

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DEL SIKAFIBER®1225 PPM EN UN CONCRETO  
HIDRÁULICO DE MÓDULO DE ROTURA 4 MPa, EN LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA – 2023.**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER EN ING. CIVIL  
VÁSQUEZ TORRES, ITALO NICSÓN**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

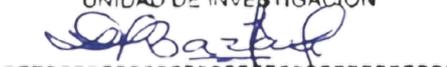
**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: ITALO NICSON VASQUEZ TORRES
2. DNI: 76907481  
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
3. Asesor: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez  
Facultad: Ingeniería  
DNI : 26673916
4. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
5. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
6. Título de Trabajo de Investigación: "INFLUENCIA DEL SIKAFIBER®1225 PPM EN UN CONCRETO HIDRÁULICO DE MÓDULO DE ROTURA 4 MPa, EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA – 2023."
7. Fecha de evaluación: 20 de octubre del 2024
8. Software antiplagio:       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
9. Porcentaje de Informe de Similitud: 15 %
10. Código Documento: oid:3117:396119546
11. Resultado de la Evaluación de Similitud: 15 %  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 21 de octubre del 2024

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN</p>  <p>----- Dra. Ing. Laura Sofía Bazán Díaz DIRECTORA</p>
<p>_____ <b>FIRMA DEL ASESOR</b> Nombres y Apellidos: <i>Hermes Roberto Mosqueira Ramirez</i>  DNI: 26673916</p>	<p>_____ <b>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</b></p>

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, en primer lugar, a Dios por darme la fuerza y sabiduría en los momentos difíciles. También quiero expresar mi gratitud a mis padres y hermanos por confiar en mí y por su apoyo incondicional, que me ha permitido alcanzar este sueño tan anhelado de concluir mi carrera. Agradecer infinitamente a mis amigos por estar siempre presentes a lo largo de esta etapa.

A mi asesor Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, que me proporcionó ayuda, conocimientos y dirección durante la preparación del estudio, y a todos mis jurados, que mejoraron la investigación con sus contribuciones.

## **DEDICATORIA**

Dedicado este logro con un profundo cariño a mi familia, mi padre Hernán, a mi madre Natividad y a mis hermanos quienes han sido la base de mi formación y han desempeñado un papel fundamental para lograr este objetivo trazado. Les agradezco profundamente el ejemplo que me han dado de perseverancia y valentía, así como la lección de cómo enfrentar los desafíos sin temor, recordando siempre la presencia reconfortante de Dios a mi lado.

***VÁSQUEZ TORRES, ITALO NICIÓN***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Hipótesis general de la investigación.....	16
1.4. justificación de la investigación.....	16
1.5. Alcances y delimitaciones de la investigación.....	16
1.6. Limitaciones.....	17
1.7. Objetivos.....	17
1.7.1. Objetivo general.....	17
1.7.2. Objetivos específicos.....	17
1.8. Descripción de contenido de los capítulos.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes teóricos.....	19
2.1.1. A nivel internacional.....	19
2.1.2. A nivel nacional .....	20
2.1.3. A nivel local.....	21
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Concreto.....	23
2.2.2. Concreto Hidráulico.....	24
2.2.2.1. Cemento portland.....	24
2.2.2.2. Agua de mezclado.....	26
2.2.2.3. Agregados.....	27
2.2.3. Propiedades de los agregados para concreto.....	30

2.2.3.1. Análisis granulométrico de agregado grueso y fino.....	30
2.2.3.2. Peso específico.....	30
2.2.3.3. Módulo de finura.....	31
2.2.3.4. Peso unitario de los agregados.....	31
2.2.3.5. Contenido de Humedad.....	32
2.2.3.6. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.....	32
2.2.3.7. Desgaste a la abrasión.....	32
2.2.4. Propiedades físicas del Concreto.....	32
2.2.4.1 Trabajabilidad.....	32
2.2.4.2 Consistencia.....	33
2.2.4.3 Peso Unitario.....	33
2.2.5. Propiedades Mecánicas del Concreto.....	33
2.2.6. Fibra.....	37
2.2.6.1. Concreto con fibras.....	37
2.2.6.2. Fibras sintéticas.....	38
2.2.6.3. Fibras SikaFiber®1225 PPM.....	38
2.2.6.4. Características y ventajas del uso de SikaFiber®1225 PPM.....	38
2.2.7. Dosificación de materiales de la mezcla.....	39
2.2.8. Pavimentos.....	39
2.2.8.1. Tipos de pavimentos.....	40
2.2.9.2. Tipos de fallas en los pavimentos rígidos.....	41
2.3. Definición de términos básicos.....	42
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1. Localización del proyecto.....	43
3.1.1. Ubicación geográfica de la investigación.....	43
3.1.2. Ubicación geográfica del origen de los agregados.....	44
3.2. Metodología de la Investigación.....	45
3.2.1 Tipo, nivel, diseño y método de investigación.....	45
3.2.2. Población de Estudio.....	45
3.2.3. Muestra.....	45
3.2.4. Unidad de Análisis.....	47

3.2.5. Unidad de observación.....	47
3.2.6. Variables.....	47
3.3. Procedimiento de la investigación.....	48
3.4. Procedimiento de los ensayos de investigación.....	48
3.4.1. Propiedades de los agregados.....	48
3.4.1.1 Gravedad específica y absorción de agregados finos.....	48
3.4.1.2 Gravedad específica y absorción de agregados grueso.....	50
3.4.1.3 Análisis granulométrico.....	51
3.4.1.4 Tamaño máximo nominal (TMN).....	52
3.4.1.5 Módulo de Finura.....	53
3.4.1.6 Contenido de humedad.....	53
3.4.1.7 Peso unitario y vacíos de los agregados.....	54
3.4.1.8 Desgaste de abrasión.....	56
3.4.2. El cemento utilizado.....	57
3.4.3. El agua.....	58
3.4.4. Diseño de mezcla para un concreto de MR = 4MPa.....	58
3.4.5. Elaboración y curado de especímenes de concreto hidráulico.....	60
3.4.6. Ensayo de asentamiento (slump) del concreto en el cono de Abrams.....	61
3.4.7. Resistencia a la flexión o módulo de rotura.....	61
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.6.1. Técnicas.....	62
3.6.2. Instrumentos.....	62
3.7. Presentación de resultados.....	63
3.7.1. Resultados de las propiedades físico mecánicas de los agregados.....	63
3.7.2. Resultados de diseño de mezcla.....	63
3.7.3. Resultados de las propiedades del concreto Fresco.....	64
3.7.3.1. Asentamiento del concreto fresco.....	64
3.7.3.2. Peso Unitario del concreto fresco.....	65
3.7.3.3. Temperatura del concreto fresco.....	65
3.7.4. Resultados del concreto endurecido.....	66
3.7.4.1. Peso unitario del concreto en estado endurecido.....	66

3.7.4.2. Resistencia del módulo de rotura del concreto a las edades 7 y 28 días.....	67
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
CAPÍTULO VI: REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	77
APÉNDICES Y ANEXOS.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Límites permisibles para agua de mezcla y de curado.....	26
<b>Tabla 2:</b> Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico .....	27
<b>Tabla 3:</b> Límites granulométricos según el ASTM.....	28
<b>Tabla 4:</b> Requisitos granulométricos del agregado grueso (NTP 400.037, 2018).....	29
<b>Tabla 5:</b> Clases de mezclas según su asentamiento .....	33
<b>Tabla 6:</b> Distribución de especímenes para ensayar a módulo de rotura. ....	46
<b>Tabla 7:</b> Gradación de las muestras de ensayo.....	56
<b>Tabla 8:</b> Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado .....	56
<b>Tabla 9:</b> Características de los agregados de río, cantera “La Isla” .....	63
<b>Tabla 10:</b> Materiales de diseño requeridos para un metro cúbico de concreto .....	63
<b>Tabla 11:</b> Materiales de diseño corregidos por humedad requeridos para un metro cúbico de concreto patrón (MR =4 MPa). ....	64
<b>Tabla 12:</b> Materiales de diseño corregidos por humedad requeridos para un metro cúbico de concreto patrón y concreto con incorporación de SikaFiber®1225 PPM. ....	64
<b>Tabla 13:</b> Slump del concreto .....	64
<b>Tabla 14:</b> Peso Unitario del concreto en estado fresco. ....	65
<b>Tabla 15:</b> Temperatura del concreto. ....	65
<b>Tabla 16:</b> Peso unitario del concreto endurecido. ....	66
<b>Tabla 17:</b> Módulo de rotura del concreto a los 7 días.....	67
<b>Tabla 18:</b> Módulo de rotura del concreto a los 28 días.....	69
<b>Tabla 19:</b> Análisis granulométrico del agregado grueso: ASTM 136/ NTP 400.012/ MTC E204.....	82
<b>Tabla 20:</b> Peso específico del agua. ....	83
<b>Tabla 21:</b> Factor de calibración (f) de agregado grueso .....	83
<b>Tabla 22:</b> Peso unitario suelto: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203 .....	84
<b>Tabla 23:</b> Peso unitario compactado: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203 .....	84
<b>Tabla 24:</b> Peso específico de agregado grueso: MTC E206/ ASTM 127/ NTP 400.021 .....	84
<b>Tabla 25:</b> Absorción (%) agregado grueso: MTC E204/ ASTM C 127/ NTP 400.021 .....	85
<b>Tabla 26:</b> Contenido de humedad (%) agregado grueso: ASTM D2216/ NTP 339.127/ MTC E108.....	85

<b>Tabla 27:</b> Ensayo partículas <N° 200 para agregado grueso .....	85
<b>Tabla 28:</b> Ensayo de abrasión de agregado Grueso: ASTM C131/ NTP 400.019/ MTC E207 ..	86
<b>Tabla 29:</b> Análisis granulométrico del agregado fino: ASTM 136/ NTP 400.012/ MTC E204...	86
<b>Tabla 30:</b> Factor de calibración (f) de agregado fino.....	87
<b>Tabla 31:</b> Peso unitario suelto de agregado fino: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203 .....	88
<b>Tabla 32:</b> Peso unitario compactado de agregado fino: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203.....	88
<b>Tabla 33:</b> Peso específico de agregado fino: MTC E205/ ASTM 128/ NTP 400.022.....	88
<b>Tabla 34:</b> Absorción (%) de agregado fino: MTC E205/ ASTM 128/ NTP 400.022.....	89
<b>Tabla 35:</b> Contenido de humedad (%) de agregado fino: ASTM D2216/ NTP 339.127/ MTC E108.....	89
<b>Tabla 36:</b> Ensayo partículas <N° 200 para agregado fino. ....	89
<b>Tabla 37:</b> Ensayos de prueba para especímenes de módulo de rotura .....	90
<b>Tabla 38:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico patrón a los 7 días. ....	94
<b>Tabla 39:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.....	94
<b>Tabla 40:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.....	95
<b>Tabla 41:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.....	95
<b>Tabla 42:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico de muestras patrón a los 28 días. ....	96
<b>Tabla 43:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.....	96
<b>Tabla 44:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.....	97
<b>Tabla 45:</b> Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.....	97
<b>Tabla 46:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 7 días .....	98
<b>Tabla 47:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días. ....	100

<b>Tabla 48:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días. ....	102
<b>Tabla 49:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días. ....	104
<b>Tabla 50:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días. ....	106
<b>Tabla 51:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días. ....	108
<b>Tabla 52:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días. ....	110
<b>Tabla 53:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días. ....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Porcentaje de participación de los elementos del concreto .....	23
<b>Figura 2:</b> Resistencia a la compresión .....	34
<b>Figura 3:</b> Ensayo de resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz .....	35
<b>Figura 4:</b> Ubicación geográfica del lugar de investigación .....	43
<b>Figura 5:</b> Ubicación geográfica de la cantera “La Isla” .....	44
<b>Figura 6:</b> Procedimiento de la investigación .....	48
<b>Figura 7:</b> Grafica del módulo de rotura promedio vs incorporación de Sikafiber a los 7 días ....	68
<b>Figura 8:</b> Grafica del módulo de rotura promedio vs incorporación de Sikafiber a los 28 días.....	70
<b>Figura 9:</b> Curva granulométrica del agregado grueso.....	83
<b>Figura 10:</b> Curva granulométrica del agregado fino.....	87
<b>Figura 11:</b> Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 7 días. ....	99
<b>Figura 12:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días. ....	101
<b>Figura 13:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días. ....	103
<b>Figura 14:</b> Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días. ....	105
<b>Figura 15:</b> Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días. ....	107
<b>Figura 16:</b> Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.....	109
<b>Figura 17:</b> Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.....	111
<b>Figura 18:</b> Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.....	113
<b>Figura 19:</b> Extracción de agregados de la cantera “La Isla” .....	123
<b>Figura 20:</b> Ensayo de contenido de humedad, colocación de la muestra a la estufa. ....	123

<b>Figura 21:</b> Ensayo de análisis granulométrico de los agregados. ....	124
<b>Figura 22:</b> Ensayo de pesos específicos y absorción de los agregados. ....	124
<b>Figura 23:</b> Ensayo de peso específico de agregado fino .....	125
<b>Figura 24:</b> Ensayo de peso unitario de agregado grueso. ....	125
<b>Figura 25:</b> Ensayo de resistencia a la abrasión .....	126
<b>Figura 26:</b> Mezcla del agregado con la fibra SikaFiber®1225 PPM.....	126
<b>Figura 27:</b> Elaboración de probetas prismáticas. ....	127
<b>Figura 28:</b> Ensayo de peso unitario fresco del concreto .....	127
<b>Figura 29:</b> Ensayo de asentamiento del concreto. ....	128
<b>Figura 30:</b> Desencofrado de probetas prismáticas .....	128
<b>Figura 31:</b> Registro de dimensiones y pesos del concreto endurecido .....	129
<b>Figura 32:</b> Acopio para rotura de probetas .....	129
<b>Figura 33:</b> Rotura de probetas a los 7 días.....	130
<b>Figura 34:</b> Rotura de probetas con tipo de falla central.....	130
<b>Figura 35:</b> Rotura de probetas a los 28 días.....	131
<b>Figura 36:</b> Acopio de probetas ensayadas .....	131

## RESUMEN

El deterioro temprano del concreto generado por la sobrecarga de exceso tránsito en pavimentos rígidos es un desafío para la ingeniería civil en diversas partes del mundo ya que disminuye la vida útil de estas estructuras, de ahí la importancia de buscar alternativas como el uso de fibras sintéticas para mejorar las propiedades del concreto, principalmente el módulo de rotura; debido a esto, en la presente investigación se estudió la influencia del SikaFiber®1225 PPM en un concreto hidráulico de módulo de rotura 4 MPa, donde se determinó las propiedades físico mecánicas de los agregados de la cantera “La Isla”, luego se realizó el diseño de mezcla mediante el método del módulo de fineza de la combinación de agregados, para lo cual se elaboraron un total de 48 probetas prismáticas y se evaluó el módulo de rotura del concreto con y sin incorporación de fibra, los ensayos se realizaron de acuerdo al manual del MTC y las normas ASTM y NTP. Las dosificaciones usadas de SikaFiber®1225 PPM fueron de 0.5, 0.7, 0.9 kg/m<sup>3</sup> dando resultados a los 28 días de MR de concreto patrón de 4.19 MPa, mientras que para el concreto con incorporación de fibra se obtuvieron valores de 4.69, 4.92, 5.27 MPa, mostrando un incremento significativo de 12.3%, 17.51%, 25.7% respectivamente. Concluyendo que con la incorporación de SikaFiber®1225 PPM se incrementó el módulo de rotura del concreto hidráulico.

**Palabras claves:** SikaFiber®1225 PPM, Módulo de rotura, Concreto hidráulico.

## ABSTRACT

The early deterioration of concrete generated by the overload of excess traffic on rigid pavements is a challenge for civil engineering in various parts of the world since it reduces the useful life of these structures, hence the importance of looking for alternatives such as the use of synthetic fibers to improve the properties of concrete, mainly the modulus of rupture; Due to this, in the present investigation the influence of SikaFiber®1225 PPM was studied in a hydraulic concrete with a modulus of rupture 4 MPa, where the physical-mechanical properties of the aggregates from the “La Isla” quarry were determined, then the mixture design using the fine modulus method of the combination of aggregates, for which a total of 48 prismatic probes were prepared and the modulus of rupture of the concrete with and without incorporation of fiber was evaluated, the tests were carried out according to the MTC manual and ASTM and NTP standards. The dosages used of SikaFiber®1225 PPM were 0.5, 0.7, 0.9 kg/m<sup>3</sup> giving results after 28 days of MR of standard concrete of 4.19 MPa, while for concrete with fiber incorporation values of 4.69, 4.92, 5.27 MPa, showing a significant increase of 12.3%, 17.51%, 25.7% respectively. Concluding that with the incorporation of SikaFiber®1225 PPM the modulus of rupture of the hydraulic concrete increased.

**Keywords:** SikaFiber®1225 PPM, Modulus of rupture, hydraulic concrete.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Planteamiento del problema.

El concreto es el material de construcción más utilizado del mundo y el segundo material más utilizado después del agua. A nivel internacional, el uso del concreto hidráulico ha sido esencial para el desarrollo de infraestructuras viales duraderas y de alta calidad. En el Perú se ve reflejado en el consumo del cemento que es uno de los principales elementos del concreto, en abril del 2022, el consumo interno del cemento aumento en 2.25% al compararlo con el mes anterior (INEI,2022). Sin embargo, el incremento en el uso de concreto también ha resaltado problemas asociados con su resistencia.

En nuestro país actualmente se presenta un grave problema que es el mal estado de la infraestructura vial. Muchas de estas vías utilizan pavimentos rígidos de concreto simple, siendo la losa de concreto hidráulico la capa más importante dentro de este tipo de estructuras, la cual está expuesta a soportar exceso de cargas repetitivas y condiciones ambientales severas, dichos factores contribuyen en forma negativa ya que generan deterioro de la losa con la aparición de fallas estructurales, impidiendo una correcta transitabilidad vehicular, esto se ve reflejado de manera significativa en el precio de operaciones y tiempo de viaje. (Vargas Ortiz & Yataco Barreda, 2020)

Estas estructuras de pavimentos de concreto hidráulicos están expuestos a soportar cargas normales y tangenciales producto del contacto entre los neumáticos de los vehículos y la losa, generando principalmente que estas estructuras fallen por flexión (módulo de rotura), originando fisuraciones, agrietamiento y consecuentemente formación de baches; provocando que el pavimento no cumpla con su periodo de vida útil para el cual fue diseñado. (Mora Quiñones, 2015)

## **1.2. Formulación del problema.**

¿En qué porcentaje se incrementa el módulo de rotura 4MPa de un concreto hidráulico con la incorporación de SikaFiber®1225 PPM?

## **1.3. Hipótesis general de la investigación.**

La incorporación de SikaFiber®1225 PPM incrementa el módulo de rotura 4MPa de un concreto hidráulico en más del 10%.

## **1.4. justificación de la investigación.**

El presente estudio aporta conocimiento con respecto a la influencia del SikaFiber®1225 PPM en el módulo de rotura 4MPa de un concreto hidráulico, ya que la fibra sintética ofrece una alternativa que mejora la limitada resistencia a la flexión de estructuras de concreto simple, y de esta manera reducir la formación de fisuras y agrietamientos que atentan contra la serviciabilidad y seguridad.

También representa un avance tecnológico en la industria de la construcción de pavimentos rígidos, puesto que a través de esta investigación se mejoró el módulo de rotura de un concreto hidráulico al incorporar el SikaFiber®1225 PPM.

## **1.5. Alcances y delimitaciones de la investigación.**

- El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca – Perú.
- Los ensayos se llevaron a cabo en el periodo comprendido entre los meses de diciembre del 2023 y marzo del 2024, empleando probetas prismáticas (15x15x50 cm) de concreto hidráulico de módulo de rotura 4MPa con agregados de la cantera “La Isla”, agua potable de la universidad y cemento portland tipo I de etiqueta Pacasmayo.
- Las dosificaciones de SikaFiber®1225 PPM que se emplearon para evaluar el módulo de rotura 4MPa fueron de 0.5 kg/m<sup>3</sup>, 0.7 kg/m<sup>3</sup> y 0.9 kg/m<sup>3</sup>.

- Las probetas prismáticas para evaluar el módulo de rotura se ensayaron solamente a edades de 7 y 28 días.

### **1.6. Limitaciones.**

- No se realizó el análisis químico de los agregados ni de la fibra.
- No se consideró la evaluación de las retracciones ni la medición de las fisuras en las probetas prismáticas de concreto.
- No se realizó ensayos de resistencia a la compresión.

### **1.7. Objetivos.**

#### **1.7.1. Objetivo general.**

- Determinar la influencia del SikaFiber®1225 PPM, en un concreto hidráulico de módulo de rotura 4 MPa, en la ciudad de Cajamarca, 2023.

#### **1.7.2. Objetivos específicos.**

- Determinar las propiedades físico – mecánicas de los agregados.
- Realizar el diseño de mezcla para un concreto de modulo rotura 4 MPa.
- Determinar la variación en la trabajabilidad, temperatura y peso unitario del concreto fresco con las diferentes dosificaciones de SikaFiber®1225 PPM.

## 1.8. Descripción de contenido de los capítulos.

- **Capítulo I:** En este capítulo presenta la introducción, que contiene el planteamiento y formulación del del problema, hipótesis, justificación, alcances y delimitación de la investigación, limitaciones y los objetivos.
- **Capítulo II:** Este capítulo comprende el marco teórico, el cual aborda los antecedentes, bases teóricas y definición de términos básicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la investigación.
- **Capítulo III:** En este capítulo contiene los materiales y métodos, donde se describen detalladamente los procesos empleados para llevar a cabo la investigación. Incluye la ubicación geográfica del estudio, los procedimientos, recopilación de datos y presentación de los resultados.
- **Capítulo IV:** En este capítulo aborda el análisis y discusión de resultados encontrados en esta investigación.
- **Capítulo V:** En este capítulo se finaliza el estudio, presentando conclusiones para cada uno de los objetivos, basados en los resultados obtenidos. Asimismo, se ofrecen recomendaciones relacionadas con la investigación.

## ***CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.***

### **2.1. Antecedentes teóricos.**

#### **2.1.1. A nivel internacional**

López Patiño (2019) en su trabajo titulado **“Evaluación del Aporte de Fibras Sintéticas en el Módulo de Rotura del concreto”**, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Se evaluó el impacto de las fibras sintéticas en el módulo de rotura del concreto 4,00 MPa, al cual se le adiciono cinco tipos de fibras sintéticas en cinco dosificaciones distintas, obteniendo un total de 25 mezclas de concreto con incorporación de fibras. De las cuales se puede apreciar que las que tienen mejor comportamiento en el módulo de rotura son las macrofibras sintética Toc fibra 500 y Tuf Strand SF los cuales tienen un incremento de hasta 30.75% y 21.75% respectivamente en comparación con las pruebas patrón.

