetivos específicos .....	7
CAPITULO II.....	8
Marco teórico.....	8
2.1. Antecedentes .....	8
2.1.1. Investigaciones internacionales .....	8
2.1.2. Investigaciones nacionales.....	9
2.2. Bases teóricas .....	10
2.2.1. Normatividad .....	12
2.3. Marco conceptual.....	14
2.3.1. El concreto .....	14
2.3.2. Trabajabilidad .....	14
2.3.3. Durabilidad del concreto.....	14
2.3.4. Cambios volumétricos en el concreto .....	15
2.3.5. Cambios volumétricos a edad temprana .....	17
2.3.5.1. Contracción química.....	17
2.3.5.2. Contracción autógena .....	18
2.3.5.3. Hundimiento o asiento plástico .....	20
2.3.5.4. Contracción plástica .....	22
2.3.6. Materiales.....	23

2.3.6.1.	Cemento.....	23
2.3.6.2.	Agregados.....	29
2.3.6.3.	Agua.....	35
2.3.6.4.	Fibra de polipropileno .....	36
2.3.7.	Ensayos en estado plástico.....	37
2.3.7.1.	Asentamiento.....	37
2.3.8.	Ensayos en estado mecánico.....	38
2.3.8.1.	Ensayos en estado mecánico.....	38
2.3.8.2.	Ensayos en estado mecánico.....	42
2.3.9.	Pavimentos.....	49
2.3.9.1.	Elementos que integran un pavimento rígido. ....	50
(A)	Subrasante.....	50
(B)	Subbase.....	51
(C)	Superficie de rodadura.....	51
2.3.9.2.	Tipos de pavimentos rígidos.....	52
(D)	Concreto hidráulico simple.....	52
(E)	Concreto hidráulico reforzado.....	52
(F)	Concreto hidráulico reforzado continuo.....	52
2.3.9.3.	Aplicaciones del pavimento rígido.....	52
(G)	Aeropistas.....	52
(H)	Vialidades urbanas.....	53

(I)	Zonas residenciales.....	53
2.3.9.4.	Daños en estructuras de pavimento de concreto simple hidráulico.....	53
(A)	Fisura transversal o diagonal.....	53
(B)	Fisura longitudinal.....	54
(C)	Fisura de esquina.....	55
(D)	Losas subdivididas.....	56
2.3.9.5.	Deformaciones en estructuras de pavimento de concreto hidráulico.....	57
(A)	Levantamiento de losas.....	57
(B)	Dislocamiento.....	58
(C)	Hundimiento.....	58
(D)	Desintegración en estructuras de pavimento de concreto hidráulico.....	59
(E)	Pulimiento de la superficie.....	60
(F)	Peladuras.....	60
(G)	Bache.....	61
2.3.10.	Metodología de diseño AASHTO 93.....	61
CAPITULO III.....		64
Método de la investigación.....		64
3.1.	Enfoque.....	64
3.2.	Alcance.....	64
3.3.	Diseño de investigación.....	64
3.4.	Población y muestra.....	66

3.4.1. Población.....	66
3.4.2. Muestra .....	66
3.5. Hipótesis.....	66
3.5.1. Hipótesis general.....	66
3.5.2. Hipótesis específicas .....	67
3.5.3. Variables independientes .....	67
3.5.4. Variables dependientes .....	67
3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional .....	68
3.7. Técnicas e instrumentos .....	70
3.7.1. Método de investigación .....	70
2.7.1.1. Técnica de recolección de datos. ....	70
2.7.1.2. Instrumentos de recolección de datos. ....	70
3.8. Técnicas para el procesamiento de la información .....	71
3.9. Desarrollo del trabajo de tesis .....	72
CAPITULO IV.....	73
Resultados.....	73
4.1. Contrastación de hipótesis.....	73
4.1.1. Contraste de hipótesis resistencia a la compresión. ....	73
4.1.2. Contraste de hipótesis resistencia a la flexión. ....	77
4.2. Análisis e interpretación.....	79
4.2.1. Análisis de los agregados.....	79

4.2.1.1.	Análisis del agregado fino .....	79
4.2.1.2.	Análisis del agregado grueso .....	83
4.2.1.3.	Diseño de mezcla patrón o convencional .....	89
4.2.2.	Propiedades plásticas del concreto.....	89
4.2.2.1.	Asentamiento .....	89
4.2.3.	Propiedades mecánicas del concreto.....	91
4.2.3.1.	Resistencia a la compresión.....	91
4.2.3.2.	Resistencia a la flexión .....	103
4.3.	Costos .....	105
4.3.1.	Comparación de costos .....	105
CAPITULO V.....		108
Conclusiones .....		108
5.1.	Conclusiones .....	108
5.2.	Recomendaciones.....	109
5.3.	Trabajos futuros.....	109
Bibliografía .....		111
ANEXOS .....		115

## Índice de figuras

Figura 1: Plano de ubicación de la cantera “Las Piedras” .....	3
Figura 2: Planta de producción de agregados “Las Piedras” .....	4
Figura 3: Fisura y rotura de adherencia .....	17
Figura 4: Cambios de volumen por contracción química y retracción autógena de pasta fresca y endurecida .....	18
Figura 5: Relación entre contracción autógena y contracción química de la pasta de cemento en edades tempranas .....	19
Figura 6: Relación volumétrica entre revenimiento, agua de sangrado, contracción química y contracción autógena. ....	20
Figura 7: Asiento Plástico .....	22
Figura 8: El primer día del concreto .....	23
Figura 9: Propiedades físicas y químicas del cemento andino Tipo I.....	24
Figura 10: Teoría de la máxima densidad. el líquido representa a los vacíos, constante para volúmenes absolutos con tamaños uniformes, diferente cuando se combinan el contenido de vacíos disminuye.....	31
Figura 11: Ensayo del asentamiento, medición del asentamiento .....	38
Figura 12: Equipo para medir la resistencia a la compresión, prensa hidráulica.....	40
Figura 13: Patrones de tipo de fractura .....	42
Figura 14: Moldes metálicos para vigas, dimensiones de 6x6x21 pulg. ....	44
Figura 15: Viga listo para el ensayo .....	46
Figura 16: Características de la viga de ensayo, consideraciones antes de las pruebas de rotura .....	47

Figura 17: Vigas $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , patrón y adicionado con fibra de polipropileno.....	48
Figura 18: Ensayo de resistencia a la flexión simplemente apoyada en los tercios de la luz. .	49
Figura 19: Transmisión de cargas en un pavimento rígido.....	50
Figura 20: Fisura transversal o diagonal.....	54
Figura 21: Fisura longitudinal.....	55
Figura 22: Fisura en esquina de losa.....	56
Figura 23: Fisura en toda la losa.....	57
Figura 24: Diseño de investigación.....	65
Figura 25: Diagrama de proceso .....	72
Figura 26: Curva de granulometría del agregado fino .....	80
Figura 27: Tamices N° 3/8 depósito de fondo granulométrico del agregado fino.....	80
Figura 28: Molde para determinar el peso unitario del agregado fino.....	81
Figura 29: Curva granulométrica de agregado grueso .....	85
Figura 30: Tamices N° 1" depósito de fondo granulométrico del agregado grueso .....	85
Figura 31: Molde para determinar el peso unitario del agregado grueso .....	86
Figura 32: Equipo para ensayo de peso específico del agregado grueso .....	88
Figura 33: Asentamiento al incluir fibra de polipropileno.....	90
Figura 34: Resistencia a la compresión del diseño patrón.....	91
Figura 35: Resistencia a la compresión adicionando 300g de fibra.....	92
Figura 36: Resistencia a la compresión adicionando 500g de fibra.....	93
Figura 37: Resistencia a la compresión adicionando 600g de fibra.....	94
Figura 38: Resistencia a la compresión adicionando 800g de fibra.....	95
Figura 39: Resistencia a la compresión adicionando 1000g de fibra.....	96
Figura 40: Resultados de la RCS adicionando fibra de polipropileno vs diseño patrón.....	98

Figura 41: Evolución de la densidad del concreto por cada dosificación de adición en el tiempo .....	100
Figura 42: Identificación de cantera Las piedras – chacco .....	131
Figura 43: Medición del peso unitario tanto del agregado grueso y agregado fino, los ensayos se hacen tanto para peso unitario suelto y compacto, el ensayo se hizo en tres capas para lo que es peso unitario compacto para ambos.....	131
Figura 44: Ensayo de granulometría con los tamices que se muestra en la figura, la misma que se hace para agregado fino.....	132
Figura 45: Absorción del agregado grueso o piedra chancada .....	132
Figura 46: Absorción del agregado fino .....	133
Figura 47: Preparado del concreto en el cono de Abraham y medición del slump en el laboratorio .....	133
Figura 48: Preparado del concreto adicionando fibra 300g por metro cubico de concreto ...	134
Figura 49: Preparado del concreto adicionando fibra 800g .....	134
Figura 50: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica, sin fibra edad 7 días. ....	135
Figura 51: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica sin fibra edad 14 y 28 días. ....	135
Figura 52: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica, adicionando fibra de polipropileno 300g, edad 14 días.....	136
Figura 53: Testigos de concreto, adicionados con fibra de polipropileno 300g .....	136
Figura 54: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica, adicionando fibra de polipropileno 300g, edad 14 días.....	137
Figura 55: Rotura a la compresión de concreto, de probetas, fibra 300g, edad 28 dias .....	137
Figura 56: Rotura a la compresión de concreto, fibra de polipropileno 500g, edad 7 días ...	138

Figura 57: Rotura a la compresión de concreto, fibra de polipropileno 500g, edad 14 días .	138
Figura 58: Rotura a la compresión de concreto, fibra de polipropileno 500g, edad 21 días .	139
Figura 59: Rotura a la compresión, fibra 500g, edad 28 días. ....	139
Figura 60: Rotura a la compresión, fibra 500g, edad 28 días. ....	140
Figura 61: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 7 días. ....	140
Figura 62: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 7 días ....	141
Figura 63: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 14 días. ....	141
Figura 64: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 21 días. ....	142
Figura 65: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 28 días. ....	142
Figura 66: Rotura a la compresión, fibra 800g, edad 7 días. ....	143
Figura 67: Moldes metálicos vigas de 15x15x50cm.....	143
Figura 68: Preparación de concreto en las vigas metálicos ....	144
Figura 69: Curado de vigas de concreto ....	144
Figura 70: Medida de las vigas de concreto.....	145
Figura 71: Equipo para la rotura a la flexión en vigas. ....	145
Figura 72: Rotura a la flexión, fibra 600g, edad 28 días.....	146
Figura 73: Rotura a la flexión, 1000g, edad 28 días. ....	146

## Índice de tablas

Tabla 1: Requisitos químicos del cemento .....	28
Tabla 2: Requisitos físicos del cemento.....	29
Tabla 3: Límites de sustancias perjudiciales en los agregados .....	30
Tabla 4: Límites recomendables para granulometría del agregado fino .....	32
Tabla 5: Requisitos granulométricos del agregado grueso .....	33
Tabla 6: % permisible de elementos en el agua de mezcla.....	36
Tabla 7: Propiedades físicas de Chema Fibra Ultrafina.....	36
Tabla 8: Máximo valor del diámetro del bloque y de la probeta de ensayo .....	39
Tabla 9: Tolerancia para el tiempo de fractura .....	41
Tabla 10: Factor de correcciones para relaciones $L/D \leq 1.75$ .....	42
Tabla 11: Operacionalización de variable independiente en estado plástico.....	68
Tabla 12: Operacionalización de variables dependientes en estado endurecido .....	69
Tabla 13: Valores.....	75
Tabla 14: Contratación de hipótesis resistencia a la compresión $210\text{kg/cm}^2$ .....	76
Tabla 15: Contratación de hipótesis de la resistencia a la flexión $210\text{kg/cm}^2$ .....	78
Tabla 16: Granulometría del agregado fino .....	79
Tabla 17: Peso unitario suelto seco del agregado fino.....	82
Tabla 18: Peso unitario compacto seco del agregado fino.....	82
Tabla 19: Peso específico y absorción del agregado fino .....	83
Tabla 20: Contenido de humedad del agregado fino .....	83
Tabla 21: Granulometría del agregado grueso.....	84
Tabla 22: Peso unitario suelto del agregado grueso.....	86
Tabla 23: Peso unitario compacto del agregado grueso.....	87

Tabla 24: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	87
Tabla 25: Contenido de humedad del agregado grueso .....	88
Tabla 26: Resumen del análisis de agregados.....	89
Tabla 27: Resumen del diseño de mezcla patrón según resistencia.....	89
Tabla 28: Asentamiento .....	89
Tabla 29: Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de edad.....	91
Tabla 30: Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando $300\text{g/m}^3$ de fibra a los 28 días de edad.....	92
Tabla 31: Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando $500\text{g/m}^3$ de fibra a los 28 días de edad .....	93
Tabla 32: Resistencia a la compresión adicionando $600\text{g}$ de fibra.....	94
Tabla 33: Resistencia a la compresión adicionando $800\text{g}$ de fibra.....	95
Tabla 34: Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando $100\text{g/m}^3$ de fibra a los 28 días de edad.....	96
Tabla 35: Resumen de resistencia a la compresión de concreto $f_c= 210\text{kg/cm}^2$ con adiciones de $300, 500, 600, 700, 800$ y $1000\text{g/m}^3$ de concreto a edades de $7, 14, 21$ y $28$ días. ....	97
Tabla 36: resistencia mínima a la compresión .....	101
Tabla 37: Resistencia a la compresión CE-010 .....	101
Tabla 38: Resumen de resistencia a la flexión de concreto patrón y adicionando fibra de polipropileno.....	104
Tabla 39: Análisis de costo concreto sin fibra .....	105
Tabla 40: Análisis de costo curado de concreto sin fibra .....	105
Tabla 41: Análisis de costo concreto con fibra optima.....	106
Tabla 42: Análisis de costo curado de concreto con fibra .....	106
Tabla 43: Variación de costo .....	106

Tabla 44: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ sin fibra, edad 7 días .....	116
Tabla 45: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ sin adición de fibra, edad 14 días.....	116
Tabla 46: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ sin adición de fibra, edad 21 días.....	117
Tabla 47: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ sin fibra, edad 28 días .....	117
Tabla 48: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra de polipropileno $300\text{g/m}^3$ , edad 7 días .....	118
Tabla 49: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra $300\text{g/m}^3$ , edad 14 días .....	118
Tabla 50: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 300g, edad 21 días .....	119
Tabla 51: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 300g, edad 28 días .....	119
Tabla 52: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 500g, edad 7 días .....	120
Tabla 53: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 500g, edad 14 días .....	120
Tabla 54: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 500g, edad 21 días .....	121
Tabla 55: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 500g, edad 28 días .....	121
Tabla 56: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 600g, edad 7 días .....	122
Tabla 57: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 600g, edad 14 días .....	122
Tabla 58: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 600g, edad 21 días .....	123
Tabla 59: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 600g, edad 28 días .....	123
Tabla 60: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra $700\text{g/m}^3$ , edad 28 días .....	124
Tabla 61: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 800g, edad 7 días .....	125
Tabla 62: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado fibra 800g, edad 14 días .....	125
Tabla 63: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado fibra 800g, edad 21 días .....	126
Tabla 64: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 800g, edad 28 días .....	126
Tabla 65: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado fibra 1000g, edad 7 días .....	127
Tabla 66: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado fibra 1000g, edad 14 días .....	127
Tabla 67: Rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando fibra 1000g, edad 21 días .....	128

Tabla 68: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado fibra 1000g, edad 28 días ..... 128

Tabla 69: Resumen de la resistencia a la compresión en  $\text{kg/cm}^2$  de muestras cilíndricas .... 129

### **Lista de siglas y símbolos**

- ONU: Organización de las naciones unidas
- ASTM: American society for testing and materials
- Mpa: Megapascales
- $f'c$ : Resistencia a la compresión del concreto    Kg/cm<sup>2</sup>
- $\alpha$ : Nivel de significancia
- $X_{cp}$ : Media de la resistencia a la compresión del concreto
- $X_{ca}$ : Media de la resistencia a la compresión del concreto con fibra
- $V_{cp}$ : Varianza del concreto patrón
- $V_{ca}$ : Varianza del concreto con fibra
- NTP: Norma técnica peruana
- RCS: Resistencia a la compresión Simple
- DP: Diseño patrón
- AFP: Adición de fibra de polipropileno
- MF: Modulo de fineza

## CAPITULO I

### Planteamiento del problema

#### 1.1. Descripción del problema

La industria del concreto está cada vez más acostumbrada a adoptar nuevas tecnologías en materias de aditivos y adiciones con fines de mejorar la calidad del concreto y brindarle características acordes con los diseños estructurales cada vez más exigentes.

Resulta oportuno y adecuado desarrollar tecnologías que nos permita la optimización del concreto, mejorar sus propiedades plásticas y mecánicas, estas propiedades se pueden modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida, y/o ante la aplicación de ciertas fibras sintéticas durante su dosificación.

En los últimos años las fibras sintéticas, en particular la fibra de polipropileno ha ganado popularidad en el uso del concreto, principalmente para mejorar la resistencia al agrietamiento por contracción plástica, asiento plástico y contracción térmica. Sin embargo, estudios realizados muestran resultados contradictorios respecto a los efectos de las fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto, dejando un vacío por estudiar.

#### 1.2. Delimitación del problema

##### 1.2.1. Espacial

Para el trabajo de investigación se utilizó agregados de la Cantera “Las Piedras” (Fluencia del Río Chacco). En cuanto a los ensayos fueron realizados en el laboratorio V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C y JJ GEOTECNIA SAC ubicada en la ciudad de Ayacucho y Lima respectivamente.

**Ubicación de la Cantera** : Cantera “Las Piedras”

**Localidad** : Cchacco  
**Distrito** : Quinua  
**Provincia** : Huamanga  
**Departamento** : Ayacucho

Comprendido entre las coordenadas de Ubicación geográfica son:

**Este (m)** : 583638.29  
**Norte (m)** : 8553404.24  
**Altitud** : 2450msnm

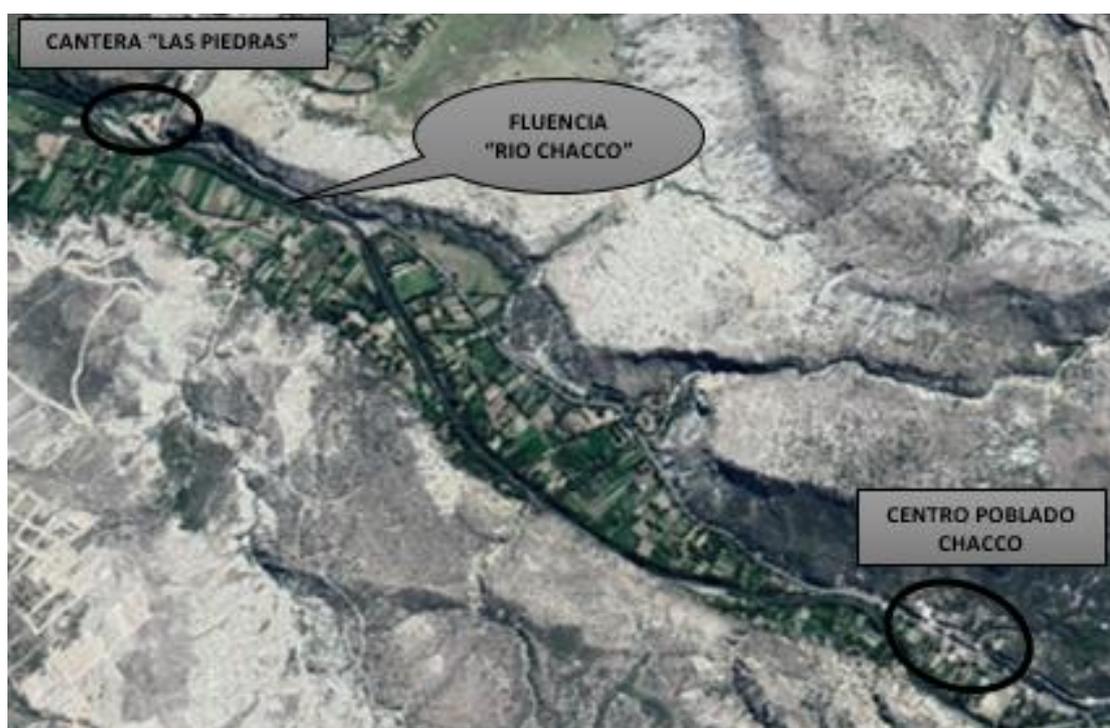


Figura 1: Plano de ubicación de la cantera “Las Piedras”



Figura 2: Planta de producción de agregados “Las Piedras”

### **1.2.2. Temporal**

La presente investigación se desarrolló durante el periodo comprendido entre los meses noviembre del 2018 al noviembre del presente año.

### **1.2.3. Temática y unidades de análisis**

La presente investigación se desarrolló en concreto simple adicionando en un porcentaje apropiado fibras sintéticas en este caso la fibra de polipropileno.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Qué efectos tendrá la adición de fibra de polipropileno en las propiedades mecánicas y plásticas del concreto simple y como incidirá en la durabilidad del mismo?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Será incidente la cantidad de la fibra de polipropileno?
- ¿Al adicionar fibra de polipropileno incidirá en las propiedades mecánicas y plásticas del concreto?
- ¿Al adicionar fibra de polipropileno al concreto como incidirá en el costo con respecto al concreto sin fibra o diseño mezcla patrón?

## **1.4. Justificación e importancia**

### **1.4.1. Justificación**

Las vías de comunicación son base del desarrollo del país, para ser capaces de competir en el desarrollo económico y para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. A pesar de que ya se han reportado algunos beneficios respecto a las mejoras en las propiedades mecánicas en concretos reforzados con fibras metálicas, fibras de carbono y otros, todavía hace falta mucho por hacer, ya que en países en vías de desarrollo esta puede ser una respuesta a los requerimientos tanto técnicos como económicos de una población. Es por eso que se recurrirá a otras opciones y que se espera que brinde mejores resultados. De acuerdo a lo expuesto en los proyectos precedentes, el concreto y las fibras de polipropileno son materiales que se complementan porque, al ser combinados, forman un material versátil y durable.

### **1.4.2. Importancia**

Esta investigación servirá para probar esta problemática y así además poder brindarle una posible solución de durabilidad del concreto simple empleadas en pavimentos rígidos livianos. Además, esta investigación servirá para obtener datos reales y verificables que nos ayudaran como ingenieros civiles, y así también a estudiantes o personas relacionadas a rubro de la construcción, que deseen aprender a diseñar pavimentos adicionando

elementos nuevos, que le brindan mayor estabilidad y mayor durabilidad para el beneficio de la población.

Cabe destacar que la finalidad de este proyecto es determinar un porcentaje de fibra de polipropileno mediante pruebas de laboratorio, que busca aportar las bases sobre el comportamiento mecánico del concreto simple empleadas en pavimentos rígidos livianos, añadiendo la fibra de polipropileno para la formulación de recomendaciones de diseño, en base a los resultados obtenidos. Para estudiantes, proyectistas, ingenieros y profesionales relacionados con la construcción en el rubro de infraestructura vial, servirá de base en los proyectos que se quiera realizar en el futuro y permitir además la profundización del tema con otros estudios más complejos que puedan realizar o como parte de otros trabajos de investigación que involucren estos estudios. De ahí la importancia de desarrollar en base a una amplia investigación una "Guía de incidencia de fibras de polipropileno en la durabilidad del concreto simple, aplicado en pavimentos rígidos livianos".

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

- Este proyecto de Investigación tiene como alcance al estudio del concreto simple añadiendo fibras de polipropileno.
- Las fibras de polipropileno están elaboradas con un agente antimicrobiano que forma parte integral de su composición, la cual altera la función metabólica de los microorganismos impidiendo su crecimiento y reproducción
- Las diferentes medidas de dosificación para el proyecto podrían variar según el tipo de resistencia de concreto que se desee obtener.
- En el aspecto de temas relacionados en nuestro ámbito es precario por lo que los datos iniciales tomados hacen referencia a investigaciones de otra región

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivos generales**

Analizar el comportamiento de las propiedades mecánicas y plásticas del concreto hidráulico con la inclusión de fibras de polipropileno.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Determinar el contenido óptimo de fibra de polipropileno en el concreto tomándose en cuenta los efectos que esta causa sobre las propiedades del concreto.
- Analizar y determinar los efectos de la adición de fibra de polipropileno sobre las propiedades mecánicas y plásticas del concreto (compresión y flexión)
- Determinar la factibilidad económica para su implementación en la región ayacucho

## CAPITULO II

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Investigaciones internacionales

(Kolli Ramujee, 2013) utilizando fibras de monofilamentos de polipropileno finas con longitud de fibra de 12 mm. Los parámetros de diseño fueron, resistencia a la compresión del concreto estándar a los 28 días de 54.0 MPa, relación agua cemento 0.50. Se realizaron ensayos con diferentes dosis de fibra, que varían de 0, 0.5, 1, 1.5 y 2,0%. Concluye, respecto a la resistencia a la compresión afirma que para dosis de 0.5, 1 y 1.5% de fibra se incrementa la resistencia a la compresión a los 28 días en 40.9, 44.12 y 45.24 MPa, respectivamente, mientras que para una dosis de 2% de fibra la resistencia a la compresión disminuye a 40.5 MPa. La resistencia a la tracción aumenta para dosis de 0.5, 1 y 1.5% en 3.22, 3.4 y 3.52 MPa, respectivamente, mientras que para la dosis de 2% la resistencia a la tracción disminuyo a 2.90 MPa.

(Lopez, 2015) En este trabajo de investigación, se realizaron 5 diseños prácticos de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se utilizó la proporción 1: 2,32: 2,97, y una relación agua cemento de 0.57, Slump de diseño de 3 a 4 pulgadas, los ensayos realizados (resistencia a la compresión y flexión) a los especímenes fue a 3, 7 y 28 días, se adicionaron fibras sintéticas, las cuales fueron nylon y polipropileno, se estudió el efecto que tiene la incorporación de fibras cortas en las propiedades de concreto en estado fresco y endurecido. Las propiedades estudiadas, fueron resistencia a compresión y flexión la cantidad de fibra de polipropileno utilizada fue al 100% y 60% equivalente a 18 y 10.8gr respectivamente. Del ensayo de resistencia a compresión a los 28 días, Mezcla tradicional llegando a 17.60MPa, Mezcla con 100% de fibra de

polipropileno 19.50 MPa, Mezcla con 60\% de fibra 19.70MPa. La resistencia a la compresión se comprobó que aumenta más cuando se le agrega el 60 por ciento de fibra de polipropileno. De la flexión a los 28 días un módulo de ruptura para, Mezcla tradicional llegando a 36.66 kg/cm<sup>2</sup>, Mezcla con 100\% de fibra de polipropileno 37.33 kg/cm<sup>2</sup>, Mezcla con 60\% de fibra 37.67 kg/cm<sup>2</sup>, de la misma manera aumenta más al 60 por ciento.

### **2.1.2. Investigaciones nacionales**

La industria del concreto está cada vez más acostumbrada a adoptar nuevas tecnologías en materias de aditivos y adiciones con fines de mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Resulta oportuno y adecuado desarrollar tecnologías que nos permita la optimización del concreto, mejorar sus propiedades plásticas y mecánicas, consecuentemente aumentar la durabilidad que se espera, estas propiedades se pueden modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida, y/o ante la aplicación de ciertas fibras sintéticas durante su dosificación.

(Vidad, 2006) La fibra empleada en la investigación es la fibra de polipropileno Fibratex, cuyo objetivo fue hacer un estudio entre el concreto normal y el concreto con incorporación de fibras de polipropileno en distintas dosificaciones para evaluar las resistencias mecánicas de compresión, tracción y la resistencia al impacto con fines de aplicación a obras hidráulicas, canales, pozas de disipación, rápidas, losas, reservorios elevados, etc. De los resultados se concluye que, de la prueba de resistencia al impacto, tenemos que el contenido óptimo de fibra es de 1300 g/m<sup>3</sup>. Al incorporar fibra al concreto la resistencia al impacto aumenta. Teniendo que para el concreto  $f_c$  280 kg/cm<sup>2</sup> se tienen incrementos de 34%, 52% y 77% para los contenidos de fibra de 700, 1000 y 1300 g/m<sup>3</sup> respectivamente. Del análisis estadístico de resistencia a la tracción por compresión diametral se observó que para el concreto 280 kg/cm<sup>2</sup> tenemos que

con el contenido de fibra de 1300 g/m<sup>3</sup> se obtiene un incremento de 11.65%, sin embargo, trabajando con las medidas se observa que se ha obtenido una tendencia en todos los concretos que indican que la cantidad de fibra de 1000 g/m<sup>3</sup>, es una cantidad óptima que mejora esta resistencia. Del análisis estadístico de resistencia a la compresión se ha observado una gran dispersión de datos por lo que concluye que la fibra no produce efectos sobre la resistencia a la compresión.

(Armas aguilar, 2016) Esta investigación da a conocer el efecto de las fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. Se realizó diseños de mezclas estándar  $f'c$  175, 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, que fueron patrón de comparación con las mezclas que tuvieron adición de fibra de polipropileno, permitieron determinar la influencia de la fibra sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto. Los diseños patrones fueron adicionados con fibra de polipropileno en proporciones en peso de 200, 300, y 400 gr por m<sup>3</sup> de concreto. El contenido óptimo de fibra de polipropileno es de 400 gr/m<sup>3</sup> de concreto que logra inhibir el potencial de fisuración en condiciones de laboratorio (túnel de viento) hasta un 65% y en condiciones ambientales reales logra inhibir el fisuramiento hasta en una 90%. Esta dosis de fibra redujo el asentamiento hasta en un 50%, el contenido de aire lo disminuyo hasta en un 25%, no altera la temperatura y el peso unitario del concreto fresco.

## **2.2. Bases teóricas**

- ✓ Según (Armas aguilar, 2016), En su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil El contenido óptimo de fibra de polipropileno es de 400 g/m<sup>3</sup> de concreto que logra inhibir el potencial de fisuración en condiciones de laboratorio (túnel de viento) hasta un 65% y en condiciones ambientales reales logra inhibir el fisuramiento hasta en un 90%. Esta dosis de fibra redujo el asentamiento hasta en un 50%, el contenido de aire lo

disminuyo hasta en un 25%, no altera la temperatura y el peso unitario del concreto fresco.

- ✓ Según (Champoñan Cueva & Quispe Cirilo, 2017), En su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en una dosificación A/C de 0.466 brindo resistencias superiores estimadas en el diseño, añadiendo 125% , siendo la resistencia estimada de 328.73 kg/cm<sup>2</sup> resultando 336.02kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo en la trabajabilidad fue de 115%, con respecto a la resistencia a la flexión el porcentaje optimo fue de 100%.
- ✓ Según (Montalvo Guevara, 2015), En su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil Con el pavimento reforzado con fibras se ahorraría 11 cm de espesor para este proyecto, de manera económica, pavimentación tradicional costaría S/. 24393750, sin embargo, el costo del pavimento fibroreforzado es de S/. 21149375, un ahorro de S/. 3244375 que equivale el 13%, por otro lado, el pavimento reforzado con mallas de acero cuesta S/. 30018750
- ✓ (Kolli Ramujee, 2013) en su investigación concreto reforzado con fibra de polipropileno afirma que para dosis de 0.5, 1 y 1.5\% de fibra de polipropileno incrementa la resistencia a la compresión a los 28 días en 40.9, 44.12 y 45.24 Mpa
- ✓ (Valero Galarza, 2015) en su investigación fibras de polipropileno en fisuración en retracción plástica afirma que para dosis de 900 y 1500g/m<sup>3</sup> para fibras de 50mm la fisuración llega a reducirse en 98% y 100%.
- ✓ (Mondoza Javier, Aire, & Davila, 2011) en su investigación Influencia de Fibras en las propiedades del concreto afirma que Incluyendo fibra superior a 3kg/m<sup>3</sup> reduce en forma importante el agrietamiento por contracción plástica, la resistencia a compresión, módulo de elasticidad, relación de poisson y la deformación unitaria no se modifica en forma significativa hasta por consumos de 5kg/m<sup>3</sup>.