Millán Castillo (2020) En su trabajo de investigación **“Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibra de Polipropileno y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”**. Ecuador. En el cual se evaluó la influencia de la fibra de polipropileno como refuerzo en el hormigón, para resistencias de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=240$  kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales se puede apreciar que con la adición de fibra se logra un incremento de aproximadamente el 5% en la resistencia a compresión, 40% en la resistencia a la tracción y un 20% en el módulo de rotura en relación al hormigón simple (sin fibra).

Boada Marcano & Pérez Niel (2018) en su trabajo titulado **“Comportamiento en la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5MPa para pavimentos con adición de fibras plásticas”**, Bogotá. Esta investigación se centró en realizar un análisis del comportamiento del concreto con adiciones de fibras industriales (Polipropileno) y fibras reciclables (caucho y bolsa de lechada), de los cuales se puede apreciar que en cuanto a la resistencia a la flexión (módulo de rotura) se obtiene

un incremento máximo de 3.44% con la adición de bolsa de lechada, 11.75% con caucho y un 22.51% con la adición de fibra de polipropileno con respecto a la muestra patrón.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Champi Chavez & Espinoza Chile (2017) en su investigación **“Análisis Comparativo de las Características Mecánicas a Compresión, Flexión, y Costos de Materiales de un Concreto Patrón y Otro Adicionado con Fibra Sintética Mejorada Sikafiber® pe, Elaborado con Agregado de las Canteras Cunyac y Vicho”**, Cuzco – Perú. El presente estudio realizó un análisis comparativo de un concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de 300, 600, 900gr/m<sup>3</sup> de fibra sintética Sikafiber.pe; llegando a la conclusión que hay un incremento importante en la resistencia a compresión del concreto con la proporción de 600gr/m<sup>3</sup> de hasta el 35.30% y en cuanto al módulo de rotura, se observó que hay un incremento de resistencia con la dosis de 900 gr/m<sup>3</sup> de hasta 52.1%, con respecto a la muestra patrón.

Valera Pajuelo (2017) en su trabajo **“Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el departamento de lima”** Lima – Perú. En el cual se estudió el impacto de la incorporación de fibras de sikaFiber Force pp48 en un concreto patrón 28 MPa. Llegando a la conclusión que un diseño con dosificación de 4 kg/m<sup>3</sup> de concreto logra un slump de 0.75pulg, el cual disminuye el slump en un 80 %, el contenido de aire se redujo en 28 %, en estado plástico. Con respecto a sus propiedades mecánicas: la resistencia a la compresión y flexión (Módulo de rotura), los aumentos son de 3% y 18% respectivamente, a la edad de 28 días.

Sanchez Acuña (2021) en su investigación “**Aplicación de la Fibra de Polipropileno Sikafiber para Optimizar las Propiedades del Concreto en la Provincia de Pisco**”, Lima - Perú. El presente estudio evaluó las propiedades de un concreto patrón  $280 \text{ kg/cm}^2$  con adición de  $600 \text{ gr/m}^3$  de fibra, llegando a la conclusión que: en cuanto a la consistencia, exudación y peso unitario del concreto con fibra disminuyó un 27.3%, 1.13% y 0.57 respectivamente en comparación con las muestra patrón, en cambio en las propiedades mecánicas: la resistencia a la compresión y el módulo de rotura del concreto con adición de fibra sufrió un incremento del 16.42%, y 7.90% respectivamente en comparación con el concreto base, además se determinó que en las losas que se realizaron no se observó fisuración con la cual se comprueba que es eficiente.

### **2.1.3. A nivel local.**

Ramos Fernandez (2019) en su trabajo: “**Análisis Comparativo del Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibra de Polipropileno y Acero**”, Cajamarca - Perú. La presente investigación evaluó el aporte de la fibra de acero (Sikafiber CHO 80/60 NB”) y la fibra polipropileno (Sikafiber PE) en las propiedades del concreto  $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ . Encontrando resultados de fibra de acero que muestra una disminución en la resistencia a compresión de hasta un 7.152% en cambio aumenta la resistencia a flexión (módulo de rotura) y tracción indirecta en 23.066% y 19.329% respectivamente. En el concreto reforzado con fibra de polipropileno (Sikafiber PE), se observó un incremento de 5.705% en la resistencia a compresión, un 11.333% en flexión (módulo de rotura) y un 12.278% en tracción indirecta. Finalmente, en las muestras reforzados con ambas fibras, se registraron incrementos del 9.639%, 15.192% y 16.382% en los mismos ensayos.

Chilón Quispe (2018) en su investigación **“Influencia de la fibra sintética (SIKA® fiber force PP-48) en el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ ”**, Cajamarca – Perú. La presente investigación determinó el comportamiento mecánico del concreto con incorporación de fibra sintética. Concluyendo que la incorporación de fibra incrementa la resistencia a la compresión hasta un 17.3% para una proporción de  $4 \text{ kg/m}^3$  de fibra. Además, la resistencia a tracción indirecta aumenta hasta un 26.73% con la misma dosificación, mientras que la resistencia a flexión (Modulo de rotura) se eleva hasta un 7% para una proporción de  $2 \text{ kg/m}^3$ .

Salcedo Espinoza (2017) en su estudio titulado **“Influencia de la Incorporación de Fibra de Polipropileno Monofilamento en la Resistencia Mecánica del Concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”**, Cajamarca - Perú. La cual consistió en determinar las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con incorporación de fibra de polipropileno (SikaFiber FORCE PP – 48) en dosificaciones de 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8%. Los resultados muestran que la adición de fibra en proporción de 0.4% incrementa la resistencia a la compresión hasta un 5.84% y en cuanto a la resistencia a la flexión (Módulo de rotura) aumenta un 17.20% en comparación con las muestras patrón.

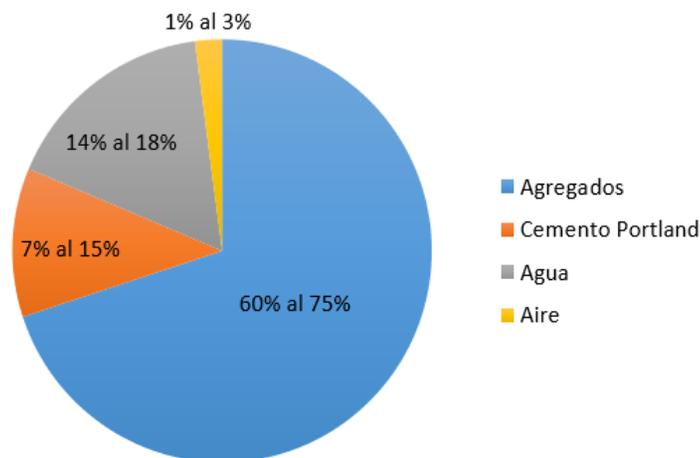
## 2.2. Bases teóricas.

### 2.2.1. Concreto.

Se define como una mezcla de material aglomerante (conglomerantes) y agregado fino y grueso. El concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (NTP.339.047, 2014)

Es el material de construcción más utilizado por varias razones, primero porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los ingenieros civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo. (Ramos Fernandez, 2019)

**Figura 1:** Porcentaje de participación de los elementos del concreto



Fuente: (Abanto, 2018)

### **2.2.2. Concreto Hidráulico.**

El concreto hidráulico es un material ampliamente utilizado en la construcción tradicional. Está compuesto de cemento portland, agregados pétreos, agua y aire, que al momento de fraguar forma un elemento rígido y resistente, adquiriendo diferentes tipos de propiedades como lo es la resistencia a esfuerzos, baja permeabilidad, estabilidad volumétrica y durabilidad. (Rivero Franco & Franco Burgos, 2023)

#### **2.2.2.1. Cemento portland**

Es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (NT E.060, 2019)

El cemento se produce a partir de una mezcla de minerales finamente molidos, formados por piedra caliza y arcilla. Estos se calientan a temperaturas elevadas (entre 1400°C y 1450°C), y el material parcialmente fundido que se obtiene se llama Clinker. El Clinker una vez enfriado y molido hasta obtener un polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante el proceso de molienda, se añade una pequeña cantidad de yeso (entre 3 y el 4 %), para regular la fragua del cemento. (Abanto, 2018)

##### **a) Composición Química del Cemento Portland**

Según Cornejo Manzano (2015) durante la producción del Clinker para el cemento portland, especialmente durante la calcinación, el calcio al combinarse con otros compuestos de la mezcla cruda forma cuatro compuestos principales, los cuales representan el 90% de la masa del cemento:

- C3S = silicato tricálcico (alita), conforma entre el 50% al 70%, se hidrata y se endurece rápidamente, y es en gran medida el responsable del inicio del fraguado y la resistencia temprana.
- C2S = Silicato dicálcico (belita), representa entre el 15% al 30%. Se hidrata y endurece lentamente y contribuye con el incremento de la resistencia en períodos posteriores a una semana.
- C3A = aluminato tricálcico, constituye del 5% al 10%, es el encargado de liberar una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento.
- C4AF = ferrita aluminato tetracalcico representa del 5% al 15%, es el resultado de combinar materias primas de hierro y aluminia para disminuir la temperatura de clinkerización.

Los silicatos de calcio (C3S y C2S), se hidratan para generar compuestos de hidróxido de calcio y silicato de calcio hidratado. El cemento portland hidratado presenta entre el 15% y el 25% de hidróxido de calcio y alrededor del 50% de silicato de calcio hidratado, en términos de masa. (Cornejo Manzano, 2015)

#### **b) Clasificación del Cemento Portland**

Las propiedades del cemento portland se modifican conforme se cambian las proporciones de C2S, C3S, C3A, C4AF, por lo tanto, se pueden originar diferentes tipos de cementos, para cumplir ciertas propiedades físicas y químicas para características especiales. (Rivera López, 2015)

- **Tipo I:** Este cemento se emplea en proyectos de concreto en general cuando no se especifica otro tipo de cemento. Es versátil y apropiado para diversas aplicaciones.

### 2.2.2.2. Agua de mezclado.

El agua de mezcla tiene dos funciones fundamentales, permitir la hidratación del cemento y hacer que la mezcla sea manejable. De toda el agua utilizada en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta alteración y con el tiempo se evapora; como ocupaba un espacio dentro de la mezcla, al evaporarse deja vacíos los cuales disminuyen la resistencia y la durabilidad del mortero o del hormigón. La cantidad de agua necesaria para hidratar el cemento suele estar entre el 25% y el 30% de su masa de cemento, pero esta cantidad no hace que la mezcla sea manejable. Para que la mezcla sea trabajable, se necesita al menos un 40% del peso del cemento en agua. Por lo tanto, como regla práctica, se debe añadir la menor cantidad de agua en la mezcla, pero siempre asegurando que el mortero o el hormigón queden trabajable. (Rivera López, 2015).

El agua utilizada para la elaboración del concreto, debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de ácidos, álcalis, aceites, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan dañar el concreto o el acero. (Abanto, 2018)

*Tabla 1: Límites permisibles para agua de mezcla y de curado*

<b>SUSTANCIAS DISUELTAS</b>	<b>VALORES MÁXIMOS ADMISIBLE</b>	
Cloruros	300	p.p.m
Sulfatos	300	p.p.m
Sales de magnesio	150	p.p.m
Sales solubles	1500	p.p.m
PH		Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500	p.p.m
Materia orgánica	10	p.p.m

*Fuente: (Abanto, 2018)*

### 2.2.2.3. Agregados.

Los agregados también conocidos como áridos, son materiales inertes de forma granular, de origen natural o artificial, que combinados con el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. (Rivera López, 2015).

La influencia de este material en las propiedades del concreto tiene efectos importantes no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido. (Villavicencio Caballero, 2023)

La importancia de los agregados se debe a que representa aproximadamente el 75% del volumen en una mezcla típica de concreto. (Abanto, 2018)

**Tabla 2:** Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico

AGREGADO TAMICES NORMALIZADOS		
<b>FINO</b>	150 µm	(N°100)
	300 µm	(N°50)
	600 µm	(N°30)
	1.18 mm	(N°16)
	2.36 mm	(N°8)
	4.75 mm	(N°4)
<b>GRUESO</b>	9.50 mm	(3/8")
	12.50 mm	(1/2")
	19.00 mm	(3/4")
	25.00 mm	(1")
	37.50 mm	(1 1/2")
	50.00 mm	(2")
	63.00 mm	(2 1/2")
	75.00 mm	(3")
	90.00 mm	(3 1/2")
	90.00 mm	(4")

(NTP.400.011, 2013)

**a) Agregado Fino:**

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa a través de un tamiz 9,5 mm (3/8") y se retiene en la malla N° 200, el más común es la arena. (NTP.400.011, 2013)

El porcentaje de arena triturada no debe superar el 30% de la masa total de agregado fino. Además, la gradación no podrá exceder el 45% del material retenido entre dos tamices consecutivos. (Rivera López, 2015)

**Tabla 3: Límites granulométricos según el ASTM**

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA ACUMULATIVO (%)
3/8"	9.5mm	100
N°4	4.75mm	95 a 100
N°8	2.36mm	80 a 100
N°16	1.18mm	50 a 85
N°30	600µm	25 a 60
N°50	300µm	10 a 30
N°100	150µm	2 a 10

Fuente: (Abanto, 2018)

**b) Agregado Grueso:**

Es el agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N°4), debe originarse fundamentalmente de la trituración de roca o de grava, o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrable. (MTC ,2013)

**Tabla 4:** Requisitos granulométricos del agregado grueso (NTP 400.037, 2018)

HUSOS	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°50
		(100m)	(90mm)	(75mm)	(63mm)	(50mm)	(37.5mm)	(25mm)	(19mm)	(12.5mm)	(9.5mm)	(4.75mm)	(2.36mm)	(1.18mm)	(300µm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
2	2 1/2" a 1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	
3	2" a 1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	
357	2" a N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	
4	1 1/2" a 3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	
467	1 1/2" a N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	
5	1" a 1/2"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	
56	1" a 3/8"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	
57	1" a N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	
6	3/4" a 3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	
67	3/4" a N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	
7	1/2" a N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	
8	3/8" a N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	3/8" a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	
9	N°4 a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	

### **2.2.3. Propiedades de los agregados para concreto.**

#### **2.2.3.1. Análisis granulométrico de agregado grueso y fino.**

Se define como el conjunto de operaciones para determinar la distribución por tamaño de partículas de agregados, esto implica en colocar una muestra de material y hacerle pasar mecánicamente a través de una serie de tamices con aberturas cuadradas dispuestas en orden creciente. (NTP 400.012, 2018)

Factores que derivan del análisis granulométrico.

- **Tamaño máximo (TM):** Es el que corresponda al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado. (NTP 400.037, 2018)
- **Tamaño máximo nominal (TMN):** Es el tamiz más pequeño de la serie utilizada que genera un retenido entre el 5% y el 10%. (NTP 400.037, 2018)

El tamaño máximo nominal es más útil que el tamaño máximo, ya que representa de manera más precisa el promedio de la fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo señala la partícula más grande. (Rivera López, 2015)

#### **2.2.3.2. Peso específico.**

También conocido como densidad relativa de los agregados, se describe como la cantidad de material que ocupa un volumen específico sin incluir espacios vacíos, es importante para la dosificación de mezclas y se considera un indicador de la calidad de los agregados, pues los valores altos indican materiales con un mejor desempeño, en cambio los valores bajos corresponden a áridos más débiles y absorbentes. En los agregados naturales, la densidad relativa varía entre 2.4 y 2.9. (Villegas Córdova, 2017)

### 2.2.3.3. Módulo de finura.

Se define como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido por 100. Las series normalizadas incluyen mallas, cada una del doble del tamaño de la anterior: ASTM N° 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de mayor tamaño según la norma. (NTP.400.011, 2013)

Los valores típicos oscilan entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto señala una gradación más gruesa.

### 2.2.3.4. Peso unitario de los agregados.

También conocido como peso volumétrico de los agregados, establece la relación entre el peso de una muestra de agregado y el volumen que ocupa en un recipiente de medidas conocidas. Permite determinar la densidad de masa y calcular los espacios vacíos entre las partículas en agregados finos, gruesos o en una mezcla de ambos.

- a) **Peso unitario suelto:** Se denomina al material colocado en el molde por gravedad, el cual es colocado cuidadosamente en una sola capa sin presión, en un recipiente con una profundidad y diámetro especificados, luego se nivela pasando una varilla sobre la superficie. (NTP 400.017, 2020).
- b) **Peso unitario compactado:** Se le denomina al grado de acomodamiento de las partículas del agregado cuando se someten a vibrado, se coloca en tres capas, cada capa representa un tercio del volumen del recipiente, se apisona con 25 golpes con la varilla compactadora de punta semiesférica de 5/8" de diámetro, este procedimiento se realiza con la segunda y tercera capa (NTP 400.017, 2020).

#### **2.2.3.5. Contenido de Humedad.**

Se expresa como la relación, en porcentaje, entre el peso del agua de una cantidad determinada de suelo y el peso de las partículas sólidas. (NTP 339.127, 2019)

#### **2.2.3.6. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.**

Es el procedimiento para medir, mediante un proceso húmeda el contenido de polvo o material que pasa el tamiz estandarizado de 75  $\mu\text{m}$  (N°200), las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que se dispersan en el agua, así como los materiales solubles en agua, serán eliminados del agregado durante la prueba. (NTP 400.018, 2013)

#### **2.2.3.7. Desgaste a la abrasión.**

Es el proceso de degradación de los agregados que resulta de la combinación de acciones, como abrasión o desgaste, impacto o trituración, en un tambor de acero (Máquina de los Ángeles) que al rotar la muestra junto con las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son lanzados al extremo opuesto del tambor, generando un efecto de trituración por impacto. (NTP.400.019, 2014)

### **2.2.4. Propiedades físicas del Concreto.**

#### **2.2.4.1 Trabajabilidad**

Es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue). La manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. (Rivera López, 2015)

#### 2.2.4.2 Consistencia

Es una de las propiedades físicas del concreto la cual indica la capacidad de fluidez del concreto después del mezclado. El ensayo del asentamiento se usa para mostrar el grado de humedad o trabajabilidad del hormigón. Se sabe que las mezclas más húmedas serán más trabajables que las mezclas secas. (Sanchez Acuña, 2021)

*Tabla 5: Clases de mezclas según su asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de compactación</b>
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera o chuseada
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

*Fuente: (Abanto, 2018)*

#### 2.2.4.3 Peso Unitario

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto. Se expresa en kilos por metro cúbico. (Ramos Fernandez, 2019)

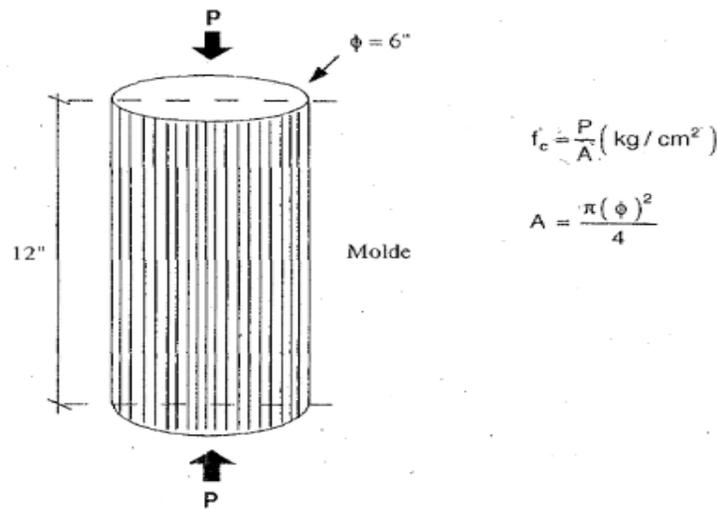
#### 2.2.5. Propiedades Mecánicas del Concreto.

##### a. Resistencia a la compresión:

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica esencial del concreto y se define como su capacidad máxima para soportar una carga sin experimentar fallas o fracturas, es decir, cuando la fuerza aplicada alcanza su máximo valor. El concreto es ampliamente por su alta resistencia a los esfuerzos de compresión, esta característica

es comúnmente utilizada para el diseño y control de calidad del material, por lo general la resistencia a la compresión se expresa en unidades como kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>), megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg<sup>2</sup> o psi) a los 28 días de edad. (Cerdán Ramos, 2023)

**Figura 2: Resistencia a la compresión**



Fuente: (Abanto, 2018, pp.51 ).

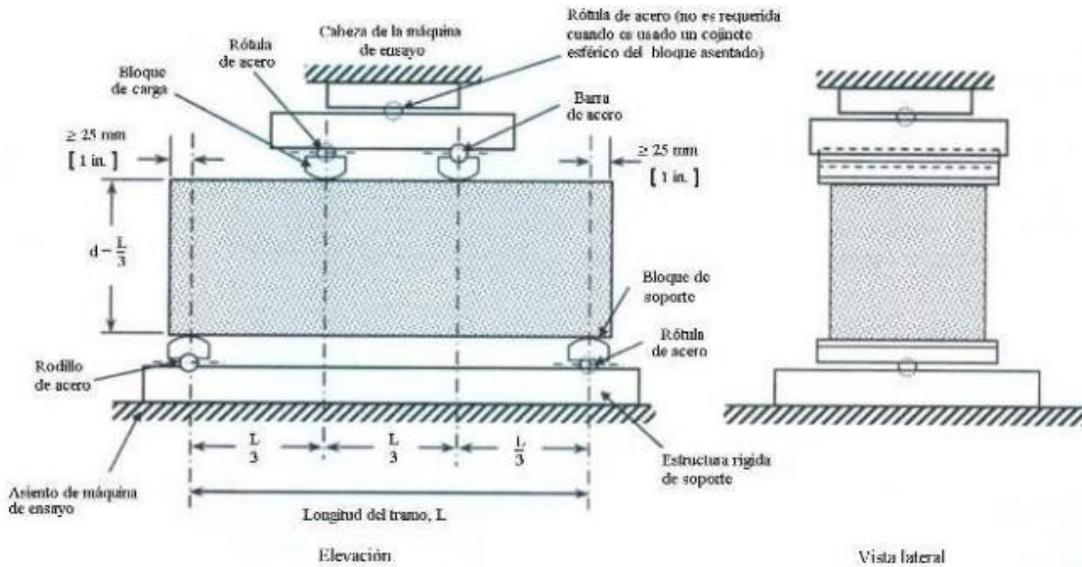
**b. Módulo de rotura o Resistencia a la Flexión:**

Es un parámetro muy importante como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, ya que va a controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones. Se le conoce también como resistencia a la tracción del concreto por flexión. (Carrasco Canales, 2019)

La Norma (NTP 339.078, 2012) indica que: “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”.