- ✓ (Toro Rosario, 2017) en su investigación Influencia de Fibras de polipropileno con 5%, 10% y 15% afirma que para un diseño patrón de 210Kg/cm<sup>2</sup> el porcentaje optimo a utilizar para no modificar ninguna de las propiedades del concreto es el 0.7%.
- ✓ (Villanueva Campos & Yaranga Huatarongo, 2015) en su investigación Influencia de Fibras de polipropileno con 5%, 10% y 15% afirma que La dosificación más apta para llegar a la resistencia más alta es adicionando el 10% de fibra de polipropileno teniendo como resultado un 13.94% del diseño patrón

### 2.2.1. Normatividad

- **NTP 334.001 CEMENTO.** Definiciones y nomenclatura, define al cemento adicionado como el producto obtenido por la pulverización conjunta de clinker portland y otros materiales denominados a este efecto como adiciones, como las puzolanas y la escoria, con la adición eventual de sulfato de calcio
- **NTP 400.037 AGREGADOS.** Especificaciones normalizadas para agregados en concreto, define como el conjunto de partículas, de origen natural o artificial, pueden ser tratadas o elaboradas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la presente norma.
- **NTP 339.035 CONCRETO.** Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams. El equipo de prueba consiste en un cono de revenimiento (molde cónico de metal 300 mm (12 pulg.) de altura, con 200 mm (8 pulg.) de diámetro de base y 100 mm (4 pulg.) de diámetro de la parte superior) y una varilla de metal con 16 mm de diámetro (5/8 pulg.) y 600 mm (24 pulg.) de longitud con una punta de forma hemisférica
- **NTP 339.046 HORMIGÓN (CONCRETO).** Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

- **NTP 339.080. HORMIGON (CONCRETO).** Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas. Ensayo tipo hidráulico. El método por presión se basa en la ley de Boyle, la cual relaciona presión y volumen. El ensayo se realiza después de realizar el ensayo de peso unitario del concreto.
- **NTP 339.184:2013. HORMIGON (CONCRETO).** Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto). Para realizar la medición de la temperatura del concreto fresco el sensor de temperatura será cubierto al menos 7.5 cm (3") de concreto en todas las direcciones, este debe estar cubierto 2,5 minutos o hasta que se estabilice la temperatura y tendrá una aproximación de 0.5 °C. La temperatura debe estar entre el rango de -18°C y 50 ° C.
- **NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO).** Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.
- **NTP 339.078 CONCRETO.** Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto e vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- **NTP 339.088 CONCRETO.** Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland. Quedando prohibido el uso de aguas acidas, calcáreas, minerales, carbonatadas, agua proveniente de minas o relaves, materia orgánica, humus, descargas de desagües, etc
- **NTP CE.010 ACERAS y PAVIMENTOS.** Tiene por objeto establecer los requerimientos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la estabilidad y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. El concreto**

(Aceros, 2019) Se denomina concreto a la mezcla de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que se endurece conforme avanza la reacción química del agua con el cemento.

### **2.3.2. Trabajabilidad**

(Internet, 2019) La facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación se llama trabajabilidad.

### **2.3.3. Durabilidad del concreto**

(Cachay Huaman, 1993) por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregados, las mismas que se encuentran por encima de los 1000kg/cm<sup>2</sup>. por esta razón en nuestro medio no se ha profundizado el análisis de la influencia del agregado en la resistencia del concreto.

La durabilidad es la capacidad que tienen las estructuras de concreto de conservar inalteradas sus condiciones físicas y químicas durante su vida útil cuando se ven sometidas a la degradación de su material por diferentes efectos de cargas y sollicitaciones, las cuales están previstas en su diseño. Dicho diseño debe estipular las medidas adecuadas para que la construcción alcance la vida útil establecida en el proyecto, teniendo en cuenta las condiciones ambientales, climatológicas y el género de estructura a construir. Las medidas preventivas indicadas en la etapa de proyecto suelen ser muy eficaces y reducen posibles gastos posteriores.

Algunos conceptos a tomar en cuenta al abordar la durabilidad del concreto son:

- **Vida prevista:** se trata del período para el que una estructura fue diseñada y construida para satisfacer los requisitos funcionales, estructurales, de durabilidad, de comportamiento y de seguridad.
- **Vida útil:** periodo previsto para que un mecanismo de daño o un agente agresor de inicio al deterioro del concreto habiéndose vencido la barrera de protección, pero sin que haya iniciado el debilitamiento de la estructura.
- **Vida útil de servicio:** periodo considerado desde la ejecución de la estructura hasta que se complete un nivel aceptable de deterioro.
- **Vida útil total:** periodo que comprende desde la ejecución hasta un colapso total de la estructura.

#### 2.3.4. Cambios volumétricos en el concreto

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi) El concreto cambia ligeramente de volumen por varias razones y la comprensión de la naturaleza de estos cambios es útil para el planeamiento o el análisis de las obras de concreto. Si el concreto fuera libre de cualquier restricción para deformarse, los cambios normales de volumen tendrían pocas consecuencias, pero, como el concreto en servicio normalmente se restringe por los cimientos (cimentación, fundación), subrasantes, refuerzo o elementos conectados, se pueden desarrollar esfuerzos considerables. Esto es principalmente verdad para los esfuerzos de tensión (tracción). Las grietas (fisuras) se desarrollan porque el concreto es relativamente débil en tensión, pero bastante resistente a compresión. El control de las variables que afectan los cambios de volumen puede minimizar las tensiones elevadas y el agrietamiento. La anchura tolerable de las fisuras se debe considerar en el diseño estructural. El cambio de volumen se define meramente como un incremento o una disminución del volumen. Más comúnmente, el tema del cambio del volumen del concreto trata de la expansión lineal y la contracción ocasionada por ciclos de

temperatura y humedad. Sin embargo, los efectos químicos como la contracción (retracción) por carbonatación, el ataque de sulfatos y la expansión perjudicial resultante de la reacción álcali-agregado también pueden causar cambios de volumen. También la fluencia es un cambio de volumen o una deformación causada por esfuerzos o cargas sostenidos. Igualmente, importantes son los cambios elástico e inelástico en las dimensiones o formas, que ocurren instantáneamente bajo la aplicación del esfuerzo. El cambio del volumen del concreto empieza justo después del colado.

(Ottazzi, 2013) Volumétricamente el concreto es un material inestable, experimentando a lo largo del tiempo cambios de volumen por causas físicas y químicas, lo que conlleva a ser una de las principales desventajas del concreto como material de construcción. Los principales cambios volumétricos que experimenta el concreto a lo largo del tiempo, son los debidos al Creep o Flujo Plástico, los debidos a la Retracción también llamada Contracción de Fragua y los asociados con los cambios de temperatura. En un elemento real de concreto, ambos fenómenos estarán presentes simultáneamente, y la deformación total del elemento será función de las deformaciones elásticas y de las deformaciones en el tiempo ocasionadas tanto por el Creep como por la retracción.

(Calavera, 2005) En las estructuras de concreto las fisuras pueden indicar importantes problemas estructurales y deslucir el aspecto de las construcciones monolíticas. Existen numerosas causas de fisuración específicas. Las fisuras estructurales, debidas al alargamiento de las armaduras o a las excesivas tensiones de tracción o compresión producidas en el concreto por los esfuerzos derivados de la aplicación de las acciones exteriores o de las deformaciones impuestas. Las fisuras no estructurales, son las producidas en el concreto, bien durante su estado plástico o bien después de su endurecimiento, pero generadas por causas intrínsecas, es decir debidas al comportamiento de sus materiales constituyentes. Ambos tipos de fisuración son

inherentes al concreto armado y no es posible evitarlos, sino simplemente reducirlos a límites razonables. Las fisuras no estructurales son producidas en estado plástico por el asiento plástico y contracción plástica, mientras que, en estado endurecido, por la contracción térmica inicial, retracción hidráulica, fisuración en mapa. La fisuración del concreto está presente en las condiciones de servicio de un gran número de estructuras de concreto armado, la fisura supone un camino de acceso a la armadura de acero de los agentes agresivos, anhídrido carbónico y cloruros, que originan la oxidación, reduciendo la adherencia y anclaje de la estructura.

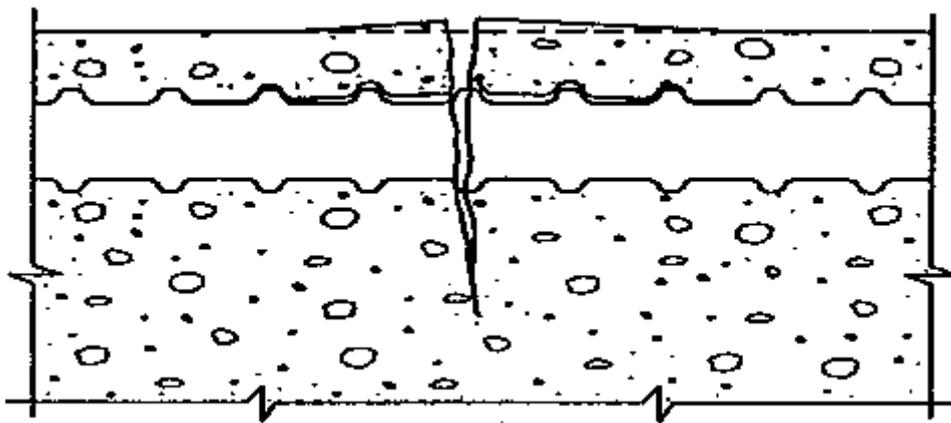


Figura 3: Fisura y rotura de adherencia

### 2.3.5. Cambios volumétricos a edad temprana

#### 2.3.5.1. Contracción química

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi) La contracción química se refiere a la reducción en el volumen absoluto de sólidos y líquidos de la pasta, resultante de la hidratación del concreto. El volumen absoluto de los productos hidratados del cemento es menor que el del cemento y del agua antes de la hidratación. No están incluidas las burbujas de aire del mezclado. La retracción química continúa ocurre en una escala microscópica, mientras que el cemento

se hidrata. Después del fraguado inicial, la pasta no se puede deformar tanto cuanto en el estado plástico. Por lo tanto, se compensan la hidratación y la contracción química adicionales con la formación de vacíos en la micro estructura. La mayor parte de este cambio de volumen es interno y no cambia considerablemente las dimensiones externas visibles del elemento de concreto.

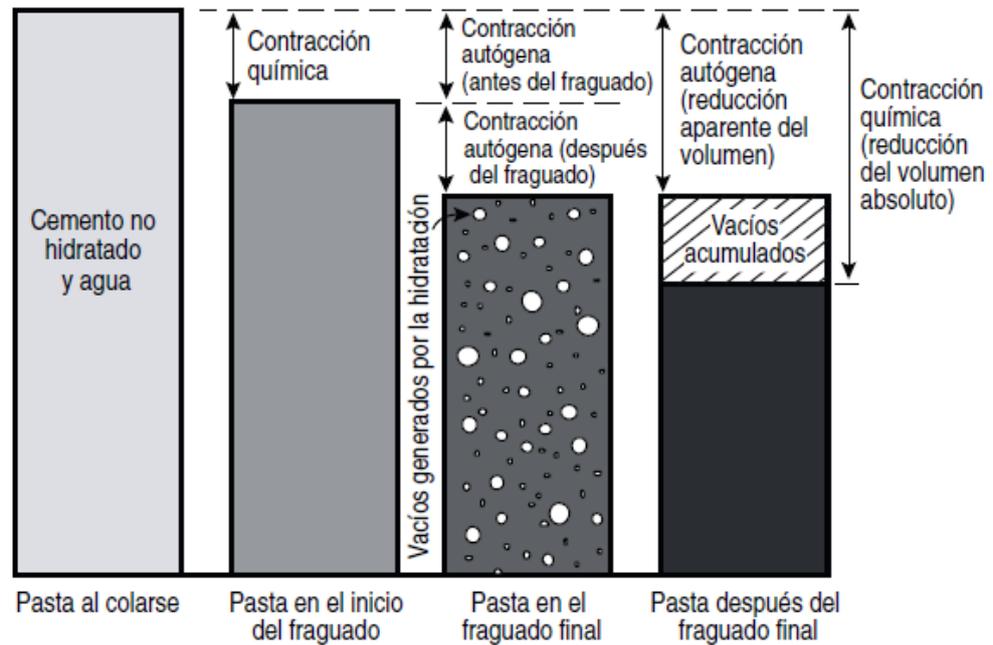


Figura 4: Cambios de volumen por contracción química y retracción autógena de pasta fresca y endurecida

### 2.3.5.2. Contracción autógena

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi) La contracción autógena es la reducción macroscópica del volumen (cambio dimensional visible) de la pasta de cemento, mortero o concreto, causada por la hidratación del cemento. La reducción macroscópica del volumen de la contracción autógena es mucho menor que la reducción del volumen absoluto de la contracción química, debido a la rigidez de la estructura de la pasta endurecida. La contracción química es la fuerza que conduce a la retracción autógena. Algunos investigadores y organizaciones consideran que la contracción autógena

empieza con el inicio del fraguado y otros la evalúan desde el momento de la colocación del concreto.

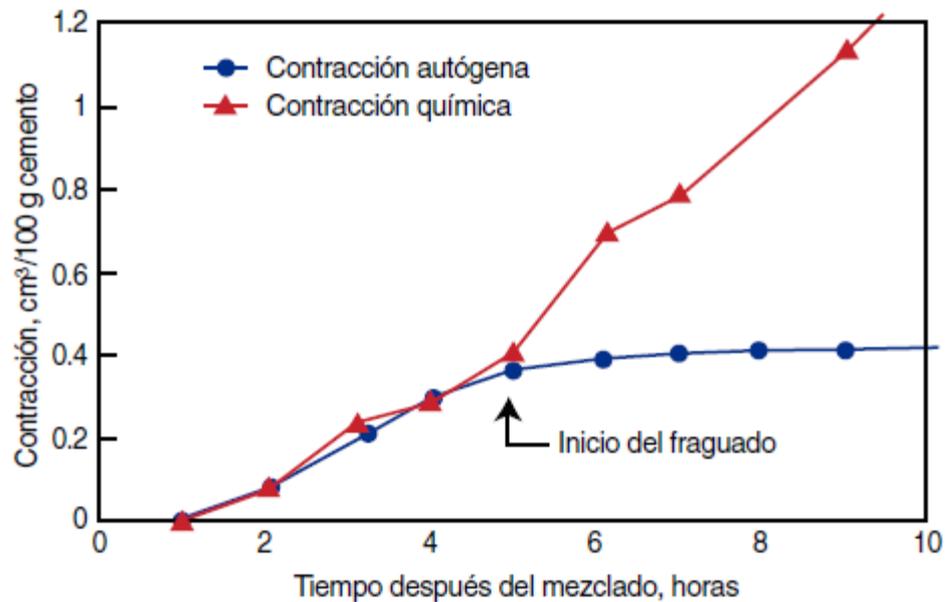


Figura 5: Relación entre contracción autógena y contracción química de la pasta de cemento en edades tempranas

(Kolli Ramujee, 2013) Cuando hay agua externa disponible, la contracción autógena no puede ocurrir. Cuando el agua externa no está disponible, la hidratación del cemento consume el agua de los poros, resultando en auto desecación de la pasta y en una reducción uniforme del volumen. La contracción autógena aumenta con la disminución de la relación agua-cemento y con el aumento de la cantidad de pasta de cemento. El concreto normal tiene una contracción autógena insignificante, sin embargo, es muy prominente en concretos con relación agua cemento menor que 0.42. El concreto de alta resistencia y baja relación agua-cemento 0.30 puede experimentar una contracción autógena de 200 a 400 millonésimos. La retracción autógena puede ser la mitad de la contracción por secado en concretos con relación agua

cemento de 0.30. El uso reciente de concretos de alto desempeño y baja relación agua cemento, en puentes y otras estructuras, ha reanudado el interés en la contracción autógena, a fin de controlar el desarrollo de fisuras. Los concretos altamente susceptibles a contracción autógena se deben curar con agua externa, por un periodo de, por lo menos, 7 días a fin de ayudar a controlar el desarrollo de grietas, también se puede reducir la contracción autógena con el uso de aditivos reductores de retracción

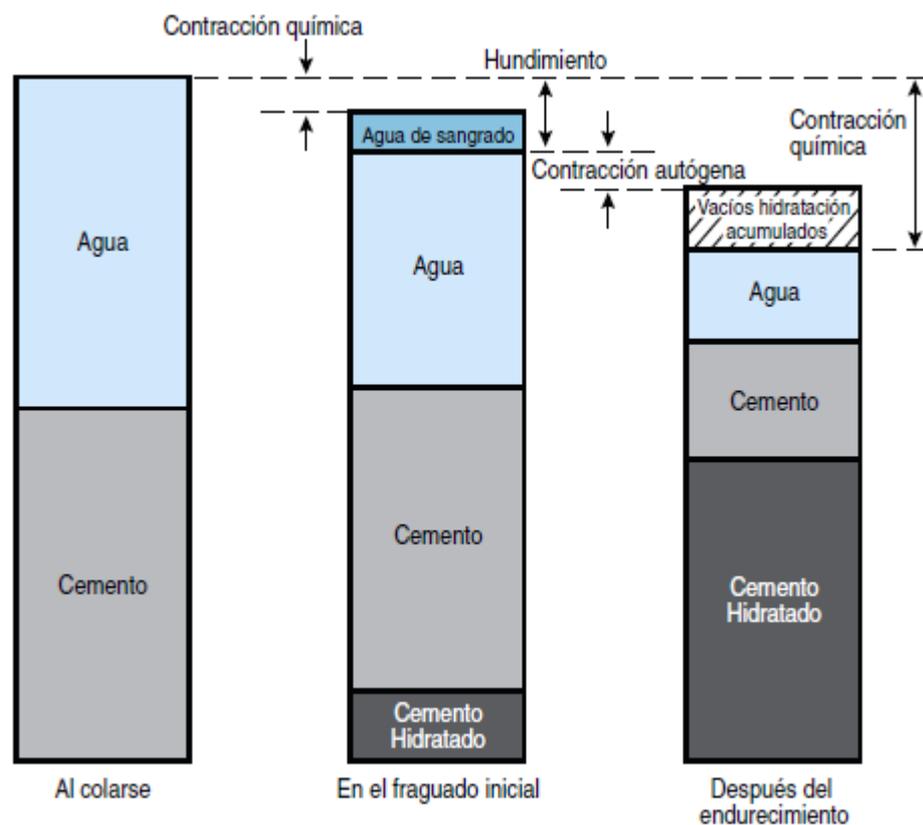


Figura 6: Relación volumétrica entre revenimiento, agua de sangrado, contracción química y contracción autógena.

### 2.3.5.3. Hundimiento o asiento plástico

(STEVEN, K., KERKHOFF, B., PANARESE, W. y TANESI, J., 2004) El hundimiento, asiento plástico o retracción por asentamiento, se refiere a la contracción vertical de los materiales cementantes frescos, antes del inicio de fraguado, y es resultado del sangrado o la exudación (asentamiento de los

sólidos con relación a los líquidos), de la subida de los vacíos de aire hacia la superficie y de la contracción química. El hundimiento del concreto bien consolidado, con un sangrado mínimo, es insignificante. El hundimiento excesivo arriba de elementos inseridos, tales como acero de refuerzo (armadura), puede resultar en agrietamiento (fisuración) sobre estos elementos. Los concretos producidos con aire incluido (incorporado), la cantidad suficiente de materiales finos y la relación agua cemento baja tienden a minimizar el agrietamiento por hundimiento. De la misma manera, las fibras plásticas pueden reducir la fisuración por hundimiento.

(Calavera, 2005) El asiento plástico es un fenómeno que experimenta el concreto cuando se produce la exudación o sangrado, se produce en las primeras tres horas, variando un poco este plazo con la temperatura. La exudación es un fenómeno inherente al concreto que no puede ser eliminado. En tiempo húmedo, frío y sin viento el agua exudada se ve en la superficie, mientras que, en tiempo caluroso, seco y con viento, el agua exudada se evapora de la superficie más rápidamente de lo que el agua de reposición acude a ella. La exudación puede reducirse a través de, menor cantidad de cemento, adiciones en el cemento o al concreto de finura comparable a la del cemento, reducida relación agua cemento, empleo de agentes aireantes y un control riguroso del tipo y calidad si es que se usa aditivos retardadores. En general se trata de fisuras amplias y poco profundas, de escasa transcendencia estructural, siendo más frecuentes en elementos de canto y elementos verticales como pilares y muros.

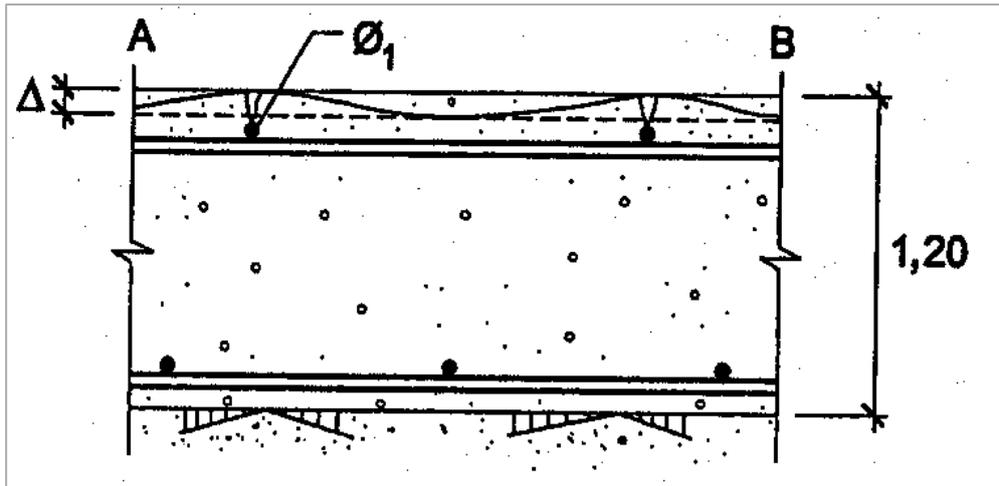


Figura 7: Asiento Plástico

#### 2.3.5.4. Contracción plástica

(STEVEN, K., KERKHOFF, B., PANARESE, W. y TANESI, J., 2004) Las grietas por contracción plástica son causadas por una rápida pérdida de agua de la superficie del concreto antes de que este haya fraguado la condición crítica existe cuando la tasa o velocidad de evaporación de la humedad superficial excede la tasa en el cual el agua de exudación (sangrado) que sube puede reemplazarla. el agua que se encuentra por debajo de la superficie de la concreta forma un menisco entre las partículas finas de cemento y de agregados causando una fuerza de tensión que se desarrolla en las capas superficiales. si la superficie del concreto ha comenzado a fraguar y ha desarrollado suficiente resistencia a la tensión para resistir dichas fuerzas, no se forman las grietas. si la superficie se seca muy rápidamente, el concreto puede permanecer plástico y las grietas no se desarrollan en ese momento, pero se formarán seguramente tan pronto como el concreto se endurezca un poco más, la incorporación de un esfuerzo de fibras sintéticas en la mezcla de concreto puede ayudar a resistir la tensión cuando el concreto es muy frágil.

las condiciones que generan altas tasas de evaporación en la superficie del concreto y por lo tanto incrementan la posibilidad del agrietamiento por contracción plástica, incluyen:

- una velocidad del viento superior a 5mph (8km/h)
- una baja humedad relativa
- altas temperaturas ambientales y/o del concreto

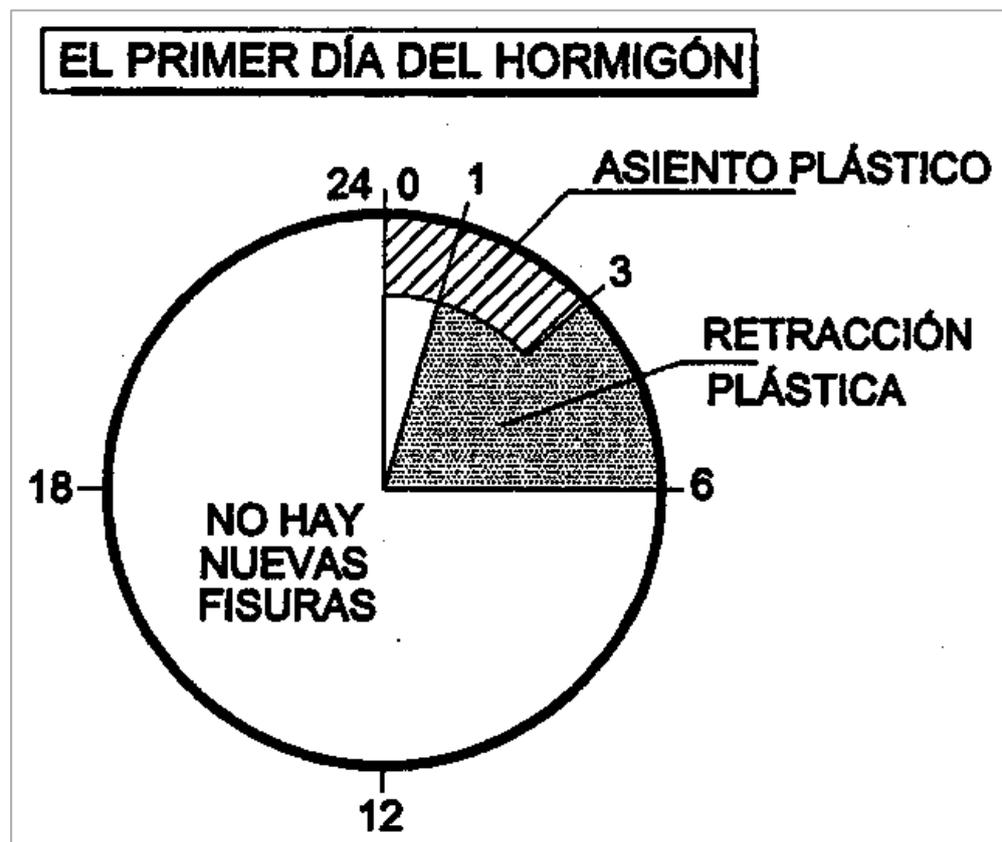


Figura 8: El primer día del concreto

### 2.3.6. Materiales

#### 2.3.6.1. Cemento

(Gomá, 1979) Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como el aire y formar compuestos estables. El cemento portland es el producto

obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de las siguientes de las siguientes normas:

- Los cementos Pórtland tipo I,II y V respectivamente con las Normas ITINTEC 334.038 ó 334.040; o con las Normas ASTM C 150.
- Los cementos Pórtland puzolanicos Tipo 1P y 1PM deberán cumplir con los requisitos de la norma ITINTEC 334.044, o con la Norma ASTM C 595

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Tipo IP	Requisitos NTP 334.090 / ASTM C-595
Contenido de aire	%	5.04	Máximo 12
Expansión autoclave	%	-0.01	Máximo 0.80
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /g	4615	No específica
Densidad	g/ml	2.97	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	185	Mínimo 112
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	243	Mínimo 184
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	349	Mínimo 286
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	148	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 420
Falso fraguado	%	90	Mínimo 50
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	1.82	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.65	Máximo 4.0
Pérdida al fuego	%	3.54	Máximo 5.0
Residuo insoluble	%	18.21	No específica
<b>Calor de Hidratación</b>			
Calor de hidratación a 7 días	cal/g	60.21	70.00
<b>Resistencia a los Sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.03	0.10 % máx. a 180 días

Figura 9: Propiedades físicas y químicas del cemento andino Tipo I

- **Fabricación**

Para la fabricación del cemento portland se procede, esquemáticamente de la siguiente manera.

La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura, mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o húmedo. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad.

El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial de proceso de calentamiento el agua y el anhídrido carbónico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones más calientes del horno se producen las reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla cruda. Durante estas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión.

- **Tipos de cemento**

- **Cemento Tipo I**

- El cemento Tipo I se conoce como el cemento normal de uso común. Se emplea en todas aquellas obras para las cuales no se desea una protección especial, o las condiciones de trabajo de la obra no involucran condiciones climáticas severas ni el contacto con sustancias perjudiciales como los sulfatos. En este tipo de cemento el silicato tricálcico (C3S) se encarga de generar una notable resistencia a edades cortas, como consecuencia, genera también la mayor cantidad de calor de hidratación. Por su parte el silicato dicálcico (C2S) se encarga de generar resistencia a edades tardías. En este cemento los aluminatos se hidratan también de una forma rápida, pero coadyuvan de una manera menos significativa en la resistencia final, sin embargo, son compuestos potencialmente reactivos, pues en caso de la presencia de sulfatos en solución forman

sulfoaluminatos, los cuales producen expansiones que llegan a desintegrar totalmente al concreto o a cualquier otro producto a base de cemento

### **Cemento Tipo II**

El cemento Tipo II se conoce como cemento Portland de moderado calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos, esto se explica por la disminución del silicato tricálcico y de aluminato tricálcico con respecto al cemento normal. El cemento Tipo II se emplea en estructuras moderadamente masivas como grandes columnas o muros de concreto muy anchos, el objetivo es el de evitar que el concreto se agriete debido a los cambios térmicos que sufre durante la hidratación.

También se aconseja usar este tipo de cemento en estructuras donde se requiere una protección moderada contra la acción de los sulfatos, como en cimentaciones y muros bajo tierra, donde las concentraciones de sulfatos no sean muy elevadas.

### **Cemento Tipo III**

El cemento Tipo III se conoce como de resistencia rápida, este tipo de cemento se usa cuando hay la necesidad de descimbrar rápido con el objeto de acelerar otros trabajos y poner en servicio la obra lo más pronto posible. La resistencia que desarrolla durante los primeros siete días es notable debido principalmente a la presencia de altos contenidos de silicato tricálcico y bajos contenidos del silicato dicálcico.

Además de la composición química, los cementos adquieren la propiedad de ganar resistencia rápidamente cuando la finura a la que se muele el clinker es mayor que la del cemento normal.

### **Cemento Tipo IV**

El cemento Tipo IV o de bajo calor de hidratación desarrolla su resistencia más lentamente que el cemento normal debido a los bajos contenidos de silicato tricálcico,

por esta misma razón el calor que desarrolla durante la etapa de fraguado es mucho menor que el del cemento normal.

El cemento Tipo IV se emplea en la construcción de estructuras masivas como las presas de concreto, donde se requiere controlar el calor de hidratación a un mínimo con el objeto de evitar el agrietamiento

### **Cemento Tipo V**

El cemento Tipo V o resistente a los sulfatos se emplea en todo tipo de construcciones que estarán expuestas al ataque severo de sulfatos en solución o que se construirán en ambientes industriales agresivos. Estos cementos se consideran resistentes a los sulfatos debido a su bajo contenido de aluminato tricálcico, se caracterizan por su ganancia moderada de resistencia a edades tempranas, pero al igual que el cemento de bajo calor desarrolla buena resistencia a edades tardías gracias a sus altos contenidos de silicato dicalcico.

De estos cinco tipos en el Perú solo se fabrican los Tipos I,II y V.

### **Cemento Tipo MS**

El cemento Tipo MS se emplea donde sean importantes las precauciones contra el ataque moderado por los sulfatos, tales como en estructuras de drenaje, donde las concentraciones de sulfatos en el agua subterráneo son mayores que lo normal pero no llegan a ser severas.

Este cemento se usa de la misma manera que el cemento portland Tipo II. Como el Tipo II, se debe preparar el concreto de cemento Tipo MS con baja relación agua materiales cementantes para que se garantice la resistencia a los sulfatos. Es un cemento portland con adiciones de escoria de altos hornos, el cual tiene una actividad potencial brindando al concreto moderado calor de hidratación, moderada resistencia a los sulfatos y otras características.

Este cemento es más resistente a la agresión química, ya que debido a la acción química de sus adiciones activas es más resistente cuando se encuentra en contacto con suelos húmedos que contienen sulfatos y sustancias salitrosas que deterioran el concreto. Es adecuado para estructuras, cimentaciones y pisos.

Este cemento desarrolla con el tiempo una resistencia mecánica superior a la del cemento de uso común. Está compuesto por 30% de escoria, 5% yeso y 65% Clinker. Debido a sus propiedades de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos se compara con el cemento tradicional Tipo III que tiene requisitos físicos iguales, a excepción del tiempo de fraguado que para el Cemento tipo MS es de 420 minutos y para el Cemento Tipo II de 375 minutos.

El cemento Tipo MS esta normado por la ASTM C 1157 y en el Perú por la NTP 334.082.

Tabla 1: Requisitos químicos del cemento

Fuente: (NTP 334.090, 2013)

REQUISITOS QUÍMICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO			
		IS(<70) IT(P<S<70) IT(L<S<70)	IS(≥70) IT(S≥70)	IP, I(PM) IT(P≥S) IT(P≥L)	ICo IL IT(L≥S) IT(L≥P)
Óxido de magnesio (MgO), máx. %	334.086	...	...	6,0	...
Azufre como trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx. <sup>A</sup> %	334.086	3,0	4,0	4,0	3,0
Azufre (S), máx. %	334.086	2,0	2,0	...	....
Residuo insoluble, máx. % <sup>B</sup>	334.086	1,0	1,0	...	....
Pérdida por ignición, máx. %	334.086	3,0 <sup>C</sup>	4,0 <sup>C</sup>	5,0 <sup>C</sup>	10,0

Tabla 2: Requisitos físicos del cemento

Fuente: (NTP 334.090, 2013)

REQUISITOS FÍSICOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPOS DE CEMENTO <sup>A</sup>				
		IS(<70), IP, IL, I(PM) IT(P<S<70) IT(P≥S) IT(P>L) IT(L≥P) IC <sub>o</sub>	IS(<70)(MS) IP(MS) IT(P<S<70)(MS) IT(P≥S)(MS)	IS(<70)(HS) IT(P<S<70)(HS) IP(HS) IT(P≥S)(HS)	IS(≥70), IT(S≥70)	IP(LH), <sup>A</sup> IT(P≥S)(LH) <sup>A</sup> IL(LH) <sup>A</sup> IT(<S<70)(LH) IT(P>L)(LH) <sup>A</sup> IT(L≥S)(LH) <sup>A</sup> IT(L≥P)(LH) <sup>A</sup>
Finura	334.002/334.045	B	B	B	B	B
Expansión en autoclave, max. %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave, max. % <sup>C</sup>	334.004	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, ensayo Vicat: <sup>D</sup>	334.006					
Fraguado, minutos, no menos de		45	45	45	45	45
Fraguado, horas, no más de		7	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, volumen %, max.	334.048	12	12	12	12	12
Resistencia a compresión, mín , MPa	334.051					
3 días		13,0	11,0	11,0	...	...
7 días		20,0	18,0	18,0	5,0	11,0
28 días		25,0	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (Cal/g), <sup>F</sup> máx.	334.064					
7 días		290(70) <sup>E</sup>	290(70) <sup>E</sup>	290(70) <sup>E</sup>	...	250(60)
28 días		330(80) <sup>E</sup>	330(80) <sup>E</sup>	330(80) <sup>E</sup>	...	290(70)

### 2.3.6.2. Agregados

Se utilizó agregados, piedra de 3/4 pulgada como tamaño máximo nominal y arena, procedentes de la cantera de Chacco. La NTP agregados, especificaciones normalizadas para agregados en concreto, define como el conjunto de partículas, de origen natural o artificial, pueden ser tratadas o elaboradas, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la presente norma.

Agregado fino, aquel proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa por el tamiz 9.5mm (Nro 3/8 pulg.). Natural o manufacturada, o una combinación de ambas, sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactos y resistentes. Deberá estar libre de cantidades

perjudiciales de polvo, terrones, partículas, escamosas o blandas, pizarras, sales, materia orgánica según NTP 400.013, método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y concreto), etc. Se recomienda un módulo de fineza entre 2.3 y 3.1.

Agregado grueso, aquel material retenido en el tamiz 4.75mm (Nro 4). Puede ser grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Las partículas deben ser químicamente estables y libres de escamas, tierra, polvo, limo, materia orgánica, sales, etc. Es recomendable que la granulometría seleccionada no tenga más del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½ pulgada y no más del 6% del agregado que pasa la malla ¼ pulgada.

Tabla 3: Límites de sustancias perjudiciales en los agregados  
Fuente: (NTP.037, 2013)

Ensayos	Agregado Fino	Agregado Grueso
Partículas deleznales	3%	3%
Material más fino que malla N°200		
Concreto sujeto a abrasión	3% (a)	1%
Otros concretos	5% (a)	1%
Carbón y lignito	0.5%	0.5%
Abrasión		50%
Valor de impacto del agregado		30%
Desgaste con sulfato de sodio	10%	12%
Desgaste con sulfato de magnesio	15%	18%

Dentro de las principales características de los agregados que intervienen en el diseño de mezclas se tiene, Granulometría, peso unitario, peso específico y absorción y contenido de humedad.

La granulometría, es la distribución del tamaño de las partículas de un agregado, que se determina a través del análisis de los tamices. Las variaciones en la granulometría pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una amasada a otra. Las arenas muy finas son normalmente antieconómicas, mientras que arenas y gravas gruesas pueden producir mezclas sin trabajabilidad. En general, los agregados que no tienen una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y presentan una curva granulométrica suave, producirán los resultados más satisfactorios.

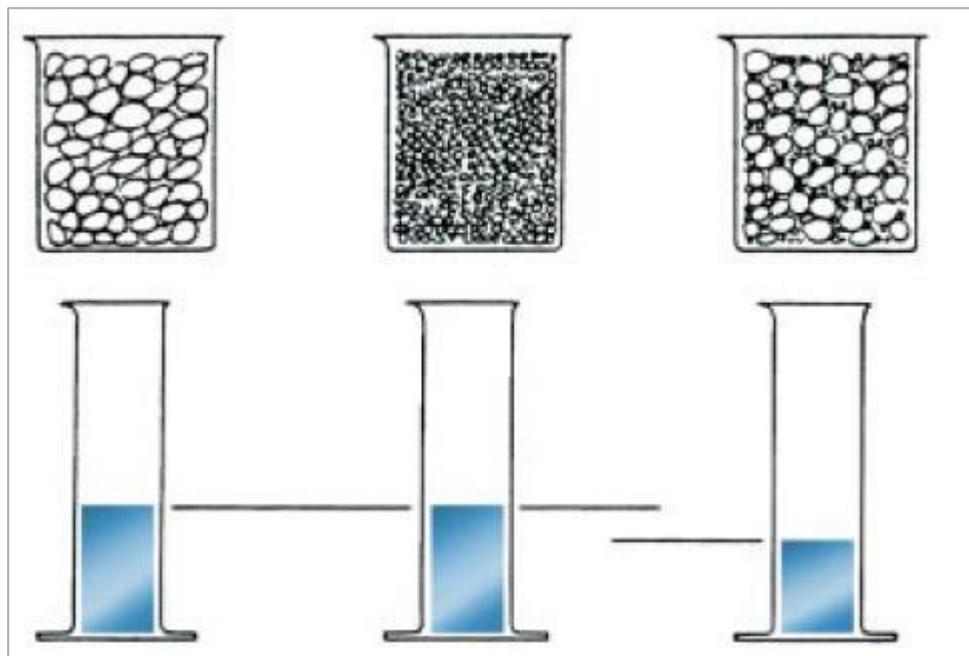


Figura 10: Teoría de la máxima densidad. el líquido representa a los vacíos, constante para volúmenes absolutos con tamaños uniformes, diferente cuando se combinan el contenido de vacíos disminuye.

Fuente: Asociación cemento portland, 2004

Tabla 4: Límites recomendables para granulometría del agregado fino  
Fuente: (NTP.037, 2013)

<b>Malla</b>	<b>% que pasa</b>
9.5 mm (3/8")	100
4.75mm (No 4)	95 a 100
2.36mm (No 8)	80 a 100
1.18mm (No 16)	50 a 85
600-um (No 30)	25 a 60
300-um (No 50)	5 a 30
150-um (No 100)	0 a 10

Tabla 5: Requisitos granulométricos del agregado grueso

Fuente: (NTP.037, 2013)

HUSO	Tamaño Maximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso Porcentaje que pasa por Tamices Normalizados														
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300 mm	
		4 pulg.	3 ½ pulg.	3 pulg.	2 ½ pulg.	2 pulg.	1 ½ pulg.	1 pulg.	¾ pulg.	½ pulg.	¾ pulg.	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50	
1	90 mm a 37.5 mm	3 ½ pulg. a 1 ½ pulg.	100	90 a 100	----	25 a 60	----	0 a 15	----	0 a 15	----	----	----	----	----	
2	63 mm a 37.5 mm	3 ½ pulg. a 1 ½ pulg.	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 5	----	----	----	----	----	
3	50 mm a 25.0 mm	2 pulg. a 1 pulg.	----	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 15	----	----	----	----	
357	50 mm a 4.75 mm	2 pulg. a N° 4	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	----	0 a 5	----	----	
4	37.5 mm a 19.0 mm	1 ½ pulg. a ¼ pulg.	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	----	0 a 5	----	----	----	
467	37.5 mm a 4.75 mm	1 ½ pulg. a N° 4	----	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	----	10 a 30	0 a 5	----	----	
5	25.0 mm a 9.5 mm	1 pulg. a ½ pulg.	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----	----	----	
56	25.0 mm a 9.5 mm	1 pulg. a ¾ pulg.	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	----	----	
57	25.0 mm a 4.75 mm	1 pulg. a N° 4	----	----	----	----	----	100	95 a 100	----	25 a 60	----	0 a 10	0 a 5	----	
6	19.0 mm a 9.5 mm	¾ pulg. a ¾ pulg.	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	----	----	
67	19.0 mm a 4.75 mm	¾ pulg. a N° 4	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	----	
7	12.5 mm a 4.75 mm	½ pulg. a N° 4	----	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	----	
8	9.5 mm a 2.36 mm	¾ pulg. a N° 8	----	----	----	----	----	----	----	----	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5 mm a 1.18 mm	¾ pulg. a N° 16	----	----	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	475 mm a 1.18 mm	N° 4 a N° 16	----	----	----	----	----	----	----	----	----	100	85 a 100	40 a 10	0 a 10	0 a 5

La norma E-060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, indica respecto al tamaño máximo nominal del agregado grueso que no debe ser superior a,  $1/5$  de la menor separación entre los lados del encofrado,  $1/3$  de la altura de la losa,  $3/4$  del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes, tendones, paquetes de tendones o ductos.

El peso unitario de los agregados (NTP 400.017, 2013) es la masa o el peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen a que se refiere aquí es aquél ocupado por los agregados y por los vacíos entre las partículas de agregado. El peso unitario aproximado del agregado comúnmente usado en el concreto de peso normal varía de 1200 a 1750 kg/m<sup>3</sup>. La cantidad de vacíos entre las partículas afecta la demanda de pasta en el diseño de la mezcla. La cantidad de vacíos varía de cerca del 30% a 45% para el agregado grueso y de cerca del 40% a 50% para el agregado fino. La angularidad aumenta la cantidad de vacíos, mientras que los tamaños mayores de un agregado bien graduado y la mejoría de la granulometría disminuyen el contenido de vacíos.

(NTP 400.021 & NTP 400.022, 2013) El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Se usa en algunos cálculos para el control y proyecto de mezclas. La mayor parte de los agregados de peso normal tienen pesos específicos comprendidos entre 2400 kg/m<sup>3</sup> y 2900 kg/m<sup>3</sup>.

Respecto al Contenido de humedad (NTP 339.185, 2013) es la cantidad total de agua que contiene la muestra de agregado al momento de efectuar la

determinación de su masa, puede estar constituida por la suma del agua superficial y la absorbida.

### **2.3.6.3. Agua**

(NTP 334.088, 2013) El agua empleada en la preparación y curado del concreto debe ser de preferencia, potable. Está prohibido el empleo de aguas ácidas; calcáreas; minerales; carbonatadas; aguas provenientes de minas o relaves; aguas que contengan residuos minerales o industriales; aguas con un contenido de sulfatos mayor del 1%; aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües; aguas que contengan azúcares o sus derivados.

Igualmente está prohibido el empleo de aquellas aguas que contengan porcentajes significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali-agregado es posible. Podrá utilizarse aguas naturales no potables, previa autorización de la inspección, únicamente si:

- Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica, u otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo, o elementos embebidos. Al seleccionar el agua deberá recordarse que aquellas con alta concentración de sales deberán ser evitadas. Ello debido a que no solo pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y su estabilidad del volumen, sino que, adicionalmente, pueden originar eflorescencias o corrosión del acero de refuerzo.
- La calidad del agua, determinada mediante análisis de laboratorio, cumple con los valores que a continuación se indican; debiendo ser aprobados por la inspección las excepciones a los mismos.

Tabla 6: % permisible de elementos en el agua de mezcla

Fuente: (NTP 339.088, 2013)

Elemento	Valor Máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
Ph	> 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia Orgánica	10 ppm

#### 2.3.6.4. Fibra de polipropileno

En la presente investigación se utilizó fibra de polipropileno Chema Fibra Ultrafina, que pertenece a la familia de fibras sintéticas que se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Dentro de este grupo de fibras sintéticas se tiene fibras, acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno. En el concreto forman una red densa tridimensional capaz de reducir el agrietamiento en las primeras 24 horas después de colocado el concreto.

Tabla 7: Propiedades físicas de Chema Fibra Ultrafina

Fuente: (Chema, 2017)

Propiedad	Descripción
Material	Polipropileno 100% Virgen
Diseño	Filamento monolaminar
Color	Blanquecino traslúcido
Gravedad Específica	0.91 g/cm <sup>3</sup>
Punto de Fusión	160°C (320°F)
Punto de Ignición	590°C (1094°F)
Absorción de Agua	Cero
Resistencia ácidos y álcalis	Excelente.
Resistencia a la Tensión	70 ksi (480 MPa)
Longitud	0.5" (13 mm) & 0.75" (19mm)
Módulo de Elasticidad	1230 ksi (4.48 GPa)

### **2.3.7. Ensayos en estado plástico**

#### **2.3.7.1. Asentamiento**

El ensayo de revenimiento o asentamiento del cono de Abrams, es el método más ampliamente aceptable y utilizado para medir la consistencia del concreto, normado por la (NTP 339.035, 2013). El equipo de prueba consiste en un cono de revenimiento (molde cónico de metal 300 mm (12 pulg.) de altura, con 200 mm (8 pulg.) de diámetro de base y 100 mm (4 pulg.) de diámetro de la parte superior) y una varilla de metal con 16 mm de diámetro (5/8 pulg.) y 600 mm (24 pulg.) de longitud con una punta de forma hemisférica.

El cono húmedo, colocado verticalmente sobre una superficie plana, rígida y no absorbente, se debe llenar en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales. Por lo tanto, se debe llenar el cono hasta una profundidad de 70 mm (2 1/2 pulg.) en la primera capa, una profundidad de 160 mm (6 pulg.) en la segunda y la última capa se debe sobrellenar. Se aplican 25 golpes en cada capa. Después de los golpes, se enrasa la última capa y se levanta el cono lentamente aproximadamente 300 mm (12 pulg.) en  $5 \pm 2$  segundos. A medida que el concreto se hunde o se asienta en una nueva altura, se invierte el cono vacío y se lo coloca gentilmente cerca del concreto asentado. El revenimiento o el asentamiento es la distancia vertical que el concreto se ha asentado, medida con una precisión de 5 mm (1/4 pulg.). Se usa una regla para medir de la parte superior del molde del cono hasta en centro original desplazado del concreto asentado. Todo el ensayo hasta la remoción del cono se debe completar en 2 1/2 minutos, pues el concreto pierde revenimiento con el

tiempo. Si hay desmoronamiento de una parte del concreto, se debe realizar otra prueba con otra porción de la muestra.



Figura 11: Ensayo del asentamiento, medición del asentamiento

### 2.3.8. Ensayos en estado mecánico

#### 2.3.8.1. Ensayos en estado mecánico

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la (NTP 339.034, 2013) La norma es aplicable a concreto con peso específico mayor a  $800 \text{ kg/m}^3$ , consiste en aplicar una carga axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas. La máquina de ensayo calibrada, contará con dos bloques de acero, una de las cuales se asentará sobre una rotula, que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

Tabla 8: Máximo valor del diámetro del bloque y de la probeta de ensayo

Fuente: (NTP 339.034, 2013)

<b>Diámetro de probeta de ensayo</b>	<b>Máximo diámetro</b>
<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

El centro de la rótula coincidirá con la superficie de la cara de rotura con una tolerancia de  $\pm 5\%$  el radio de la rótula. El diámetro de la rótula será de al menos 75% el diámetro de la probeta a ser ensayada.

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.

El diámetro usado para el cálculo de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0.25 mm por el promedio de dos diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca de la altura media de la probeta. Siendo el número de cilindros individuales medidos para la determinación del diámetro promedio de uno por cada diez probetas o tres probetas por día, tomándose el mayor.



Figura 12: Equipo para medir la resistencia a la compresión, prensa hidráulica

Los ensayos a compresión serán ejecutados tan pronto como sean retirados las probetas de la cámara húmeda, siendo ensayados en condición húmedos.

Tabla 9: Tolerancia para el tiempo de fractura

Fuente: (NTP 339.034, 2013)

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
24 h	$\pm 0.5$ h ó 2.1 %
3 d	$\pm 2$ h ó 2.8 %
7 d	$\pm 6$ h ó 3.6 %
28 d	$\pm 20$ h ó 3 %
90 d	$\pm 48$ h ó 2.2 %

Al colocar la probeta en la prensa hidráulica verificar que estén libres de partículas u otros cuerpos las bases de la probeta con los bloques, así mismo su alineación y perpendicularidad.

La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s. la velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.

El cálculo de la resistencia a la compresión del espécimen se realiza dividiendo la carga máxima alcanzada entre el área promedio de la sección transversal de la probeta, el resultado se expresa con aproximación a 0.1 MPa.

Si la relación de la longitud del espécimen entre su diámetro es 1.75 o menor, el resultado se deberá corregir por un factor de corrección apropiado según se indica en la tabla siguiente.

Tabla 10: Factor de correcciones para relaciones  $L/D \leq 1.75$ 

Fuente: (NTP 339.034, 2013)

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Adicionalmente se debe observar el patrón de fractura del espécimen.

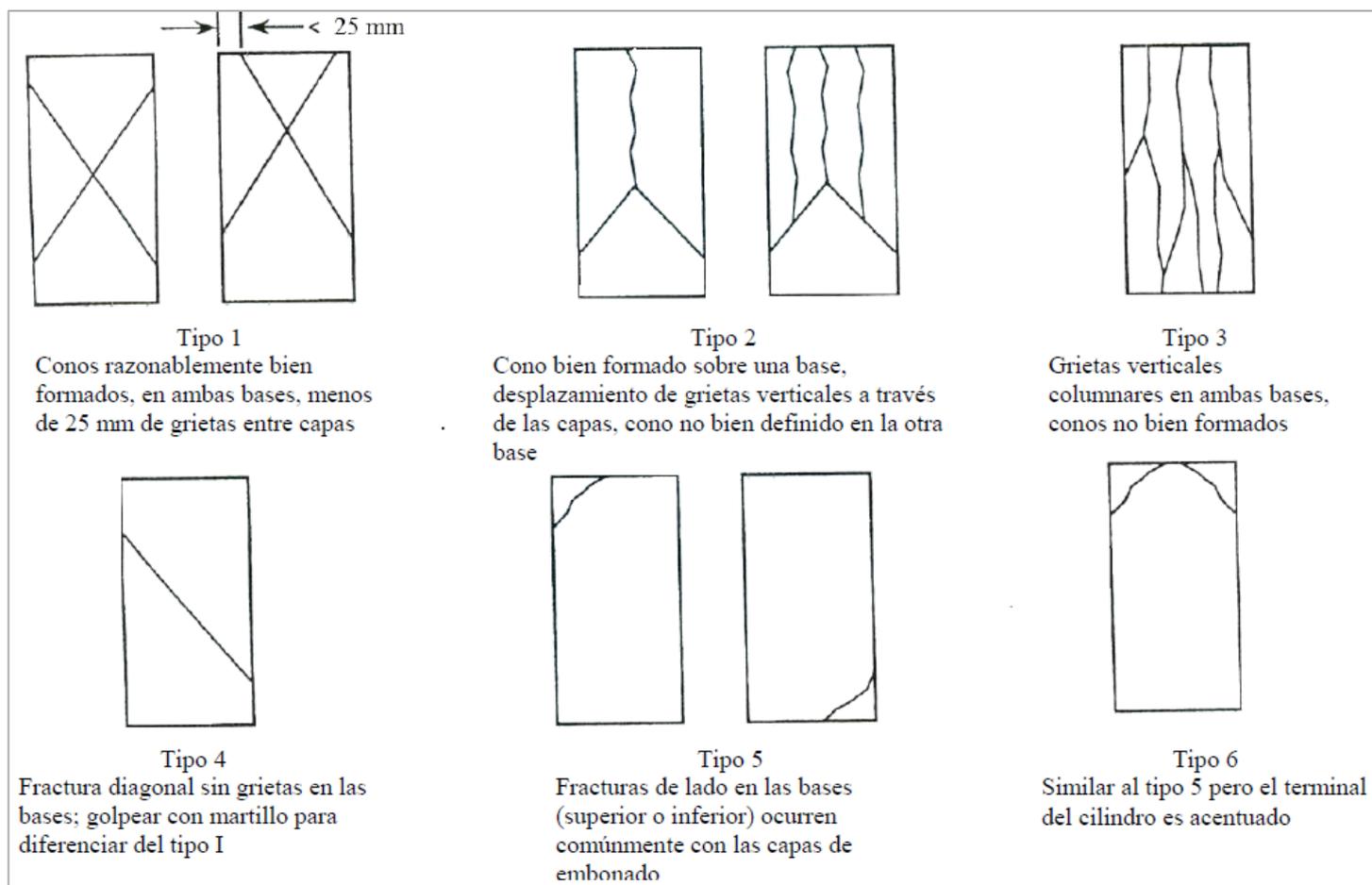


Figura 13: Patrones de tipo de fractura

Fuente: (NTP 339.034, 2013)

### 2.3.8.2. Ensayos en estado mecánico

El ensayo de resistencia a la flexión se realizó de acuerdo a la (NTP 339.078)

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de

la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará según la

ubicación de la falla, dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre.

No están permitidas máquinas de ensayo manuales que funcionan con bombas que no aplican una carga continua en una sola carrera del pistón. Son permitidas las motobombas o bombas manuales de desplazamiento positivo, con volumen suficiente para completar el ensayo en una sola carrera del pistón. La máquina deberá ser capaz de aplicar cargas con una velocidad uniforme, sin golpes o interrupciones.

Todos los aparatos para hacer ensayos de flexión en el concreto deben ser capaces de mantener constante la longitud del tramo especificado y las distancias entre placas de carga dentro de  $\pm 1$  mm.

La relación de la distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y el punto de aplicación de la reacción más cercana a la profundidad de la viga deberá ser de  $1 \pm 0.03$ .

El aparato será capaz de mantener constante la distancia entre apoyos y la distancia entre placas de carga, con aproximación de 2 mm.

La carga deberá aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite toda excentricidad.

La dirección de las reacciones deberá ser paralela a la dirección de la carga aplicada mientras se realice la prueba.



fibra extrema, entre 0.9 MPa/min y 1.2 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga. La relación de carga se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$r = 2x \frac{Sbd^2}{L}$$

Donde:

- $r$ = es la relación de carga, en N/min
- $S$ = es la tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/Min
- $b$ = es el ancho promedio de la viga según su disposición para el ensayo, en mm.
- $d$ = es la altura promedio de la viga, según su disposición para el ensayo, en mm
- $L$ = es la longitud del tramo, en mm.

Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y la profundidad se miden en la muestra conforme se dispuso para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión (una en cada extremo y una al centro), para determinar el ancho promedio, altura promedio y ubicación de la línea de fractura de la viga en la sección de falla. Tomar todas las medidas con precisión de 1mm. Si la fractura ocurre en una sección de refrentado se incluye la medida del espesor de la capa.



Figura 15: Viga listo para el ensayo

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente ecuación. El peso de la viga no está considerado en el cálculo.

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Dónde:

- $M_r$  = es el Módulo de Rotura, en MPa.
- $P$  = es la carga máxima de rotura, en N.
- $L$  = es la luz libre entre apoyos, en mm
- $b$  = es el ancho de la viga, en mm.
- $h$  = es la altura de la viga, en mm.

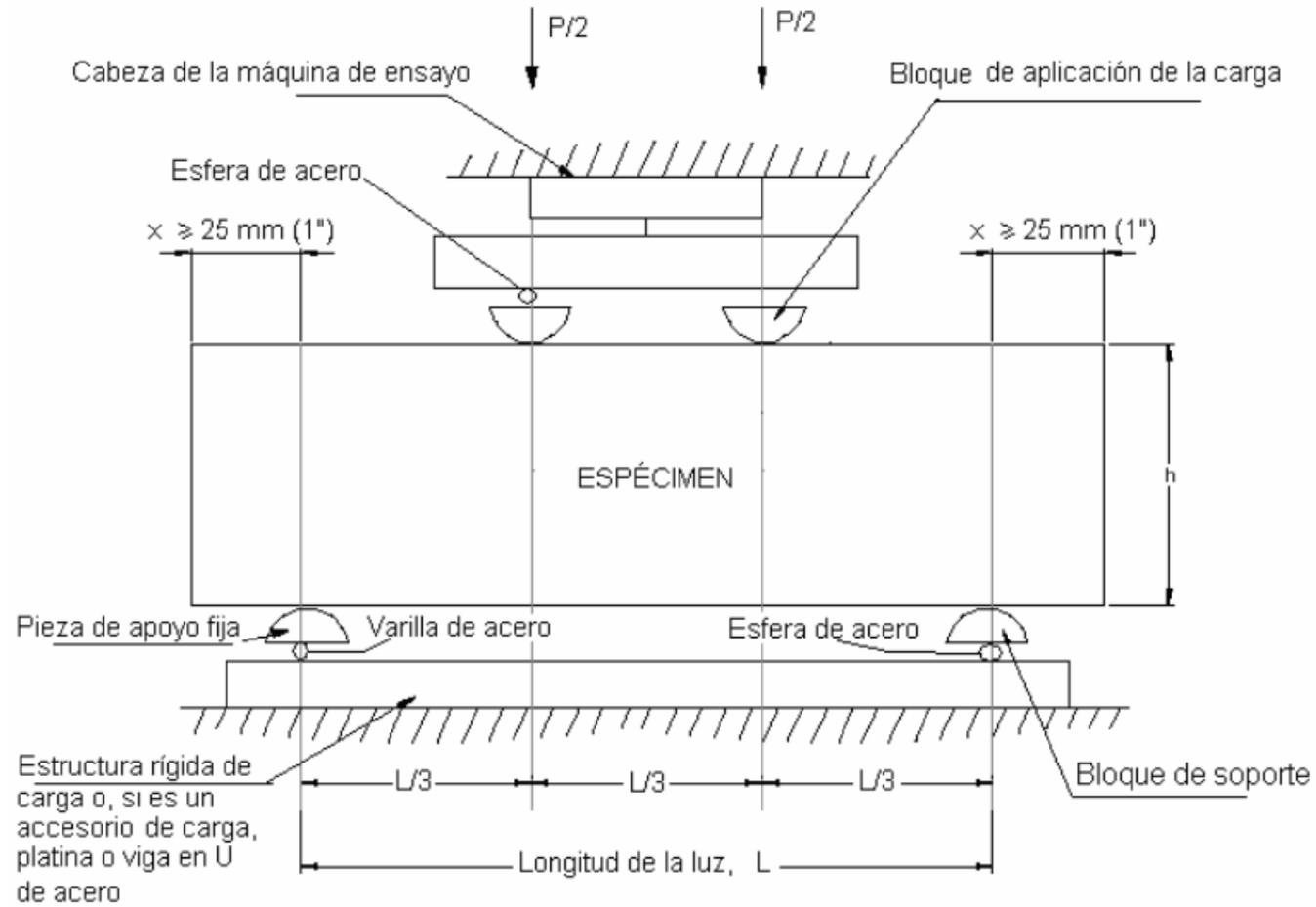


Figura 16: Características de la viga de ensayo, consideraciones antes de las pruebas de rotura

Fuente: (ASTM-C78)

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente ecuación.

$$M_r = \frac{3pa}{bd^2}$$

Donde:

- $a$  = es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano a la medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.



Figura 17: Vigas  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ , patrón y adicionado con fibra de polipropileno.



Figura 18: Ensayo de resistencia a la flexión simplemente apoyada en los tercios de la luz.

### 2.3.9. Pavimentos.

Los pavimentos son estructuras que consisten en capas superpuestas de materiales procesados por encima del terreno natural con la finalidad de distribuir las cargas aplicadas por un vehículo a la subrasante. La estructura del pavimento debería ser capaz de proveer.

- Una calidad de manejo aceptable
- Una adecuada resistencia al ahuellamiento, deslizamiento y agrietamiento.
- Apropriados niveles de reflejo de luz y un nivel bajo de ruido.

El objetivo final de la estructura es transmitir las cargas de la llanta de tal manera que no se sobrepase la capacidad portante de la subrasante.