El ensayo de la viga simplemente apoyada con carga en los tercios de la luz se realiza de acuerdo con la norma NTC 1377 o ASTM C31 y ASTM C78. (Rivera López, 2015)

**Figura 3:** Ensayo de resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz



Fuente: (NTP 339.078, 2012)

La resistencia a la flexión del concreto se debe determinar como el promedio de al menos dos vigas probadas al mismo tiempo y con una aproximación a 0,1 kg/cm<sup>2</sup> (10kg/cm<sup>2</sup> ≈ 1Mpa).

La resistencia a la flexión se calcula así:

- Si la falla ocurre dentro del tercio central, el módulo de rotura se determina con la fórmula:

$$MR = \frac{PL}{bd^2}$$

Siendo:

MR = Módulo de rotura de la viga (kg/cm<sup>2</sup>).

P = Carga máxima aplicada en (kg.).

L = Distancia entre apoyos (cm).

b = Ancho de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

d = Altura de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

- Si la falla ocurre por fuera del tercio central, pero no está separada de él por más de una longitud equivalente al 5% de la luz libre o distancia entre apoyos, el módulo de rotura se determina con la ecuación siguiente:

$$MR = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Siendo

MR = Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>).

P = Carga máxima aplicada en kg.

a = Distancia entre la sección de falla y el apoyo más próximo medido sobre el eje longitudinal de la cara inferior de la viga en cm.

b = Ancho de la viga en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

d = Altura de la sección en la posición de ensayo, en la sección de falla (cm).

- Si la falla ocurre por fuera del tercio medio de la viga y a una distancia mayor del 5% de la distancia entre apoyos, se debe descartar el resultado del ensayo

### **2.2.6. Fibra.**

Las fibras fueron usadas como material de construcción por muchos siglos. En las últimas tres décadas hubo un crecimiento por el interés en el uso de fibras en el concreto. Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa del hormigón a fin de conferirle ciertas propiedades específicas. De una manera general se pueden clasificar como fibras estructurales, aquellas que proporcionan una mayor energía de rotura al hormigón en masa (En el caso de las fibras estructurales, la contribución de las mismas puede ser considerada en el cálculo de la respuesta de la sección de hormigón), o como fibra no estructural, a aquellas que sin considerar en el cálculo esta energía suponen una mejora ante determinadas propiedades como por ejemplo el control de la fisuración por retracción, incremento de la resistencia al fuego, abrasión, impacto y otros. (Chilón Quispe, 2018)

#### **2.2.6.1. Concreto con fibras.**

Es un hormigón ligero o normal al cual se le han adicionado fibras que pueden ser de: acero, plástico, asbesto, vidrio, nylon, poliéster, polipropileno, polietileno, fique, caña de azúcar, coco, yute, etc. Este concreto con fibras puede ser útil cuando sea necesario absorber una gran energía (por ejemplo, cargas explosivas) o cuando se desea mejorar la resistencia a la tensión; luego es posible mermar el refuerzo por qué parte de la tensión lo absorbe la fibra. En el caso de los pavimentos rígidos, se pueden utilizar espesores de los menores para las mismas cargas e igual periodo de diseño, la separación de juntas puede ser mayor porque las fibras aumentan la resistencia a la flexión del concreto. El hormigón con fibras proporciona también un buen aislamiento acústico y térmico, buena resistencia al impacto y a la erosión. Algunas fibras, en especial las naturales de origen vegetal, requieren de un tratamiento especial para ser usadas y así no perjudicar las propiedades del concreto. (Rivera López, 2015)

### **2.2.6.2. Fibras sintéticas.**

Son fibras que se crean por la mano humana que se obtiene de productos que derivan del petróleo y son el resultado de estudios y experimentación de las industrias petroquímicas y textiles. Los tipos de fibras usadas en concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno. Las fibras sintéticas pueden reducir la contracción plástica y, consecuentemente, la fisuración; además pueden ayudar al concreto después que se fisura. Se producen como monofilamentos cilíndricos continuos que se pueden cortar en longitudes específicas. (Ortega Sua & Ariza Roncancio, 2018)

### **2.2.6.3. Fibras SikaFiber®1225 PPM**

Es una fibra de polipropileno de monofilamento (fabricada con 100% de resina de polipropileno virgen) diseñada específicamente para su uso en hormigón como refuerzo secundario, cumple la función de controlar el agrietamiento por retracción plástica por secado y por asentamiento, además aumenta la resistencia al impacto y reduce el desprendimiento explosivo del concreto. No afecta químicamente el proceso de curado, fraguado y no absorbe agua, aplicado para losas, aceras, calzadas, cubiertas, elementos prefabricados, revestimientos, etc. (Sika, 2022)

### **2.2.6.4. Características y ventajas del uso de SikaFiber®1225 PPM**

De acuerdo a Sika (2022) el SikaFiber®1225 PPM tiene las siguientes propiedades:

- Incrementa la resistencia de rotura, impacto y abrasión del concreto.
- Reduce la formación de agrietamientos por retracción tanto en estado plástico, endurecido y evita su propagación.
- Proporciona refuerzo multidimensional y homogéneo para estructuras de concreto.
- Refuerzo secundario o remplazo de las armaduras tradicionales diseñados por temperatura.

- Mayor durabilidad del concreto.
- Manejo simple, facilidad de trabajo, por tanto, no se requiere de mano de obra especializada para su aplicación.
- Es compatible con cualquier concreto o aditivo, no modifica las propiedades del concreto.

### **2.2.7. Dosificación de materiales de la mezcla**

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse. (Rivera López, 2015)

El Instituto Americano del Concreto (ACI) ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezcla bastante simple el cual, basándose en algunas tablas elaboradas mediante ensayos de los agregados, nos permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto.

### **2.2.8. Pavimentos**

El pavimento es una estructura constituida por un conjunto de capas construida sobre la sub rasante del camino para soportar y distribuir esfuerzos originados por las cargas repetitivas de tránsito; Su función principal es proporcionar una superficie de rodadura que permita un tráfico seguro y confortable de vehículos. (Álzate Valencia, Franco Muñoz, & Tarquino León, 2019)

### **2.2.8.1. Tipos de pavimentos**

#### **a) Pavimentos flexibles**

Estas estructuras presentan una carpeta de rodadura conformado por una capa asfáltica. Recibe el nombre de pavimento flexible debido a la forma en que se transmiten las cargas desde la carpeta de rodadura hasta la subrasante. El asfalto no absorbe la totalidad de las cargas vehiculares, es más como un transmisor. Por ello, los pavimentos flexibles requieren por lo general de un mayor número de capas intermedias entre la carpeta de rodadura y la subrasante. (Bazan Tuesta & Vargas Guevara, 2020)

#### **b) Pavimentos articulados**

Los pavimentos articulados o también llamado pavimento semirrígidos están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento. (Álzate Valencia, Franco Muñoz, & Tarquino León, 2019)

#### **c) Pavimentos rígidos**

Reciben el nombre de rígidos debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producido por las repeticiones de las cargas de tránsito proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante. (MTC, 2014)

### **2.2.9.2. Tipos de fallas en los pavimentos rígidos**

A continuación, presentamos la enumeración de los diferentes tipos de daños que pueden presentar un pavimento rígido.

#### **a) Agrietamiento en estado plástico**

- Retracción plástica
- Retracción por asentamiento

#### **b) Agrietamiento en estado endurecido**

- Contracción por secado
- Esfuerzo térmico
- Deterioro superficial
- Reacciones químicas
- Sobrecarga en etapa de construcción
- Cargas externamente aplicadas
- Errores de diseño y detalle
- Practicas constructivas inadecuadas

### 2.3. Definición de términos básicos.

- **SikaFiber®1225 PPM:** Es una fibra sintética de alta tenacidad actúa físicamente reforzando el concreto, se distribuye aleatoriamente dentro de la mezcla de concreto o mortero, formando una red multidimensional muy uniforme reduciendo de esta manera el agrietamiento. (Sika, 2022)
- **Módulo de rotura:** También llamado resistencia a la flexión máximo del concreto, es una propiedad mecánica del concreto, es útil para el diseño de estructuras de concreto simple como pavimentos rígidos, puesto que las placas del pavimento trabajan principalmente a esfuerzos flexión producto del paso permanente de los vehículos; de ahí que, en estos casos, la calidad del concreto se especifique indicando su módulo de rotura. (Huertas Castaño & Jaramillo García, 2017).
- **Concreto hidráulico:** Es una combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y en ocasiones fibra, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente. (Rubio Avalos, 2021)

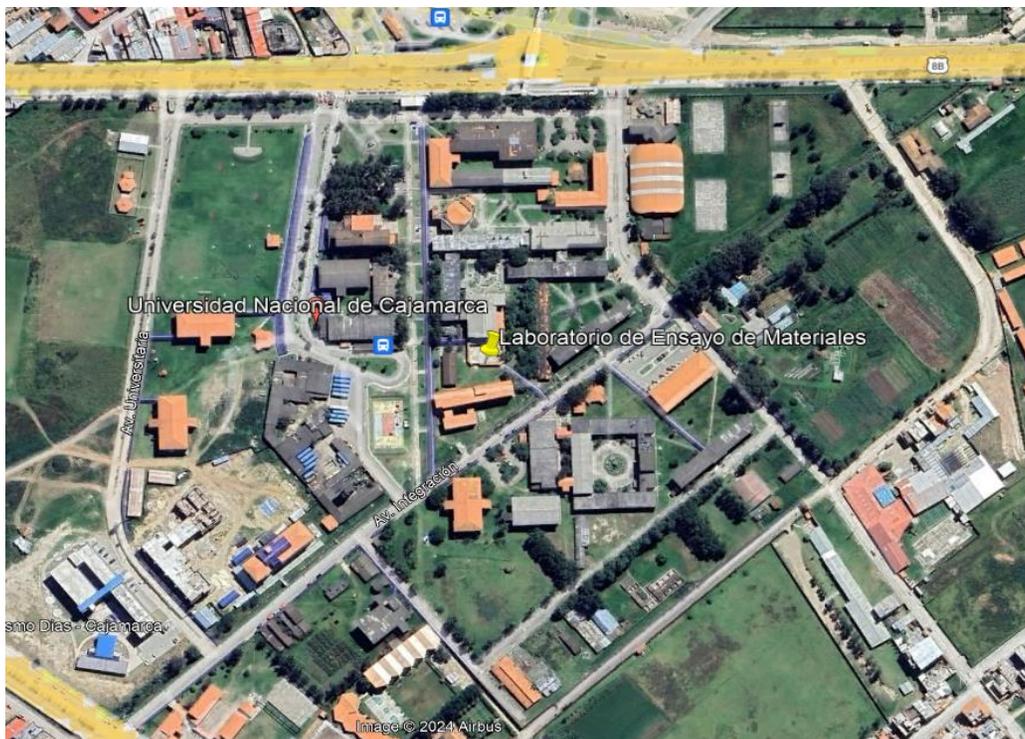
## ***CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.***

### **3.1. Localización del proyecto.**

#### **3.1.1. Ubicación geográfica de la investigación.**

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cajamarca, en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, Dirección: Av. Atahualpa Km. 3, N°. 1050 – Cajamarca – Perú.

***Figura 4: Ubicación geográfica del lugar de investigación***

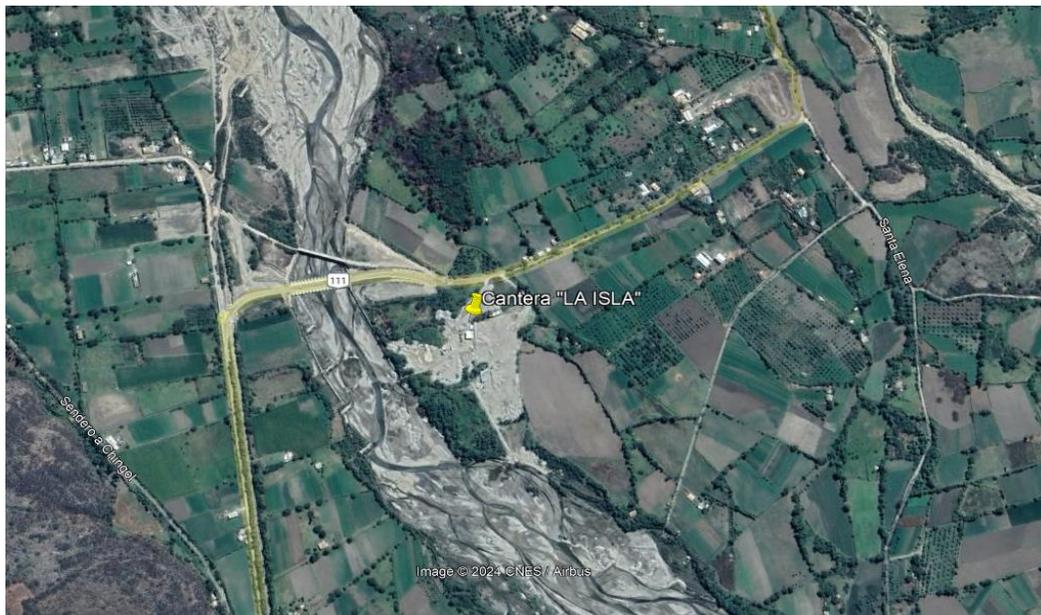


Fuente: Google Earth Pro

### 3.1.2. Ubicación geográfica del origen de los agregados.

Los agregados de río empleados en la presente investigación pertenecen a la cantera “La Isla”, ubicada en el margen del río Condebamba, en el Distrito Condebamba, Provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca. Sus coordenadas UTM son; 9157887 N, 815824 E y una altitud de 2089 msnm.

*Figura 5: Ubicación geográfica de la cantera “La Isla”*



Fuente: Google Earth Pro

## **3.2. Metodología de la Investigación**

### **3.2.1 Tipo, nivel, diseño y método de investigación**

- Tipo: Aplicada. Debido a que basado en un conocimiento teórico busca resolver problemas o situaciones que surgen en la vida cotidiana.
- Nivel: Correlacional. Porque tiene por finalidad establecer e identificar un grado de relación o asociación entre la variable dependiente (Módulo de rotura del concreto) y la variable independiente (incorporación de SikaFiber®1225 PPM).
- Diseño: Experimental. Porque es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación deliberada de las variables (incorporación de SikaFiber®1225 PPM y Módulo de rotura del concreto) por parte del investigador.
- Enfoque: Cuantitativa. Debido a que recopila y analiza datos empleando mediciones numéricas y estadísticas para el desarrollo de la investigación.

### **3.2.2. Población de Estudio.**

Conjunto de especímenes de concreto de módulo de rotura 4MPa con y sin incorporación de SikaFiber®1225 PPM.

### **3.2.3. Muestra.**

Se realizará probetas de forma prisma rectangulares de 15 cm de ancho, 50 cm largo y 15 cm de alto para evaluar el módulo de rotura para muestras patrón y muestras con incorporación de fibra sintética mejorada SikaFiber®1225 PPM, en dosificaciones de 0.5kg/m<sup>3</sup>, 0.7kg/m<sup>3</sup> y 0.9kg/m<sup>3</sup>.

Para el tamaño de muestra se calculó de acuerdo a la fórmula de población infinita con distribución normal.

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

z = Parámetro de distribución normal para el nivel de confianza deseada.

P= Probabilidad de que ocurra un evento estudiado

E = Error de estimación

Para el presente estudio se tomó un nivel de confianza al 95%, el cual corresponde a un valor de distribución normal Z=1.69, P= 0.032, E=0.05 (Ver Anexo 01 y Anexo 02).

$$n = \frac{1.96^2 * 0.032 * (1 - 0.032)}{0.05^2}$$

$$n = 47.599 \approx 48 \text{ unid.}$$

Calculado el tamaño de muestra n = 48 para los especímenes con y sin incorporación de sikafiber del concreto hidráulico de módulo de rotura 4 MPa; se distribuyó un mínimo de 6 muestras para cada edad y condición de ensayo de la investigación.

**Tabla 6:** Distribución de especímenes para ensayar a módulo de rotura.

Tipo	N° Probetas por Ensayo		Total
	7 Dias	28 Dias	
Patrón+0 kg/m³ de Sikafiber	6	6	12
Patrón+0.5 kg/m³ de Sikafiber	6	6	12
Patrón+0.7 kg/m³ de Sikafiber	6	6	12
Patrón+0.9 kg/m³ de Sikafiber	6	6	12
<b>Total</b>			<b>48</b>

#### **3.2.4. Unidad de Análisis.**

La unidad de análisis es la influencia de la incorporación SikaFiber®1225 PPM en el módulo de rotura 4MPa del concreto.

#### **3.2.5. Unidad de observación.**

Especímenes de concreto sin y con incorporación de SikaFiber®1225 PPM

#### **3.2.6. Variables.**

- **Variable independiente.**

X = Incorporación de SikaFiber®1225 PPM

- **Variable dependiente.**

Y = Módulo de rotura del concreto

### 3.3. Procedimiento de la investigación.

Para alcanzar los objetivos planteados se realizó el presente diagrama de investigación

*Figura 6: Procedimiento de la investigación*



### 3.4. Procedimiento de los ensayos de investigación.

#### 3.4.1. Propiedades de los agregados.

##### 3.4.1.1 Gravedad específica y absorción de agregados finos.

###### a) Referencia normativa

MTC E205/ NTP 400.022/ ASTM C128

## b) Preparación de la muestra de ensayo

- La muestra se extrajo de la cantera según la NTP 400.010 y cuarteada según la NTP 400.043.

## c) Procedimiento de ensayo

- Se colocó la muestra de 500 gr de material preparado en un frasco, el cual se llenó parcialmente con agua a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C hasta llegar a la marca de  $500\text{cm}^3$ .
- Se agitó el frasco manualmente en un periodo de 20 minutos para eliminar cualquier burbuja de aire. Una vez eliminadas las burbujas de aire, se ajustó la temperatura del frasco y su contenido a  $23 \pm 2$  °C, se completó el llenado hasta la capacidad calibrada y se procedió a determinar el peso total del frasco, la muestra y agua.
- Se separó la muestra del frasco y se procedió a secar en la estufa a temperatura de  $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$  hasta lograr una masa constante, para posteriormente pesarla una vez que se haya enfriado a temperatura ambiente.

## d) Cálculo

Peso específico de masa (P.e)

$$P. e = \frac{w_0}{v - v_a}$$

Peso específico de masa saturado superficialmente seca (P.e.s.s.s)

$$P. e. s. s. s = \frac{w_0}{v - v_a}$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a)

$$P. e. a = \frac{w_0}{(v - v_a) - (500 - w_0)}$$

Absorción (%)

$$Ab = \frac{500 - w_0}{W_0} * 100$$

Donde:

W<sub>0</sub> = Peso en el aire de la muestra secada al horno en gramos.

V = Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

V<sub>0</sub> = Peso en gramos o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadida al frasco.

### **3.4.1.2 Gravedad específica y absorción de agregados grueso**

#### **a) Referencia normativa**

MTC E206/ ASTM 127/ NTP 400.021

#### **b) Preparación de la muestra de ensayo**

- La muestra se extrajo de la cantera según la norma MTC E201 y se redujo según la norma ASTM C702.

#### **c) Procedimiento de ensayo**

- Se descartó todo el material que pasa el tamiz (N<sup>o</sup>4), la muestra fue lavada para eliminar impurezas y polvo de la superficie de las partículas, luego la muestra se secó en la estufa a una temperatura constante de 110°C ± 5 °C.
- Se enfrió la muestra a temperatura ambiente por un tiempo de 2h, luego el agregado se sumerge en agua por un periodo de tiempo de 24h.
- Se retiró la muestra del agua y utilizando un paño grande absorbente se pasó la muestra hasta eliminar toda la película de agua visible.
- Se determinó la masa de muestra a ensayar, bajo condiciones de saturación con superficie seca, para luego proceder a pesar.

- Se colocó la muestra saturada con superficie seca en la canastilla y se registró su peso aparente en el agua.
- La muestra del ensayo se secó en la estufa hasta alcanzar una masa constante, a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se enfrió a temperatura ambiente para luego proceder a registrar su peso.

**d) Cálculo**

Peso específico de masa (Pe)

$$P.e = \frac{A}{B - C}$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P.e.s.s.s)

$$P.e = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a)

$$P.e = \frac{A}{A - C}$$

Absorción (Ab)

$$Ab (\%) = \frac{B - A}{A}$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

**3.4.1.3 Análisis granulométrico**

**a) Referencia normativa**

ASTM 136/ NTP 400.012/ MTC E204

**e) Preparación de la muestra de ensayo**

- La muestra se extrajo de acuerdo a la norma NTP 400.012 y se redujo según la NTP 400.043. El peso de la muestra de agregado fino según el MTC E204 debe ser como mínimo 300 gr y el peso de muestra para agregado grueso a ensayar fue según el tamaño máximo de agregado como lo establece la NTP 400.012.

**b) Procedimiento de ensayo**

- La muestra requerida se secó en la estufa a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener peso constante.
- Se colocó la muestra de ensayo en la serie de tamices organizados en orden decreciente según el tamaño de las aberturas, se procedió a realizar el tamizado manual durante un tiempo apropiado, cuando, el material que pasa a través del tamiz no supera el 1% del material retenido, se considera el proceso de tamizado completo y se procedió a registrar los pesos.

**c) Cálculo**

Se determinó el porcentaje que pasa, el porcentaje parcial retenido en cada tamiz y los porcentajes totales retenidos.

**3.4.1.4 Tamaño máximo nominal (TMN)**

Según la NTP 400.037 (2014) señala que el tamaño máximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie de tamices utilizada que producen el primer retenido entre el 5% y el 10%.

### 3.4.1.5 Módulo de Finura

El módulo de fineza se calculó utilizando el análisis granulométrico sumado los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de tamices estandarizados y dividido su resultado entre 100. Las series estandarizadas de tamices está conformada por mallas que duplican el tamaño de la anterior: ASTM N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8", 1 1/2", 3" hasta la malla de mayor tamaño como lo establece la norma.

$$MF = \frac{\sum \%Ret. acum. (N^{\circ}100, N^{\circ}50, N^{\circ}30, N^{\circ}16, N^{\circ}8, N^{\circ}4, 3/8", 1\ 1/2", 3")}{100}$$

### 3.4.1.6 Contenido de humedad

#### a) Referencia normativa

ASTM D2216/ NTP 339.127/ MTC E108

#### b) Preparación de la muestra de ensayo

La muestra se extrajo de la cantera según la norma MTC E 201 y se redujo según la norma ASTM C702.