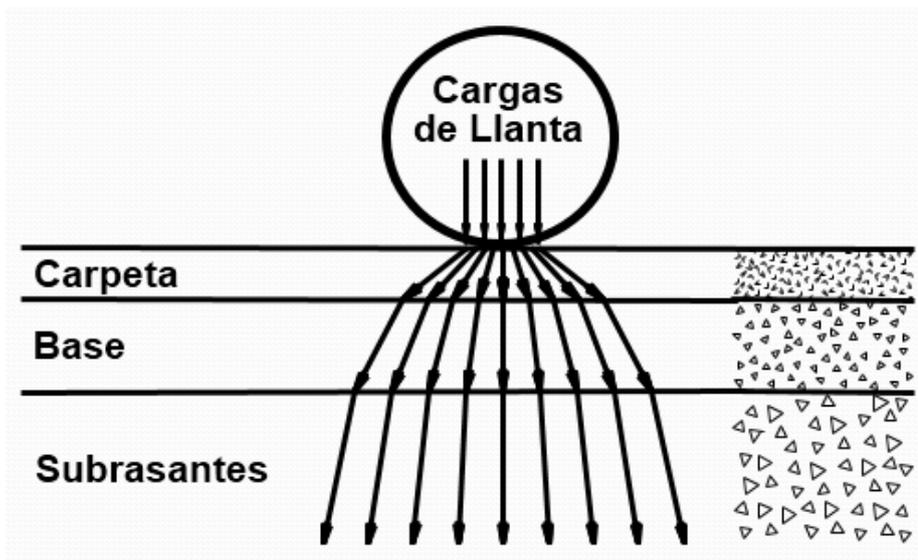


Figura 19: Transmisión de cargas en un pavimento rígido.

### 2.3.9.1. Elementos que integran un pavimento rígido.

#### (A) Subrasante.

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia,

incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante

**(B) Subbase.**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexible.

**(C) Superficie de rodadura.**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la

capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

### **2.3.9.2. Tipos de pavimentos rígidos.**

#### **(D) Concreto hidráulico simple.**

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros ó 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

#### **(E) Concreto hidráulico reforzado.**

Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros ó 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

#### **(F) Concreto hidráulico reforzado continuo.**

Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

### **2.3.9.3. Aplicaciones del pavimento rígido.**

#### **(G) Aeropistas.**

En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.

**(H) Vialidades urbanas.**

La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan al tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

**(I) Zonas residenciales.**

El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

**2.3.9.4. Daños en estructuras de pavimento de concreto simple hidráulico.**

El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

**(A) Fisura transversal o diagonal.**

- **Descripción:**

de la losa que ocurre aproximadamente perpendicular al eje del pavimento, o en forma oblicua a este, dividiendo la misma en dos planos.



Figura 20: Fisura transversal o diagonal.

- **Posibles causas.**

Son causadas por una combinación de los siguientes factores: excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga), deficiente apoyo de las losas, asentamientos de la fundación, excesiva relación longitud / ancho de la losa o deficiencias en la ejecución de éstas.

La ausencia de juntas transversales o bien losas con una relación longitud ancho excesivos, conducen a fisuras transversales o diagonales, regularmente distribuidas o próximas al centro de las losas, respectivamente. Variaciones significativas en el espesor de las losas provocan también fisuras transversales.

**(B) Fisura longitudinal.**

- **Descripción:**

Fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos.

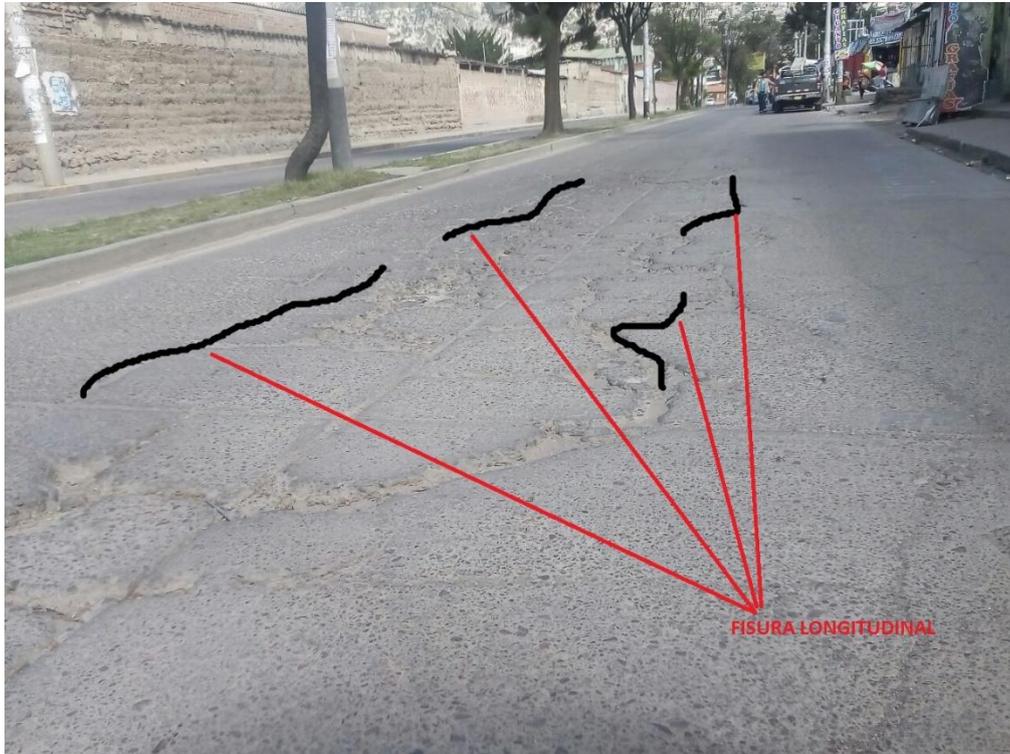


Figura 21: Fisura longitudinal

- **Posibles causas.**

Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.

Con frecuencia la ausencia de juntas longitudinales y/o losas, con relación ancho longitud excesiva, conducen también al desarrollo de fisuras longitudinales

**(C) Fisura de esquina.**

- **Descripción.**

Es una fisura que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.



Figura 22: Fisura en esquina de losa.

- **Posibles causas.**

Son causadas por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de la fundación, así como también por una deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que favorece el que se produzcan altas deflexiones de esquina.

**(D) Losas subdivididas.**

- **Descripción.**

Fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos.



Figura 23: Fisura en toda la losa.

- **Posibles causas**

Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa.

### 2.3.9.5. Deformaciones en estructuras de pavimento de concreto hidráulico.

#### (A) Levantamiento de losas.

- **Descripción.**

Sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal.

- **Posibles Causas.**

Son causadas por falta de libertad de expansión de las losas de concreto, las mismas que ocurren mayormente en la proximidad de las juntas transversales. La restricción a la expansión de las losas puede originar fuerzas de compresión considerables sobre el plano de la junta. Cuando estas fuerzas no son completamente perpendiculares al plano de la junta o son excéntricas a la sección de la misma, pueden ocasionar el levantamiento de las losas contiguas a las juntas, acompañados generalmente por la rotura de estas losas.

**(B) Dislocamiento.**

- **Descripción.**

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras.

- **Posibles Causas.**

Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

**(C) Hundimiento.**

- **Descripción.**

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo; puede estar acompañado de un fisuramiento significativo, debido al asentamiento del pavimento.

- **Posibles Causas.**

Este tipo de deformación permanente del pavimento, con o sin agrietamiento puede ocurrir cuando se producen asentamiento o consolidación en la subrasante, por ejemplo, en terraplenes cuando existen condiciones muy desfavorables para la fundación, o bien en zonas contiguas a una estructura de drenaje o de retención donde puede ocurrir el asentamiento del material de relleno por deficiente compactación inicial o bien por movimiento de la propia estructura. También pueden ser originadas por deficiencias durante el proceso de construcción de las losas.

**(D) Desintegración en estructuras de pavimento de concreto hidráulico.**

- **Descripción.**

Descascaramiento es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales muy finas, que se extiende solo a la superficie del concreto. Las mismas que tienden a intersecarse en ángulos de 120°.

- **Posibles Causas.**

Las fisuras capilares generalmente son consecuencia de un exceso de acabado del concreto fresco colocado, produciendo la exudación del mortero y agua, dando lugar a que la superficie del concreto resulte muy débil frente a la retracción.

Las fisuras capilares pueden evolucionar en muchos casos por efecto del tránsito, dando origen al descascaramiento de la superficie, posibilitando un desconchado que progresa tanto en profundidad como en área. También pueden observarse manifestaciones de descascaramiento en pavimentos de concreto armado, cuando las armaduras se colocan muy próximas a la superficie.

### **(E) Pulimiento de la superficie**

- **Descripción.**

Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.

- **Posibles Causas.**

Esta deficiencia es causada principalmente por el tránsito, el mismo que produce el desgaste superficial de los agregados de naturaleza degradable, particularmente cuando el concreto es de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos. Cuando el agregado en la superficie favorece la exposición de los mismos.

Cuando el agregado en la superficie llega a ser muy suave al tacto, la adherencia con las llantas de los vehículos se reduce considerablemente. La reducción de la fricción o resistencia al deslizamiento, puede alcanzar niveles de riesgo para la seguridad del tránsito. El pulimiento de los agregados puede ser considerado cuando un examen de cerca revela que el número de contactos con el agregado sobre la superficie es muy reducido y este presenta una superficie suave al tacto.

### **(F) Peladuras**

- **Descripción.**

Progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena cemento del concreto, provocando una superficie de rodamiento rugosa y eventualmente pequeñas cavidades.

- **Posibles Causas.**

Son causadas por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su

ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).

### **(G) Bache.**

- **Descripción.**

Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

- **Posibles Causas.**

Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

#### **2.3.10. Metodología de diseño AASHTO 93.**

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el período de diseño.

Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado.

$$\log_{10} W_{8.2} = Z_R S_0 + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 * 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32Pt)x \log_{10} \left[ \frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51xJ \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)} \right]$$

Donde:

$W_{8.2}$  = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño.

$Z_R$  = desviación normal estándar.

$S_0$  = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

$D$  = espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

$\Delta PSI$  = diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

$P_t$  = índice de serviciabilidad o servicio final

$M_r$  = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días

(método de carga en los tercios de luz).

$C_d$  = coeficiente de drenaje

$J$  = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

$K$  = módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

Nota: en la formula anterior si es posible incorporar o modificar la confiabilidad y la desviación estándar ( $S_o$ ), ya que depende de los materiales a utilizarse durante el proceso constructivo.

## **CAPITULO III**

### **Método de la investigación**

#### **3.1. Enfoque**

Cuantitativo, donde se evaluó los efectos que produce la fibra de polipropileno (variable independiente) en las propiedades (variables dependientes) plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. La experimentación se realizó laboratorio de Mecánica de suelos, los datos fueron recolectados en formatos estándar del laboratorio y procesados estadísticamente.

#### **3.2. Alcance**

El presente trabajo de investigación, tiene como finalidad determinar el grado de relación o asociación con la fibra de adicionando la fibra de polipropileno a un concreto tradicional establecido, midiéndose las variables y luego mediante técnicas estadísticas, se estima la correlación.

#### **3.3. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es experimental y correlacional, se realizó probetas de concreto y vigas de concreto.

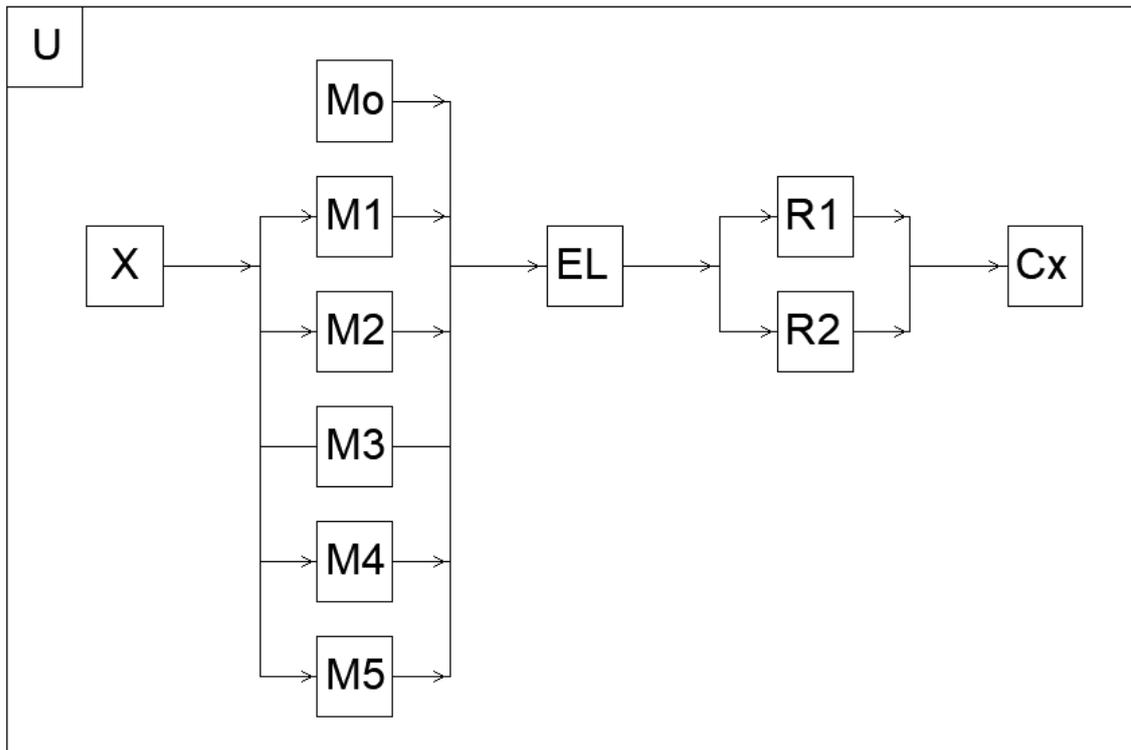


Figura 24: Diseño de investigación

Donde:

- X= Fibra de polipropileno.
- Mo= Mezcla con 0g de fibra por m3 de concreto, para 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- M1= Mezcla con 300g de fibra por m3 de concreto, para 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- M2= Mezcla con 500g de fibra por m3 de concreto, para 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- M3= Mezcla con 600g de fibra por m3 de concreto, para 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- M4= Mezcla con 800g de fibra por m3 de concreto, para 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- M5= Mezcla con 1000g de fibra por m3 de concreto, para 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- R1= Resultados de las Propiedades Plásticas.
- R2= Resultados de las Propiedades Mecánicas.
- Cx= Conclusiones respecto a la fibra de polipropileno.
- U = Universo o Muestra. Concreto fibroreforzado de resistencias a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

Para evaluar las propiedades del concreto se ensayaron en compresión 60 probetas (12 especímenes para diseño patrón, 12 especímenes para 300, 500, 600, 800 y 1000 g/m<sup>3</sup> de concreto.

Para roturas en flexión se ensayaron 12 vigas

#### **3.4.2. Muestra**

Para evaluar las propiedades del concreto se ensayaron en compresión 60 probetas (12 especímenes para diseño patrón, 12 especímenes para 300, 500, 600, 800 y 1000 g/m<sup>3</sup> de concreto.

Para roturas en flexión se ensayaron 12 vigas, 3 vigas para 0.00, 600, 800, 1000 g/m<sup>3</sup>

Respecto a los materiales utilizados se empleó, Cemento Portland Tipo MS (MH)(R), Andino, como agregados piedra chancada con tamaño máximo nominal de 3/4" y arena que pasa por la malla Nro 04, procedentes de las canteras de Chacco. Fibra de polipropileno Chema Fibra Ultrafina.

### **3.5. Hipótesis**

#### **3.5.1. Hipótesis general**

Si adicionamos un porcentaje óptimo de fibras de polipropileno al concreto simple de, entonces se mejorará las propiedades plásticas y mecánicas del concreto lo mismo que conllevará a la durabilidad del mismo.

### 3.5.2. Hipótesis específicas

- Porcentaje optimo
- Si es significativo la adición de fibra de polipropileno en las propiedades mecánicas y plásticas del concreto simple (resistencia a la compresión y flexión)
- Es factible el costo para la implementación de la fibra, para adicionar en pavimentos rígidos.

### 3.5.3. Variables independientes

$$X = (x_1, x_2, x_3)$$

- $X_1$  = % de fibra de polipropileno
- $X_2$  = diseño de mezcla
- $X_3$  = agregado de la cantera chillico

### 3.5.4. Variables dependientes

$$Y = (y_1, y_2, y_3)$$

- $y_1$  = resistencia a la compresión
- $y_2$  = resistencia a la flexión
- $y_3$  = Asentamiento

### 3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

#### Variable independiente

Tabla 11: Operacionalización de variable independiente en estado plástico

Fuente: propia 2019

Variables	Indicadores	Medición	Rango de Variabilidad	Técnica	Instrumentos	
					Recojo de datos	Medición
<b>Variable Independiente</b>	dosis	g/m <sup>3</sup>	0,300,500,600,800 y 1000	observación	Formatos Laboratorio Ensayo de materiales	Balanza digital
El concreto fibroreforzado es una combinación de cemento hidráulico, agregados, agua y fibras dispersas aleatoriamente, éstas forman internamente una red tridimensional dentro del concreto con la finalidad de dotarle . características que éste carece	Gravedad específica	g/m <sup>3</sup>	0.91	Análisis de documentos	catalogo técnico del fabricante	equipo de laboratorio del fabricante
	Módulo de elasticidad	Gpa	4.48	Análisis de documentos	catalogo técnico del fabricante	equipo de laboratorio del fabricante
	Resistencia a la tensión	Mpa	480	Análisis de documentos	catalogo técnico del fabricante	equipo de laboratorio del fabricante
	Longitud	mm	13 y 19	Análisis de documentos	catalogo técnico del fabricante	equipo de laboratorio del fabricante

Tabla 12: Operacionalización de variables dependientes en estado endurecido

Fuente: Propia 2019

Variables	Indicadores	Medición	Rango de Variabilidad	Técnica	Instrumentos	
					Recojo de datos	Medición
Variables dependientes en estado mecánico o endurecido	resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	210	Observación NTP 400.037 o ASTM C 39	Formatos laboratorios ensayo de materiales	prensa hidráulica
son las características y cualidades que posee el concreto en estado plástico, depende de la calidad de los agregados y adiciones utilizadas la elaboración del concreto						

### 3.7. Técnicas e instrumentos

#### 3.7.1. Método de investigación

Se aplicó el método analítico, mediante la observación y el análisis realizado a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio permitió reconocer los efectos que produce la fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico.

##### 2.7.1.1. Técnica de recolección de datos.

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicó la técnica de la Observación. Los datos observados se plasmaron en formatos estándares del Laboratorio de Ensayos, teniendo en cuenta las exigencias de las Normas Técnicas Peruanas o las Normas Internacionales ASTM.

- **Objeto de la observación:** Especímenes de concreto.
- **Observador:** Investigador
- **Circunstancias en que ocurre la observación:** Laboratorio de Ensayos de Materiales.
- **Medios de observación:** La percepción del investigador, equipos de laboratorio y formatos de recolección de y procesamiento datos.
- **Conocimientos observados:** Resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones

##### 2.7.1.2. Instrumentos de recolección de datos.

Formatos estándares de diseño de mezclas del Laboratorio de Ensayos de Materiales.

Formato de recolección de datos de las propiedades plásticas del concreto

Formato de recolección de datos de asentamiento. NTP 339.035 CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

Formato de recolección de datos de las propiedades mecánicas del concreto.

Formato de recolección de datos de resistencia a la compresión. NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Formato de recolección de datos de resistencia a la flexión. NTP 339.078 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto e vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

### **3.8. Técnicas para el procesamiento de la información**

En gabinete se realizó el diseño de mezclas para resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup>, el diseño de las mezclas patrones (con 0 gr/m<sup>3</sup> de adición de fibra) fueron verificadas en laboratorio hasta obtener la mezcla cuya resistencia la requerida, las mezclas patrones fueron aprobadas por el ingeniero asesor quien autorizó la continuación de la investigación. La mezcla patrón para la resistencia mencionada tuvo adición de fibra de polipropileno en 300, 500, 600, 700, 800 y 1000 gr/m<sup>3</sup>, se procedió a la selección y dosificación de los materiales para posteriormente elaborar especímenes de concreto los cuales fueron sometidos a ensayos según la propiedad a evaluar, recopilándose la información en formatos estándares del laboratorio de ensayo de materiales. Los especímenes de concreto fueron elaborados respetando los requerimientos exigidos en las NTP o ASTM. En respuesta a la técnica de observación directa podemos destacar.

- ✓ Balanza para medir el peso de los testigos de concreto
- ✓ Cámara fotográfica, la cual nos permite registrar imágenes y actividades realizadas del trabajo de la investigación.
- ✓ Ensayos de laboratorio, la cual nos permite obtener toda la información técnica de cada testigo de concreto.

- ✓ Computadora y cuadernos de apuntes.

El procesamiento de datos y gráficos para el trabajo de investigación, se realizó mediante el software Microsoft Excel 2013 y el S10 para determinar el costo unitario.

### 3.9. Desarrollo del trabajo de tesis

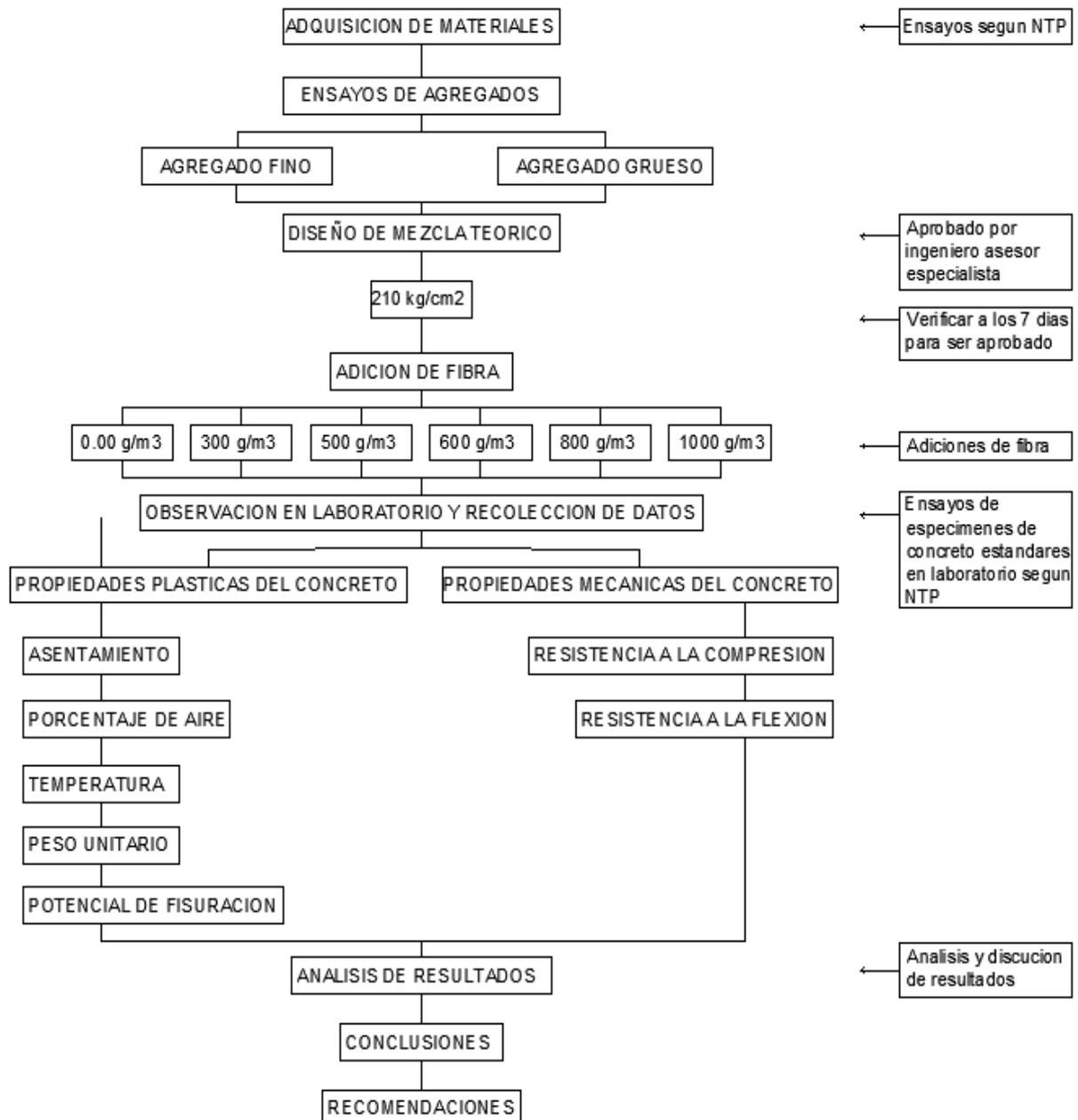


Figura 25: Diagrama de proceso

Fuente: Propia - 2019

## CAPITULO IV

### Resultados

#### 4.1. Contratación de hipótesis

##### 4.1.1. Contraste de hipótesis resistencia a la compresión.

###### a) Formulación de Hipótesis

$$H_0: \mu_{CP} - \mu_{Cf} = 0$$

La hipótesis nula ( $H_0$ ) afirma que, la resistencia a la compresión del concreto patrón convencional es igual a la Resistencia a la compresión del concreto hidráulico simple.

$$H_A: \mu_{CP} - \mu_{Cf} < 0$$

La hipótesis alterna ( $H_A$ ) afirma que, la resistencia a la compresión del concreto adicionado con fibra, es mayor que la resistencia a la compresión del concreto patrón convencional.

$H_0$ : Hipótesis nula

$H_A$ : Hipótesis alterna

$$\mu_{CP}: f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \text{ del concreto patrón}$$

$$\mu_{Cf}: f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \text{ del concreto adicionando fibra}$$

###### b) Nivel de Significancia

$$\alpha = 0.05$$

###### c) Estadístico de Prueba

$$T = \frac{(\bar{X}_{CP} - \bar{X}_{CA})}{\sqrt{\frac{V_{CP}}{n_{CP}} + \frac{V_{CA}}{n_{CA}}}}$$

Donde:

$\bar{X}_{CP}$ : Media de la resistencia a la compresión del concreto patrón.

$\bar{X}_{CA}$ : Media de la resistencia a la compresión del concreto con fibra

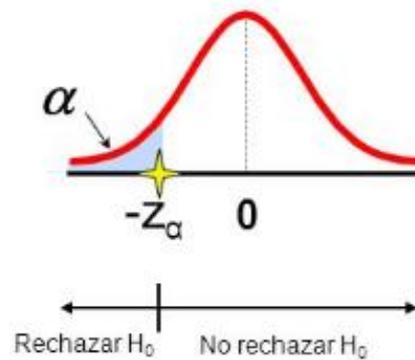
$\mu_{CP} - \mu_{CF}$ : Diferencia Hipotética de las Medias.

$V_{CP}$ : Varianza del concreto Patrón.

$V_{CA}$ : Varianza del concreto con fibra.

$n_{CP}$  y  $n_{CA}$ : Número de Observaciones del Concreto Patrón y del Concreto con fibra.

#### d) Región Crítica



Valor crítico de  $T$ :  $t_{(1-\alpha,r)}$

$$r = \frac{\left(\frac{V_{CP}}{n_{CP}} + \frac{V_{CA}}{n_{CA}}\right)^2}{\frac{\left(\frac{V_{CP}}{n_{CP}}\right)^2}{n_{CP} - 1} + \frac{\left(\frac{V_{CA}}{n_{CA}}\right)^2}{n_{CA} + 1}}$$

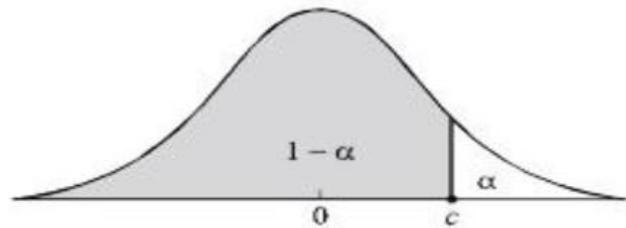


Tabla 13: Valores

r	1 - α							
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032

A continuación, se muestra el cuadro donde se contrasta la hipótesis planteada.

Tabla 14: Contrastación de hipótesis resistencia a la compresión 210kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: Propia - 2019

Nro. Ensayo	Edad	0 g/m <sup>3</sup>	300g/m <sup>3</sup>	500g/m <sup>3</sup>	600g/m <sup>3</sup>	700g/m <sup>3</sup>	800g/m <sup>3</sup>	1000g/m <sup>3</sup>	
1.00	28	387.75	385.52	391.07	410.93	404.12	395.45	366.51	
2.00	28	388.99	408.71	383.13	430.25	409.90	390.90	387.97	
3.00	28	375.48	416.24	392.72	419.22	388.92	401.92	372.32	
<b>Parámetros estadísticos</b>									
Nro. muestras		3	3	3	3	3	3	3	
Media		384.073	403.490	388.976	420.133	400.982	396.091	375.599	
Nivel de significancia		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Varianza		55.768	256.315	26.280	93.994	117.455	30.666	123.129	
Desviación estándar		7.468	16.010	5.126	9.695	10.838	5.538	11.096	
Factor r			5.417	3.896	5.959	5.997	4.173	5.987	
Factor t			-2.015	-2.353	-2.015	-2.015	-2.132	-2.015	
Estadístico de prueba			-1.90	-0.94	-5.10	-2.23	-2.24	1.10	
Conclusión			<b>Se acepta Ho</b>	<b>Se acepta Ho</b>	<b>Se acepta Ha</b>	<b>Se acepta Ha</b>	<b>Se acepta Ha</b>	<b>Se acepta Ho</b>	

- En la tabla 14. Se muestra que a un 95% de confianza se estima que es significativo el aporte de la adición de la fibra de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico simple con la adición de 600g/m<sup>3</sup> de concreto.

#### 4.1.2. Contraste de hipótesis resistencia a la flexión.

##### a) Formulación de Hipótesis

$$H_0: \mu_{CP} - \mu_{Cf} = 0$$

La hipótesis nula ( $H_0$ ) No es significativo el aporte de la adición de la fibra de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico simple.

$$H_A: \mu_{CP} - \mu_{Cf} < 0$$

La hipótesis alterna ( $H_A$ ) Si es significativo el aporte de la adición de la fibra de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico simple.

$H_0$ : Hipótesis nula

$H_A$ : Hipótesis alterna

$$\mu_{CP}: f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \text{ del concreto patrón}$$

$$\mu_{Cf}: f'c = 210 \frac{kg}{cm^2} \text{ del concreto adicionando fibra}$$

Tabla 15: Contrastación de hipótesis de la resistencia a la flexión 210kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: Propia - 2019

	<b>Nro. Ensayo</b>	<b>Edad</b>	<b>0 g/m<sup>3</sup></b>	<b>600g/m<sup>3</sup></b>	<b>800g/m<sup>3</sup></b>	<b>1000g/m<sup>3</sup></b>
	1.00	28	38.83	44.34	49.80	41.13
	2.00	28	39.14	46.49	50.83	42.38
	3.00	28	40.29	47.15	52.86	43.20
<b>Parámetros estadísticos</b>						
Nro. muestras			3	3	3	3
Media			39.417	45.991	51.164	42.235
Nivel de significancia			0.05	0.05	0.05	0.05
Varianza			0.590	2.158	2.430	1.087
Desviación estándar			0.768	1.469	1.559	1.043
Factor r				5.642	5.526	5.991
Factor t				-2.015	-2.015	-2.015
Estadístico de prueba				-6.87	-11.71	-3.77
Conclusión				<b>Se acepta H<sub>a</sub></b>	<b>Se acepta H<sub>a</sub></b>	<b>Se acepta H<sub>a</sub></b>

- de la tabla se observa que a un 95% de confianza se estima que, si es significativo el aporte de la adición de la fibra de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico para 600, 800 y 1000g por metro cubico de concreto.

## 4.2. Análisis e interpretación

### 4.2.1. Análisis de los agregados

#### 4.2.1.1. Análisis del agregado fino

##### a) Granulometría

El ensayo de granulometría del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Se ensayó una muestra de 1090.72g de agregado fino procedente de la cantera La Chacco, encontrándose un módulo de fineza de 3.05.

➤ peso lavado seco = 1090.72g

Tabla 16: Granulometría del agregado fino

Fuente: Elaboración propia - 2019

Mallas	Abertura (mm)	Material Retenido (g)	Material Retenido (%)	Porcentajes		Especificaciones ASTM C-136	
				Acumulados Retenidos	que pasan		
2"	50.000						
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	100	100
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	95	100
Nº 8	2.360	240.00	22.00	22.00	<b>78.00</b>	80	100
Nº 16	1.180	225.49	20.67	42.68	<b>57.32</b>	50	85
Nº 30	0.600	250.32	22.95	65.63	<b>34.37</b>	25	60
Nº 50	0.296	150.36	13.79	79.41	<b>20.59</b>	10	30
Nº 100	0.148	175.20	16.06	95.48	<b>4.52</b>	2	10
Nº 200	0.074	37.49	3.44	98.91	<b>1.09</b>		
Lavado		0.00	0.00	98.91	<b>1.09</b>		
FONDO	0.000	11.49	1.05	99.97	<b>0.03</b>		

$$MF = \frac{N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}$$

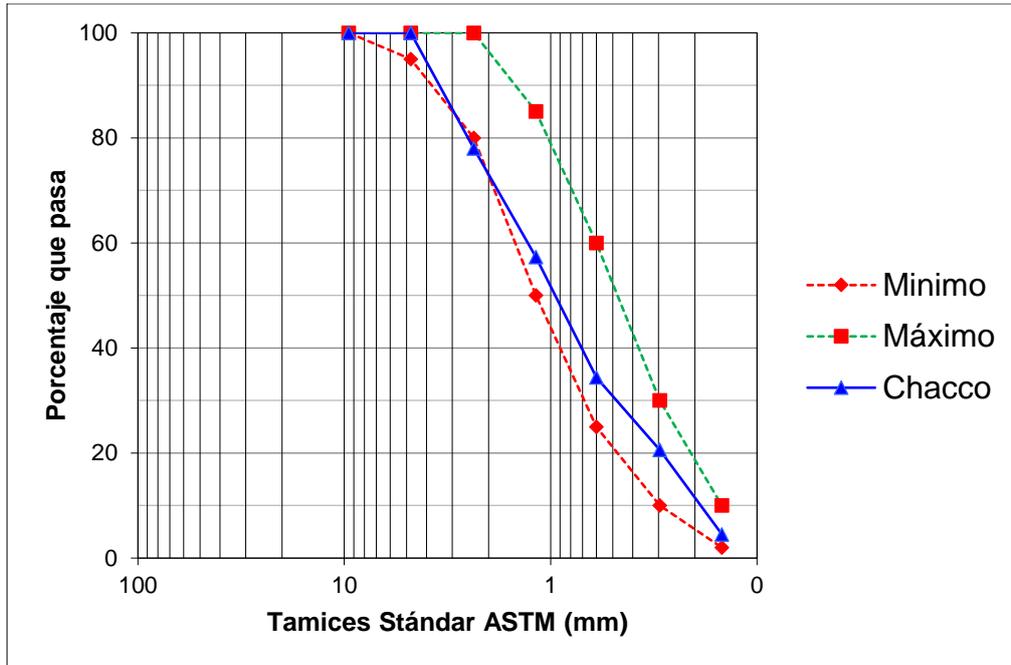


Figura 26: Curva de granulometría del agregado fino  
Fuente: Elaboración propia – 2019



Figura 27: Tamices N° 3/8 depósito de fondo granulométrico del agregado fino  
Fuente: Elaboración propia – 2019

**b) Peso unitario del agregado fino**

en el análisis de compacidad se ha estimado que los agregados de similar dimensión producen el mayor número de vacíos, mientras que, de existir una determinada diferencia entre los tamaños, su acomodación se produce con la máxima compacidad. Este proceso se llevó a proponer como prototipo las denominadas granulometrías discontinuas, que presentan carencias de ciertos grupos granulométricos intermedios, a diferencia de las granulometrías continuas o tradicionales, que contienen todo el tamaño normalizado. En la actualidad, existe consenso que las granulometrías ideales no pueden generalizarse, por no asegurar ventajas ciertas en lo que respecta a la trabajabilidad y resistencia del concreto.

El ensayo de peso unitario suelto y compacto seco del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Se utilizó un molde metálico de dimensiones, 22.57cm de diámetro y 22.56cm de altura.



Figura 28: Molde para determinar el peso unitario del agregado fino  
Fuente: elaboración propia.

Tabla 17: Peso unitario suelto seco del agregado fino.

Fuente: elaboración propia - 2019

Agregado Tamaño máximo	Fino		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Número de ensayo			
1 Peso molde (gr)	<b>7,015.00</b>	<b>7,015.00</b>	<b>7,015.00</b>
2 Peso Agregado + molde (gr)	<b>20,943.00</b>	<b>20,992.00</b>	<b>20,991.00</b>
3 Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	13.928	13.977	13.976
4 Ø interno molde (cm)	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>
5 Altura interna molde (cm)	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>
6 Volumen molde = $PI \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009030	0.009030	0.009030
Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6)			
7 (Kg/m <sup>3</sup> )	1,542.42	1,547.85	1,547.74
<b>Promedio</b>		<b>1,546.00</b>	<b>KG/M3</b>

Tabla 18: Peso unitario compacto seco del agregado fino

Fuente: elaboración propia - 2019

Agregado Tamaño máximo	Fino		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Número de ensayo			
1 Peso molde (gr)	<b>7,015.00</b>	<b>7,015.00</b>	<b>7,015.00</b>
2 Peso Agregado compactado + molde (gr)	<b>22,138.00</b>	<b>22,122.00</b>	<b>22,129.00</b>
3 Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	15.123	15.107	15.114
4 Ø interno molde (cm)	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>
5 Altura interna molde (cm)	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>
6 Volumen molde = $PI \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009030	0.009030	0.009030
Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6)			
7 (Kg/m <sup>3</sup> )	1,674.76	1,672.99	1,673.76
<b>Promedio</b>		<b>1,673.84</b>	<b>KG/M3</b>

### c) Peso específico y absorción

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.022 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

Tabla 19: Peso específico y absorción del agregado fino

Fuente: elaboración propia - 2019

IDENTIFICACION		"A"	"B"	Promedio
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	<b>676.25</b>	<b>676.28</b>	<b>676.27</b>
B	Peso Frasco + H2O	<b>719.70</b>	<b>719.73</b>	<b>719.72</b>
C	Peso Frasco + H2O + A	1395.95	1396.01	1395.98
D	Peso Mat. + H2O en el frasco	<b>1123.32</b>	<b>1123.33</b>	<b>1123.33</b>
E	Vol. de Masas + Vol. De Vacios = C - D	272.63	272.68	272.66
F	Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)	<b>656.01</b>	<b>656.05</b>	<b>656.03</b>
G	Vol. de Masa = E - (A - F)	252.39	252.45	252.42
	Pe Bulk (Base Seca) = F/E	2.41	2.41	2.41
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/E	2.48	2.48	2.48
	Pe Aparente (Base Saturada) = F/G	<b>2.60</b>	<b>2.60</b>	<b>2.60</b>
	% de Absorción = ((A - F)/F) X 100	<b>3.09</b>	<b>3.08</b>	<b>3.08</b>

#### d) Contenido de humedad

El ensayo de contenido de humedad del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Tabla 20: Contenido de humedad del agregado fino

Fuente: elaboración propia

DESCRIPCION	Ensayo 1 peso (g)	Ensayo 2 peso (g)	Promedio peso (g)
Peso Agregado Natural	560.36	560.39	560.38
Peso Agregado en horno seco (A)	555.17	555.15	555.16
Peso Natural - Peso H. Seco (B)	5.19	5.24	5.22
B/A	0.0093	0.0094	0.01
<b>% Humedad</b>			<b>0.94%</b>

#### 4.2.1.2. Análisis del agregado grueso

##### a) Granulometría del agregado grueso

El ensayo de granulometría del agregado grueso se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Se ensayó una

muestra de 1012.77 gr de agregado grueso procedente de la cantera Chacco, encontrándose un módulo de fineza de 7.19.

Tabla 21: Granulometría del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia - 2019

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		PORCENTAJES ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C-136	
		(g)	(%)	RETENIDOS	QUE PASAN		
2"	50.000						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	100	100
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>	90	100
3/4"	19.000	293.10	28.94	28.94	<b>71.06</b>	40	85
1/2"	12.500	630.50	62.26	91.20	<b>8.80</b>	10	40
3/8"	9.525	80.00	7.90	99.09	<b>0.91</b>	0	15
Nº 4	4.760	5.30	0.52	99.62	<b>0.38</b>	0	5
Nº 8	2.360	0.00					
Nº 16	1.180						
Nº 30	0.600						
Nº 50	0.296						
Nº 100	0.148						
FONDO	0.000	0.23	0.02				

$$MF = \frac{N_{3/4"} + N_{1/2"} + N_{3/8"} + N_4}{100}$$

$$MF = 7.19$$

Tamaño máximo del agregado 1" pulg, tamaño máximo nominal 3/4" pulg.

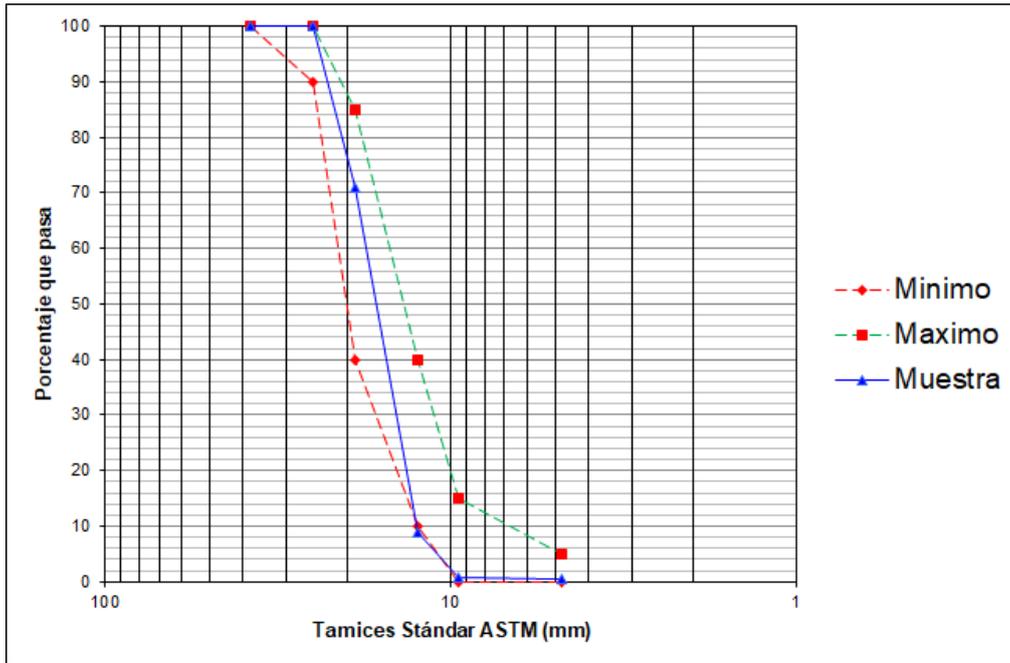


Figura 29: Curva granulométrica de agregado grueso  
Fuente: Elaboración propia



Figura 30: Tamices N° 1" depósito de fondo granulométrico del agregado grueso  
Fuente: elaboración propia

### b) Peso unitario del agregado grueso

El ensayo de peso unitario suelto y compacto seco del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

Se utilizó un molde metálico de dimensiones, 22.57cm de diámetro y 22.56cm de altura.



Figura 31: Molde para determinar el peso unitario del agregado grueso

Tabla 22: Peso unitario suelto del agregado grueso

Agregado Tamaño máximo Nominal Número de ensayo	Grueso 1/2 - 3/4"		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1 Peso molde (gr)	7,015.00	7,015.00	7,015.00
2 Peso Agregado + molde (gr)	19,209.00	19,170.00	19,195.00
3 Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	12.194	12.155	12.180
4 Ø interno molde (cm)	22.57	22.57	22.57
5 Altura interna molde (cm)	22.57	22.57	22.57
6 Volumen molde = $PI \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009030	0.009030	0.009030
7 Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6) (Kg/m <sup>3</sup> )	1,350.39	1,346.08	1,348.84
<b>Promedio</b>		<b>1,348.44</b>	<b>KG/M3</b>

Tabla 23: Peso unitario compacto del agregado grueso

Agregado	Grueso		
	1/2 - 3/4"		
Tamaño máximo nominal			
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1 Peso molde (gr)	<b>7,015.00</b>	<b>7,015.00</b>	<b>7,015.00</b>
2 Peso Agregado compactado + molde (gr)	<b>20,045.00</b>	<b>20,091.00</b>	<b>20,072.00</b>
3 Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	13.030	13.076	13.057
4 Ø interno molde (cm)	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>
5 Altura interna molde (cm)	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>	<b>22.57</b>
6 Volumen molde = $\text{PI} \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009030	0.009030	0.009030
Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6)			
7 (Kg/m <sup>3</sup> )	1,442.98	1,448.07	1,445.97
<b>Promedio</b>		<b>1,445.67</b>	<b>KG/M3</b>

### c) Peso específico y absorción del agregado grueso

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó teniendo en cuenta la NTP 400.021:2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para espeso específico y absorción del agregado grueso.

Tabla 24: Peso específico y absorción del agregado grueso

IDENTIFICACION	A	B	Promedio
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)	<b>1744.32</b>	<b>1745.01</b>	<b>1744.67</b>
B Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)	<b>1020.71</b>	<b>1020.63</b>	<b>1020.67</b>
C Vol. De Masas + Vol de vacíos = A - B	723.61	724.38	724.00
D Peso Mat. Seco en estufa (105 °C)	<b>1714.28</b>	<b>1714.12</b>	<b>1714.20</b>
E Vol. de Masa = C - (A - D)	693.57	693.49	693.53
Pe Bulk (Base Seca) = D/C	2.37	2.37	2.37
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C	2.41	2.41	2.41
Pe Aparente (Base Saturada) = D/E	<b>2.47</b>	<b>2.47</b>	<b>2.47</b>
% de Absorción = ((A - D)/D) X 100	<b>1.75</b>	<b>1.80</b>	<b>1.78</b>



Figura 32: Equipo para ensayo de peso específico del agregado grueso

#### d) Contenido de humedad del agregado grueso

El ensayo de contenido de humedad del agregado grueso se realizó teniendo en cuenta la NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Tabla 25: Contenido de humedad del agregado grueso

DESCRIPCION	Ensayo 1 peso (g)	Ensayo 2 peso (g)	Promedio peso (g)
Peso Agregado Natural	1479.5	1479.48	1479.49
Peso Agregado en horno seco (A)	1466.84	1466.88	1466.86
Peso Natural - Peso H. Seco (B)	12.66	12.60	12.63
B/A	0.0086	0.0086	0.01
<b>% Humedad</b>			<b>0.86%</b>

### 4.2.1.3. Diseño de mezcla patrón o convencional

Se diseñó la mezcla patrón o convencional  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , la selección de las proporciones del concreto se realizó con el Método del Comité 211 del ACI.

Tabla 26: Resumen del análisis de agregados

Propiedad	Norma	A.Fino	A. Grueso
Humedad (%)	NTP 339.185	0.94%	0.86%
Absorción (%)	NTP 400.021 y NTP 400.022	3.08	1.78
Peso específico de masa	NTP 400.021 y NTP 400.022	2.60	2.47
Peso unitario varillado (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 339.017	1,673.84	1,445.67
Módulo de fineza	NTP 400.012	3.05	7.19
Tamaño Máximo Nominal del Agregado	NTP 400.012	-----	3/4"
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017	1,546.00	1,348.44

Tabla 27: Resumen del diseño de mezcla patrón según resistencia

Diseño de Mezcla Patrón	Slump (pulg)	cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt)	factor cemento (bl/m <sup>3</sup> )
210 kg/cm <sup>2</sup>	3" a 1"	1.00	2.24	2.63	26.78	8.69

## 4.2.2. Propiedades plásticas del concreto

### 4.2.2.1. Asentamiento

El diseño de mezcla patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup> tuvo un Slump de 3.1 pulg., reduciéndose a 2.36, 2.01, 1.85, 1.7, 1.68 pulgadas (disminuciones del 23.85%, 35.16%, 40.32%, 45.16% y 45.81% del Slump de diseño), al adicionarse fibra de polipropileno Chema Fibra Ultrafina en dosis de 300, 500, 600, 800, 1000 gr/m<sup>3</sup> respectivamente.

Tabla 28: Asentamiento

	Descripción	Slump en Pulgadas	Disminución
fc-210kg/cm <sup>2</sup>	0g/m <sup>3</sup>	3.1	0.00%
	300g/m <sup>3</sup>	2.4	23.87%
	500g/m <sup>3</sup>	2.0	35.16%
	600g/m <sup>3</sup>	1.9	40.32%
	800g/m <sup>3</sup>	1.7	45.16%
	1000g/m <sup>3</sup>	1.7	45.81%

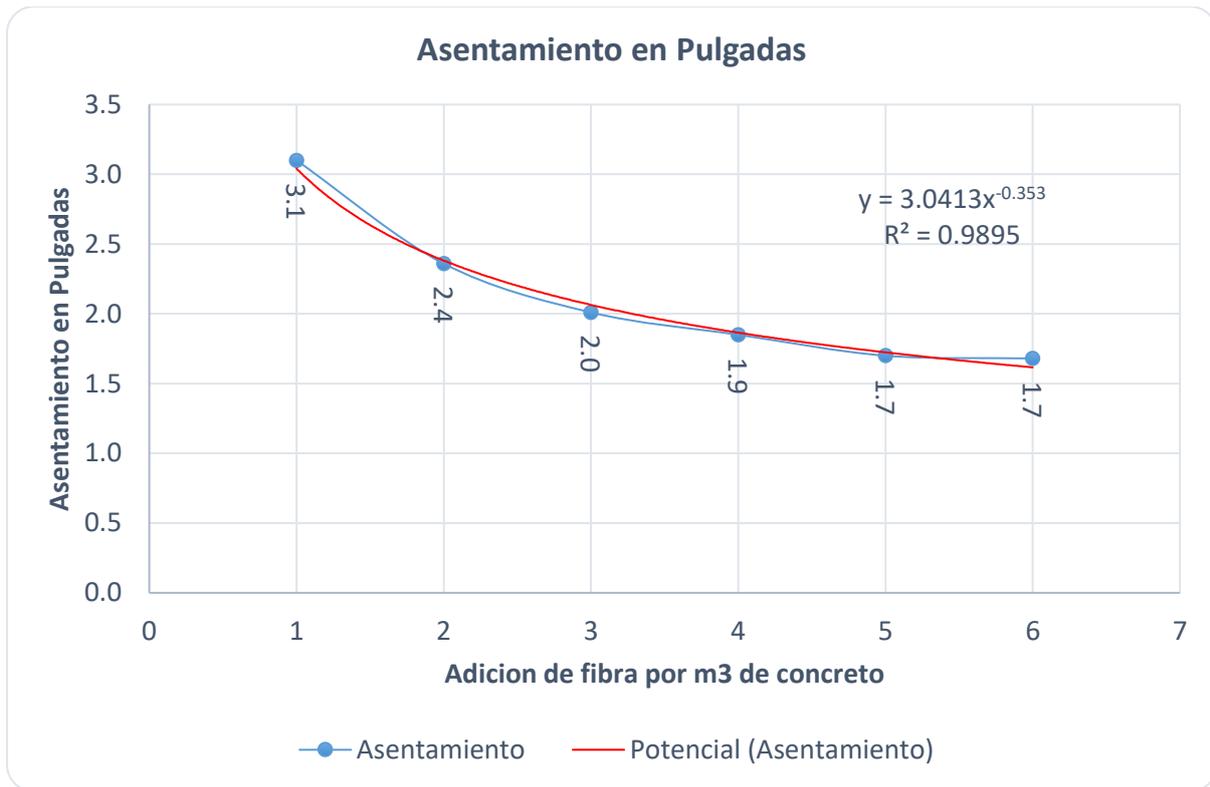


Figura 33: Asentamiento al incluir fibra de polipropileno

El ensayo de asentamiento del concreto fresco se realizó según NTP 339.035 CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

Se observó que la trabajabilidad del concreto disminuye al aumentar la dosis de fibra de polipropileno. El Slump depende principalmente de la absorción de agua y porosidad de los agregados, contenido de agua, cantidad de agregados finos y grueso, forma y superficie de los agregados.

### 4.2.3. Propiedades mecánicas del concreto

#### 4.2.3.1. Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión para los especímenes elaborados se realizó según NTP 339.034 HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Para el diseño de mezcla de teórico 210 kg/cm<sup>2</sup>, se observó de las 72 probetas ensayadas, que al adicionar fibra de polipropileno Chema Fibra Ultrafina en dosis de 300, 500, 600, 800 y 1000 g/m<sup>3</sup> de concreto se obtuvo a los 28 días un incremento a la resistencia a la compresión de 5.05, 1.28, 9.39, 3.13 y -2.21%, respectivamente, respecto a la resistencia patrón real 384.08 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 29: Resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  a los 28 días de edad

	Dosis/días	0	7	14	21	28	% incremento de resistencia
fc-210kg/cm <sup>2</sup>	0g/m <sup>3</sup>	0.0	273.2	335.4	369.7	384.1	0.00%

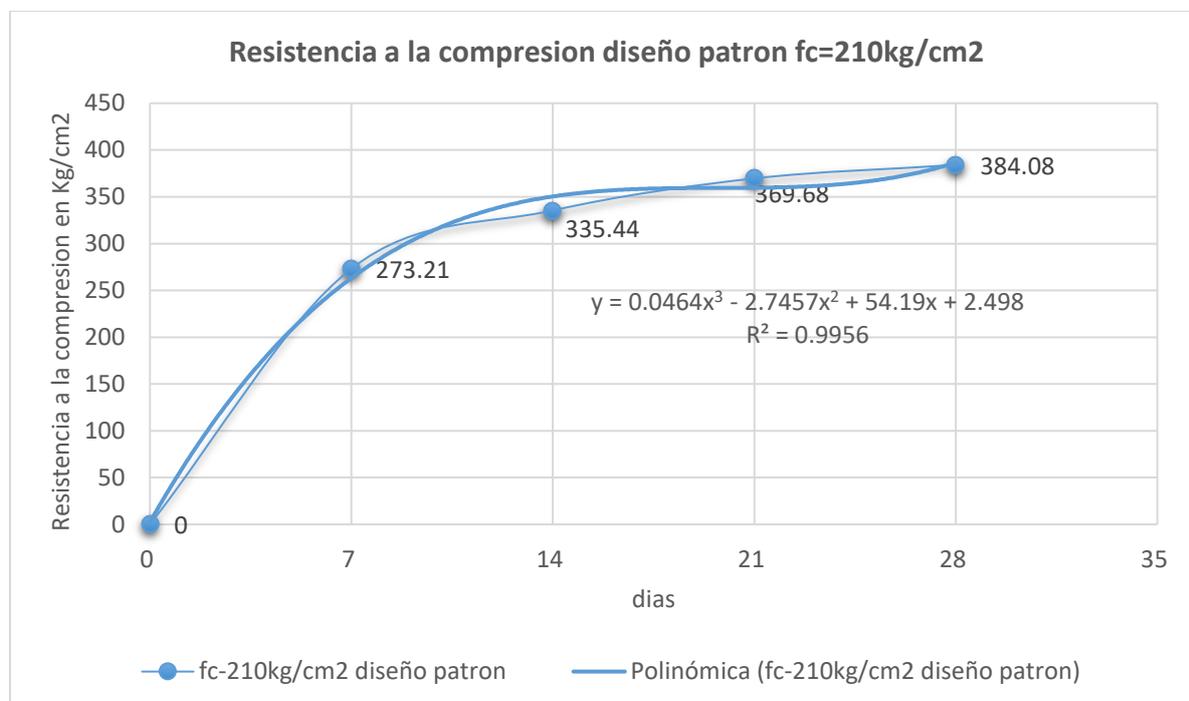


Figura 34: Resistencia a la compresión del diseño patrón

En la imagen se muestra el diseño patrón, se observa la resistencia a la compresión en forma progresiva en días, que será modelo para los siguientes datos en donde se incluirá fibra de polipropileno.

Tabla 30: Resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando  $300\text{g/m}^3$  de fibra a los 28 días de edad

Dosis/días	0	7	14	21	28	% incremento de resistencia
$f_c=210\text{kg/cm}^2$ 300g/m <sup>3</sup>	0.00	308.81	338.62	367.20	403.49	5.05%

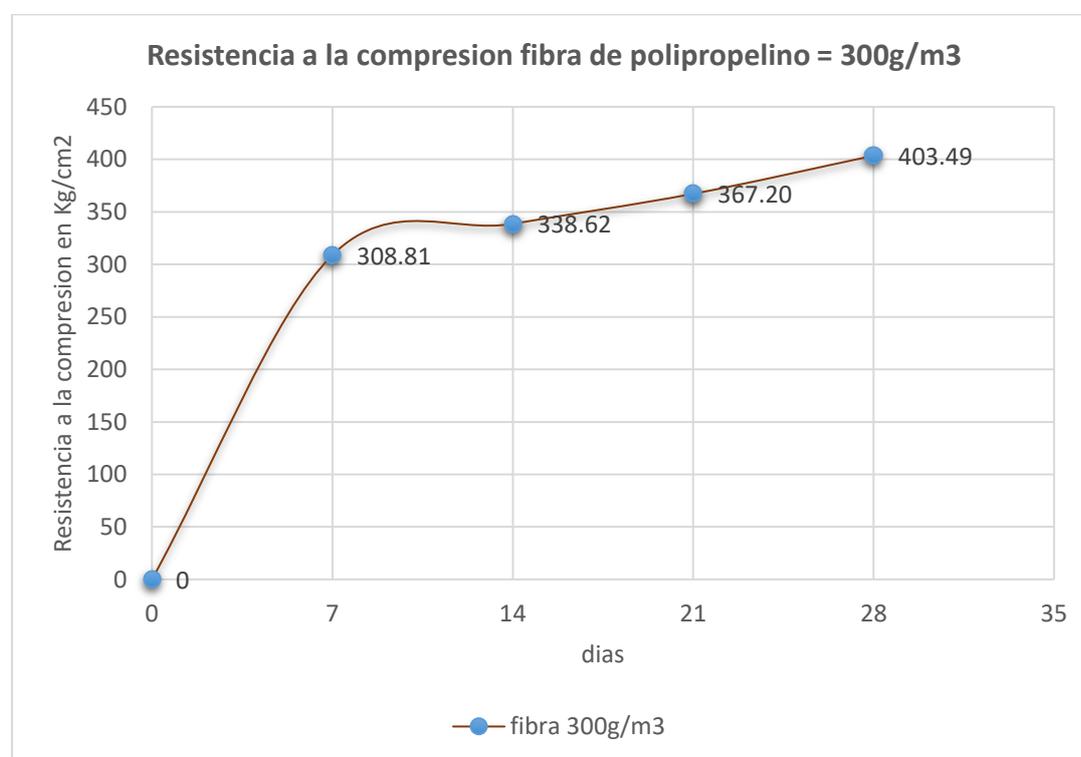


Figura 35: Resistencia a la compresión adicionando 300g de fibra

Nota: En la imagen adicionando fibra de polipropileno 300g por m<sup>3</sup> cubico de concreto se observa que la resistencia a la compresión aumenta según pasa los días de curado de concreto asimismo se observa que a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en 5.05% del diseño patrón.

Tabla 31: Resistencia a la compresion del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando  $500\text{g/m}^3$  de fibra a los 28 días de edad

	Dosis/días	0	7	14	21	28	% incremento de resistencia
$f_c=210\text{kg/cm}^2$	$500\text{g/m}^3$	0.00	279.37	331.48	355.45	388.98	1.28%

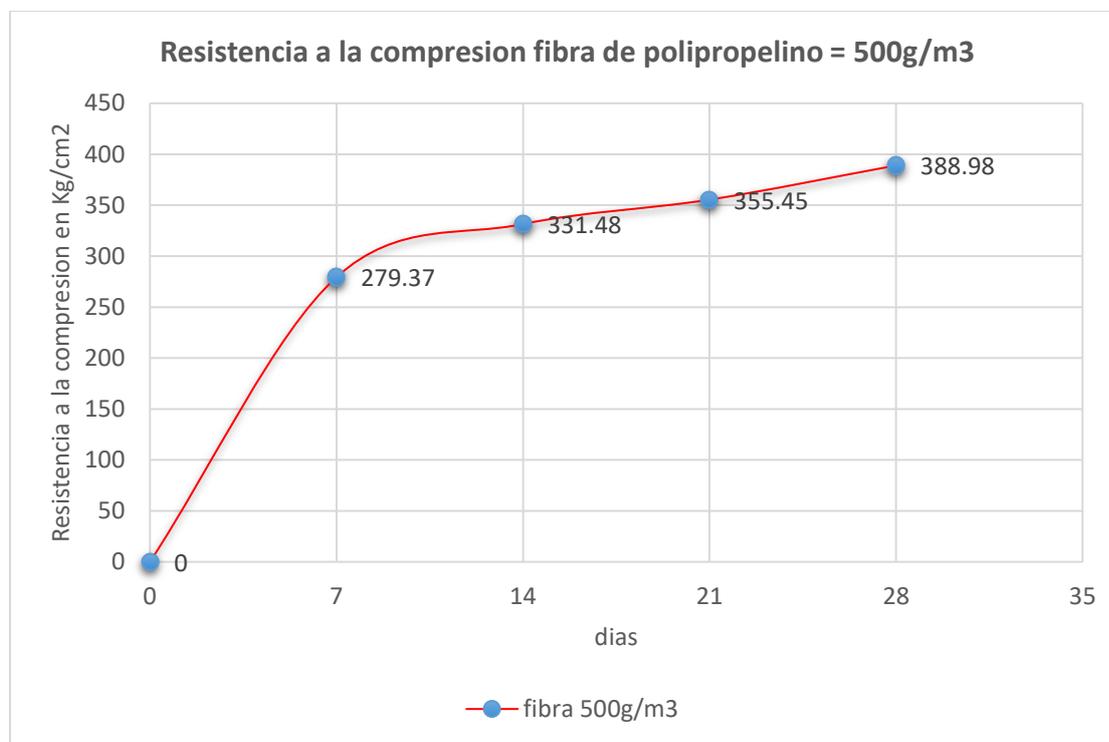


Figura 36: Resistencia a la compresión adicionando  $500\text{g}$  de fibra

Nota: En la imagen adicionando fibra de polipropileno  $500\text{g}$  por  $\text{m}^3$  cubico de concreto se observa que la resistencia a la compresión aumenta según pasa los días asimismo se observa que a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en  $1.28\%$  del diseño patrón, pero siendo menor el aumento de resistencia con respecto al adicionar  $300\text{g}$  de fibra por  $\text{m}^3$  de concreto.