#### c) Procedimiento de ensayo

- Se colocó la muestra húmeda en un recipiente apropiado de tal manera que resista cambios de temperatura, y se registró el peso total (peso del recipiente + muestra húmeda).
- Se llevó el recipiente con la muestra húmeda a un horno de secado durante un periodo de 24 horas a una temperatura constante de  $110\ ^{\circ}\text{C} \pm 5$ .
- Se registró el peso total (peso del recipiente + muestra seca).

#### d) Cálculo

Cálculo del contenido de humedad

$$w\% = \frac{M_H - M_S}{M_S}$$

Donde:

$M_H$  = Peso de la muestra húmeda, gramos.

$M_S$  = Peso de la muestra seca, gramos.

W% = Porcentaje de humedad.

#### 3.4.1.7 Peso unitario y vacíos de los agregados

##### a) Referencia normativa

ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203

##### b) Preparación de la muestra de ensayo

La muestra se extrajo de la cantera de acuerdo a la norma MTC E201 y se redujo la muestra de ensayo por cuarteo según la norma ASTM C702.

##### c) Procedimiento de ensayo

- Se calibró el recipiente llenándolo con agua a temperatura ambiente y cubriéndolo con placa de vidrio para eliminar burbujas y exceso de agua. Se registro el peso del agua en el recipiente.
- Se determinó el volumen del recipiente dividiendo el peso del agua requerida entre la densidad de agua.

### **Peso unitario suelto**

- Se realizó el llenado del recipiente con un cucharón, vertiendo el material desde una altura no mayor a 2 pulgadas hasta rebosar el recipiente, luego se elimina el material excedente con una regla metálica.
- Se registró el peso total (peso del recipiente + el peso del material).

### **Peso unitario compactado**

- Se llenó del recipiente hasta un tercio de su capacidad con agregado, y se niveló la superficie con los dedos, a continuación, se compactó la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuida uniformemente.
- Se procedió al llenado del recipiente hasta 2/3 de su capacidad total, se enrasó la superficie y otra vez se realizó la compactación con 25 golpes de la barra compactadora.
- Se llenó con agregado el recipiente hasta rebosar su capacidad y se aplicaron los 25 golpes con la barra compactadora. se descartó el agregado excedente y se registró el peso total (peso del recipiente + el peso del material).

### **d) Cálculo**

Se calcula según la siguiente expresión

$$PU = (G - T) * f$$

Donde:

PU = Peso unitario del agregado (kg/m<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en (kg)

T = Peso del recipiente en (kg)

f = Factor de recipiente de medida en (m<sup>-3</sup>)

### 3.4.1.8 Desgaste de abrasión

#### a) Referencia normativa

ASTM C131/ NTP 400.019/ MTC E207

#### b) Preparación de la muestra de ensayo

Se obtuvo la muestra de campo de acuerdo a con MTC E201 y se reducirá a un tamaño adecuado de acuerdo con la ASTM C702.

Se determinó el tipo de gradación según el tamaño máximo nominal del agregado. El peso del agregado se determinó según la tabla 11 y el tipo de carga según la tabla 12.

*Tabla 7: Gradación de las muestras de ensayo*

Tamices		Peso de los tamaños indicados (gr)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1251 ± 25			
3/4"	1/2"	1252 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1253 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019 (2014)

*Tabla 8: Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado*

Gradación	Número de esferas	Masa de las esferas(g)
A	12	5000 ± 25
B	11	5584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Fuente: NTP 400.019 (2014)

### c) Procedimiento

- Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de los Ángeles y gira a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Se recogió el material de la máquina y se separó la muestra utilizando el tamiz (N°12).
- El material más grueso se lavó y se secó al horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener un peso constante y registrar su peso.

### d) Cálculo

Se expresa como:

$$\% \text{ de abrasión} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

Donde:

W1 = Masa de la muestra antes del ensayo, kg

W2 = Masa de la muestra después del ensayo, kg

### 3.4.2. El cemento utilizado

El cemento empleado en esta investigación es el Cemento Portland Tipo I- Pacasmayo, el cual cumple con la norma ASTM C-150/NTP 334.009. Se Seleccionó este tipo de cemento ya que es de usos múltiples empleado en trabajos de construcción en general y por su calidad esencial en la elaborar de mezclas de concreto, dado que impacta directamente en las características y el comportamiento del concreto una vez fraguado. Emplear un cemento que cumpla con los estándares establecidos asegura la uniformidad y la excelencia de los resultados obtenidos en el estudio o la investigación.

### 3.4.3. El agua.

El agua empleada tanto en la mezcla como en el curado de las muestras prismáticas de concreto se encuentra dentro de los límites establecidos para el consumo humano, garantizando así que cumple con los estándares de calidad necesarios para la elaboración y curado del concreto, así como lo plantea la NTP 339.088.

### 3.4.4. Diseño de mezcla para un concreto de MR = 4MPa.

Se diseñó la mezcla según el ACI 363, para el cual se requirió conocer el esfuerzo a compresión máxima  $f'_c$  y no el módulo de rotura, debido a que los gráficos donde se relaciona la resistencia con relación agua/cemento se encuentran bajo el parámetro de resistencia a compresión de aquí que existe la necesidad de su determinación en base a la información que se tiene disponible. (Mendoza Alvarez, & Molina Orates, & Moya Turcius, 2019)

Según el ACI 363 establece que la resistencia media del concreto con respecto al MR a los 28 días, normalizados por el ASTM C-78 se define como:

$$MR = k\sqrt{f'_c}$$

Donde “k” toma valores que varían de 1.99 hasta 3.18

$$(1.99 \sqrt{f'_c} \leq MR \leq 3.18 \sqrt{f'_c}).$$

MR= Módulo de rotura del concreto en kg/cm<sup>2</sup>

F'c= Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>

Tomando el promedio de este rango obtenemos  $MR = 2.585\sqrt{f'_c}$

$$1MPa = 10.197 \text{ kg/cm}^2$$

$$MR = 4 \text{ MPa} = 40.788 \text{ kg/cm}^2$$

Sustituyendo  $MR = 40.788 \text{ kg/cm}^2$

$$(MR)^2 = (2.585\sqrt{f'c})^2$$

$$(40.788)^2 = (2.585\sqrt{f'c})^2$$

$$f'c = 248.968 \text{ kg/cm}^2$$

Conociendo el  $f'c$ , para obtener el diseño definitivo del concreto base, se optó por realizar un diseño de prueba con diferentes relaciones agua/cemento, (Ver apéndice 02), la cual podemos observar que la  $Ra/c = 0.55$  es la que mejor se comporta a la resistencia especificada  $MR = 4 \text{ MPa}$ . El Método utilizado para el diseño de mezcla fue el Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados. Para ello se ejecutó el presente procedimiento:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia requerida.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Determinación del asentamiento.
- Selección del volumen unitario de agua para el diseño.
- Selección del contenido de aire atrapado.
- Se determinó la relación agua/cemento.
- Cálculo del factor de cemento.
- Cálculo del volumen absoluto combinado de cemento, agua y aire.
- Determinación del volumen absoluto total del agregado.
- Cálculo del módulo de fineza para la combinación de agregados.
- Estimación del porcentaje de agregado fino en relación con el volumen absoluto.

- Cálculo del volumen absoluto del agregado grueso.
- Determinación de los pesos secos de los materiales de diseño.
- Ajuste de los valores de diseño según la humedad del agregado.
- Determinación de las proporciones de peso para el diseño.
- Determinación de los pesos por tanda.
- Cálculo de los pesos por molde.
- Preparación de muestras en el laboratorio.
- Ajuste de las proporciones para cumplir con el asentamiento requerido.

### **3.4.5. Elaboración y curado de especímenes de concreto hidráulico**

#### **a) Referencia normativa**

NTP 339.183/ ASTM C192/ MTC E702

#### **b) Procedimiento**

- Se calculó las proporciones de materiales de diseño dejando un 10% de sobrante después del moldeado de las probetas.
- Se preparó la mezcla colocando el agregado grueso con algo de agua de la mezcla en el trompo y se inicia el funcionamiento, tras de algunas revoluciones, se le adiciona el agregado fino, el cemento y el resto del agua, mientras la mezcladora continúa operando para asegurar una mezcla uniforme.
- Una vez obtenida la mezcla se realizó el ensayo de asentamiento en el cono de abrams y el ensayo de peso unitario del concreto fresco, para luego proceder a colocar la mezcla en los moldes prismáticos, los cuales son llenados y compactados en dos capas, aplicando un golpe por cada 14 cm<sup>2</sup> de superficie horizontal y con un martillo de goma se golpeará el

costado de los moldes para eliminar el aire y espacios dejados por el proceso de varillado, finalmente se realizó el acabado con las manipulaciones mínimas.

- Pasado un tiempo de 24 horas desde la elaboración de las muestras, se procedió a desmoldarlas y colocarlas los especímenes a la poza de curado, donde permanecieron hasta la fecha de rotura a los 7 y 28 días.

#### **3.4.6. Ensayo de asentamiento (slump) del concreto en el cono de Abrams.**

##### **a) Referencia normativa**

NTP 339.035

##### **b) Procedimiento**

- Se colocó el molde humedecido en una superficie nivelada, se fija con apisonado en las aletas, para luego proceder con el llenado del molde en tres capas de concreto, ocupando aproximadamente un tercio de su volumen total del molde en cada capa.
- Se compactó cada capa aplicando 25 golpes. Para la última capa, se agregó material adicional antes de la compactación y si esta genera hundiera, se añadía más material.
- Se realizó el enrasado de la superficie del concreto con ayuda de la varilla y se elimina el concreto sobrante alrededor de la base del molde.
- Se levantó el molde manteniendo su posición vertical e inmediatamente con ayuda de una wincha se realizó la medición del asentamiento.

#### **3.4.7. Resistencia a la flexión o módulo de rotura**

##### **a) Referencia normativa**

Las pruebas de rotura de resistencia a la flexión, se llevó a cabo siguiendo las normas NTP 339.078 y MTC E 709, utilizando un total de 48 probetas prismáticas rectangulares.

## b) Procedimiento

- Se retiraron las muestras de concreto de la poza de curado, se codificaron, registraron sus pesos, dimensiones (longitud, ancho y altura) y para permitir conocer la zona de falla se demarcaron con una línea en los tercios centrales y apoyos.
- Las probetas se colocaron en la máquina de ensayo, se giraron sobre uno de sus lados respecto a su posición original de moldeo, se centraron sobre los bloques de apoyo y se ajustó el sistema de cargas para que contactara con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga, aplicando la carga hasta que la muestra fallara.
- Todos los especímenes ensayados provocaron su falla dentro del tercio central de la luz libre de las viguetas, permitiendo el uso de una sola ecuación para el cálculo del módulo de rotura o resistencia flexionante.

## 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

### 3.6.1. Técnicas.

- **Experimental:** Se manipuló la variable independiente (Incorporación de SikaFiber®1225 PPM) para analizar su influencia en la variable dependiente (Módulo de rotura del concreto).
- **Revisión documental:** Se revisaron normas, reglamentos y procedimientos correspondientes para los distintos ensayos.

### 3.6.2. Instrumentos.

- Ficha de observación directa.
- Protocolos de ensayo de módulo de rotura.
- Guía de análisis de documentos, internet.

### 3.7. Presentación de resultados

#### 3.7.1. Resultados de las propiedades físico mecánicas de los agregados.

*Tabla 9: Características de los agregados de rio, cantera “La Isla”*

Características físicas de los agregados	Agregado fino	Unidades	Agregado grueso	Unidades
Tamaño máximo nominal	0		3/4"	
Módulo de finura	3.06		6.76	%
Peso específico de masa	2.610	g/cm <sup>3</sup>	2.61	g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2.640	g/cm <sup>3</sup>	2.63	g/cm <sup>3</sup>
Peso específico de aparente	2.700	g/cm <sup>3</sup>	2.68	g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1673	Kg/m <sup>3</sup>	1435	Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1826	Kg/m <sup>3</sup>	1552	Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%)	1.13		0.458	%
Absorción (%)	1.2		1	%
Abrasión (%)	-		26	%
Porcentaje que pasa malla N° 200	2.3		0.3	%

#### 3.7.2. Resultados de diseño de mezcla.

*Tabla 10: Materiales de diseño requeridos para un metro cubico de concreto patrón (MR =4 MPa).*

<b>Materiales de diseño en seco</b>		
Cemento portland tipo 1	371.58	Kg
Agua de diseño	205	Lt
Agregado fino	787	Kg
agregado grueso	924	Kg
Aire total	2	%

**Tabla 11:** Materiales de diseño corregidos por humedad requeridos para un metro cubico de concreto patrón (MR =4 MPa).

<b>Materiales de diseño corregidos por humedad</b>		
Cemento portland tipo 1	371.58	Kg
Agua de diseño	210.54	Lt
Agregado fino	795.92	Kg
agregado grueso	928.23	Kg
Aire total	2	%

**Tabla 12:** Materiales de diseño corregidos por humedad requeridos para un metro cubico de concreto patrón y concreto con incorporación de SikaFiber®1225 PPM.

<b>Materiales de diseño corregidos</b>	<b>Proporciones de SikaFiber 1225 PPM (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
	<b>0 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>0.5 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>0.7 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>0.9 kg/m<sup>3</sup></b>
Cemento portland tipo 1	371.58	371.58	371.58	371.58
Agua de diseño	210.54	210.54	210.54	210.54
Agregado fino	795.92	795.92	795.92	795.92
agregado grueso	928.23	928.23	928.23	928.23
Aire total	2	2	2.00	2.00
SikaFiber 1225 PPM (kg)	0	0.5	0.7	0.9

### 3.7.3. Resultados de las propiedades del concreto Fresco.

#### 3.7.3.1. Asentamiento del concreto fresco.

**Tabla 13:** Slump del concreto

Incorporación de Sikafiber (kg/m <sup>3</sup> ).	Asentamiento		
	cm	Pulgada	Variación
Patrón+0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	9.906	3.9	
Patrón+0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	8.89	3.5	-10.26%
Patrón+0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	8.382	3.3	-17.14%
Patrón+0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7.62	3	-27.27%

### 3.7.3.2. Peso Unitario del concreto fresco.

*Tabla 14: Peso Unitario del concreto en estado fresco.*

Incorporación de Sikafiber (kg/m <sup>3</sup> ).	Muestra	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	Variación
Patrón+0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-1	2386.71	2385.69	0.00%
	M-2	2384.67		
Patrón+0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-3	2373.35	2372.18	-0.57%
	M-4	2371.01		
Patrón+0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-5	2369.79	2370.09	-0.65%
	M-6	2370.40		
Patrón+0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-7	2369.28	2366.22	-0.82%
	M-8	2363.16		

### 3.7.3.3. Temperatura del concreto fresco.

*Tabla 15: Temperatura del concreto.*

Incorporación de Sikafiber (kg/m <sup>3</sup> ).		Temperatura	
		Celsius (°C)	Variación
Patrón+0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-1	19.7	-
Patrón+0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-3	19.8	0.51%
Patrón+0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-5	19.6	-0.51%
Patrón+0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-7	19.7	0.00%

### 3.7.4. Resultados del concreto endurecido.

#### 3.7.4.1. Peso unitario del concreto en estado endurecido.

*Tabla 16: Peso unitario del concreto endurecido.*

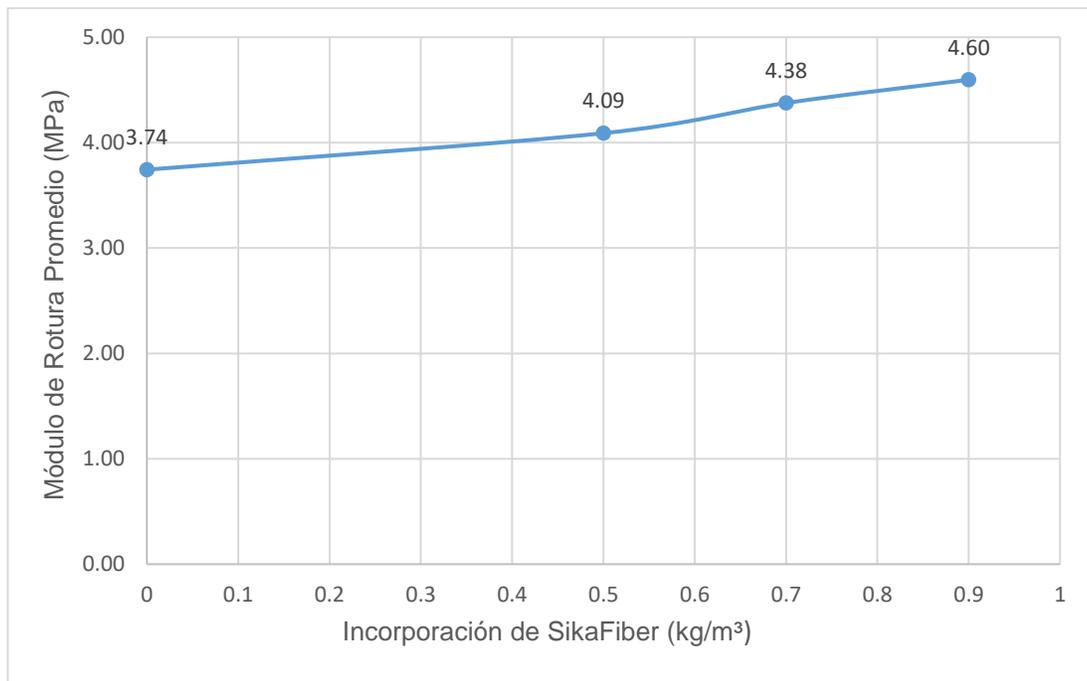
Incorporación de Sikafiber (kg/m <sup>3</sup> ).	Muestra	Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Peso unitario Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	Variación
Patrón+0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-1	2392.22	2366.11	0.00%
	M-2	2405.58		
	M-3	2374.35		
	M-4	2420.24		
	M-5	2264.69		
	M-6	2339.58		
Patrón+0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-7	2377.41	2363.03	-0.13%
	M-8	2424.46		
	M-9	2360.88		
	M-10	2329.46		
	M-11	2334.33		
	M-12	2351.62		
Patrón+0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-13	2382.86	2359.92	-0.26%
	M-14	2354.62		
	M-15	2357.87		
	M-16	2352.19		
	M-17	2410.64		
	M-18	2301.34		
Patrón+0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	M-19	2450.84	2356.74	-0.40%
	M-20	2321.22		
	M-21	2355.87		
	M-22	2289.98		
	M-23	2390.13		
	M-24	2332.38		

### 3.7.4.2. Resistencia del módulo de rotura del concreto a las edades 7 y 28 días.

*Tabla 17: Módulo de rotura del concreto a los 7 días*

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (MPa)	Módulo de Rotura Promedio (MPa)	Variación
Patrón +0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-1	2900	3.66	3.74	0.00%
		M-2	3040	3.90		
		M-3	2940	3.78		
		M-4	2850	3.70		
		M-5	2800	3.55		
		M-6	3010	3.86		
Patrón +0.5kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-7	3140	3.96	4.09	9.25%
		M-8	3080	4.38		
		M-9	3180	3.89		
		M-10	3250	4.14		
		M-11	3200	4.16		
		M-12	3150	4.01		
Patrón +0.7kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-13	3340	4.27	4.38	16.90%
		M-14	3440	4.38		
		M-15	3300	4.20		
		M-16	3620	4.53		
		M-17	3500	4.43		
		M-18	3480	4.45		
Patrón +0.9kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-19	3480	4.57	4.60	22.80%
		M-20	3520	4.47		
		M-21	3760	4.82		
		M-22	3680	4.58		
		M-23	3560	4.52		
		M-24	3650	4.63		

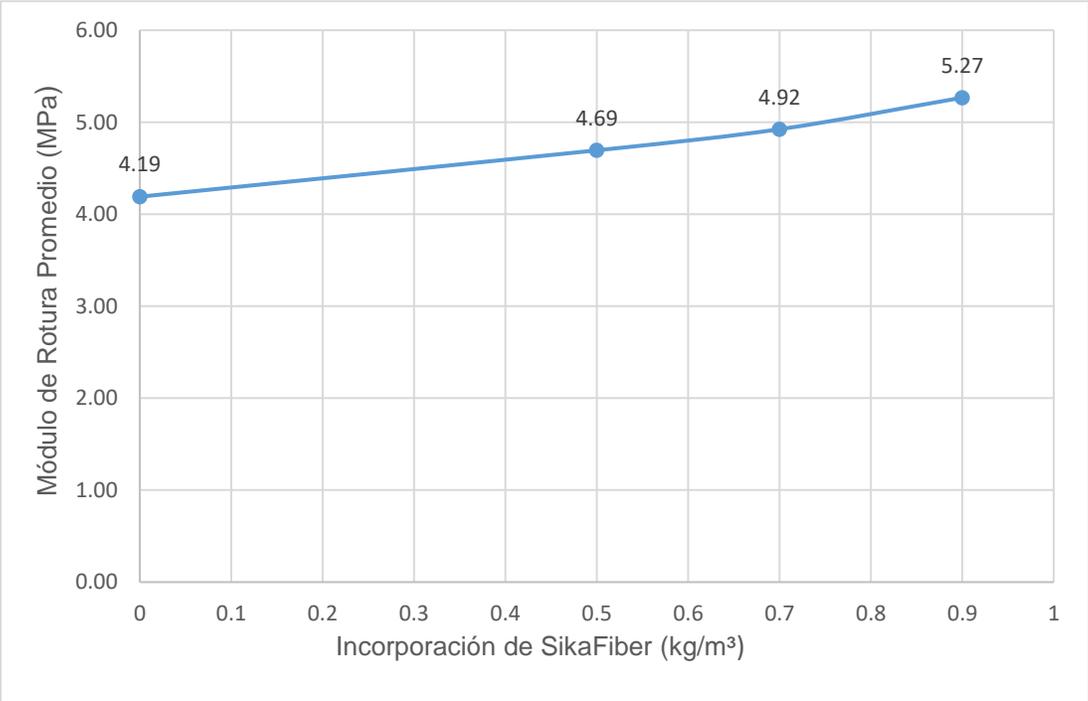
**Figura 7:** Grafica del módulo de rotura promedio vs incorporación de Sikafiber a los 7 días



**Tabla 18: Modulo de rotura del concreto a los 28 días**

<b>Descripción</b>	<b>Edad (Dias)</b>	<b>Muestra</b>	<b>Carga aplicada de Rotura (kg)</b>	<b>Módulo de Rotura (MPa)</b>	<b>Módulo de Rotura Promedio (MPa)</b>	<b>Variación</b>
Patrón +0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-1	3400	4.29	4.19	0.00%
		M-2	3240	4.19		
		M-3	3200	4.05		
		M-4	3240	4.22		
		M-5	3380	4.23		
		M-6	3200	4.16		
Patrón +0.5kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-7	3720	4.72	4.69	12.03%
		M-8	3620	4.88		
		M-9	3740	4.73		
		M-10	3620	4.52		
		M-11	3580	4.57		
		M-12	3650	4.74		
Patrón +0.7kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-13	3940	5.03	4.92	17.51%
		M-14	3820	4.86		
		M-15	3935	5.01		
		M-16	3820	4.78		
		M-17	3950	5.00		
		M-18	3800	4.85		
Patrón +0.9kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-19	4080	5.35	5.27	25.70%
		M-20	4350	5.52		
		M-21	4270	5.48		
		M-22	4020	5.00		
		M-23	4140	5.25		
		M-24	3940	5.00		

**Figura 8:** Grafica del módulo de rotura promedio vs incorporación de Sikafiber a los 28 días.



## ***CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.***

### **4.1. Análisis y discusión de resultados de los agregados**

#### **4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados**

- a) Las Figuras N°8 y 9 presentan la curva granulométrica de la distribución de tamaño de los agregados finos y gruesos. Como se puede observar en ambos casos, se constituye de agregados bien graduados; el agregado fino se encuentra en la categoría granulométrica C y en cambio el agregado grueso se encuentra dentro del huso granulométrico N°67, cumpliendo con lo que establece la NTP 400.037.
- b) Con respecto al módulo de finura, se puede observar que se tiene un valor de 3.06, el cual se encuentra al límite dentro del rango (2.3 a 3.1) según la norma ASTM C33. De acuerdo con este rango, el agregado fino se clasificaría como una arena gruesa.
- c) Con relación al peso unitario según la Tabla N°9 se puede evidenciar que el peso unitario suelto y compactado del agregado fino es mayor que el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, esto se debe a que el agregado fino puede ocupar con más facilidad los espacios vacíos. Los resultados conseguidos de peso suelto y compactado se encuentran dentro del rango  $1.2 \text{ t/m}^3$  a  $1.85 \text{ t/m}^3$  ( $1200\text{kg/m}^3$  -  $1850\text{kg/m}^3$ ) según la norma ASTM C29.
- d) En cuanto a los resultados del peso específico de masa, peso aparente, peso saturado superficialmente seco de los agregados según la Tabla N°9, estos se encuentran dentro del rango de peso específico de los agregados ( $2.4$  a  $2.9 \text{ g/cm}^3$ ), así como lo establece la norma ASTM C128.
- e) De acuerdo con la Tabla N°9 con respecto al contenido de humedad, se obtuvo 0.45% para agregado grueso y 1.13% para agregado fino, esto se debe a que el agregado fino tiene mayor capacidad de absorción.