Tabla 32: Resistencia a la compresión adicionando 600g de fibra

Dosis/días	0	7	14	21	28	% incremento de resistencia
fc-210kg/cm <sup>2</sup> 600g/m <sup>3</sup>	0.00	304.80	360.95	379.23	420.13	9.39%

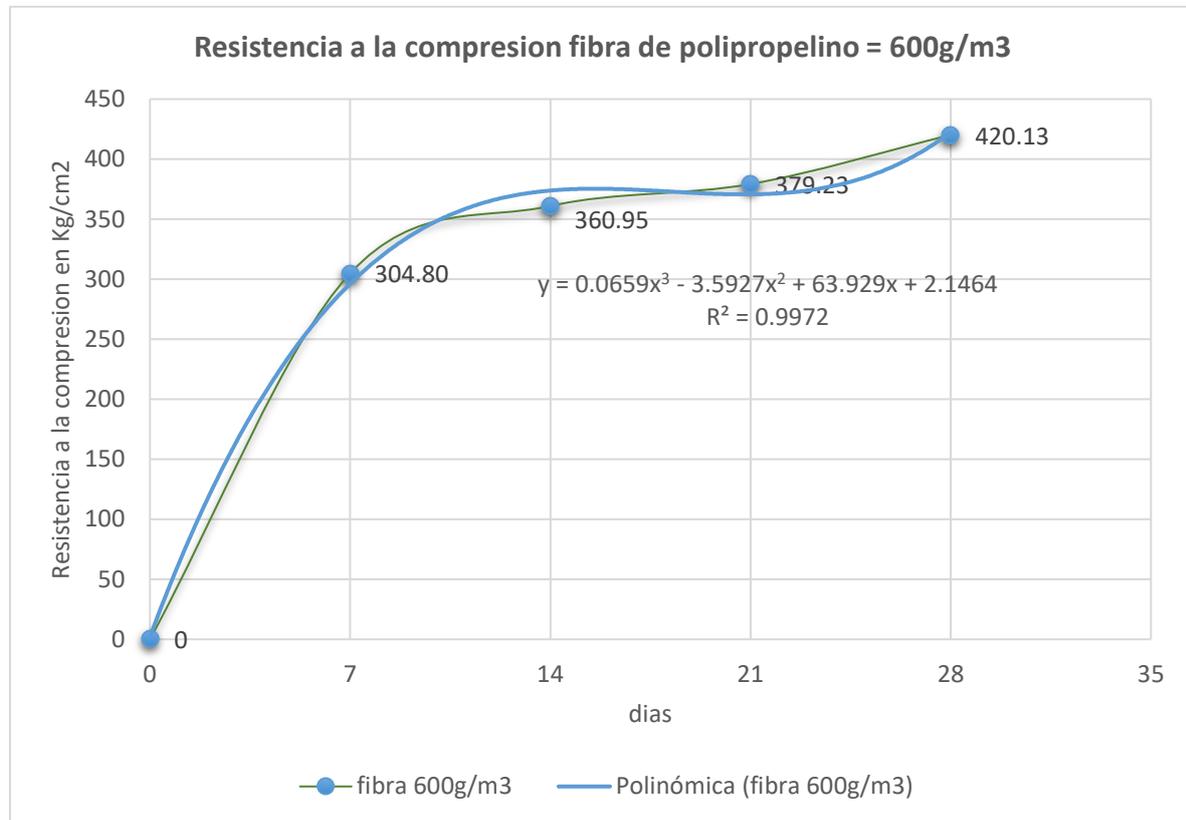


Figura 37: Resistencia a la compresión adicionando 600g de fibra

Nota: En la imagen, adicionando fibra de polipropileno 600g por m<sup>3</sup> cubico de concreto se observa que la resistencia a la compresión aumenta según pasa los días asimismo se observa que a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en 9.39% del diseño patrón

Tabla 33: Resistencia a la compresión adicionando 800g de fibra

	Dosis/días	0	7	14	21	28	% incremento de resistencia
$f_c$ -210kg/cm <sup>2</sup>	800g/m <sup>3</sup>	0.00	269.38	284.25	338.19	396.09	3.13%

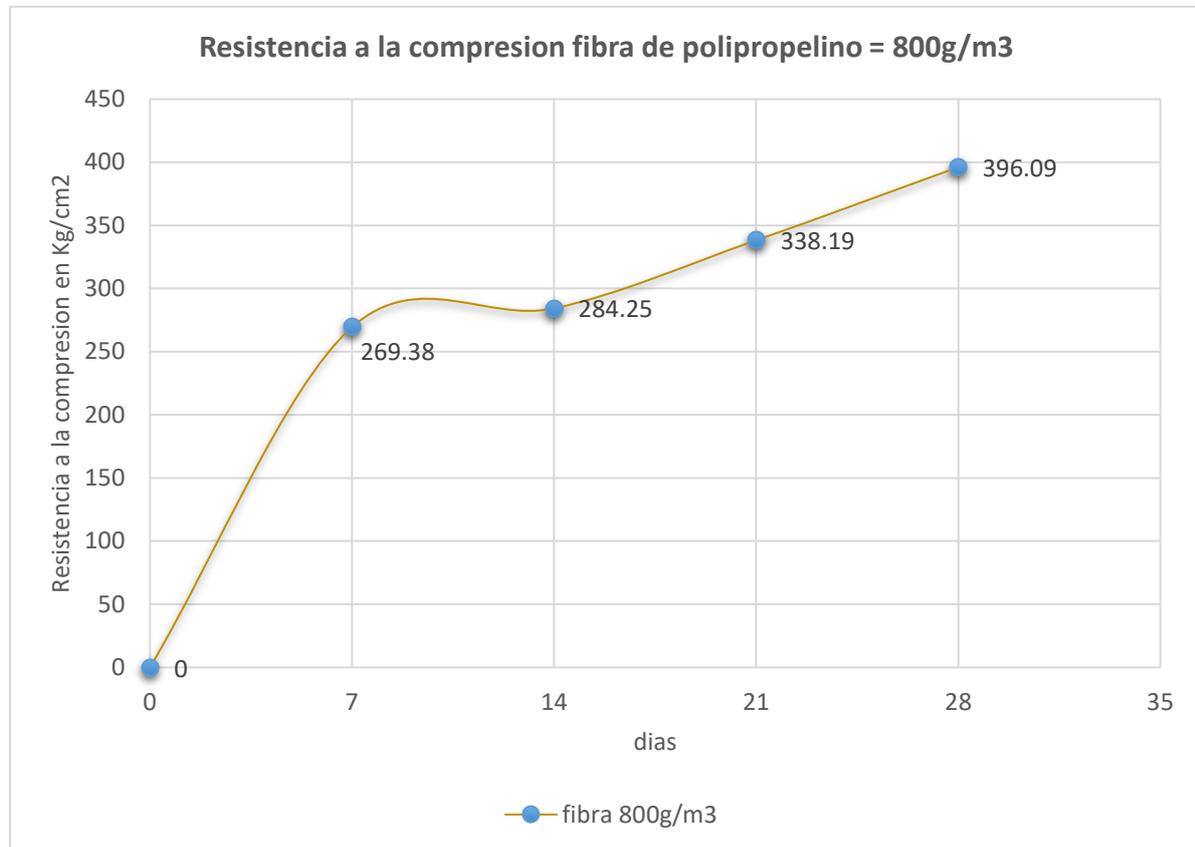


Figura 38: Resistencia a la compresión adicionando 800g de fibra

En la imagen, adicionando fibra de polipropileno 800g por m<sup>3</sup> cubico de concreto se observa que la resistencia a la compresión aumenta según pasa los días asimismo se observa que a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en 3.13% del diseño patrón.

Tabla 34: Resistencia a la compresión del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando  $100\text{g/m}^3$  de fibra a los 28 días de edad

	Dosis/días	0	7	14	21	28	% incremento de resistencia
$f_c=210\text{kg/cm}^2$	$1000\text{g/m}^3$	0.00	207.89	302.68	334.99	375.60	-2.21%

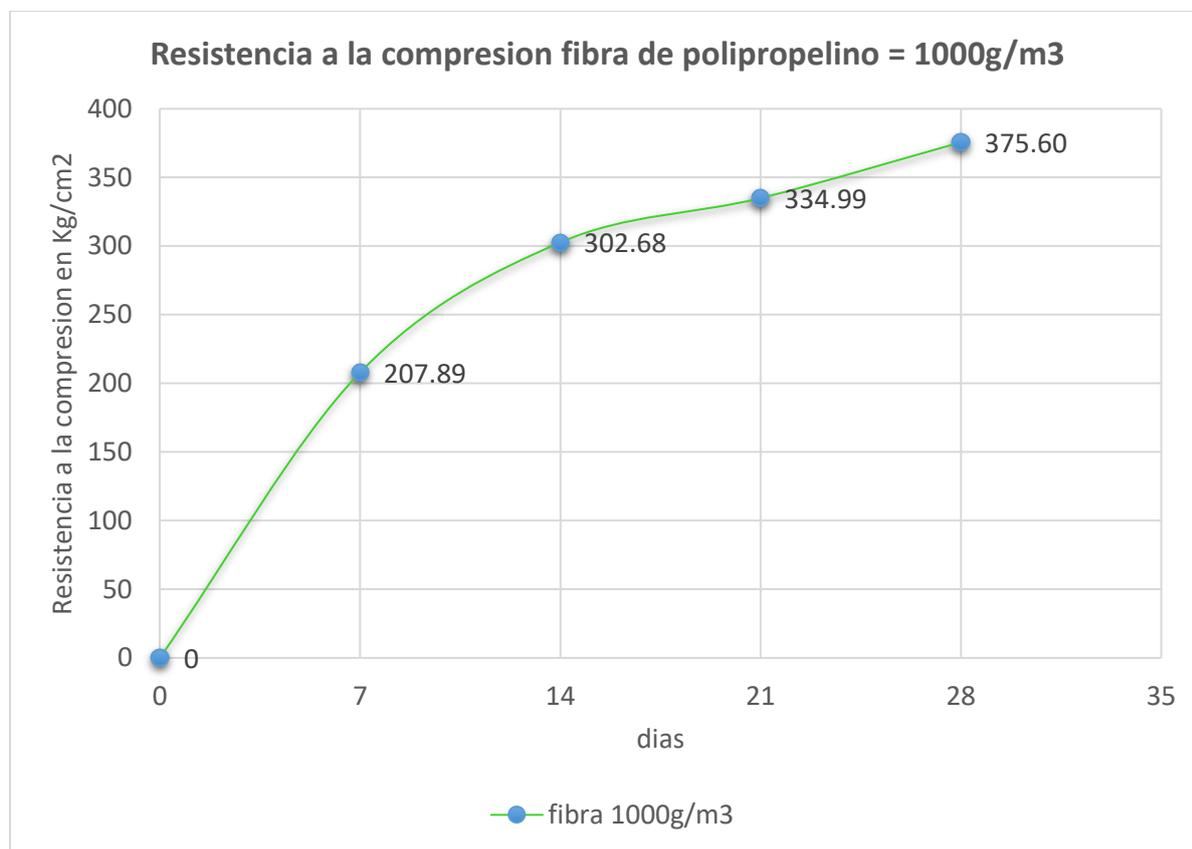


Figura 39: Resistencia a la compresión adicionando  $1000\text{g}$  de fibra

Nota: En la imagen, adicionando fibra de polipropileno  $1000\text{g}$  por  $\text{m}^3$  cubico de concreto se observa que la resistencia a la compresión aumenta según pasa los días asimismo se observa que a los 28 días la resistencia a la compresión aumenta en  $-2.21\%$  del diseño patrón, observándose que la resistencia a la compresión está por debajo de la resistencia del diseño patrón.

Tabla 35: Resumen de resistencia a la compresión de concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adiciones de 300, 500, 600, 700, 800 y 1000g/m<sup>3</sup> de concreto a edades de 7, 14, 21 y 28 días.

Fuente: elaboración propias - 2019

	<b>Dosis/días</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>% incremento de resistencia</b>
	diseño						
	patrón	0	273.21	335.44	369.68	384.08	0.00%
fc-210kg/cm <sup>2</sup>	300g/m <sup>3</sup>	0	308.81	338.62	367.20	403.49	5.05%
	500g/m <sup>3</sup>	0	279.37	331.48	355.45	388.98	1.28%
	600g/m <sup>3</sup>	0	304.80	360.95	379.23	420.13	9.39%
	700g/m <sup>3</sup>	0	0.00	0.00	0.00	400.98	4.40%
	800g/m <sup>3</sup>	0	269.38	284.25	338.19	396.09	3.13%
	1000g/m <sup>3</sup>	0	207.89	302.68	334.99	375.60	-2.21%

En la tabla se observa la resistencia del diseño patrón y asimismo se observa las resistencias a la compresión adicionando fibra de polipropileno además se observa el porcentaje de variación de cada dosis, concluyéndose que adicionando 600g/m<sup>3</sup> de concreto se tiene la máxima resistencia con un incremento de 9.39%.

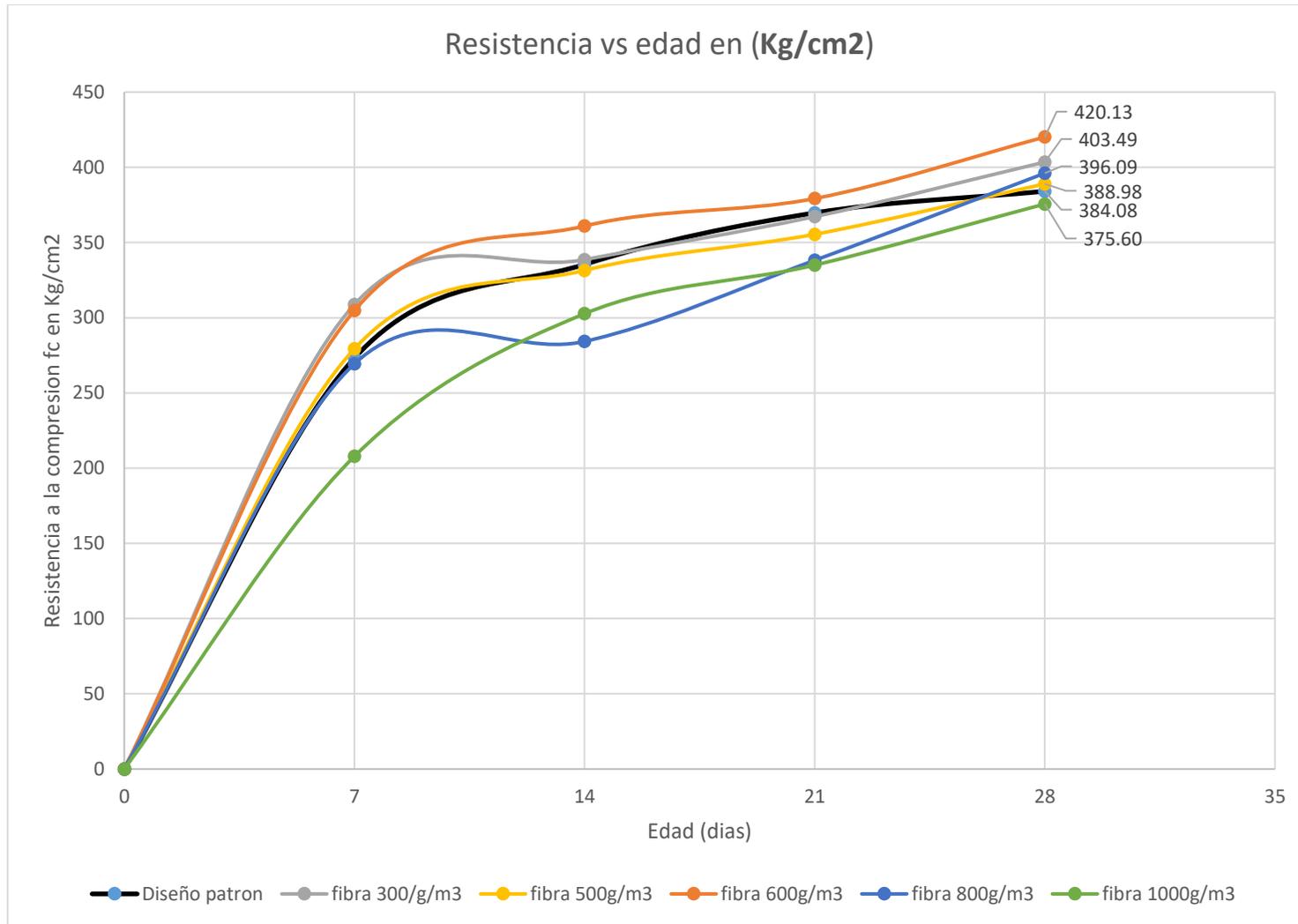


Figura 40: Resultados de la RCS adicionando fibra de polipropileno vs diseño patrón

Nota: en la imagen se muestra los resultados de Resistencia a la Compresión simple del diseño patrón y los resultados adicionando fibra de polipropileno al diseño patrón, observándose que en el tiempo la resistencia adicionando fibra de polipropileno es mayor a la resistencia del diseño patrón asimismo se observa que adicionando fibra de polipropileno 600g/m<sup>3</sup> se da la máxima resistencia a los 28 días, también se observa que a los 28 días la resistencia a la compresión simple se homogeniza.

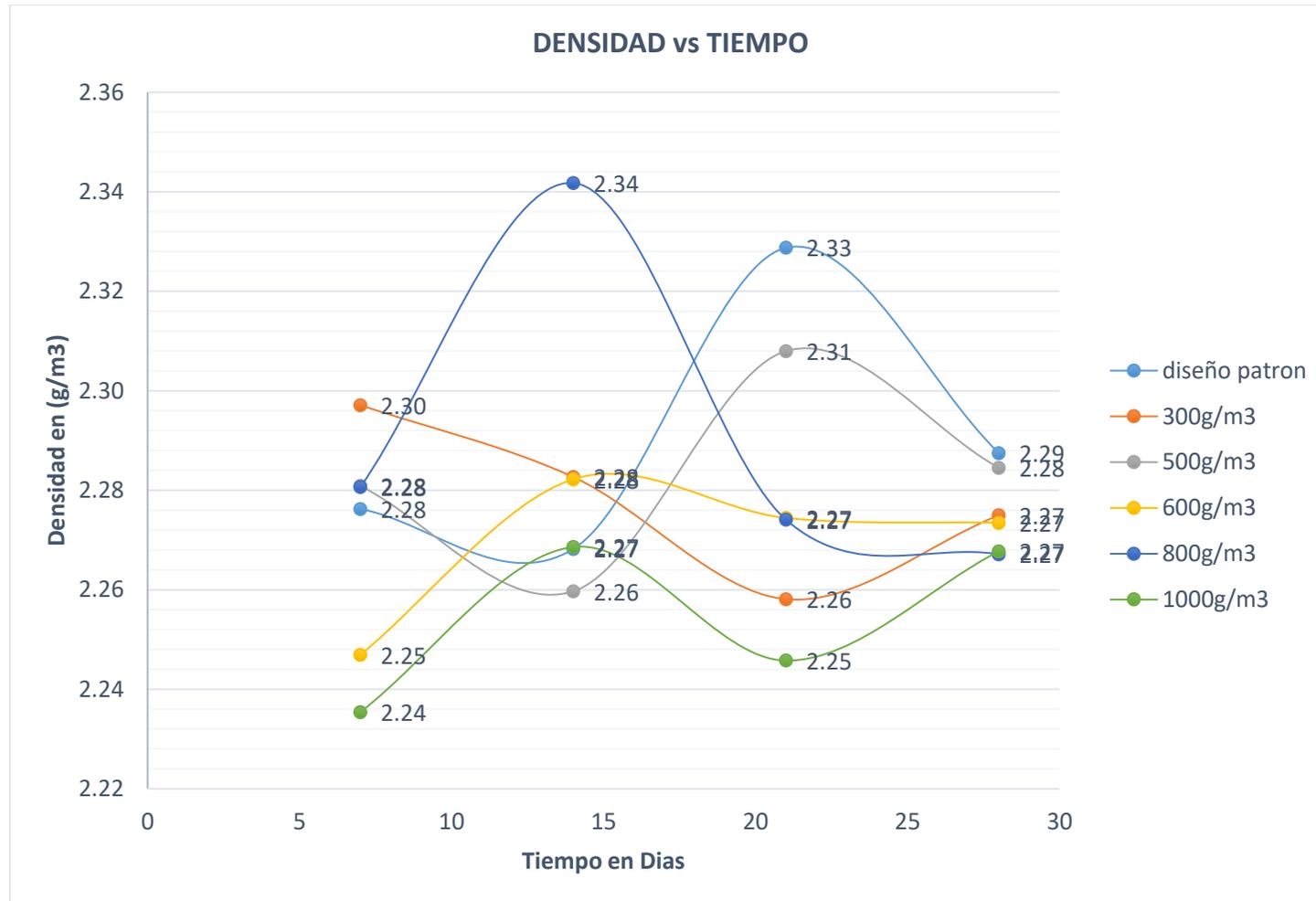


Figura 41: Evolución de la densidad del concreto por cada dosificación de adición en el tiempo

se observa que a través del tiempo la densidad del concreto varia relativamente en mínimo, en la imagen se observa que a los 7 días la densidad del concreto varía entre 2.24g/m<sup>3</sup> y 2.30 g/m<sup>3</sup>, mientras a los 28 días se observa la casi homogeneidad de la densidad que varía de 2.27g/m<sup>3</sup> a 2.29g/m<sup>3</sup>.

Tabla 36: resistencia mínima a la compresión

<b>Espesor de losa Mm(plg)</b>	<b>resistencia a la compresión Mínima para apertura al tránsito del equipo de construcción Mpa (psi) (1,2,3,4)</b>
125(5.0) o menos	27.6 (4000)
150 (6.0)	17.9 (2600)
175 (7.0)	9.8 (1425)
200 (8.0) o mayor	7.6 (1100)

Nota: la resistencia mínima del pavimento de espesor 20cm a mayores de 7.6 mpa = 77.33kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 37: Resistencia a la compresión CE-010

<b>Mezcla (1)</b>	<b>Relación agua/material cementicio mínimo (2)</b>	<b>contenido de aire (3) %</b>	<b>contenido mínimo de material cementicio (4) Kgs/m<sup>3</sup></b>	<b>Revenimiento (5) mm</b>	<b>Resistencia a la compresión a los 28 días Mpa (6)</b>
estándar con aire incorporado	0.49	ver tabla 3	215	15-75	28
estándar	0.49		215	15-75	28
alta resistencia con aire incorporado	0.45	ver tabla 3	215	15-75	41
alta resistencia	0.45		215	15-75	41
apertura rápida al tránsito con aire incorporado	0.43	ver tabla 3	215	15-75	28 ver nota (7)
apertura rápida al transito	0.43		215	15-75	28 ver nota (7)

Donde:

(1) Verificar la durabilidad de la mezcla

- (2) Para calcular la relación agua/material cementicio, añadir la masa del material cementicio suplementario a la del cemento portland
- (3) Determinar los contenidos de aire de la grava y del agregado grueso de piedra usando AASHTO T 152, o ASTM C 231, para mezclas con escorias o agregados gruesos muy porosos, use AASHTO T 196, o ASTM C 173.
- (4) Mantener el mínimo contenido de material cementicio (cemento portland y materiales cementicios suplementarios) en las mezclas. Si se usan cenizas volantes, añadirlas en porcentajes comprendidos entre 10% y 25% en peso del cemento, para producir una adecuada trabajabilidad y una durabilidad a largo plazo
- (5) Determinar el asentamiento de acuerdo con AASHTO T 119, o ASTM C 143. Medir el asentamiento a los 4 o 5 minutos de que el concreto haya sido descargado del camión mezclador
- (6) Preparar, curar y ensayar los especímenes en la prueba de resistencia según AASHTO T 23 , o ASTM C 31.
- (7) Diseñar las mezclas de rápida apertura al tránsito (fast-track) para obtener una resistencia temprana apropiada y poder abrir el pavimento al tráfico, en concordancia con la tabla 11. (las especificaciones típicas del fast-track para calles, requieren 24MPa a las 24 hr.

Nota: se observa que la resistencia a la compresión según la tabla es de 285kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, siendo este inferior a los obtenidos en este proyecto que superan los 300kg/ cm<sup>2</sup> a los 28 días.

#### **4.2.3.2. Resistencia a la flexión**

El ensayo de resistencia a la flexión para los especímenes elaborados se realizó según NTP 339.078 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto y vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

Se observó que la resistencia a la flexión es un 29.80 % del concreto patrón siendo este la dosis de 800g por metro cubico de concreto.

Tabla 38: Resumen de resistencia a la flexión de concreto patrón y adicionando fibra de polipropileno

resistencia a la compresión	dosis de fibra	carga (kgf)	Sección Vigas		Luz entre los apoyos L, en cm	Modulo Rotura por flexión MR kg/cm <sup>2</sup>	promedio kg/cm <sup>2</sup>	Incremento %	Variación %
			base b en (cm)	altura d en (cm)					
210kg/cm <sup>2</sup>	0.00g/m <sup>3</sup>	2912.10	15.00	15.00	45.00	39	39	100.00%	0.00%
		2935.30	15.00	15.00	45.00	39			
		3021.40	15.00	15.00	45.00	40			
	600g/m <sup>3</sup>	3325.36	15.00	15.00	45.00	44	47	118.96%	18.96%
		3486.45	15.00	15.00	45.00	46			
		3536.09	15.00	15.00	45.00	47			
	800g/m <sup>3</sup>	3735.10	15.00	15.00	45.00	50	51	129.80%	29.80%
		3812.00	15.00	15.00	45.00	51			
		3964.80	15.00	15.00	45.00	53			
	1000g/m <sup>3</sup>	3084.50	15.00	15.00	45.00	41	42	107.15%	7.15%
		3178.70	15.00	15.00	45.00	42			
			3239.70	15.00	15.00	45.00	43		

Nota: en la tabla anterior se observa que para resistencias a flexión adicionando fibra de polipropileno con dosis de 800g por metro cubico de concreto aumenta en un 29.80% del diseño patrón, asimismo se observa que para adición de 600g por metro cubico de concreto la resistencia a la flexión mejora considerablemente en 18.96%, finalmente adicionando fibra de 1000g por metro cubico de concreto aumenta en 7.15% con respecto al diseño patrón, concluyéndose que para resistencias a flexión 800g por metro cubico de concreto es la adecuada.

### 4.3. Costos

#### 4.3.1. Comparación de costos

se desarrolló el presupuesto utilizando el programa de costos y presupuestos S10, lo cual a continuación se presenta cuadros detallados de costos unitarios sin fibra de polipropileno y con fibra de polipropileno.

Tabla 39: Análisis de costo concreto sin fibra

Partida	<b>01.02.03.02</b>	<b>CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EN PAVIMENTO E=0.20M.</b>				
Rendimiento	<b>m3/DIA</b>	<b>16.0000</b>	EQ. <b>16.0000</b>	sto unitario directo por : m3	<b>483.52</b>	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	2.0000	21.50	43.00
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0000	17.21	17.21
0101010005	PEON	hh	8.0000	4.0000	15.51	62.04
						<b>122.25</b>
<b>Materiales</b>						
0207020003	ARENA GRUESA	m3		0.5600	135.60	75.94
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.3200	21.72	202.43
0213010007	PIEDRA ZARANDEADA 3/4"	m3		0.5200	127.15	66.12
0290130022	AGUA	m3		0.2020	0.50	0.10
						<b>344.59</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	122.25	6.11
03012900010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.5000	8.91	4.46
03012900030	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3	hm	1.0000	0.5000	12.22	6.11
						<b>16.68</b>

Tabla 40: Análisis de costo curado de concreto sin fibra

Partida	<b>01.02.03.03</b>	<b>CURADO DE CONCRETO</b>				
Rendimiento	<b>m2/DIA</b>	<b>300.0000</b>	EQ. <b>300.0000</b>	sto unitario directo por : m2	<b>3.22</b>	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	1.5000	0.0400	15.51	0.62
						<b>0.62</b>
<b>Materiales</b>						
0290130022	AGUA	m3		0.0500	0.50	0.03
0292010008	YUTE	m2		0.2500	10.17	2.54
						<b>2.57</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	0.62	0.03
						<b>0.03</b>

Tabla 41: Análisis de costo concreto con fibra optima

Partida	01.02.03.02		CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EN PAVIMENTO E=0.20M.			
Rendimiento	m3/DIA	16.0000	EQ. 16.0000	sto unitario directo por : m3	496.23	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	2.0000	21.50	43.00
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0000	17.21	17.21
0101010005	PEON	hh	8.0000	4.0000	15.51	62.04
						<b>122.25</b>
<b>Materiales</b>						
0207020003	ARENA GRUESA	m3		0.5600	135.60	75.94
0207020004	FIBRA ULTRAFINA DE POLIPROPILENO	kg		0.6000	21.18	12.71
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.3200	21.72	202.43
0213010007	PIEDRA ZARANDEADA 3/4"	m3		0.5200	127.15	66.12
0290130022	AGUA	m3		0.2020	0.50	0.10
						<b>357.30</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	122.25	6.11
03012900010	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.5000	8.91	4.46
03012900030	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3hm		1.0000	0.5000	12.22	6.11
						<b>16.68</b>

Tabla 42: Análisis de costo curado de concreto con fibra

Partida	01.02.03.03		CURADO DE CONCRETO			
Rendimiento	m2/DIA	500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m2	1.15	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0080	15.51	0.12
						<b>0.12</b>
<b>Materiales</b>						
0292010008	YUTE	m2		0.1000	10.17	1.02
						<b>1.02</b>
<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		5.0000	0.12	0.01
						<b>0.01</b>

Tabla 43: Variación de costo

<b>Proyecto:</b>			
INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS			
	Monto Inicial Expediente Técnico	Monto Expediente Técnico (adicionando fibra de polipropileno)	Var.
PROYECTO 1	24,740,938.28	24,765,636.14	24,697.86

En el proyecto anterior según el presupuesto sin adicionar fibra al concreto para la partida de concreto de e=20cm su costo es de S/. 483.52 por metro cubico de concreto mientras que el

concreto adicionado con fibra optima es de S/. 496.23 por metro cubico de concreto, existiendo una diferencia de costo de S/.12.71.

Sin embargo, al adicionar fibra se reduce el curado de concreto de S/.3.22 a S/.1.15 por metro cuadrado, siendo este el factor más importante al adicionar fibra.

Finalmente, al adicionar fibra de polipropileno optimo el monto del proyecto se eleva en S/. 24,697.86 más, siendo el porcentaje de variación de 0.0998% siendo este un monto mínimo e imperceptible.

Nota: los precios de las partidas de concreto y curado de concreto se anexan al final de este proyecto, la fibra de polipropileno al actuar como una barrera al vapor de agua el curado prácticamente es mínimo reduciéndose en un 60 a 70%, no siendo este el único ventaja de la fibra también evita el posterior resane a consecuencia del mal vibrado de concreto (en muros, columnas, etc).

## CAPITULO V

### Conclusiones

#### 5.1. Conclusiones

- ✓ Una vez realizado los ensayos del concreto patrón asimismo concreto adicionando fibra de polipropileno se analizó sus propiedades plásticas y mecánicas del concreto, resultando que mientras se aumenta la fibra de polipropileno el asentamiento disminuye para 0, 300, 500, 600, 800 y 1000g por metro cubico de concreto en 0, 23.87, 35.16, 40.32, 45.16 y 45.81% respectivamente, también se observó un ligero aumento en la resistencia a la compresión y un aumento bastante visible a la flexión, también se observó que las probetas sin fibra en condiciones de laboratorio el fracturamiento que sufren es la separación total en trozos mientras cuando se adiciona fibra de polipropileno la separación al ser sometidas a compresión es solo fisuras, de esto se afirma que la fibra actúa como un refuerzo tridimensional.
- ✓ Al desarrollarse los ensayos adicionando fibra se obtuvo que el contenido óptimo de fibra de polipropileno a la resistencia a la compresión es de 600g por metro cubico de concreto, con respecto a la resistencia a la flexión es de 800g por metro cubico de concreto.
- ✓ Al desarrollarse los ensayos de diseño patrón y adicionando fibra de polipropileno se obtuvo que para la resistencia a la compresión se logra aumentar en un 9.39% para una edad de 28 días de curado, mientras que realizando las roturas a la flexión en edad de 28 días se logra aumentar 29.80%, concluyéndose que la adición de fibra es más factible para estructuras que están sometidas en la mayor parte a flexión.
- ✓ Al realizar el costo que genera añadir la fibra de polipropileno en un proyecto, se analizó que añadiendo fibra de polipropileno a un concreto de  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  se incrementa de S/.483.52 a S/.496.23 una diferencia de S/.12.71 la cual viendo el

porcentaje de incremento que genera es de 0.0998%, la cual es imperceptible a comparación del costo total del proyecto, el principal factor es la reducción de tiempo en curado de concreto.

## **5.2. Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda el uso de la fibra de polipropileno en la cantidad de 600g/m<sup>3</sup> y 800g/m<sup>3</sup> de concreto, aunque se observa un ligero aumento en la resistencia de concreto el mayor beneficio es en el cierre de fisuras internas y esto se observó al momento de hacer las respectivas roturas en el laboratorio.
- ✓ Se recomienda reestructurar el diseño de mezcla a fin de hacer más trabajable la mezcla ya sea con un aditivo.
- ✓ Se recomienda que, al realizar los ensayos de laboratorio, o la distribución la fibra en la preparación de concreto, se tenga un control adecuado en el momento de colocar la fibra, para que esta se distribuya de mejor manera en la mezcla evitando que se generen vacíos o grumos, que afecten en la resistencia final.
- ✓ A pesar que las fibras de polipropileno es un material hidrológico, estas afectan en la trabajabilidad del concreto al momento que estas se amarran con el material cementante, por lo tanto, se recomienda tener un control en al momento de la compactación en la elaboración de las probetas.

## **5.3. Trabajos futuros**

- ✓ Tras realizar la presente investigación, surgen varias ideas acerca de otros aspectos relativos al hormigón reforzado con fibra de polipropileno, que podrían ser tratados en investigaciones futuras, entre ellos: Grado de resistencia al fuego que garantizan vinculada a la pérdida de propiedades mecánicas del hormigón o Efecto de la fibra en la confección de elementos prefabricado.

- ✓ Aplicarlo directamente en nuestro medio como es la región ayacucho ya que se tiene gran consumo del concreto, la fibra u otro aditivo similar es poco utilizable por ello será necesario profundizar el tema sobre fibras y así conseguir la durabilidad del pavimento.

### Bibliografía

- Aceros, A. (2019). *Manual de Construcción para Propietarios*. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/manual-para-propietarios/materiales-de-construccion/concreto.html>
- Armas aguilar, c. h. (2016). EFECTOS DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO. *Tesis para optar el título de ingeniero civil*. Universidad Señor de Sipan, Pimentel.
- ASTM-C78 (Dirección). (s.f.). *Método de ensayo para determinar el esfuerzo de flexión del concreto (utilizando una viga simplemente soportada con cargas en los tercios de la luz)* .
- Cachay Huaman, R. (1993). Diseño de Mezclas. *Universidad Nacional de Ingeniería*. Tesis, Lima, Peru.
- Calavera, J. (2005). *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado*. Intemac.
- Champañan Cueva, J. M., & Quispe Cirilo, J. (2017). Analisis del Comportamiento en las Propiedades del concreto Hidraulico para el diseño de pavimentos rigidos adicionando fibras de polipropileno en el aa.hh villamaria Nuevo chimbote. *Tesis para obtener el título profesional en ingeniero civil*. Universidad Nacional del Santa, Lima, Peru.
- Chema. (2017). Fibra de polipropileno para refuerzo tridimensional en morteros y concretos, reductor de fisuras. *Hoja tecnica Chema fibra ultrafina*.
- Gomá, F. (Dirección). (1979). *El cemento portland y otros aglomerantes* .

- Internet. (2019). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS materiales, diseño y conservación*.  
Obtenido de <https://tulosabias.com/pdf-libro-ingenieria-de-pavimentos-materiales-diseno-y-conservacion-jose-rafael-menendez-acurio-descarga-gratuita/>
- Kolli Ramujee. (2013). Propiedades de resistencia del hormigón reforzado con fibra de polipropileno. *Revista Internacional de Investigación Innovadora en Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 3409-3413.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (s.f.). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. *Portland Cement Association*.
- Lopez, J. (2015). Analisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: Influencia del tipo y consumo de fibra adicionado. *Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil*, 62.
- Mondoza Javier, C., Aire, C., & Davila, P. (2011). *Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del concreto en estados Plástico y Endurecido*.
- Montalvo Guevara, M. E. (2015). PAVIMENTOS RIGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS. *Tesis para optar el titulo de ingeniero civil*. Pontificia Universidad Catolica del Peru, Lima.
- NTP 334.088. (2013). *Norma Tecnica Peruana*.
- NTP 334.090 (Dirección). (2013). *Norma Tecnica Peruana* .
- NTP 339.034. (2013). Metodo de ensayo para el esfuerzo a la compresion de muestras cilindricas de concreto. *Norma Tecnica Peruana*.
- NTP 339.035. (2013). Metodo de ensayo para la medicion del asentamiento del concreto con el cono de abrams . *Norma Tecnica Peruana*.

NTP 339.078. (s.f.). Metodo de ensayo para determinar la resistencia a la flexion del concreto de vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. *Norma Tecnica Peruana*.

NTP 339.088. (2013). Agua de mezcla utilizada en la produccion de concreto de cemento portland. *Norma tecnica Peruana*.

NTP 339.185. (2013). Metodo de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Norma Tecnica Peruana*.

NTP 400.017 (Dirección). (2013). *Norma Tecnica Peruana*.

NTP 400.021, & NTP 400.022. (2013). Metodo de ensayo normalizado para peso especifico y absorcion, de agregado grueso y agregado fino respectivamente. *Norma Tecnica Peruana*.

NTP.037 (Dirección). (2013). *Norma Tecnica Peruana*.

Ottazzi, G. (2013). *Diseño en Concreto armado*. Lima: Asociacion capitulo peruano del Instituto Americano del Concreto.

STEVEN, K., KERKHOFF, B., PANARESE, W. y TANESI, J. (2004). *PCA: Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Primera ed.).

Toro Rosario, J. D. (2017). Influencia de la fibra de polipropileno con 5%, 10% y 15% del volumen del cemento en la resistencia a la compresión y tracción del concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$ . *Tesis para optar el titulo de ingeniero civil*. Universidad Cesar Vallejo, Nuevo chimbote, Peru.

UNACEM. (s.f.). Concreto Andino. *Ficha Técnica*.

- Valero Galarza, J. F. (2015). Influencia de las Fibras de Polipropileno en la Fisuración Asociadas a la Retracción Plástica en Pavimentos de Concreto. *Tesis para optar el título de ingeniero civil*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Vidad. (2006). Análisis del comportamiento del concreto con incorporación de fibras de polipropileno.
- Villanueva Campos , E. O., & Yaranga Huatarongo, H. (2015). Estudio de la Influencia de Fibras de Polipropileno Provenientes de plásticos Reciclados en Concretos de  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  en el Distrito de Lircay, provincia de Angaraes, Región Huancavelica. *Tesis para optar el título de ingeniero civil*. Universidad Nacional de Huancavelica, Lircay, Perú.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Tablas de rotura de concreto compresión y flexión.

#### Tablas de rotura de concreto a la compresión sin fibra $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 44: Rotura de concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin fibra, edad 7 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	136.50	136.50	136.50
Fecha de fabricación	26/02/2019	26/02/2019	26/02/2019
Fecha de ensayo	05/03/2019	05/03/2019	05/03/2019
Altura (cm)	30.2	30.2	30.3
Diámetro 1(cm)	15.00	15.00	15.10
Diámetro 2(cm)	15.10	14.90	15.20
Área (cm <sup>2</sup> )	177.89	175.54	180.27
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5372.42	5301.26	5462.08
Masa (g)	12019.00	12147.00	12564.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.24	2.29	2.30
Carga de ruptura (Kn)	500.35	479.95	449.08
Carga Máxima (kg)	51020.69	48940.502	45792.688
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>286.80</b>	<b>278.80</b>	<b>254.03</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		273.21	
Tipo de Falla	4	4	4

Tabla 45: Rotura de concreto  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin adición de fibra, edad 14 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	168.00	168.00	168.00
Fecha de fabricación	01/03/2019	01/03/2019	01/03/2019
Fecha de ensayo	15/03/2019	15/03/2019	15/03/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30.1
Diámetro 1(cm)	15.00	15.20	15.00
Diámetro 2(cm)	15.10	15.40	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	177.89	183.85	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5354.63	5534.00	5319.11
Masa (g)	12113.00	12552.00	12097.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.26	2.27	2.27
Carga de ruptura (Kn)	599.00	541.51	628.45
Carga Máxima (kg)	61080.03	55217.775	64083.047
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>343.35</b>	<b>300.34</b>	<b>362.64</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		335.44	
Tipo de Falla	4	4	4

Tabla 46: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  sin adición de fibra, edad 21 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	189.00	189.00	189.00
Fecha de fabricación	27/02/2019	27/02/2019	27/02/2019
Fecha de ensayo	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019
Altura (cm)	30	30.1	30.1
Diámetro 1(cm)	15.20	15.30	15.30
Diámetro 2(cm)	15.40	15.10	15.10
Área (cm <sup>2</sup> )	183.85	181.46	181.46
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5515.62	5461.90	5461.90
Masa (g)	12815.00	12652.00	12816.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.32	2.32	2.35
Carga de ruptura (Kn)	666.01	652.99	663.26
Carga Máxima (kg)	67913.04	66585.39	67632.622
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>369.39</b>	<b>366.95</b>	<b>372.72</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		369.68	
Tipo de Falla	4	5	5

Tabla 47: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  sin fibra, edad 28 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	27/02/2019	27/02/2019	27/02/2019
Fecha de ensayo	27/03/2019	27/03/2019	27/03/2019
Altura (cm)	30	30.1	30.1
Diámetro 1(cm)	15.00	15.00	15.10
Diámetro 2(cm)	15.00	15.00	15.40
Área (cm <sup>2</sup> )	176.71	176.71	182.65
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5301.44	5319.11	5497.89
Masa (g)	12116.00	12107.00	12650.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.28	2.30
Carga de ruptura (Kn)	671.98	674.13	672.58
Carga Máxima (kg)	68521.801	68741.036	68582.983
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>387.75</b>	<b>388.99</b>	<b>375.48</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		384.08	
Tipo de Falla	4	5	5

## Tablas rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2 + 300\text{g/m}^3$ de F.P

Tabla 48: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra de polipropileno  $300\text{g/m}^3$ , edad 7 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	147.00	147.00	147.00
Fecha de fabricación	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019
Fecha de ensayo	27/03/2019	27/03/2019	27/03/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.30	15.50	15.30
Diámetro 2(cm)	15.40	14.90	15.30
Área (cm <sup>2</sup> )	185.06	181.46	183.85
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5570.23	5443.75	5515.62
Masa (g)	12550.00	12421.00	12998.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.25	2.28	2.36
Carga de ruptura (Kn)	566.26	551.23	549.28
Carga Máxima (kg)	57741.53	56208.92	56010.08
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>312.02</b>	<b>309.76</b>	<b>304.64</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		308.81	
Tipo de Falla	5	3	3

Tabla 49: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra  $300\text{g/m}^3$ , edad 14 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	168.00	168.00	168.00
Fecha de fabricación	21/03/2019	21/03/2019	21/03/2019
Fecha de ensayo	04/04/2019	04/04/2019	04/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.20	15.30	15.00
Diámetro 2(cm)	15.30	15.20	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	182.65	182.65	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5497.89	5479.62	5301.44
Masa (g)	12628.00	12559.00	11977.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.30	2.29	2.26
Carga de ruptura (Kn)	611.63	592.65	595.36
Carga Máxima (kg)	62367.91	60432.52	60708.86
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>341.45</b>	<b>330.86</b>	<b>343.54</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		338.62	
Tipo de Falla	5	3	3

Tabla 50: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 300g, edad 21 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	189.00	189.00	189.00
Fecha de fabricación	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019
Fecha de ensayo	10/04/2019	10/04/2019	10/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.30	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.30	15.00	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	183.85	176.71	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5534.00	5301.44	5301.44
Masa (g)	12548.00	11916.00	11977.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.27	2.25	2.26
Carga de ruptura (Kn)	<b>648.83</b>	<b>650.25</b>	<b>635.21</b>
Carga Máxima (kg)	66161.20	66305.99	64772.36
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>359.86</b>	<b>375.22</b>	<b>366.54</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		367.20	
Tipo de Falla	5	2	3

Tabla 51: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 300g, edad 28 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	20/03/2019	20/03/2019	20/03/2019
Fecha de ensayo	17/04/2019	17/04/2019	17/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.20	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.30	15.00	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	182.65	176.71	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5497.89	5301.44	5301.44
Masa (g)	12681.00	11977.00	11977.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.31	2.26	2.26
Carga de ruptura (Kn)	<b>690.57</b>	<b>708.29</b>	<b>721.35</b>
Carga Máxima (kg)	70417.42	72224.33	73556.06
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>385.52</b>	<b>408.71</b>	<b>416.24</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		403.49	
Tipo de Falla	5	2	3

## Tablas rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2 + 500\text{g/m}^3$ de F.P

Tabla 52: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 500g, edad 7 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	147.00	147.00	147.00
Fecha de fabricación	21/03/2019	21/03/2019	21/03/2019
Fecha de ensayo	28/03/2019	28/03/2019	28/03/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.10	15.40	15.40
Diámetro 2(cm)	15.00	15.40	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	177.89	186.27	181.46
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5354.63	5587.95	5443.75
Masa (g)	11983.00	12947.00	12454.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.24	2.32	2.29
Carga de ruptura (Kn)	498.58	510.10	485.96
Carga Máxima (kg)	50840.2026	52014.897	49553.3412
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>285.79</b>	<b>279.25</b>	<b>273.08</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		279.37	
Tipo de Falla	5	3	3

Tabla 53: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 500g, edad 14 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	168.00	168.00	168.00
Fecha de fabricación	24/03/2019	24/03/2019	24/03/2019
Fecha de ensayo	07/04/2019	07/04/2019	07/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.40	15.30	15.00
Diámetro 2(cm)	15.30	15.20	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	185.06	182.65	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5570.23	5479.62	5301.44
Masa (g)	12440.00	11868.00	12617.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.23	2.17	2.38
Carga de ruptura (Kn)	610.07	592.65	567.41
Carga Máxima (kg)	62208.84	60432.52	57858.80
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>336.16</b>	<b>330.86</b>	<b>327.41</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		331.48	
Tipo de Falla	5	3	3

Tabla 54: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 500g, edad 21 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	189.00	189.00	189.00
Fecha de fabricación	21/03/2019	24/03/2019	24/03/2019
Fecha de ensayo	11/04/2019	14/04/2019	14/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.50	15.10	15.50
Diámetro 2(cm)	15.60	15.30	15.60
Área (cm <sup>2</sup> )	189.91	181.46	189.91
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5716.33	5443.75	5697.34
Masa (g)	13285.00	12389.00	13241.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.32	2.28	2.32
Carga de ruptura (Kn)	<b>623.58</b>	<b>685.25</b>	<b>645.23</b>
Carga Máxima (kg)	63586.45	69874.94	65794.10
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>334.82</b>	<b>385.07</b>	<b>346.45</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		355.45	
Tipo de Falla	3	3	3

Tabla 55: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 500g, edad 28 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	24/03/2019	24/03/2019	24/03/2019
Fecha de ensayo	21/04/2019	21/04/2019	21/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.20	15.30	15.00
Diámetro 2(cm)	15.30	15.40	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	182.65	185.06	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5497.89	5551.72	5301.44
Masa (g)	12628.00	12822.00	11913.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.30	2.31	2.25
Carga de ruptura (Kn)	<b>700.51</b>	<b>695.32</b>	<b>680.59</b>
Carga Máxima (kg)	71431.00	70901.78	69399.76
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>391.07</b>	<b>383.13</b>	<b>392.72</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		388.98	
Tipo de Falla	2	2	3

## Tablas rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2 + 600\text{g/m}^3$ de F.P

Tabla 56: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 600g, edad 7 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	147.00	147.00	147.00
Fecha de fabricación	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019
Fecha de ensayo	13/03/2019	13/03/2019	13/03/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.40	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.50	15.00	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	187.48	176.71	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5643.04	5301.44	5301.44
Masa (g)	12542.00	12014.00	11939.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.22	2.27	2.25
Carga de ruptura (Kn)	550.39	565.37	500.48
Carga Máxima (kg)	56123.2683	57650.7789	51033.9456
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>299.36</b>	<b>326.24</b>	<b>288.79</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		304.80	
Tipo de Falla	5	3	3

Tabla 57: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 600g, edad 14 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Resistencia esperada a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	168.00	168.00	168.00
Fecha de fabricación	28/03/2019	28/03/2019	28/03/2019
Fecha de ensayo	11/04/2019	13/03/2019	13/03/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.30	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.00	15.00	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	180.27	176.71	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5426.02	5301.44	5301.44
Masa (g)	12634.00	12014.00	11939.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.33	2.27	2.25
Carga de ruptura (Kn)	634.03	645.21	609.85
Carga Máxima (kg)	64652.0391	65792.0637	62186.4045
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>358.65</b>	<b>372.31</b>	<b>351.90</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		360.95	
Tipo de Falla	3	3	3

Tabla 58: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 600g, edad 21 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Resistencia esperada a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> )	189.00	189.00	189.00
Fecha de fabricación	26/03/2019	26/03/2019	26/03/2019
Fecha de ensayo	17/04/2019	17/04/2019	17/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.40	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.30	15.00	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	185.06	176.71	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5570.23	5301.44	5301.44
Masa (g)	12924.00	11934.00	11939.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.32	2.25	2.25
Carga de ruptura (Kn)	681.02	668.08	653.21
Carga Máxima (kg)	69443.61	68124.12	66607.82
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>375.25</b>	<b>385.50</b>	<b>376.92</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		379.23	
Tipo de Falla	3	3	3

Tabla 59: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 600g, edad 28 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	26/03/2019	26/03/2019	28/03/2019
Fecha de ensayo	23/04/2019	23/04/2019	25/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.60	15.00	15.40
Diámetro 2(cm)	15.50	15.00	15.20
Área (cm <sup>2</sup> )	189.91	176.71	183.85
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5716.33	5301.44	5515.62
Masa (g)	13227.00	11835.00	12543.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.31	2.23	2.27
Carga de ruptura (Kn)	765.32	745.63	755.86
Carga Máxima (kg)	78039.68	76031.89	77075.04
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>410.93</b>	<b>430.25</b>	<b>419.22</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		420.13	
Tipo de Falla	3	3	2

## Tablas rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ + $700\text{g/m}^3$ de F.P

Tabla 60: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra  $700\text{g/m}^3$ , edad 28 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	27/03/2019	27/03/2019	28/03/2019
Fecha de ensayo	24/04/2019	24/04/2019	25/04/2019
Altura (cm)	30.1	30	30
Diámetro 1(cm)	15.30	15.00	15.40
Diámetro 2(cm)	15.50	15.00	15.20
Área (cm <sup>2</sup> )	186.27	176.71	183.85
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5606.58	5301.44	5515.62
Masa (g)	12227.00	12250.00	12623.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.18	2.31	2.29
Carga de ruptura (Kn)	738.20	710.36	701.23
Carga Máxima (kg)	75274.25	72435.41	71504.42
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>404.12</b>	<b>409.90</b>	<b>388.92</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		400.98	
Tipo de Falla	3	3	2

## Tablas rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2 + 800\text{g/m}^3$ de F.P

Tabla 61: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 800g, edad 7 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	147.00	147.00	147.00
Fecha de fabricación	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019
Fecha de ensayo	13/03/2019	13/03/2019	13/03/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.30	15.30	15.10
Diámetro 2(cm)	15.20	15.20	15.40
Área (cm <sup>2</sup> )	182.65	182.65	182.65
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5497.89	5497.89	5479.62
Masa (g)	12578.00	12565.00	12432.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.29	2.27
Carga de ruptura (Kn)	519.16	498.95	429.49
Carga Máxima (kg)	52938.7452	50877.9315	43795.0953
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>289.83</b>	<b>278.55</b>	<b>239.77</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		269.38	
Tipo de Falla	3	3	3

Tabla 62: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado fibra 800g, edad 14 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Resistencia esperada a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	168.00	168.00	168.00
Fecha de fabricación	06/03/2019	06/03/2019	06/03/2019
Fecha de ensayo	13/03/2019	13/03/2019	13/03/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.10	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.00	15.00	15.20
Área (cm <sup>2</sup> )	177.89	176.71	179.08
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5354.63	5319.11	5372.36
Masa (g)	12578.00	12565.00	12432.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.35	2.36	2.31
Carga de ruptura (Kn)	519.16	498.95	469.35
Carga Máxima (kg)	52938.7452	50877.9315	47859.6195
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>297.58</b>	<b>287.91</b>	<b>267.25</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		284.25	
Tipo de Falla	3	3	3

Tabla 63: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado fibra 800g, edad 21 días

<b>Probeta Nro</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Resistencia esperada a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> )	189.00	189.00	189.00
Fecha de fabricación	26/03/2019	26/03/2019	26/03/2019
Fecha de ensayo	17/04/2019	17/04/2019	17/04/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.20	15.10	15.10
Diámetro 2(cm)	15.30	15.30	15.40
Área (cm <sup>2</sup> )	182.65	181.46	182.65
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5497.89	5461.90	5479.62
Masa (g)	12594.00	12359.00	12432.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.26	2.27
Carga de ruptura (Kn)	625.35	591.32	596.78
Carga Máxima (kg)	63766.94	60296.90	60853.66
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>349.11</b>	<b>332.29</b>	<b>333.16</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		338.19	
Tipo de Falla	3	5	3

Tabla 64: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 800g, edad 28 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	26/03/2019	26/03/2019	26/03/2019
Fecha de ensayo	23/04/2019	23/04/2019	23/04/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.40	15.30	15.10
Diámetro 2(cm)	15.40	15.30	15.20
Área (cm <sup>2</sup> )	186.27	183.85	180.27
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5606.58	5534.00	5408.00
Masa (g)	12498.00	12581.00	12432.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.23	2.27	2.30
Carga de ruptura (Kn)	722.36	704.80	710.53
Carga Máxima (kg)	73659.05	71868.46	72452.74
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>395.45</b>	<b>390.90</b>	<b>401.92</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		396.09	
Tipo de Falla	5	5	5

## Tablas rotura de concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2 + 1000\text{g/m}^3$ de F.P

Tabla 65: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado fibra 1000g, edad 7 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Resistencia esperada a los 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	147.00	147.00	147.00
Fecha de fabricación	09/03/2019	09/03/2019	09/03/2019
Fecha de ensayo	16/03/2019	16/03/2019	16/03/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.00	15.00	15.00
Diámetro 2(cm)	15.00	15.10	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	176.71	177.89	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5319.11	5354.63	5301.44
Masa (g)	11850.00	11976.00	11885.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.23	2.24	2.24
Carga de ruptura (Kn)	459.33	237.43	385.63
Carga Máxima (kg)	46837.8801	24210.7371	39322.6911
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>265.05</b>	<b>136.10</b>	<b>222.52</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		207.89	
Tipo de Falla	2	2	2

Tabla 66: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado fibra 1000g, edad 14 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
Resistencia esperada a los 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	168.00	168.00	168.00
Fecha de fabricación	24/03/2019	24/03/2019	24/03/2019
Fecha de ensayo	14/04/2019	14/04/2019	14/04/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.10	15.30	15.00
Diámetro 2(cm)	15.00	15.10	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	177.89	181.46	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5354.63	5461.90	5301.44
Masa (g)	12152.00	11978.00	12423.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.27	2.19	2.34
Carga de ruptura (Kn)	548.23	532.61	510.36
Carga Máxima (kg)	55903.0131	54310.2417	52041.4092
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>314.25</b>	<b>299.30</b>	<b>294.49</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		302.68	
Tipo de Falla	2	2	2

Tabla 67: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra 1000g, edad 21 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Resistencia esperada a los 21 días (kg/cm <sup>2</sup> )	189.00	189.00	189.00
Fecha de fabricación	26/03/2019	26/03/2019	26/03/2019
Fecha de ensayo	17/04/2019	17/04/2019	17/04/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.30	15.00	15.10
Diámetro 2(cm)	15.10	15.30	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	181.46	180.27	177.89
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5461.90	5426.02	5336.84
Masa (g)	12142.00	12235.00	12058.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.22	2.25	2.26
Carga de ruptura (Kn)	599.63	612.58	560.85
Carga Máxima (kg)	61144.2711	62464.7826	57189.8745
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>336.96</b>	<b>346.51</b>	<b>321.48</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		334.99	
Tipo de Falla	3	2	2

Tabla 68: Rotura de concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  adicionado fibra 1000g, edad 28 días

<b>Probeta Nro.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Identificación de Testigo	M1	M2	M3
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
<b>Edad en días</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	210.00	210.00	210.00
Fecha de fabricación	28/03/2019	28/03/2019	28/03/2019
Fecha de ensayo	25/04/2019	25/04/2019	25/04/2019
Altura (cm)	30.1	30.1	30
Diámetro 1(cm)	15.00	15.40	15.00
Diámetro 2(cm)	15.40	15.20	15.00
Área (cm <sup>2</sup> )	181.46	183.85	176.71
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5461.90	5534.00	5301.44
Masa (g)	12376.00	12579.00	12004.00
Peso unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.27	2.27	2.26
Carga de ruptura (Kn)	652.22	699.51	645.23
Carga Máxima (kg)	66506.8734	71329.0347	65794.1031
<b>Resistencia (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>366.51</b>	<b>387.97</b>	<b>372.32</b>
Promedio de resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )		375.60	
Tipo de Falla	2	2	2

Tabla 69: Resumen de la resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup> de muestras cilíndricas

DESCRIPCION	Muestra	en 7 días	en 14 días	en 21 días	en 28 días	<b>total, muestras</b>
fc-210kg/cm <sup>2</sup>	M1	286.80	343.35	369.39	387.75	4
	M2	278.80	300.34	366.95	388.99	4
	M3	254.03	362.64	372.72	375.48	4
fc-210kg/cm <sup>2</sup> + 300g/m <sup>3</sup>	M1	312.02	341.45	359.86	385.52	4
	M2	309.76	330.86	375.22	408.71	4
	M3	304.64	343.54	366.54	416.24	4
fc-210kg/cm <sup>2</sup> + 500g/m <sup>3</sup>	M1	285.79	336.16	334.82	391.07	4
	M2	279.25	330.86	385.07	383.13	4
	M3	273.08	327.41	346.45	392.72	4
fc-210kg/cm <sup>2</sup> + 600g/m <sup>3</sup>	M1	299.36	358.65	375.25	410.93	4
	M2	326.24	372.31	385.50	430.25	4
	M3	288.79	351.90	376.92	419.22	4
fc-210kg/cm <sup>2</sup> + 700g/m <sup>3</sup>	M1				404.12	1
	M2				409.90	1
	M3				388.92	1
fc-210kg/cm <sup>2</sup> + 800g/m <sup>3</sup>	M1	289.83	297.58	349.11	395.45	4
	M2	278.55	287.91	332.29	390.90	4
	M3	239.77	267.25	333.16	401.92	4
fc-210kg/cm <sup>2</sup> + 1000g/m <sup>3</sup>	M1	265.05	314.25	336.96	366.51	4
	M2	136.10	299.30	346.51	387.97	4
	M3	222.52	294.49	321.48	372.32	4
<b>total</b>						<b>75</b>

## **ANEXO B**

### **Fotografías**



Figura 42: Identificación de cantera Las piedras – chacco



Figura 43: Medición del peso unitario tanto del agregado grueso y agregado fino, los ensayos se hacen tanto para peso unitario suelto y compacto, el ensayo se hizo en tres capas para lo que es peso unitario compacto para ambos



Figura 44: Ensayo de granulometría con los tamices que se muestra en la figura, la misma que se hace para agregado fino.



Figura 45: Absorción del agregado grueso o piedra chancada



Figura 46: Absorción del agregado fino



Figura 47: Preparado del concreto en el cono de Abraham y medición del slump en el laboratorio



Figura 48: Preparado del concreto adicionando fibra 300g por metro cubico de concreto



Figura 49: Preparado del concreto adicionando fibra 800g



Figura 50: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica, sin fibra edad 7 días.



Figura 51: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica sin fibra edad 14 y 28 días.



Figura 52: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica, adicionando fibra de polipropileno 300g, edad 14 días.



Figura 53: Testigos de concreto, adicionados con fibra de polipropileno 300g

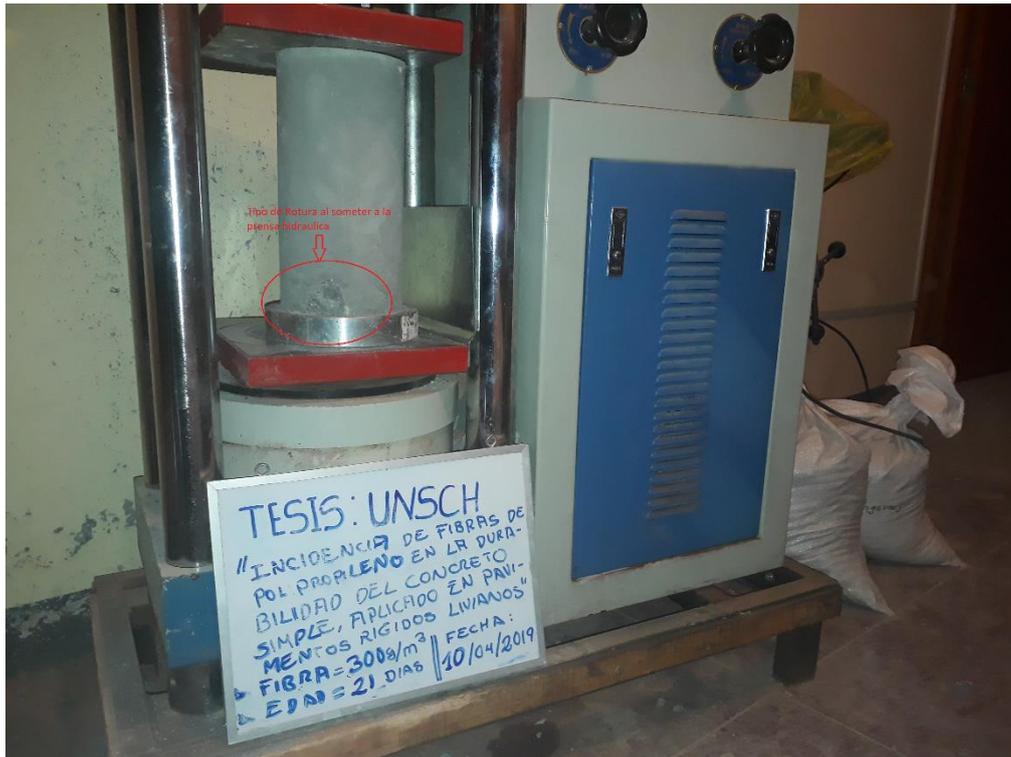


Figura 54: Rotura a la compresión de concreto, de probetas en prensa hidráulica, adicionando fibra de polipropileno 300g, edad 14 días.