- f) El porcentaje de material fino que pasa por el tamiz N° 200 es del 0.30 % de agregado grueso y 2.30 % del agregado fino. Estos resultados se encuentran en el rango establecido, ya que es menor al 1% para el caso de agregado grueso e inferior al 5% para el caso de agregado fino.
- g) En cuanto al ensayo de abrasión, este tiene un desgaste del 26%, el cual es un valor menor al 50% establecido por la NTP 400.037. Esto evidencia que el agregado cumple con los requisitos de resistencia al desgaste.

#### **4.2. Análisis y discusión de resultados de la mezcla de concreto**

En las Tablas N°10, 11, 12 se presenta la dosificación para un metro cúbico de concreto, tanto para materiales de diseño en condiciones secas, como para materiales corregidos por humedad, además de la dosificación con la incorporación de SikaFiber® 1225 PPM. Estas proporciones de cada material se establecieron basándose en las características de los agregados, las que fueron obtenidas mediante pruebas de laboratorio. Además, la dosificación está influenciada por el uso del cemento empleado en esta investigación. Es importante señalar que las proporciones de materiales obtenidas en el diseño de la mezcla no son aplicables de manera general, debido a que existen otros materiales con propiedades distintas.

### **4.3. Análisis y discusión de resultados del concreto hidráulico.**

#### **4.3.1. Propiedades del concreto fresco**

- Según la Tabla N°13, en cuanto a los resultados del asentamiento también llamado revenimiento o slump, se muestra que a medida que se incrementa SikaFiber® 1225 PPM, la trabajabilidad disminuye, lo que provoca que la mezcla se vuelva más seca.
- De acuerdo a los resultados de la Tabla N°14, se puede observar que existe una ligera reducción del peso unitario con incorporación de SikaFiber® 1225 PPM comparado al concreto patrón. Según el peso unitario se puede clasificar como un concreto convencional, ya que sus valores se encuentran dentro del rango establecido (2200 a 2400 kg/m<sup>3</sup>).
- Según la Tabla N°15 no hay una diferencia significativa entre la temperatura del concreto patrón y la temperatura del concreto con incorporación de SikaFiber® 1225PPM en estado fresco.

#### **4.3.2. Propiedades del concreto endurecido.**

- De acuerdo a la Tabla N°16 los resultados del peso unitario del concreto endurecido muestran que no hay una diferencia significativa entre el peso del concreto patrón y el peso con incorporación de SikaFiber® 1225 PPM.
- En cuanto a la Tabla N°17, para un concreto de módulo de rotura a los 7 días y la Tabla N°18 para un módulo de rotura a los 28 días, se puede observar que existe un aumento de hasta un 22.80% y 25.70% respectivamente de las muestras con incorporación de SikaFiber® 1225 PPM con respecto a las muestras patrón. Asimismo, se nota que el mayor módulo de rotura se logra con la incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de SikaFiber® 1225 PPM, tanto a los 7 como a los 28 días.

### **4.3.3. Contratación de hipótesis**

La incorporación de SikaFiber®1225 PPM incrementa el módulo de rotura 4MPa de un concreto hidráulico en más del 10%, Es positiva puesto que alcanza un módulo de rotura a los 28 días de hasta 25.70% con respecto a las muestras patrón (sin incorporación de SikaFiber® 1225 PPM), hecho que respalda la hipótesis, determinando así la validez de la misma.

## ***CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.***

### **5.1. Conclusiones**

- La hipótesis es válida porque la incorporación de SikaFiber®1225 PPM en un concreto hidráulico incrementó el módulo de rotura, permitiendo alcanzar valores superiores al 10%.
- El slump se encuentra entre 3 y 3.9 pulgadas, por lo cual la mezcla se considera de consistencia plástica; el peso unitario del concreto fresco de las muestras patrón es de 2385.69 y con incorporación de 0.5, 0.7, 0.9 kg/m<sup>3</sup>, se tiene un concreto unitario fresco de 2372.18, 2370.09, 2366.22 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, los cuales se encuentran dentro de los parámetros de un concreto normal y en cuanto a la temperatura varía entre 19.8°C y 19.6°C los cuales se encuentran dentro de los límites de temperatura óptima (10 °C y 32 °C).
- A los 7 días el módulo de rotura de las muestras patrón es 3.74 MPa que corresponde al 93.58% obteniendo un valor medio de resistencia recomendado superior al 80% para un concreto a los 7 días, además con incorporación de 0.5, 0.7, 0.9 kg/m<sup>3</sup> SikaFiber®1225 PPM el módulo de rotura logra alcanzar valores de 4.09, 4.38, 4.60 MPa, observándose que se tiene una variación positiva de entre 9.25, 16.90, 22.80% respectivamente.
- A los 28 días con la incorporación de 0.5, 0.7, 0.9 kg/m<sup>3</sup> SikaFiber®1225 PPM el módulo de rotura tuvo valores de 4.69, 4.92, 5.27 MPa y el módulo de rotura patrón de 4.19, observándose que se tiene una variación positiva de entre 12.03, 17.51, 25.70% respectivamente.

## 5.2. Recomendaciones

- Para investigaciones posteriores se recomienda considerar diseños de mezcla con incorporación de SikaFiber®1225 PPM mayores a  $0.9 \text{ kg/m}^3$ , además de realizar ensayos de módulo de rotura a edades de 14 y 21 días, para tener una evaluación más exhaustiva de los resultados utilizados actualmente.
- Realizar investigaciones considerando agregados de otras canteras y fibras de otras marcas.

## ***CAPÍTULO VI: REFERENCIA BIBLIOGRAFICA***

- Abanto, F. (2018). *Tecnología del Concreto*. Lima - Peru: 3er Edición .
- Aburto Custodio, J. N., & Ortiz Zavaleta, D. M. (2019). *Influencia en el Módulo de Rotura del Concreto Usado en Pavimentos Rígidos con el Uso de Aditivos colorantes de Origen Mineral* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional, Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/4836>
- Álzate Valencia, J. R., Franco Muñoz, A. E., & Tarquino León, A. F. (2019). *Diseño de Pavimento Rígido y Flexible para la Vía San Nicolas* [Tesis de grado; Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional, Bogotá. Obtenido de <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/bdac7e25-7ffc-4e0d-ae05-5d3901e7f956/content>
- Bazan Tuesta, C., & Vargas Guevara, O. A. (2020). *Diseño Estructural de Pavimentos para Mejorar la Transitabilidad de las Calles las Margaritas, 7 de Julio y Ricardo Palma del Barrio 1 en el Centro Poblado Alto Trujillo* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional, Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7092>
- Boada Marcano, M. d., & Leonardo, P. N. (2018). *Comportamiento en la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5MPa para pavimentos con adición de fibras plásticas* [Tesis de grado, Pontificia Universitaria Javeriana]. Repositorio Institucional, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/1266>
- Carrasco Canales, R. M. (2019). *Resistencia por compresión y módulo de rotura en pavimentos rígidos, incorporando microsílíce y un policarboxilato* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional , Lima. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/524807575/VIAL-T030-46776244>
- Cerdán Ramos, H. M. (2023). *Influencia de la Adición de Viruta de Aluminio en la Resistencia Mecánica de un Concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Ciudad de Cajamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5981>

- Champi Chavez, C. R., & Espinoza Chile, L. (2017). Análisis Comparativo de las Características Mecánicas a Compresión, Flexión, y Costos de Materiales de un Concreto Patrón y Otro Adicionado con Fibra Sintética Mejorada Sikafiber® pe, Elaborado con Agregado de las Canteras Cunyac y Vicho. Tesis de grado, Univeridad Andina del Cusco], Repositorio Institucional, Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1303>
- Chilón Quispe, S. N. (2018). Influencia de la fibra sintética (SIKA® fiber force PP-48) en el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1835>
- Cornejo Manzano, R. (2015). Análisis del Sistema de Gestión del Laboratorio de Control de Calidad para Pruebas al Concreto Hidraulico Premezclado [Tesis de grado, Universidad Nacional Autonama de Mexico]. Repositorio Institucional, Santa Cruz - Estado de México. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000730346>
- Huertas Castaño, S. D., & Jaramillo García, M. A. (2017). Determinación del Valor K Mediante la Correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto Hidráulico con Materiales Pétreos Procedentes del Rio Sumapaz de la Zona del Alto Magdalena en el Sector Denominado la Gran Curva. [Grado de grado, Universidad Piloto de Colombia], Repositorio Institucional, Girardot - Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5788>
- López Patiño, H. A. (2019). Evaluación del Aporte de Fibras Sintéticas en el Módulo de Rotura del concreto [Tesis de maestria, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional, Tunja - Colombia. Obtenido de <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3443>
- Millán Castillo, M. F. (2020). Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibra de Polipropileno y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua [Tesis de grado, Universidad Tecnica de Ambato]. Repositorio Institucional, Tungurahua - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6029>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013).

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de carreteras "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos".
- Mora Quiñones, S. (2015). Pavimentos de Concreto Hidráulico. Lima.
- NT E.060. (2019). Concreto Armado.
- NTP.339.047. (2014). Concreto. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados .
- NTP.339.078. (2012). Concreto. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- NTP.339.078. (2012). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.
- NTP.339.127. (2019). Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido.
- NTP.400.010. (2011). Agregados. Extracción y preparación de las muestras.
- NTP.400.011. (2013). Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concreto).
- NTP.400.012. (2018). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP.400.018. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados.
- NTP.400.019. (2014). Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la maquina de Los Angeles.
- NTP.400.037. (2018). Agregados. Agregados para concreto. Requisitos.
- NTP.400.043. (2015). Agregados. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.
- Ortega Sua, L. M., & Ariza Roncancio, A. E. (2018). Evaluación de la Resistencia de un Concreto Reforzado con Fibras al Impacto de una Detonación [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional, Bogota. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/22840>

- Ramos Fernandez, N. D. (2019). Análisis Comparativo del Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibra de Polipropileno y Acero [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional , Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2875>
- Rivera López, G. A. (2015). Concreto Simple. Colombia .
- Rivero Franco, J. c., & Franco Burgos, J. R. (2023). Evaluación del Comportamiento Mecánico del Concreto Hidráulico Reforzado con Fibra de Coco [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional, Bogota DC. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/31131>
- Rubio Avalos, J. C. (2021). Diseño de Mezclas de Concreto Hidraulico con el Metodo ACI Aplicado en Pavimentos Rígidos . Morelia, Mexico.
- Salcedo Espinoza, W. O. (2017). Influencia de la Incorporación de Fibra de Polipropileno Monofilamento en la Resistencia Mecánica del Concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/11324>
- Sanchez Acuña, K. Y. (2021). Aplicación de la Fibra de Polipropileno Sikafiber para Optimizar las Propiedades del Concreto en la Provincia de Pisco [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74166>
- Sika, P. (2022). Hoja de Datos del Producto - SikaFiber®1225 PPM.
- Valera Pajuelo, E. A. (2017). Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el departamento de lima [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional , Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22053>
- Vargas Ortiz, G. B., & Yataco Barreda, A. G. (2020). Efecto de las Fibras de Acero y Polipropileno en la Resistencia a la Flexión del Concreto para Pavimentos Rígidos [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3678>

Villavicencio Caballero, J. R. (2023). Resistencia a la compresión del concreto cemento - arena  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de cemento portland tipo I, Iquitos - 2023 [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional , Iquitos- Loreto. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14503/2899>

## APÉNDICES Y ANEXOS

### Apéndice 01: Resultados de las propiedades físicas de los agregados de la cantera “La Isla” del Valle de Condebamba.

#### 1. Agregado grueso

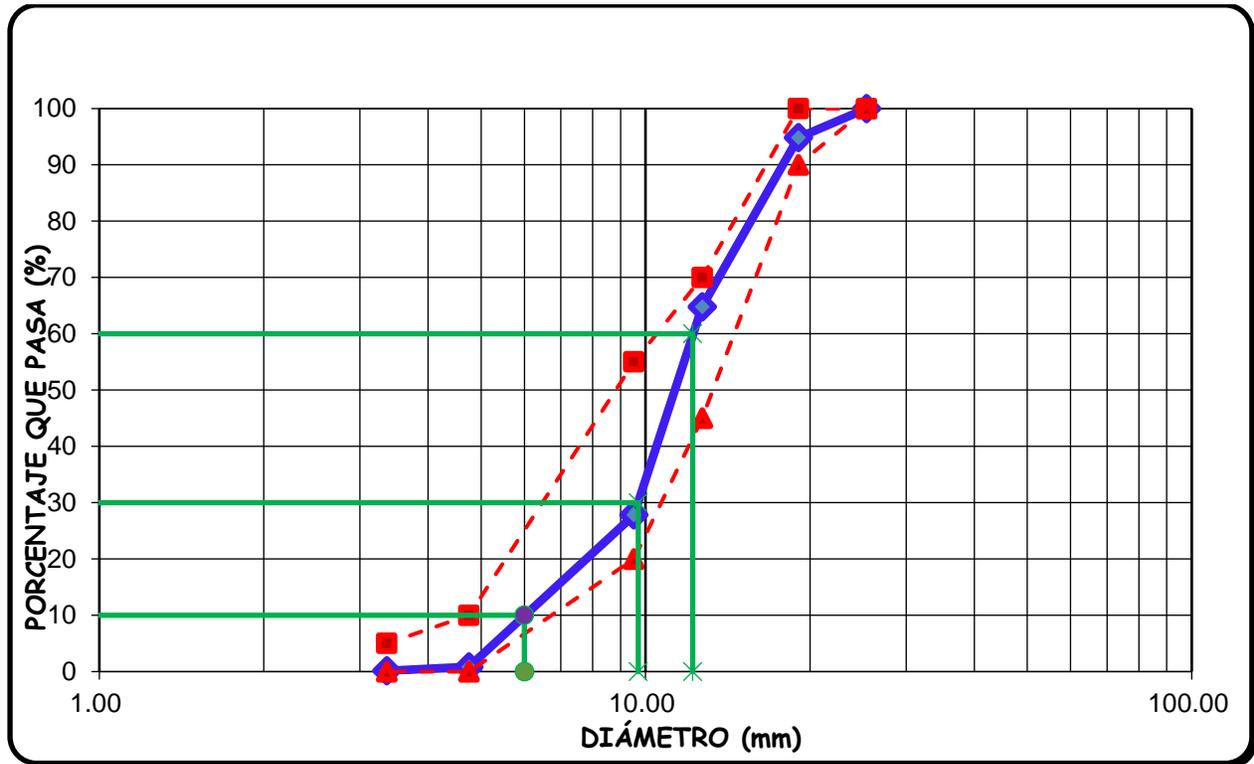
*Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado grueso: ASTM 136/ NTP 400.012/ MTC E204.*

Peso seco inicial = 7000 gr  
Peso seco menor que 0.075 mm (Malla N°200) = 10 gr

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
1"	25.4	0	0	0	100.00
3/4"	19.05	362	5.17	5.17	94.83
1/2"	12.7	2102	30.03	35.20	64.80
3/8"	9.525	2588	36.97	72.17	27.83
N°4	4.75	1889	26.99	99.16	0.84
Cazoleta		10	0.14	100	0.00
TOTAL	0	7000			

**Módulo de Finura = 6.758**

Figura 9: Curva granulométrica del agregado grueso



<b>D60 =</b>	12.20	<b>D30 =</b>	9.90	<b>D10 =</b>	6.00
<b>Cu =</b>	2.03	<b>Cc =</b>	1.29		

Tabla 20: Peso específico del agua.

Descripción	Peso	Unidades
Peso de la fiola en	166.00	gr
Peso de la fiola + agua	664.50	gr
Volumen de la fiola	500.00	(cm <sup>3</sup> )
Peso específico	1.00	(g/cm <sup>3</sup> )
P.e en (Kg/m <sup>3</sup> )	997.00	(Kg/cm <sup>3</sup> )

Tabla 21: Factor de calibración (f) de agregado grueso

Descripción	Peso	Unidades
Peso del Molde (g) =	4199.00	gr
Peso del Molde + Agua (g) =	14015.00	gr
Peso Agua (Kg) =	9.82	kg
f (1/m <sup>3</sup> ) =	101.57	1/cm <sup>3</sup>

**Tabla 22: Peso unitario suelto: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203**

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4199.00	4199.00	4199.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	18236.00	18329.00	18421.00	
Peso de la muestra suelta	g	14037.00	14130.00	14222.00	
Factor (f)	1/m3	101.569	101.569	101.569	
Peso Unitario Suelto	g/cm3	1.426	1.435	1.445	1.435
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Kg/m3</b>	1426	1435	1445	<b>1435</b>

**Tabla 23: Peso unitario compactado: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203**

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4199.00	4199.00	4199.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	19382.00	19451.00	19595.00	
Peso de la muestra suelta	g	15183.00	15252.00	15396.00	
Factor (f)		101.569	101.569	101.569	
Peso Unitario Compactado	g/cm3	1.542	1.549	1.564	1.552
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>Kg/m3</b>	1542	1549	1564	<b>1552</b>

**Tabla 24: Peso específico de agregado grueso: MTC E206/ ASTM 127/ NTP 400.021**

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2692.00	3105.00	2917.00	
Peso de canastilla sumergida	g	774.00	774.00	774.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3097.00	3758.00	3453.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	3066.00	3720.00	3417.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1918.00	2331.00	2143.00	
<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>g/cm3</b>	<b>2.601</b>	<b>2.607</b>	<b>2.608</b>	<b>2.610</b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>g/cm3</b>	2.627	2.633	2.636	<b>2.630</b>
<b>Peso Específico de Aparente</b>	<b>g/cm3</b>	2.671	2.678	2.682	<b>2.680</b>

**Tabla 25:** Absorción (%) agregado grueso: MTC E204/ ASTM C 127/ NTP 400.021

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3097.00	3758.00	3453.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	3066.00	3720.00	3417.00	
<b>Absorción (%)</b>	<b>%</b>	<b>1.011</b>	<b>1.022</b>	<b>1.054</b>	<b>1.000</b>

**Tabla 26:** Contenido de humedad (%) agregado grueso: ASTM D2216/ NTP 339.127/ MTC E108.

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso del Recipiente	g	88.44	185.00	127.00	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1601.00	2106.00	2388.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1595.00	2095.00	2379.00	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>W %</b>	<b>0.40</b>	<b>0.58</b>	<b>0.40</b>	<b>0.46</b>

**Tabla 27:** Ensayo partículas <N° 200 para agregado grueso

<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>Promedio</b>
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2989.60	2990.30	2990.60	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	10.40	9.70	9.40	
<b>% de Material que Pasa el Tamiz N° 200</b>	<b>%</b>	<b>0.347%</b>	<b>0.323%</b>	<b>0.313%</b>	<b>0.30%</b>

**Tabla 28:** Ensayo de abrasión de agregado Grueso: ASTM C131/ NTP 400.019/ MTC E207

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
<b>N° DE ENSAYOS</b>				<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3705	3711	3721
% Desg. = (( Pi -Pf ) / Pi ) x 100				25.90	25.78	25.58
<b>Abrasión % Desgaste Promedio</b>					<b>26.00</b>	

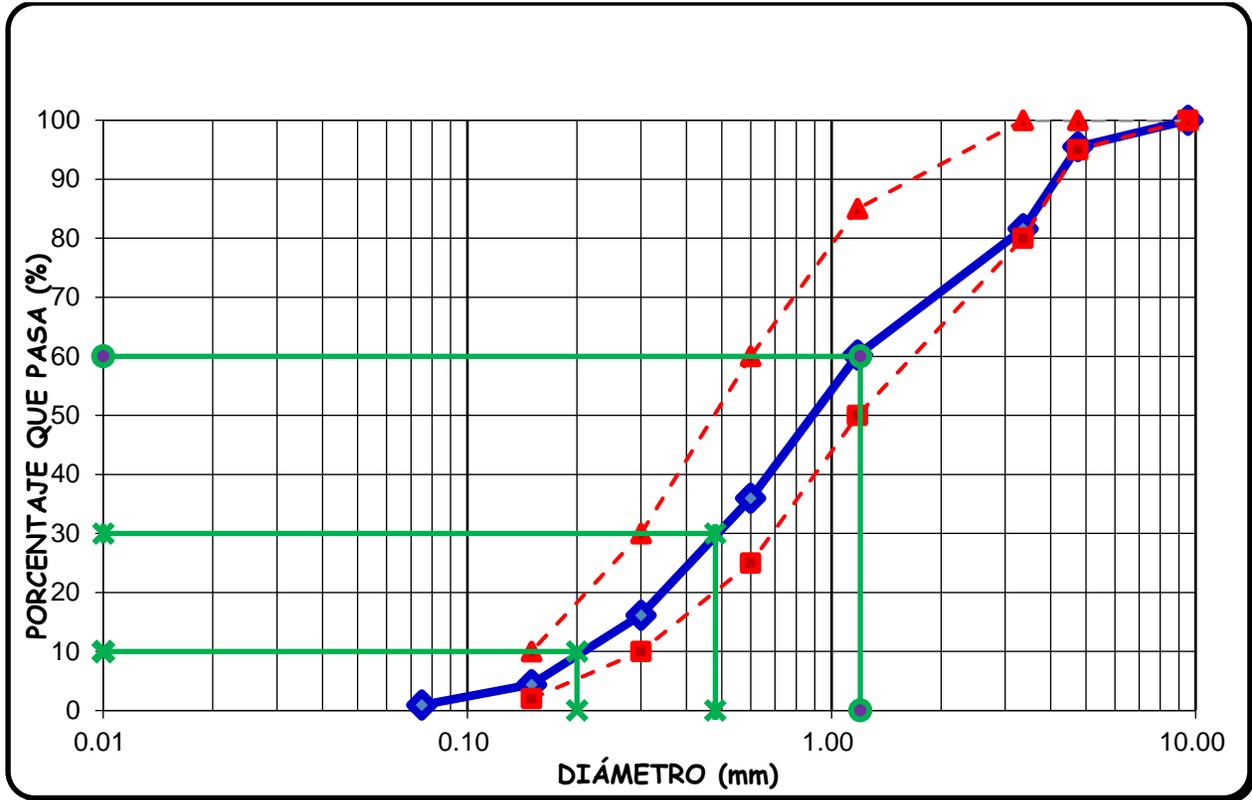
## 2. Agregado fino

**Tabla 29:** Análisis granulométrico del agregado fino: ASTM 136/ NTP 400.012/ MTC E204.

Peso seco inicial	=	1400.0 gr
Peso seco menor que 0.075 mm (Malla N°200)	=	13.1 gr

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	63.00	4.50	4.50	95.50
N°8	3.36	194.50	13.89	18.39	81.61
N 16	1.18	299.25	21.38	39.77	60.23
N 30	0.6	339.98	24.28	64.05	35.95
N 50	0.3	277.15	19.80	83.85	16.15
N 100	0.15	164.53	11.75	95.60	4.40
N 200	0.075	48.45	3.46	99.06	0.94
Cazoleta	--	13.10	0.94	100.00	0.00
TOTAL		1400.0			

Figura 10: Curva granulométrica del agregado fino



<b>D60 =</b>	1.20	<b>D30 =</b>	0.48	<b>D10 =</b>	0.20
<b>Cu =</b>	6.00	<b>Cc =</b>	0.96		

Tabla 30: Factor de calibración (f) de agregado fino

Descripción	Peso	Unidades
Peso del Molde (g) =	3875.00	gr
Peso del Molde +Agua (g) =	6886.00	gr
Peso Agua (Kg) =	3.01	kg
f (1/m3) =	331.12	1/cm <sup>3</sup>

**Tabla 31:** Peso unitario suelto de agregado fino: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3875.00	3875.00	3875.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8915.00	8963.00	8905.00	
Peso de la muestra suelta	g	5040.00	5088.00	5030.00	
Factor (f)		331.119	331.119	331.119	
Peso Unitario Suelto	g/cm <sup>3</sup>	1.669	1.685	1.666	1.673
<b>Peso Unitario Suelto</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1669</b>	<b>1685</b>	<b>1666</b>	<b>1673</b>

**Tabla 32:** Peso unitario compactado de agregado fino: ASTM C29/ NTP 400.017/ MTC E203

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3875.00	3875.00	3875.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	9371.00	9395.00	9399.00	
Peso de la muestra suelta	g	5496.00	5520.00	5524.00	
Factor (f)	1/m <sup>3</sup>	331.119	331.119	331.119	
Peso Unitario Compactado	g/cm <sup>3</sup>	1.820	1.828	1.829	1.826
<b>Peso Unitario Compactado</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1820</b>	<b>1828</b>	<b>1829</b>	<b>1826</b>

**Tabla 33:** Peso específico de agregado fino: MTC E205/ ASTM 128/ NTP 400.022

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	166.00	166.00	166.00	
Peso de la fiola +agua hasta menizco	g	664.50	664.50	664.50	
peso de la fiola +agua + muestra	g	976.90	976.30	977.20	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.75	494.25	494.29	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	310.90	310.30	311.20	
<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.611</b>	<b>2.605</b>	<b>2.618</b>	<b>2.610</b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.644</b>	<b>2.636</b>	<b>2.648</b>	<b>2.640</b>
<b>Peso Específico de Aparente</b>	<b>g/m<sup>3</sup></b>	<b>2.700</b>	<b>2.687</b>	<b>2.700</b>	<b>2.700</b>

**Tabla 34:** Absorción (%) de agregado fino: MTC E205/ ASTM 128/ NTP 400.022

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.75	494.25	494.29	
<b>Absorción (%)</b>	<b>%</b>	1.266	1.163	1.155	<b>1.200</b>

**Tabla 35:** Contenido de humedad (%) de agregado fino: ASTM D2216/ NTP 339.127/ MTC E108.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	54.10	62.70	58.37	
Peso del Recipiente + muestra Humeda	g	1220.00	1232.00	960.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1208.00	1219.00	949.00	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>W %</b>	1.04	1.12	1.24	1.13

**Tabla 36:** Ensayo partículas <N° 200 para agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	489.81	488.60	487.60	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	10.19	11.40	12.40	
	<b>%</b>	2.038%	2.280%	2.480%	<b>2.30%</b>

**Apéndice 02: Ensayos de prueba.**

*Tabla 37: Ensayos de prueba para especímenes de módulo de rotura*

<b>MÓDULO DE ROTURA DE ESPÉCIMENES DE PRUEBA</b>											
Correlación del MR - $f'c$		Resistencia promedia		Relación A/C	Muestra	Luz libre entre apoyo (cm)	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (Mpa)	
$MR = 2.585 * \sqrt{f'c}$		1.2 $f'c$								7 días	28 días
MR (MPa)	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )									
3.7	213.02	255.63	0.61	M-1	45	14.9	15.1	2660	3.50		
				M-2	45	15.1	14.9	2740	3.56		
				M-3	45	15.2	15	2990		3.81	
4	248.97	298.76	0.55	M-4	45	15.2	15.2	3020	3.80		
				M-5	45	15.1	15.2	2950	3.76		
				M-6	45	15	15	3240		4.24	
4.3	287.71	345.26	0.49	M-7	45	15.2	15.1	3130	3.96		
				M-8	45	15	15.2	3140	4.05		
				M-9	45	15.1	15.2	3710		4.72	

## Apéndice 03: Diseño de mezcla del concreto hidráulico.

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

#### A). DATOS DE DISEÑO

##### 1. CEMENTO (ASTM C-150)

-Tipo: Pacasmayo Tipo I

- Peso específico 3.11 g/cm<sup>3</sup>

##### 2. AGUA

Agua potable

##### 3. AGREGADOS

###### 3.1. Procedencia de los Agregados:

- **Agregado Fino:** La Isla - Valle de Condebamba

- **Agregado Grueso:** La Isla - Valle de Condebamba

###### 3.1. Características físicas de los agregados:

	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso específico de masa:	2.610	g/cm <sup>3</sup>	2.610	g/cm <sup>3</sup>
- Peso específico sss:	2.640	g/cm <sup>3</sup>	2.630	g/cm <sup>3</sup>
- Peso específico aparente:	2.700	g/cm <sup>3</sup>	2.680	kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario suelto seco:	1673	kg/m <sup>3</sup>	1435	kg/m <sup>3</sup>
- Peso unitario compactado seco:	1826	kg/m <sup>3</sup>	1552	kg/m <sup>3</sup>
- Humedad:	1.133%		0.458%	
- Absorción:	1.200%		1.000%	
- Abrasión:	...		26.00%	
- % que pasa malla N° 200	2.300		0.300	
- Módulo de finura:	3.06%		6.76%	
- Tamaño máximo nominal:	...		3/4"	

#### B). PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

##### 1. Selección de la resistencia requerida en base al Módulo de Rotura

$$MR = 4 \text{ Mpa} = 40.788 \text{ kg/cm}^2$$

$$MR = 2.585 * \sqrt{f'c}$$

$$40.788^2 = (2.585\sqrt{f'c})^2$$

$$f' = 248.968 \text{ kg/cm}^2$$

- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'c) = 248.968 kg/cm<sup>2</sup>

- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'cr)=1.2\*f'c = 298.762 kg/cm<sup>2</sup>

<b>2 . Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso</b>			
	TMN	=	3/4"
<b>3 . Selección del asentamiento</b>			3" - 4"
<b>4 . Selección de volumen unitario de agua</b>			205 l/m <sup>3</sup>
	Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4"		
<b>5 . Selección del contenido de aire</b>			2.00%
	Para un tamaño máximo nominal de 3/4"		
<b>6 . Selección de la relación agua - cemento</b>			
	Por resistencia (a/c)	=	0.55
<b>7 . Cálculo del contenido de cemento y factor cemento</b>			
	205/0.5517	=	371.580 kg
	Factor cemento	=	8.74 bls/m <sup>3</sup>
<b>8 . Cálculo del volumen absoluto de la pasta</b>			
	Cemento	371.58/(3.11x1000)	= 0.119 m <sup>3</sup>
	Agua	205/1000	= 0.205 m <sup>3</sup>
	Aire	2.00%	= 0.020 m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto de la pasta		= 0.344 m <sup>3</sup>
<b>9 . Cálculo del volumen absoluto de los agregados</b>			
	Volumen absoluto de los agregado	1-0.344	= 0.656 m <sup>3</sup>
<b>10 . Cálculo de vacíos</b>			
	% vacíos	= (2610-1552)/2610	= 40.54%
	% vacíos por corregir	= 40.54%-35.00%	= 5.54%
<b>11 . Cálculo del módulo de finura de la combinación de agregados</b>			
	Para un contenido de cemento de 8.74 bls/m <sup>3</sup>		
	y un tamaño máximo nominal de 3/4"		
	mc	=	5.1690
	factor corrección	=	0.111
	mc corregido	=	5.058
<b>12 . Cálculo del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto</b>			
	$\pi = (0.068 - 5.058) / (0.068 - 0.0306)$	=	0.46
	% agregado fino	=	46.00%
	% agregado grueso	=	54.00%
<b>13 . Cálculo de los volúmenes absolutos de los agregado</b>			
	Volumen absoluto del agregado fino	=	0.302 m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del agregado grueso	=	0.354 m <sup>3</sup>
<b>14 . Cálculo de los pesos secos de los agregado</b>			
	Peso seco del agregado fino	=	787.00 kg/m <sup>3</sup>
	Peso seco del agregado grueso	=	924.00 kg/m <sup>3</sup>
<b>15 . Valores de diseño</b>			
	Cemento	=	371.580 kg/m <sup>3</sup>
	Agua de diseño	=	205 lt/m <sup>3</sup>
	Agregado fino seco	=	787.00 kg/m <sup>3</sup>
	Agregado grueso seco	=	924.00 kg/m <sup>3</sup>

<b>16 . Corrección por humedad de los agregados</b>		
Peso húmedo del agregado fino	=	795.917 kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	=	928.232 kg/m <sup>3</sup>
<b>17 . Cálculo de la humedad superficial de los agregados</b>		
Agregado fino	=	-0.07%
Agregado grueso	=	-0.54%
<b>18 . Aporte de humedad de los agregados</b>		
Agregado fino	=	-0.52729 lt
Agregado grueso	=	-5.00808 lt
	Aporte total	= -5.535 lt
<b>19 . Agua efectiva de mezclado</b>		
	Agua efectiva	= 210.535 lt
<b>20 . Materiales corregidos por humedad</b>		
Cemento	=	371.580 kg
Agua efectiva	=	210.535 lt
Agregado fino húmedo	=	795.917 kg
Agregado grueso húmedo	=	928.232 kg
Aire total	=	2.00%

**C). PROPORCIÓN EN PESO DE DISEÑO**

1:	2.14	2.50	24.08	lt/bls
----	------	------	-------	--------

**D). PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE DISEÑO**

1:	1.9:	2.60	24.08	lt/bls
----	------	------	-------	--------

## Apéndice 04: Propiedades del concreto

### A. Ensayos de módulo de rotura del concreto hidráulico a los 7 y 28 días.

**Tabla 38:** Módulo de rotura del concreto hidráulico patrón a los 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-1	45	15.20	15.15	2900.00	37.28	3.66	91.41	93.58
		M-2	45	15.10	15.08	3040.00	39.80	3.90	97.58	
		M-3	45	15.10	15.05	2940.00	38.55	3.78	94.52	
		M-4	45	15.00	15.10	2850.00	37.75	3.70	92.55	
		M-5	45	15.18	15.10	2800.00	36.24	3.55	88.84	
		M-6	45	15.05	15.18	3010.00	39.41	3.86	96.62	
<b>Resistencia Media</b>						3.743		MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.349		MPa		
<b>Varianza</b>						0.017				
<b>Desviación Estándar</b>						0.132				
<b>Coef. de Variación</b>						3.522		%		

**Tabla 39:** Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0.5kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-7	45	15.20	15.15	3140.00	40.37	3.96	98.97	102.24
		M-8	45	14.30	15.18	3080.00	44.66	4.38	109.50	
		M-9	45	15.40	15.20	3180.00	39.70	3.89	97.32	
		M-10	45	15.20	15.00	3250.00	42.20	4.14	103.46	
		M-11	45	15.03	15.05	3200.00	42.38	4.16	103.91	
		M-12	45	15.15	15.10	3150.00	40.90	4.01	100.27	
<b>Resistencia Media</b>						4.090		MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.487		MPa		
<b>Varianza</b>						0.031				
<b>Desviación Estándar</b>						0.175				
<b>Coef. de Variación</b>						4.281		%		

**Tabla 40:** Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.7 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0.7kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-13	45	15.10	15.15	3340.00	43.51	4.27	106.67	109.40
		M-14	45	15.20	15.00	3440.00	44.67	4.38	109.51	
		M-15	45	15.15	15.10	3300.00	42.85	4.20	105.05	
		M-16	45	15.25	15.15	3620.00	46.23	4.53	113.35	
		M-17	45	15.15	15.20	3500.00	45.15	4.43	110.68	
		M-18	45	15.13	15.10	3480.00	45.33	4.45	111.15	
<b>Resistencia Media</b>						4.376		MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.332		MPa		
<b>Varianza</b>						0.015				
<b>Desviación Estándar</b>						0.122				
<b>Coef. de Variación</b>						2.793		%		

**Tabla 41:** Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0.9kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	7	M-19	45	15.00	14.95	3480.00	46.56	4.57	114.14	114.92
		M-20	45	15.15	15.15	3520.00	45.55	4.47	111.68	
		M-21	45	15.15	15.00	3760.00	49.15	4.82	120.49	
		M-22	45	15.25	15.25	3680.00	46.69	4.58	114.48	
		M-23	45	15.15	15.15	3560.00	46.07	4.52	112.95	
		M-24	45	15.15	15.15	3650.00	47.24	4.63	115.81	
<b>Resistencia Media</b>						4.597		MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.352		MPa		
<b>Varianza</b>						0.015				
<b>Desviación Estándar</b>						0.123				
<b>Coef. de Variación</b>						2.667		%		

**Tabla 42:** Módulo de rotura del concreto hidráulico de muestras patrón a los 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-1	45	15.18	15.20	3400.00	4.29	107.17	104.76
		M-2	45	15.05	15.05	3240.00	4.19	104.86	
		M-3	45	15.15	15.20	3200.00	4.05	101.20	
		M-4	45	14.95	15.15	3240.00	4.22	105.57	
		M-5	45	15.15	15.35	3380.00	4.23	105.84	
		M-6	45	15.00	15.10	3200.00	4.16	103.91	
<b>Resistencia Media</b>						4.190	MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.239	MPa		
<b>Varianza</b>						0.007			
<b>Desviación Estándar</b>						0.082			
<b>Coef. de Variación</b>						1.959	%		

**Tabla 43:** Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0.5kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-7	45	15.20	15.05	3720.00	4.72	118.03	117.36
		M-8	45	14.70	15.15	3620.00	4.88	121.99	
		M-9	45	15.15	15.20	3740.00	4.73	118.27	
		M-10	45	15.20	15.30	3620.00	4.52	112.98	
		M-11	45	15.10	15.15	3580.00	4.57	114.34	
		M-12	45	15.00	15.10	3650.00	4.74	118.53	
<b>Resistencia Media</b>						4.694	MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.361	MPa		
<b>Varianza</b>						0.017			
<b>Desviación Estándar</b>						0.130			
<b>Coef. de Variación</b>						2.759	%		

**Tabla 44:** Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.7 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.

Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0.7kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-13	45	15.10	15.15	3940.00	5.03	125.84	123.10
		M-14	45	15.20	15.00	3820.00	4.86	121.61	
		M-15	45	15.15	15.10	3935.00	5.01	125.26	
		M-16	45	15.25	15.15	3820.00	4.78	119.62	
		M-17	45	15.15	15.20	3950.00	5.00	124.91	
		M-18	45	15.13	15.10	3800.00	4.85	121.37	
<b>Resistencia Media</b>						4.924	MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.249	MPa		
<b>Varianza</b>						0.011			
<b>Desviación Estándar</b>						0.102			
<b>Coef. de Variación</b>						2.081	%		

**Tabla 45:** Módulo de rotura del concreto hidráulico con incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.

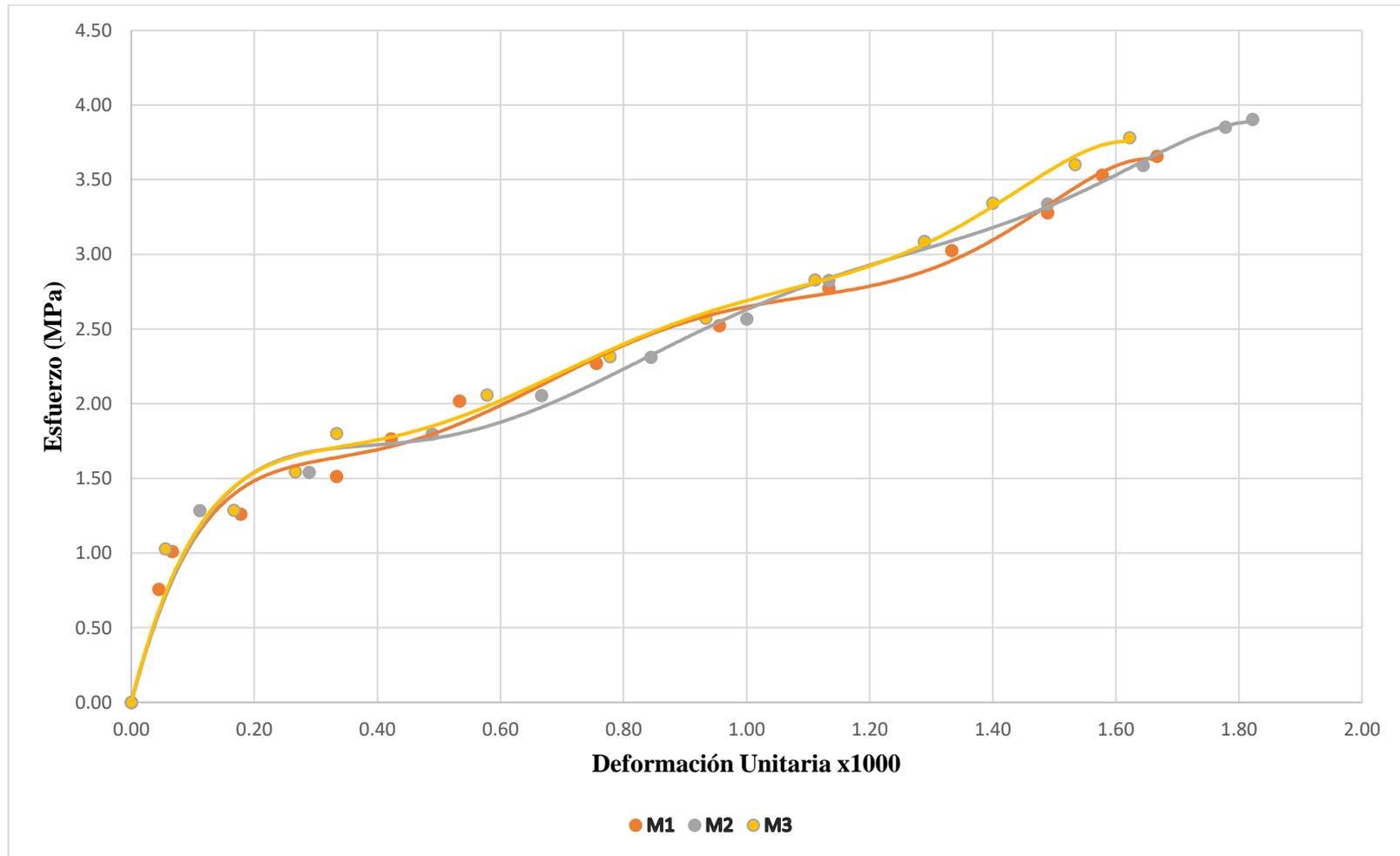
Descripción	Edad (Días)	Muestra	Luz libre entre apoyos	Altura promedio (cm)	Ancho promedio (cm)	Carga aplicada de Rotura (kg)	Módulo de Rotura (MPa)	%Módulo de Rotura	%Módulo de Rotura Promedio
Patrón +0.9kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber	28	M-19	45	15.00	14.95	4080.00	5.35	133.82	131.70
		M-20	45	15.15	15.15	4350.00	5.52	138.02	
		M-21	45	15.15	15.00	4274.00	5.48	136.96	
		M-22	45	15.25	15.25	4020.00	5.00	125.05	
		M-23	45	15.15	15.15	4140.00	5.25	131.35	
		M-24	45	15.15	15.15	3940.00	5.00	125.01	
<b>Resistencia Media</b>						5.268	MPa		
<b>Rango Muestral</b>						0.520	MPa		
<b>Varianza</b>						0.052			
<b>Desviación Estándar</b>						0.227			
<b>Coef. de Variación</b>						4.311	%		

**Apéndice 05: Esfuerzo vs deformación unitaria de los especímenes de concreto.**

*Tabla 46: Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 7 días*

Patrón + 0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M1	45	15.15	15.20	M2	45	15.08	15.10	M3	45	15.05	15.10
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
200	0	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.26	200	0.00	0.00	0.26
400	0	0.00	0.50	400	0.00	0.00	0.51	400	0.00	0.00	0.51
600	0.01	0.02	0.76	600	0.00	0.00	0.77	600	0.00	0.00	0.77
800	0.03	0.07	1.01	800	0.00	0.00	1.03	800	0.03	0.06	1.03
1000	0.08	0.18	1.26	1000	0.04	0.09	1.28	1000	0.08	0.17	1.29
1200	0.15	0.33	1.51	1200	0.13	0.29	1.54	1200	0.12	0.27	1.54
1400	0.19	0.42	1.77	1400	0.22	0.49	1.80	1400	0.15	0.33	1.80
1600	0.24	0.53	2.02	1600	0.3	0.67	2.05	1600	0.26	0.58	2.06
1800	0.34	0.76	2.27	1800	0.38	0.84	2.31	1800	0.35	0.78	2.31
2000	0.43	0.96	2.52	2000	0.45	1.00	2.57	2000	0.42	0.93	2.57
2200	0.51	1.13	2.77	2200	0.51	1.13	2.82	2200	0.50	1.11	2.83
2400	0.6	1.33	3.03	2400	0.58	1.29	3.08	2400	0.58	1.29	3.09
2600	0.67	1.49	3.28	2600	0.67	1.49	3.34	2600	0.63	1.40	3.34
2800	0.71	1.58	3.53	2800	0.74	1.64	3.59	2800	0.69	1.53	3.60
2900	0.75	1.67	3.66	3000	0.8	1.78	3.85	2940	0.73	1.62	3.78
				3040	0.82	1.82	3.90				

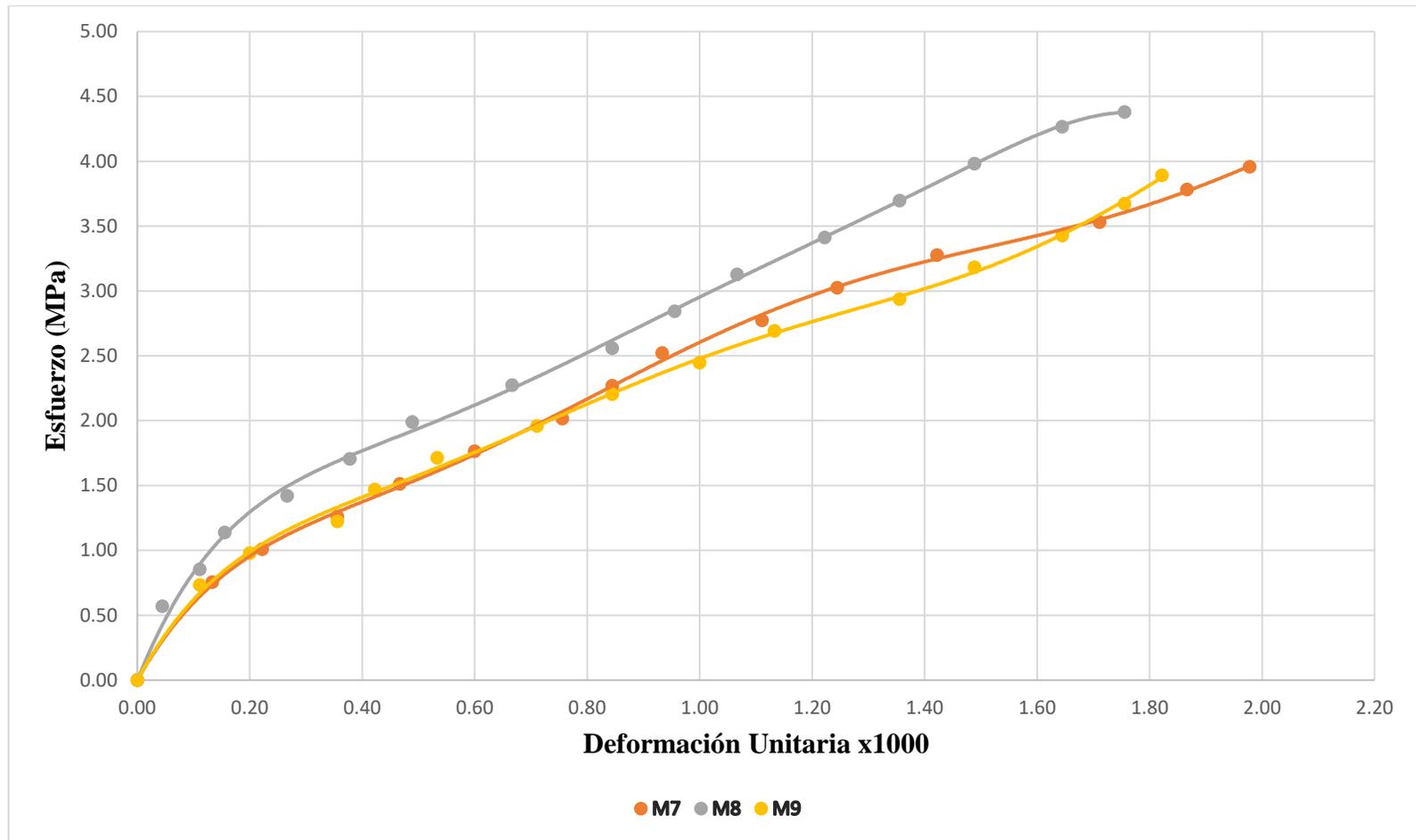
**Figura 11:** Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 7 días.



**Tabla 47:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.

Patrón + 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.5kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura
	Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)
M7	45	15.15	15.20	M8	45	15.18	14.30	M9	45	15.20	15.40
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.28	200	0.00	0.00	0.24
400	0.00	0.00	0.50	400	0.02	0.04	0.57	400	0.00	0.00	0.49
600	0.06	0.13	0.76	600	0.05	0.11	0.85	600	0.05	0.11	0.73
800	0.10	0.22	1.01	800	0.07	0.16	1.14	800	0.09	0.20	0.98
1000	0.16	0.36	1.26	1000	0.12	0.27	1.42	1000	0.16	0.36	1.22
1200	0.21	0.47	1.51	1200	0.17	0.38	1.71	1200	0.19	0.42	1.47
1400	0.27	0.60	1.77	1400	0.22	0.49	1.99	1400	0.24	0.53	1.71
1600	0.34	0.76	2.02	1600	0.3	0.67	2.28	1600	0.32	0.71	1.96
1800	0.38	0.84	2.27	1800	0.38	0.84	2.56	1800	0.38	0.84	2.20
2000	0.42	0.93	2.52	2000	0.43	0.96	2.84	2000	0.45	1.00	2.45
2200	0.5	1.11	2.77	2200	0.48	1.07	3.13	2200	0.51	1.13	2.69
2400	0.56	1.24	3.03	2400	0.55	1.22	3.41	2400	0.61	1.36	2.94
2600	0.64	1.42	3.28	2600	0.61	1.36	3.70	2600	0.67	1.49	3.18
2800	0.77	1.71	3.53	2800	0.67	1.49	3.98	2800	0.74	1.64	3.43
3000	0.84	1.87	3.78	3000	0.74	1.64	4.27	3000	0.79	1.76	3.67
3140	0.89	1.98	3.96	3080	0.79	1.76	4.38	3180	0.82	1.82	3.89

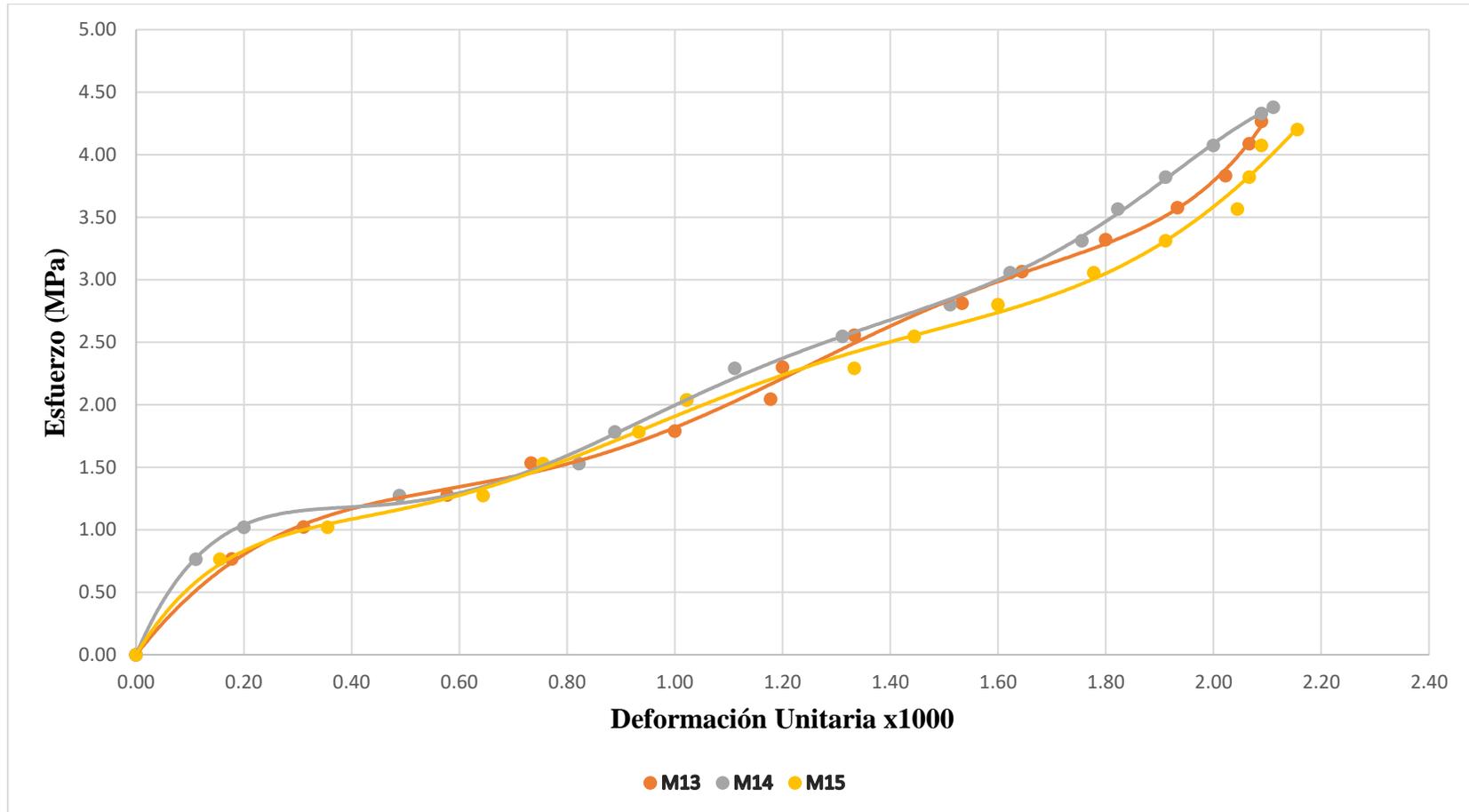
**Figura 12:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.



**Tabla 48:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.

Patrón + 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.7kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Especimen	Longitud	Ancho	Altura	Especimen	Longitud	Ancho	Altura	Especimen	Longitud	Ancho	Altura
	Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)
M13	45	15.15	15.10	M14	45	15.00	15.20	M15	45	15.10	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.26	200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.25
400	0.00	0.00	0.51	400	0.00	0.00	0.51	400	0.00	0.00	0.51
600	0.08	0.18	0.77	600	0.05	0.11	0.76	600	0.07	0.16	0.76
800	0.14	0.31	1.02	800	0.09	0.20	1.02	800	0.16	0.36	1.02
1000	0.26	0.58	1.28	1000	0.22	0.49	1.27	1000	0.29	0.64	1.27
1200	0.33	0.73	1.53	1200	0.37	0.82	1.53	1200	0.34	0.76	1.53
1400	0.45	1.00	1.79	1400	0.4	0.89	1.78	1400	0.42	0.93	1.78
1600	0.53	1.18	2.04	1600	0.46	1.02	2.04	1600	0.46	1.02	2.04
1800	0.54	1.20	2.30	1800	0.5	1.11	2.29	1800	0.60	1.33	2.29
2000	0.6	1.33	2.56	2000	0.59	1.31	2.55	2000	0.65	1.44	2.55
2200	0.69	1.53	2.81	2200	0.68	1.51	2.80	2200	0.72	1.60	2.80
2400	0.74	1.64	3.07	2400	0.73	1.62	3.06	2400	0.80	1.78	3.06
2600	0.81	1.80	3.32	2600	0.79	1.76	3.31	2600	0.86	1.91	3.31
2800	0.87	1.93	3.58	2800	0.82	1.82	3.57	2800	0.92	2.04	3.57
3000	0.91	2.02	3.83	3000	0.86	1.91	3.82	3000	0.93	2.07	3.82
3200	0.93	2.07	4.09	3200	0.9	2.00	4.07	3200	0.94	2.09	4.07
3340	0.94	2.09	4.27	3400	0.94	2.09	4.33	3300	0.97	2.16	4.20
				3440	0.95	2.11	4.38				

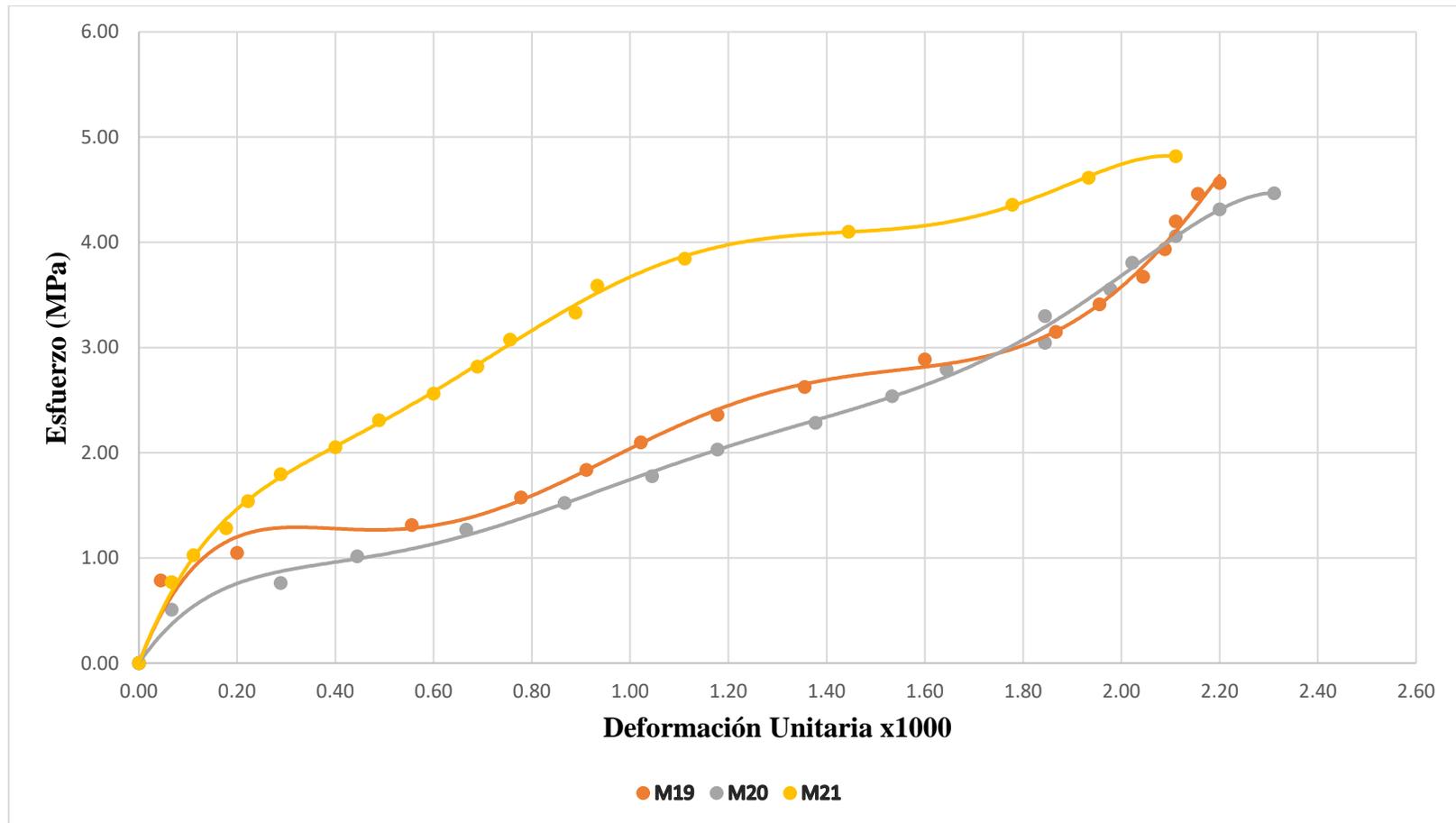
**Figura 13:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.



**Tabla 49:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.

Patrón + 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura
	Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)
M19	45	14.95	15.00	M20	45	15.15	15.15	M21	45	15.00	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.26	200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.26
400	0.00	0.00	0.00	400	0.03	0.07	0.51	400	0.00	0.00	0.51
600	0.02	0.04	0.79	600	0.13	0.29	0.76	600	0.03	0.07	0.77
800	0.09	0.20	1.05	800	0.20	0.44	1.02	800	0.05	0.11	1.03
1000	0.25	0.56	1.31	1000	0.30	0.67	1.27	1000	0.08	0.18	1.28
1200	0.35	0.78	1.57	1200	0.39	0.87	1.52	1200	0.10	0.22	1.54
1400	0.41	0.91	1.84	1400	0.47	1.04	1.78	1400	0.13	0.29	1.79
1600	0.46	1.02	2.10	1600	0.53	1.18	2.03	1600	0.18	0.40	2.05
1800	0.53	1.18	2.36	1800	0.62	1.38	2.28	1800	0.22	0.49	2.31
2000	0.61	1.36	2.62	2000	0.69	1.53	2.54	2000	0.27	0.60	2.56
2200	0.72	1.60	2.89	2200	0.74	1.64	2.79	2200	0.31	0.69	2.82
2400	0.84	1.87	3.15	2400	0.83	1.84	3.05	2400	0.34	0.76	3.08
2600	0.88	1.96	3.41	2600	0.83	1.84	3.30	2600	0.40	0.89	3.33
2800	0.92	2.04	3.67	2800	0.89	1.98	3.55	2800	0.42	0.93	3.59
3000	0.94	2.09	3.94	3000	0.91	2.02	3.81	3000	0.50	1.11	3.85
3200	0.95	2.11	4.20	3200	0.95	2.11	4.06	3200	0.65	1.44	4.10
3400	0.97	2.16	4.46	3400	0.99	2.20	4.32	3400	0.80	1.78	4.36
3480	0.99	2.20	4.57	3520	1.04	2.31	4.47	3600	0.87	1.93	4.61
								3760	0.95	2.11	4.82

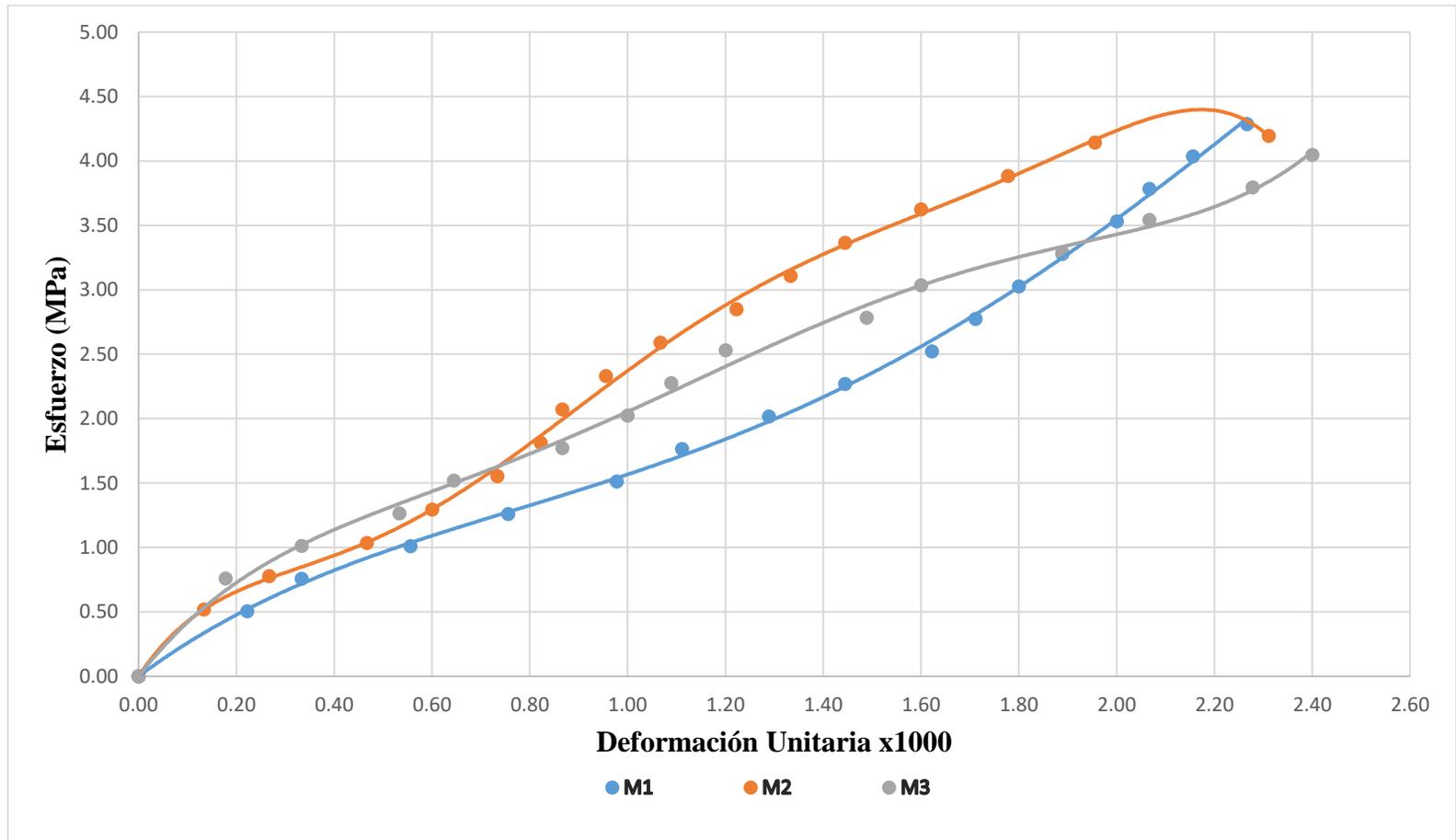
**Figura 14:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 7 días.



**Tabla 50: Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días.**

Patrón + 0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura
	Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)
M1	45	15.20	15.18	M2	45	15.05	15.05	M3	45	15.20	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.26	200	0.00	0.00	0.25
400	0.10	0.22	0.50	400	0.06	0.13	0.52	400	0.00	0.00	0.51
600	0.15	0.33	0.76	600	0.12	0.27	0.78	600	0.08	0.18	0.76
800	0.25	0.56	1.01	800	0.21	0.47	1.04	800	0.15	0.33	1.01
1000	0.34	0.76	1.26	1000	0.27	0.60	1.29	1000	0.24	0.53	1.26
1200	0.44	0.98	1.51	1200	0.33	0.73	1.55	1200	0.29	0.64	1.52
1400	0.50	1.11	1.77	1400	0.37	0.82	1.81	1400	0.39	0.87	1.77
1600	0.58	1.29	2.02	1600	0.39	0.87	2.07	1600	0.45	1.00	2.02
1800	0.65	1.44	2.27	1800	0.43	0.96	2.33	1800	0.49	1.09	2.28
2000	0.73	1.62	2.52	2000	0.48	1.07	2.59	2000	0.54	1.20	2.53
2200	0.77	1.71	2.77	2200	0.55	1.22	2.85	2200	0.67	1.49	2.78
2400	0.81	1.80	3.03	2400	0.60	1.33	3.11	2400	0.72	1.60	3.04
2600	0.85	1.89	3.28	2600	0.65	1.44	3.37	2600	0.85	1.89	3.29
2800	0.90	2.00	3.53	2800	0.72	1.60	3.62	2800	0.93	2.07	3.54
3000	0.93	2.07	3.78	3000	0.80	1.78	3.88	3000	1.03	2.28	3.79
3200	0.97	2.16	4.03	3200	0.88	1.96	4.14	3200	1.08	2.40	4.05
3400	1.02	2.27	4.29	3240	1.04	2.31	4.19				

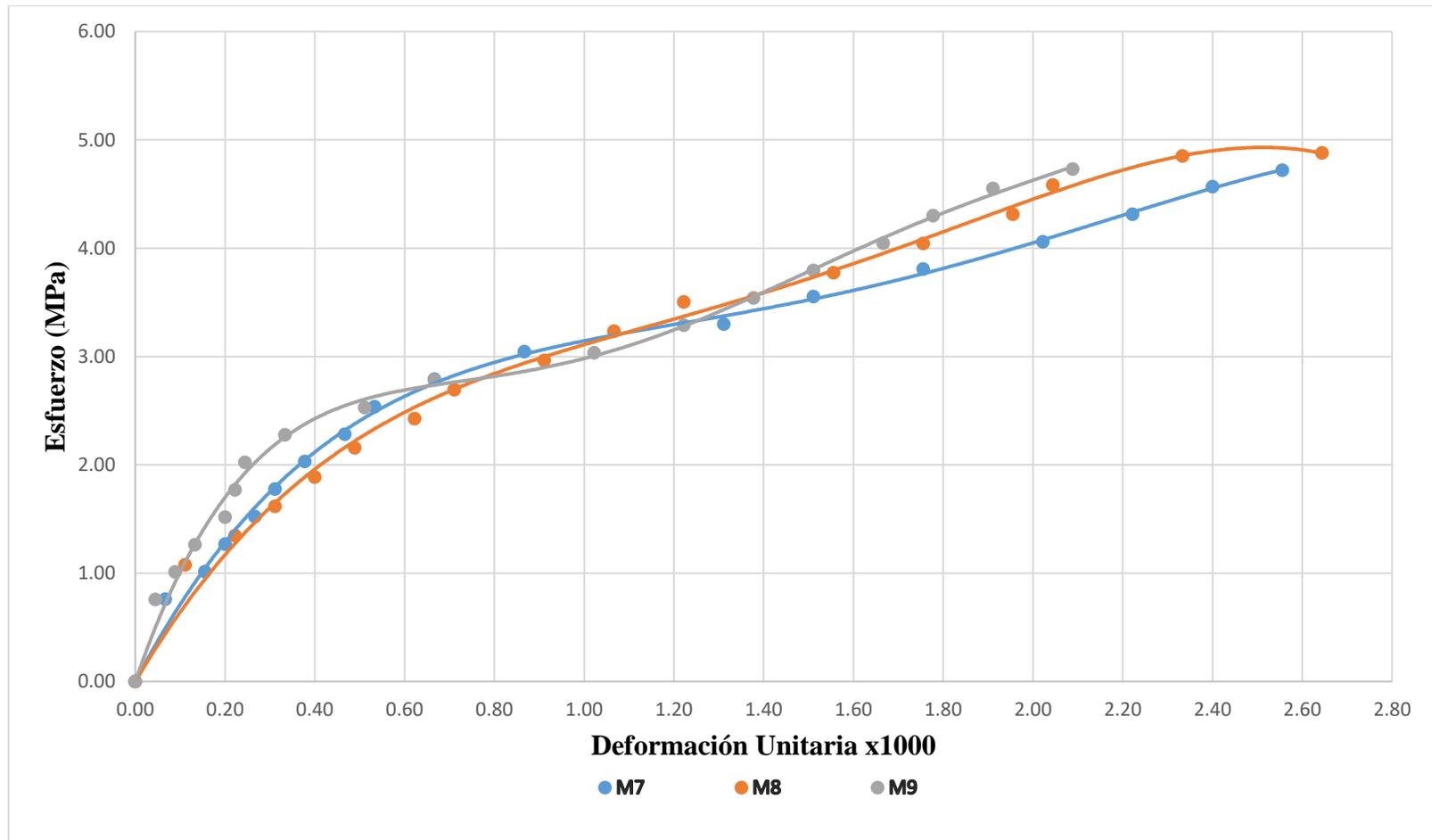
**Figura 15:** Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto patrón a edad de 28 días.



**Tabla 51:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.

Patrón + 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.5kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.5 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura	Espécimen	Longitud	Ancho	Altura
	Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)		Entre Apoyos (cm)	Promedio (cm)	Promedio (cm)
M7	45	15.05	15.20	M8	0	15.15	14.70	M9	45	15.20	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.27	200	0.00	0.00	0.25
400	0.01	0.02	0.51	400	0.00	0.00	0.54	400	0.00	0.00	0.51
600	0.03	0.07	0.76	600	0.00	0.00	0.81	600	0.02	0.04	0.76
800	0.07	0.16	1.02	800	0.05	0.11	1.08	800	0.04	0.09	1.01
1000	0.09	0.20	1.27	1000	0.10	0.22	1.35	1000	0.06	0.13	1.26
1200	0.12	0.27	1.52	1200	0.14	0.31	1.62	1200	0.09	0.20	1.52
1400	0.14	0.31	1.78	1400	0.18	0.40	1.89	1400	0.10	0.22	1.77
1600	0.17	0.38	2.03	1600	0.22	0.49	2.16	1600	0.11	0.24	2.02
1800	0.21	0.47	2.28	1800	0.28	0.62	2.43	1800	0.15	0.33	2.28
2000	0.24	0.53	2.54	2000	0.32	0.71	2.70	2000	0.23	0.51	2.53
2200	0.30	0.67	2.79	2200	0.41	0.91	2.97	2200	0.30	0.67	2.78
2400	0.39	0.87	3.05	2400	0.48	1.07	3.24	2400	0.46	1.02	3.04
2600	0.59	1.31	3.30	2600	0.55	1.22	3.50	2600	0.55	1.22	3.29
2800	0.68	1.51	3.55	2800	0.70	1.56	3.77	2800	0.62	1.38	3.54
3000	0.79	1.76	3.81	3000	0.79	1.76	4.04	3000	0.68	1.51	3.79
3200	0.91	2.02	4.06	3200	0.88	1.96	4.31	3200	0.75	1.67	4.05
3400	1.00	2.22	4.32	3400	0.92	2.04	4.58	3400	0.80	1.78	4.30
3600	1.08	2.40	4.57	3600	1.05	2.33	4.85	3600	0.86	1.91	4.55
3720	1.15	2.56	4.72	3620	1.19	2.64	4.88	3740	0.94	2.09	4.73

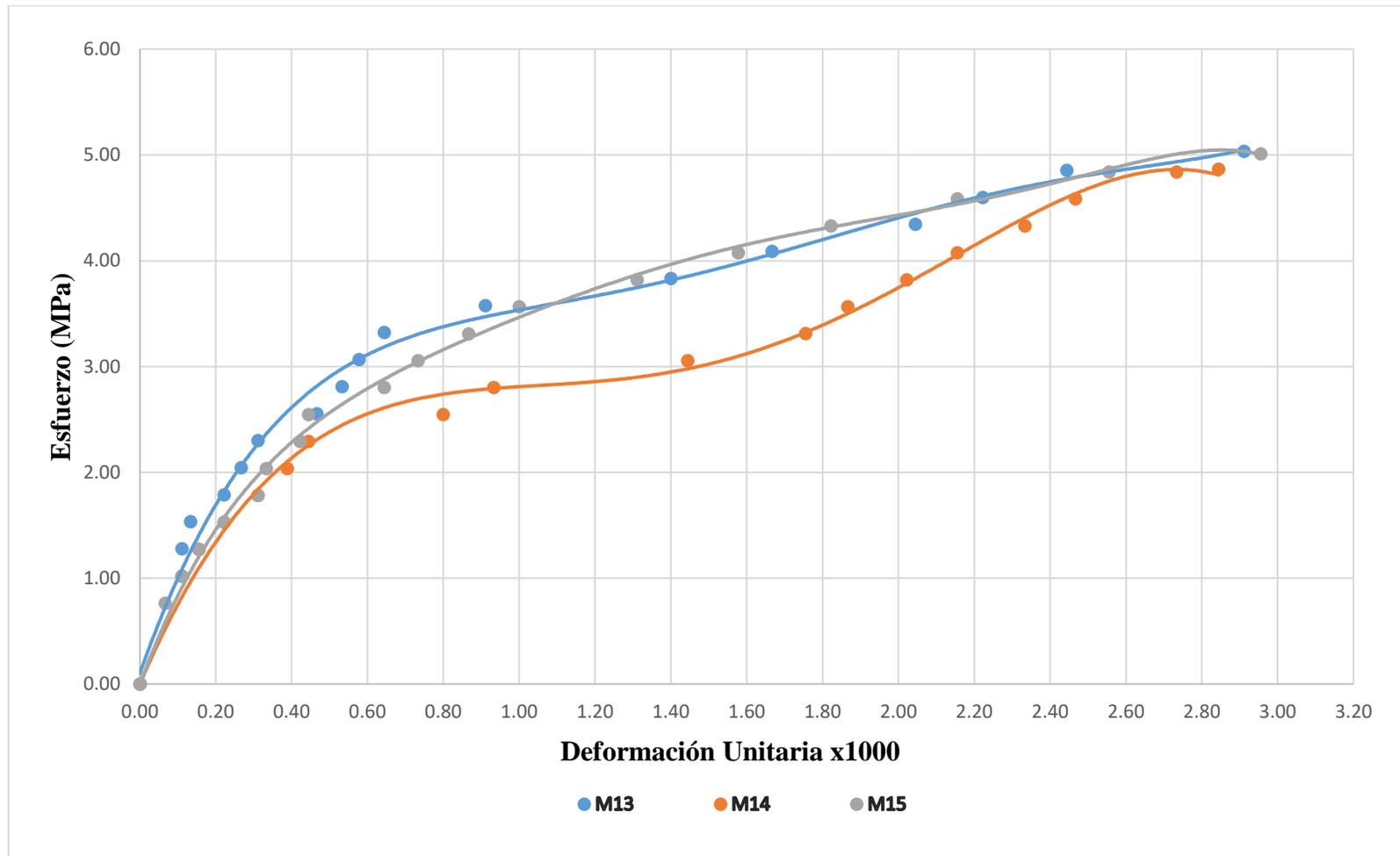
**Figura 16:** Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.5 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días



**Tabla 52:** Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.

Patrón + 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.7kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.7 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M13	45	15.15	15.10	M14	45	15.00	15.20	M15	45	15.10	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.26	200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.25
400	0.00	0.00	0.51	400	0.00	0.00	0.51	400	0.00	0.00	0.51
600	0.00	0.00	0.77	600	0.00	0.00	0.76	600	0.03	0.07	0.76
800	0.00	0.00	1.02	800	0.05	0.11	1.02	800	0.05	0.11	1.02
1000	0.05	0.11	1.28	1000	0.07	0.16	1.27	1000	0.07	0.16	1.27
1200	0.06	0.13	1.53	1200	0.10	0.22	1.53	1200	0.10	0.22	1.53
1400	0.10	0.22	1.79	1400	0.14	0.31	1.78	1400	0.14	0.31	1.78
1600	0.12	0.27	2.04	1600	0.18	0.39	2.04	1600	0.15	0.33	2.04
1800	0.14	0.31	2.30	1800	0.20	0.44	2.29	1800	0.19	0.42	2.29
2000	0.21	0.47	2.56	2000	0.36	0.80	2.55	2000	0.20	0.44	2.55
2200	0.24	0.53	2.81	2200	0.42	0.93	2.80	2200	0.29	0.64	2.80
2400	0.26	0.58	3.07	2400	0.65	1.44	3.06	2400	0.33	0.73	3.06
2600	0.29	0.64	3.32	2600	0.79	1.76	3.31	2600	0.39	0.87	3.31
2800	0.41	0.91	3.58	2800	0.84	1.87	3.57	2800	0.45	1.00	3.57
3000	0.63	1.40	3.83	3000	0.91	2.02	3.82	3000	0.59	1.31	3.82
3200	0.75	1.67	4.09	3200	0.97	2.16	4.07	3200	0.71	1.58	4.07
3400	0.92	2.04	4.34	3400	1.05	2.33	4.33	3400	0.82	1.82	4.33
3600	1.00	2.22	4.60	3600	1.11	2.47	4.58	3600	0.97	2.16	4.58
3800	1.10	2.44	4.85	3800	1.23	2.73	4.84	3800	1.15	2.56	4.84
3940	1.31	2.91	5.03	3820	1.28	2.84	4.86	3935	1.33	2.96	5.01

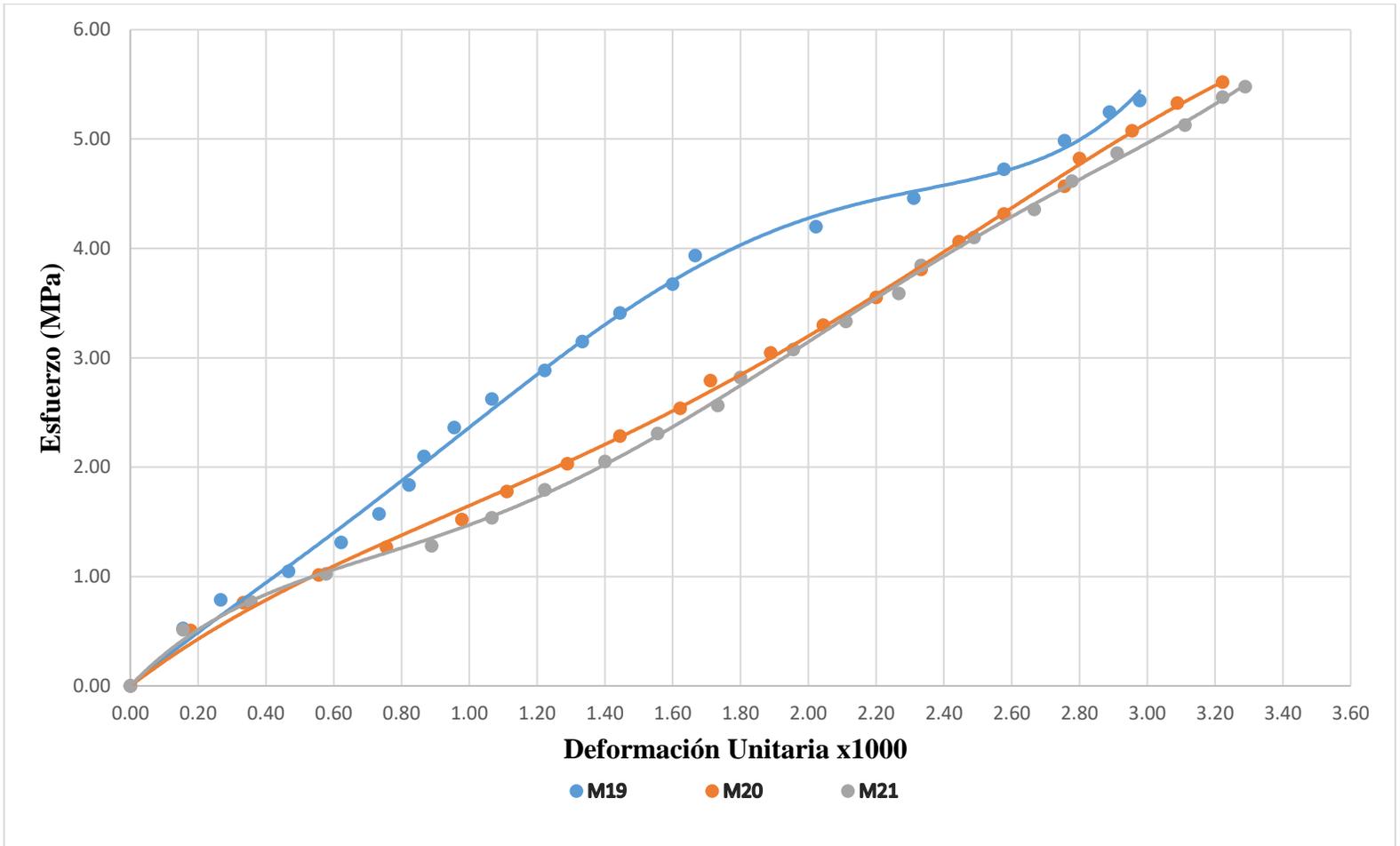
**Figura 17:** Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.7 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.



**Tabla 53: Módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días.**

Patrón + 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM				Patrón + 0.9 kg/m <sup>3</sup> de Sikafiber 1225 PPM			
Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Espécimen	Longitud Entre Apoyos (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)
M19	45	14.95	15.00	M20	45	15.15	15.15	M21	45	15.00	15.15
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria*1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)	Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria *1000	Módulo de Rotura (MPa)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
200	0.00	0.00	0.26	200	0.00	0.00	0.25	200	0.00	0.00	0.26
400	0.07	0.16	0.52	400	0.08	0.18	0.51	400	0.07	0.16	0.51
600	0.12	0.27	0.79	600	0.15	0.33	0.76	600	0.16	0.36	0.77
800	0.21	0.47	1.05	800	0.25	0.56	1.02	800	0.26	0.58	1.03
1000	0.28	0.62	1.31	1000	0.34	0.76	1.27	1000	0.40	0.89	1.28
1200	0.33	0.73	1.57	1200	0.44	0.98	1.52	1200	0.48	1.07	1.54
1400	0.37	0.82	1.84	1400	0.50	1.11	1.78	1400	0.55	1.22	1.79
1600	0.39	0.87	2.10	1600	0.58	1.29	2.03	1600	0.63	1.40	2.05
1800	0.43	0.96	2.36	1800	0.65	1.44	2.28	1800	0.70	1.56	2.31
2000	0.48	1.07	2.62	2000	0.73	1.62	2.54	2000	0.78	1.73	2.56
2200	0.55	1.22	2.89	2200	0.77	1.71	2.79	2200	0.81	1.80	2.82
2400	0.60	1.33	3.15	2400	0.85	1.89	3.05	2400	0.88	1.96	3.08
2600	0.65	1.44	3.41	2600	0.92	2.04	3.30	2600	0.95	2.11	3.33
2800	0.72	1.60	3.67	2800	0.99	2.20	3.55	2800	1.02	2.27	3.59
3000	0.75	1.67	3.94	3000	1.05	2.33	3.81	3000	1.05	2.33	3.85
3200	0.91	2.02	4.20	3200	1.10	2.44	4.06	3200	1.12	2.49	4.10
3400	1.04	2.31	4.46	3400	1.16	2.58	4.32	3400	1.20	2.67	4.36
3600	1.16	2.58	4.72	3600	1.24	2.76	4.57	3600	1.25	2.78	4.61
3800	1.24	2.76	4.99	3800	1.26	2.80	4.82	3800	1.31	2.91	4.87
4000	1.30	2.89	5.25	4000	1.33	2.96	5.08	4000	1.40	3.11	5.13
4080	1.34	2.98	5.35	4200	1.39	3.09	5.33	4200	1.45	3.22	5.38
				4350	1.45	3.22	5.52	4274	1.48	3.29	5.48

**Figura 18:** Grafica del módulo de rotura del concreto vs deformación unitaria para concreto con incorporación de 0.9 kg/m<sup>3</sup> de Sikafiber a los 28 días



Anexo 01: Tabla de distribución normal, estimación de "Z"

$$F(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

**DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA NORMAL**

Mg. Miguel Angel Macetas Hernández

Z	F(z)												
0.50	0.69146	0.95	0.82894	1.40	0.91924	1.85	0.96784	2.30	0.98928	2.75	0.99702	3.20	0.99931
0.51	0.69497	0.96	0.83147	1.41	0.92073	1.86	0.96856	2.31	0.98956	2.76	0.99711	3.21	0.99934
0.52	0.69847	0.97	0.83398	1.42	0.92220	1.87	0.96926	2.32	0.98983	2.77	0.99720	3.22	0.99936
0.53	0.70194	0.98	0.83646	1.43	0.92364	1.88	0.96995	2.33	0.99010	2.78	0