Figura 55: Rotura a la compresión de concreto, de probetas, fibra 300g, edad 28 días



Figura 56: Rotura a la compresión de concreto, fibra de polipropileno 500g, edad 7 días



Figura 57: Rotura a la compresión de concreto, fibra de polipropileno 500g, edad 14 días





Figura 60: Rotura a la compresión, fibra 500g, edad 28 días.

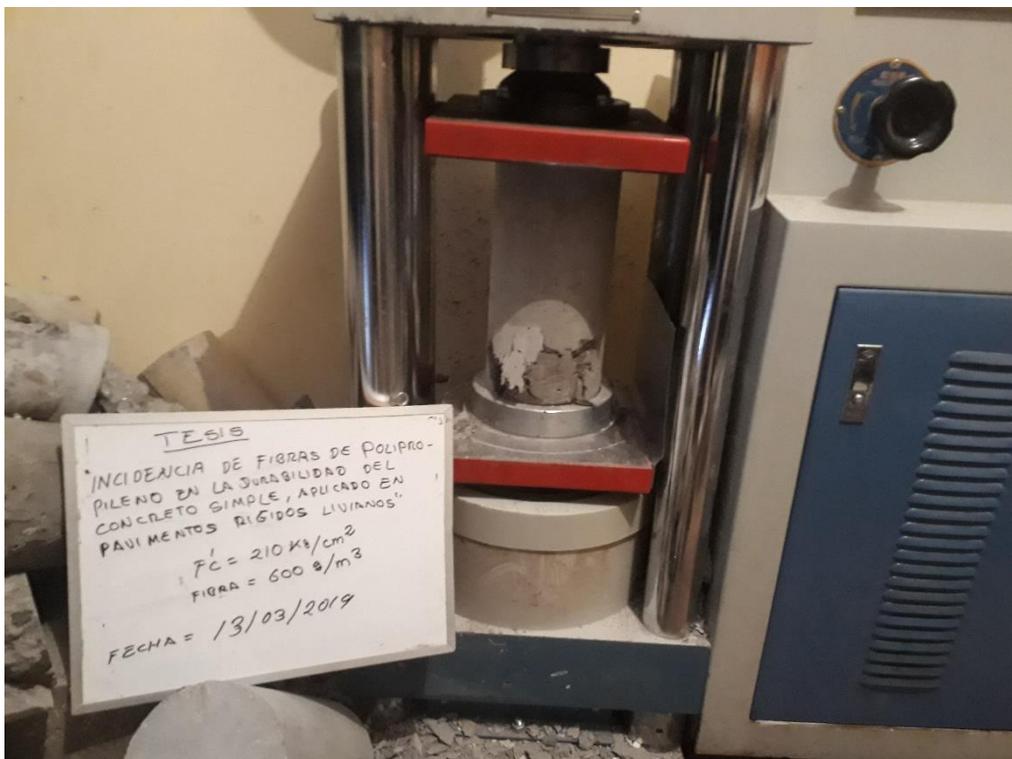


Figura 61: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 7 días.

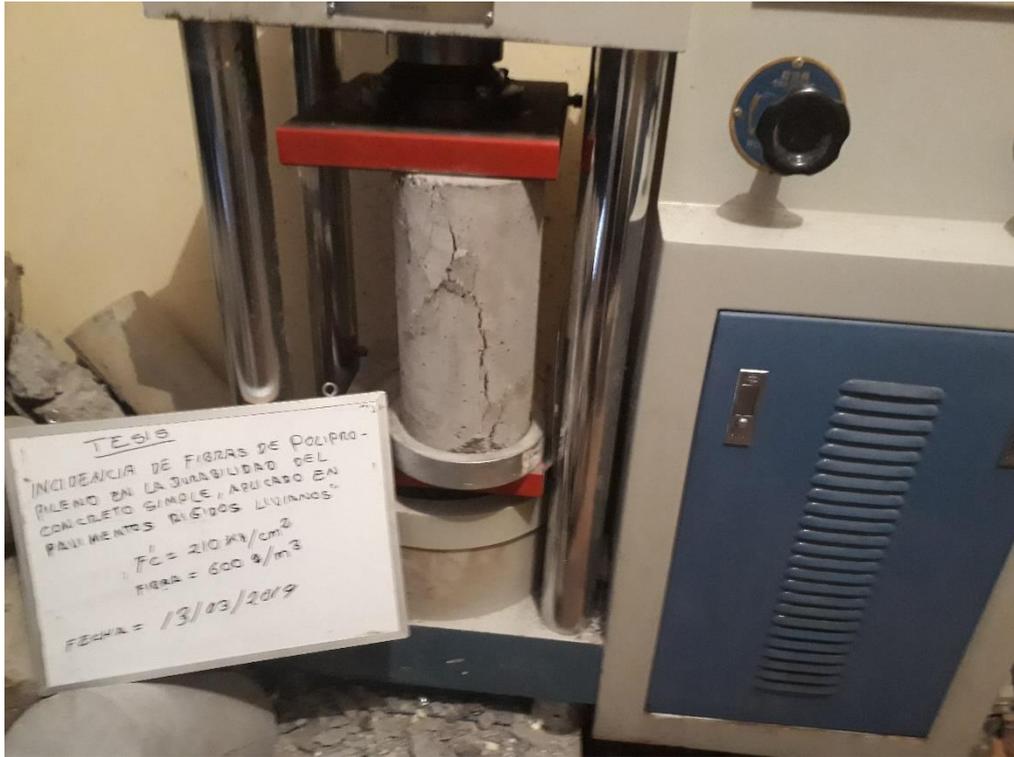


Figura 62: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 7 días



Figura 63: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 14 días.



Figura 64: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 21 días.



Figura 65: Rotura a la compresión, fibra 600g, edad 28 días.



Figura 66: Rotura a la compresión, fibra 800g, edad 7 días.



Figura 67: Moldes metálicos vigas de 15x15x50cm.



Figura 68: Preparación de concreto en las vigas metálicas



Figura 69: Curado de vigas de concreto



Figura 70: Medida de las vigas de concreto.



Figura 71: Equipo para la rotura a la flexión en vigas.



Figura 72: Rotura a la flexión, fibra 600g, edad 28 días.



Figura 73: Rotura a la flexión, 1000g, edad 28 días.

## **ANEXO C**

**Presupuesto.**

## Presupuesto

Presupuesto **0203010 INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (sin fibra)**  
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA** Costo al **01/03/2019**  
 Lugar **AYACUCHO - HUAMAMGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				<b>17,152,619.44</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES GENERALES</b>				<b>21,988.80</b>
01.01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>21,988.80</b>
01.01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M INC. TRANSPORTE E INSTALACION	und	2.00	1,424.40	2,848.80
01.01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	250.00	47.76	11,940.00
01.01.01.03	INSTALACION PROVISIONAL (AGUA, DESAGÜE, ENERGIA, ETC)	mes	12.00	600.00	7,200.00
01.02	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>9,395,509.25</b>
01.02.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>462,321.90</b>
01.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	40,677.97	40,677.97
01.02.01.02	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO	m2	124.01	25.24	3,130.01
01.02.01.03	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m2	43.42	355.59	15,439.72
01.02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE OBRAS EXISTENTES	m3	40.63	45.43	1,845.82
01.02.01.05	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	43,470.03	0.98	42,600.63
01.02.01.06	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	43,470.03	3.37	146,494.00
01.02.01.07	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	43,470.03	4.88	212,133.75
01.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>4,084,856.46</b>
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	36,117.95	7.63	275,579.96
01.02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	45,147.44	18.49	834,776.17
01.02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	43,470.03	3.04	132,148.89
01.02.02.04	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.20M	m2	23,117.41	23.94	553,430.80
01.02.02.05	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.30M	m2	10,309.18	32.94	339,584.39
01.02.02.06	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.40M	m2	8,385.37	41.94	351,682.42
01.02.02.07	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.50M	m2	1,658.07	50.94	84,462.09
01.02.02.08	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR E=0.20m	m2	43,470.03	34.81	1,513,191.74
01.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>4,848,330.89</b>
01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	7,136.57	44.29	316,078.69
01.02.03.02	CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN PAVIMENTO E=0.20M.	m3	8,694.01	483.52	4,203,727.72
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	43,470.03	3.22	139,973.50
01.02.03.04	JUNTAS ASFALTICAS e=1"	m	22,287.35	8.46	188,550.98
01.03	<b>VEREDAS</b>				<b>1,467,961.83</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>84,017.75</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	14,337.50	0.98	14,050.75
01.03.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	14,337.50	4.88	69,967.00
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>500,213.72</b>
01.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO EN VEREDAS	m3	2,867.50	43.43	124,535.53
01.03.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	3,584.37	14.48	51,901.68
01.03.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE VEREDA CON EQ. LIVIANO	m2	14,337.50	2.27	32,546.13
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (VEREDA)	m2	14,337.50	15.69	224,955.38
01.03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	3,584.37	18.49	66,275.00
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>883,730.36</b>
01.03.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	574.61	51.90	29,822.26
01.03.03.02	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 EN VEREDAS E=4"	m3	1,452.26	477.61	693,613.90
01.03.03.03	BRUÑA EN VEREDAS	m	9,287.28	10.11	93,894.40
01.03.03.04	CURADO EN VEREDAS	m2	14,337.50	2.62	37,564.25
01.03.03.05	JUNTAS ASFALTICAS PARA VEREDAS	m	3,988.32	7.23	28,835.55
01.04	<b>MARTILLO</b>				<b>353,707.66</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>14,662.54</b>
01.04.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	2,502.14	0.98	2,452.10
01.04.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	2,502.14	4.88	12,210.44
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>98,118.49</b>

## Presupuesto

Presupuesto **0203010** **INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (sin fibra)**  
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA** Costo al **01/03/2019**  
 Lugar **AYACUCHO - HUAMAMGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA MARTILLOS	m3	625.54	43.43	27,167.20
01.04.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	781.92	14.48	11,322.20
01.04.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE MARTILLO CON EQ. LIVIANO	m2	2,502.57	2.36	5,906.07
01.04.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (MARTILLO)	m2	2,502.57	15.69	39,265.32
01.04.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	781.92	18.49	14,457.70
01.04.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>240,926.63</b>
01.04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MARTILLOS	m2	82.76	51.90	4,295.24
01.04.03.02	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN MARTILLOS, $e=0.10$ m	m3	212.95	477.61	101,707.05
01.04.03.03	BRUÑA EN MARTILLOS	m	4,640.13	10.11	46,911.71
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	76.44	44.29	3,385.53
01.04.03.05	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN RAMPAS	m3	41.30	477.60	19,724.88
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ Kg/cm2 EN RAMPAS	kg	2,418.82	7.44	17,996.02
01.04.03.07	BRUÑA EN RAMPAS	m	3,878.80	10.11	39,214.67
01.04.03.08	CURADO EN MARTILLOS Y RAMPAS	m2	2,935.70	2.62	7,691.53
01.05	<b>SARDINELES DE CONCRETO</b>				<b>1,025,733.65</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>10,017.26</b>
01.05.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	1,709.43	0.98	1,675.24
01.05.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	1,709.43	4.88	8,342.02
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>72,344.88</b>
01.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA SARDINEL	m3	854.71	43.43	37,120.06
01.05.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	1,068.39	14.48	15,470.29
01.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	1,068.39	18.49	19,754.53
01.05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>943,371.51</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	10,782.82	47.56	512,830.92
01.05.03.02	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN SARDINELES	m3	854.71	459.08	392,380.27
01.05.03.03	CURADO EN SARDINELES	m2	12,494.63	2.71	33,860.45
01.05.03.04	JUNTAS ASFALTICAS EN SARDINELES E=1"	m	501.15	8.58	4,299.87
01.06	<b>CUNETAS DE CONCRETO</b>				<b>303,312.75</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>18,560.55</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3,167.33	0.98	3,103.98
01.06.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	3,167.33	4.88	15,456.57
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>284,752.20</b>
01.06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	156.95	51.90	8,145.71
01.06.02.02	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN CUNETAS	m3	578.04	459.08	265,366.60
01.06.02.03	CURADO EN CUNETAS	m2	4,038.07	2.62	10,579.74
01.06.02.04	JUNTA ASFALTICA EN CUNETAS	m	76.94	8.58	660.15
01.07	<b>CRUCE DE CUNETAS</b>				<b>297,654.26</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,934.56</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	330.13	0.98	323.53
01.07.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	330.13	4.88	1,611.03
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>295,719.70</b>
01.07.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CRUCE DE CUNETAS	m2	1,568.36	67.08	105,205.59
01.07.02.02	CONCRETO $F'c=175$ KG/CM2 EN LOSA Y MUROS	m3	121.32	474.49	57,565.13
01.07.02.03	CONCRETO $F'c=210$ KG/CM2 EN TAPA DE CRUCE DE CUNETAS	m3	33.01	498.75	16,463.74
01.07.02.04	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM2 EN CRUCE DE CUNETAS	kg	9,467.39	7.44	70,437.38
01.07.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	1,640.16	3.22	5,281.32
01.07.02.06	JUNTAS ASFALTICAS $e=1$ "	m	4,818.74	8.46	40,766.54
01.08	<b>CANAL DE DRENAJE</b>				<b>2,254,287.60</b>
01.08.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>4,658.76</b>
01.08.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	795.01	0.98	779.11

## Presupuesto

Presupuesto **0203010** **INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (sin fibra)**  
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA** Costo al **01/03/2019**  
 Lugar **AYACUCHO - HUAMAMGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	795.01	4.88	3,879.65
01.08.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>1,065,131.30</b>
01.08.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA CANAL	m3	1,168.01	868.57	1,014,498.45
01.08.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION CON EQUIP. LIV. EN CANAL	m2	795.01	3.14	2,496.33
01.08.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	1,460.01	14.48	21,140.94
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	1,460.01	18.49	26,995.58
01.08.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,180,758.01</b>
01.08.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL	m2	3,143.29	59.48	186,962.89
01.08.03.02	SOLADO F'C =100 KG/CM2 EN CANAL	m3	79.50	270.95	21,540.53
01.08.03.03	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EN CANAL	m3	530.54	452.50	240,069.35
01.08.03.04	BRUÑA EN TAPAS DE CANAL	m	969.10	10.11	9,797.60
01.08.03.05	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	kg	94,257.20	7.44	701,273.57
01.08.03.06	CURADO EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	m2	4,297.95	3.22	13,839.40
01.08.03.07	JUNTAS ASFALTICAS e=1"	m	592.40	12.28	7,274.67
01.08.04	<b>OTROS</b>				<b>3,739.53</b>
01.08.04.01	REJILLA METALICA	und	3.22	169.11	544.53
01.08.04.02	JUNTA WATER STOP 6"	m	100.00	31.95	3,195.00
01.09	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>94,177.96</b>
01.09.01	SEÑALES PREVENTIVAS E INFORMATIVAS	und	25.00	386.51	9,662.75
01.09.02	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	4,086.61	7.84	32,039.02
01.09.03	SEÑALES HORIZONTALES (MARCAS EN EL PAVIMENTO)	m2	3,734.96	14.05	52,476.19
01.10	<b>AREAS VERDES</b>				<b>359,910.17</b>
01.10.01	VOLTEO DE TIERRA EN JARDINES	m2	2,521.27	6.18	15,581.45
01.10.02	PREPARADO DE SUSTRATO EN JARDINES	m2	2,521.27	65.54	165,244.04
01.10.03	SEMBRADO DE GRASS	m2	2,521.27	65.61	165,420.52
01.10.04	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	150.00	54.62	8,193.00
01.10.05	RIEGO DE PLANTAS EN GENERAL	m2	2,521.27	2.17	5,471.16
01.11	<b>VARIOS</b>				<b>232,612.80</b>
01.11.01	<b>NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA Y DESAGUE</b>				<b>108,538.56</b>
01.11.01.01	NIVELACIÓN DE CAJA DE PASO DE AGUA FRIA 40 x 50 CM	und	507.00	96.45	48,900.15
01.11.01.02	NIVELACIÓN DE CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24"	und	507.00	117.63	59,638.41
01.11.02	<b>NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES</b>				<b>19,439.00</b>
01.11.02.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZON	und	50.00	388.78	19,439.00
01.11.03	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>				<b>57,691.44</b>
01.11.03.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	66,312.00	0.87	57,691.44
01.11.04	<b>MITIGACION AMBIENTAL</b>				<b>14,196.70</b>
01.11.04.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00	14,196.70	14,196.70
01.11.05	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>32,747.10</b>
01.11.05.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADM. DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
01.11.05.02	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDIVIDUAL	und	80.00	311.42	24,913.60
01.11.05.03	EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA	glb	1.00	1,404.83	1,404.83
01.11.05.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	1,894.75	1,894.75
01.11.05.05	CAPACITACIÓN EN TEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,033.92	2,033.92
01.12	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>1,345,762.71</b>
01.12.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	1,345,762.71	1,345,762.71
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>17,152,619.44</b>
	<b>GASTOS GENERALES (10% CD)</b>				<b>1,715,261.94</b>
	<b>UTILIDAD (8% CD)</b>				<b>1,372,209.56</b>
					=====
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>20,240,090.94</b>

## Presupuesto

Presupuesto **0203010** **INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (sin fibra)**

Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA**

Costo al **01/03/2019**

Lugar **AYACUCHO - HUAMANGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	IGV (18%)				3,643,216.37
					=====
	COSTO DE OBRA				23,883,307.31
	COSTO DE SUPERVISIÓN 5%				857,630.97
	EXPEDIENTE TÉCNICO				
					=====
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>24,740,938.28</b>

## Presupuesto

Presupuesto **0203011 INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (con fibra)**  
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA** Costo al **22/10/2019**  
 Lugar **AYACUCHO - HUAMAMGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				<b>17,169,742.19</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES GENERALES</b>				<b>21,988.80</b>
01.01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				<b>21,988.80</b>
01.01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M INC. TRANSPORTE E INSTALACION	und	2.00	1,424.40	2,848.80
01.01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	250.00	47.76	11,940.00
01.01.01.03	INSTALACION PROVISIONAL (AGUA, DESAGÜE, ENERGIA, ETC)	mes	12.00	600.00	7,200.00
01.02	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>9,416,027.14</b>
01.02.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>462,321.90</b>
01.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00	40,677.97	40,677.97
01.02.01.02	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO	m2	124.01	25.24	3,130.01
01.02.01.03	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m2	43.42	355.59	15,439.72
01.02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL DE OBRAS EXISTENTES	m3	40.63	45.43	1,845.82
01.02.01.05	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	43,470.03	0.98	42,600.63
01.02.01.06	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	43,470.03	3.37	146,494.00
01.02.01.07	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	43,470.03	4.88	212,133.75
01.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>4,084,856.46</b>
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	36,117.95	7.63	275,579.96
01.02.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	45,147.44	18.49	834,776.17
01.02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	43,470.03	3.04	132,148.89
01.02.02.04	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.20M	m2	23,117.41	23.94	553,430.80
01.02.02.05	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.30M	m2	10,309.18	32.94	339,584.39
01.02.02.06	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.40M	m2	8,385.37	41.94	351,682.42
01.02.02.07	MEJORAMIENTO DE LA SUB RASANTE E=0.50M	m2	1,658.07	50.94	84,462.09
01.02.02.08	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE GRANULAR E=0.20m	m2	43,470.03	34.81	1,513,191.74
01.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>4,868,848.78</b>
01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	7,136.57	44.29	316,078.69
01.02.03.02	CONCRETO F'c=210 KG/CM2 EN PAVIMENTO E=0.20M.	m3	8,694.01	496.23	4,314,228.58
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	43,470.03	1.15	49,990.53
01.02.03.04	JUNTAS ASFALTICAS e=1"	m	22,287.35	8.46	188,550.98
01.03	<b>VEREDAS</b>				<b>1,467,961.83</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>84,017.75</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	14,337.50	0.98	14,050.75
01.03.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	14,337.50	4.88	69,967.00
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>500,213.72</b>
01.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO EN VEREDAS	m3	2,867.50	43.43	124,535.53
01.03.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	3,584.37	14.48	51,901.68
01.03.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE VEREDA CON EQ. LIVIANO	m2	14,337.50	2.27	32,546.13
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (VEREDA)	m2	14,337.50	15.69	224,955.38
01.03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	3,584.37	18.49	66,275.00
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>883,730.36</b>
01.03.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	574.61	51.90	29,822.26
01.03.03.02	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 EN VEREDAS E=4"	m3	1,452.26	477.61	693,613.90
01.03.03.03	BRUÑA EN VEREDAS	m	9,287.28	10.11	93,894.40
01.03.03.04	CURADO EN VEREDAS	m2	14,337.50	2.62	37,564.25
01.03.03.05	JUNTAS ASFALTICAS PARA VEREDAS	m	3,988.32	7.23	28,835.55
01.04	<b>MARTILLO</b>				<b>353,707.66</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>14,662.54</b>
01.04.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	2,502.14	0.98	2,452.10
01.04.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	2,502.14	4.88	12,210.44
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>98,118.49</b>

## Presupuesto

Presupuesto **0203011 INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (con fibra)**

Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA** Costo al **22/10/2019**

Lugar **AYACUCHO - HUAMAMGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA MARTILLOS	m3	625.54	43.43	27,167.20
01.04.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	781.92	14.48	11,322.20
01.04.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE MARTILLO CON EQ. LIVIANO	m2	2,502.57	2.36	5,906.07
01.04.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (MARTILLO)	m2	2,502.57	15.69	39,265.32
01.04.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	781.92	18.49	14,457.70
01.04.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>240,926.63</b>
01.04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MARTILLOS	m2	82.76	51.90	4,295.24
01.04.03.02	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN MARTILLOS, $e=0.10$ m	m3	212.95	477.61	101,707.05
01.04.03.03	BRUÑA EN MARTILLOS	m	4,640.13	10.11	46,911.71
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	76.44	44.29	3,385.53
01.04.03.05	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN RAMPAS	m3	41.30	477.60	19,724.88
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ kg/cm2 EN RAMPAS	kg	2,418.82	7.44	17,996.02
01.04.03.07	BRUÑA EN RAMPAS	m	3,878.80	10.11	39,214.67
01.04.03.08	CURADO EN MARTILLOS Y RAMPAS	m2	2,935.70	2.62	7,691.53
01.05	<b>SARDINELES DE CONCRETO</b>				<b>1,025,733.65</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>10,017.26</b>
01.05.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	1,709.43	0.98	1,675.24
01.05.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	1,709.43	4.88	8,342.02
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>72,344.88</b>
01.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA SARDINEL	m3	854.71	43.43	37,120.06
01.05.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	1,068.39	14.48	15,470.29
01.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	1,068.39	18.49	19,754.53
01.05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>943,371.51</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	10,782.82	47.56	512,830.92
01.05.03.02	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN SARDINELES	m3	854.71	459.08	392,380.27
01.05.03.03	CURADO EN SARDINELES	m2	12,494.63	2.71	33,860.45
01.05.03.04	JUNTAS ASFALTICAS EN SARDINELES E=1"	m	501.15	8.58	4,299.87
01.06	<b>CUNETAS DE CONCRETO</b>				<b>303,312.75</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>18,560.55</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3,167.33	0.98	3,103.98
01.06.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	3,167.33	4.88	15,456.57
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>284,752.20</b>
01.06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	156.95	51.90	8,145.71
01.06.02.02	CONCRETO $f_c=175$ kg/cm2 EN CUNETAS	m3	578.04	459.08	265,366.60
01.06.02.03	CURADO EN CUNETAS	m2	4,038.07	2.62	10,579.74
01.06.02.04	JUNTA ASFALTICA EN CUNETAS	m	76.94	8.58	660.15
01.07	<b>CRUCE DE CUNETAS</b>				<b>294,259.12</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,934.56</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	330.13	0.98	323.53
01.07.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	330.13	4.88	1,611.03
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>292,324.56</b>
01.07.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CRUCE DE CUNETAS	m2	1,568.36	67.08	105,205.59
01.07.02.02	CONCRETO $F'c=175$ KG/CM2 EN LOSA Y MUROS	m3	121.32	474.49	57,565.13
01.07.02.03	CONCRETO $F'c=210$ KG/CM2 EN TAPA DE CRUCE DE CUNETAS	m3	33.01	498.75	16,463.74
01.07.02.04	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM2 EN CRUCE DE CUNETAS	kg	9,467.39	7.44	70,437.38
01.07.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	1,640.16	1.15	1,886.18
01.07.02.06	JUNTAS ASFALTICAS $e=1$ "	m	4,818.74	8.46	40,766.54
01.08	<b>CANAL DE DRENAJE</b>				<b>2,254,287.60</b>
01.08.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>4,658.76</b>
01.08.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	795.01	0.98	779.11

## Presupuesto

Presupuesto **0203011 INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (con fibra)**  
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA** Costo al **22/10/2019**  
 Lugar **AYACUCHO - HUAMAMGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	795.01	4.88	3,879.65
01.08.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>1,065,131.30</b>
01.08.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA CANAL	m3	1,168.01	868.57	1,014,498.45
01.08.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION CON EQUIP. LIV. EN CANAL	m2	795.01	3.14	2,496.33
01.08.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	1,460.01	14.48	21,140.94
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	1,460.01	18.49	26,995.58
01.08.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,180,758.01</b>
01.08.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL	m2	3,143.29	59.48	186,962.89
01.08.03.02	SOLADO F'C =100 KG/CM2 EN CANAL	m3	79.50	270.95	21,540.53
01.08.03.03	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 EN CANAL	m3	530.54	452.50	240,069.35
01.08.03.04	BRUÑA EN TAPAS DE CANAL	m	969.10	10.11	9,797.60
01.08.03.05	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	kg	94,257.20	7.44	701,273.57
01.08.03.06	CURADO EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	m2	4,297.95	3.22	13,839.40
01.08.03.07	JUNTAS ASFALTICAS e=1"	m	592.40	12.28	7,274.67
01.08.04	<b>OTROS</b>				<b>3,739.53</b>
01.08.04.01	REJILLA METALICA	und	3.22	169.11	544.53
01.08.04.02	JUNTA WATER STOP 6"	m	100.00	31.95	3,195.00
01.09	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>94,177.96</b>
01.09.01	SEÑALES PREVENTIVAS E INFORMATIVAS	und	25.00	386.51	9,662.75
01.09.02	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	4,086.61	7.84	32,039.02
01.09.03	SEÑALES HORIZONTALES (MARCAS EN EL PAVIMENTO)	m2	3,734.96	14.05	52,476.19
01.10	<b>AREAS VERDES</b>				<b>359,910.17</b>
01.10.01	VOLTEO DE TIERRA EN JARDINES	m2	2,521.27	6.18	15,581.45
01.10.02	PREPARADO DE SUSTRATO EN JARDINES	m2	2,521.27	65.54	165,244.04
01.10.03	SEMBRADO DE GRASS	m2	2,521.27	65.61	165,420.52
01.10.04	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	150.00	54.62	8,193.00
01.10.05	RIEGO DE PLANTAS EN GENERAL	m2	2,521.27	2.17	5,471.16
01.11	<b>VARIOS</b>				<b>232,612.80</b>
01.11.01	<b>NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA Y DESAGUE</b>				<b>108,538.56</b>
01.11.01.01	NIVELACIÓN DE CAJA DE PASO DE AGUA FRIA 40 x 50 CM	und	507.00	96.45	48,900.15
01.11.01.02	NIVELACIÓN DE CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24"	und	507.00	117.63	59,638.41
01.11.02	<b>NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES</b>				<b>19,439.00</b>
01.11.02.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZON	und	50.00	388.78	19,439.00
01.11.03	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>				<b>57,691.44</b>
01.11.03.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	66,312.00	0.87	57,691.44
01.11.04	<b>MITIGACION AMBIENTAL</b>				<b>14,196.70</b>
01.11.04.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00	14,196.70	14,196.70
01.11.05	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>32,747.10</b>
01.11.05.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADM. DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
01.11.05.02	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDIVIDUAL	und	80.00	311.42	24,913.60
01.11.05.03	EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA	glb	1.00	1,404.83	1,404.83
01.11.05.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	1,894.75	1,894.75
01.11.05.05	CAPACITACIÓN EN TEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	2,033.92	2,033.92
01.12	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>1,345,762.71</b>
01.12.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	1,345,762.71	1,345,762.71
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>17,169,742.19</b>
	<b>GASTOS GENERALES (10% CD)</b>				<b>1,716,974.22</b>
	<b>UTILIDAD (8% CD)</b>				<b>1,373,579.38</b>
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>20,260,295.79</b>

## Presupuesto

Presupuesto **0203011** **INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE, APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS (con fibra)**

Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMAMGA**

Costo al **22/10/2019**

Lugar **AYACUCHO - HUAMANGA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	IGV (18%)				3,646,853.24
					=====
	COSTO DE OBRA				23,907,149.03
	COSTO DE SUPERVISIÓN 5%				858,487.11
	EXPEDIENTE TÉCNICO				=====
	PRESUPUESTO TOTAL				24,765,636.14

## **ANEXO D**

**Roturas a la flexión - laboratorio.**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-124
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN- CONCRETO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

TESIS : "INCIDENCIA DE FIBRAS DE POLPROPILENO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SIMPLE APLICADO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS LIVIANOS" REGISTRO N° JJG-LEM-19

SOLICITANTE : WILLIAM QUISPE QUICHUA REALIZADO POR : P. Tasayco

CÓDIGO DE PROYECTO : --- REVISADO POR : D. Coto

UBICACIÓN DE PROYECTO : SAN MARTÍN DE PORRES. FECHA DE ENSAYO: 12/10/2019

FECHA DE EMISIÓN : 12/10/2019 TURNO: Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
Presentación : Especímenes prismáticos  
F/c de diseño : 210 kg/cm2

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	39 kg/cm2
PATRÓN	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	39 kg/cm2
PATRÓN	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	40 kg/cm2
600g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	44 kg/cm2
600g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	46 kg/cm2
600 g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	47 kg/cm2
800g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	50 kg/cm2
800g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	51 kg/cm2
800g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	53 kg/cm2
1000g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	41 kg/cm2
1000 g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	42 kg/cm2
1000 g/m3	14/09/2019	12/10/2019	28 días	2	45.0	43 kg/cm2

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras Proporcionadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: JJ GEOTECNIA S.A.C  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG CIP N° 210906	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.C  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA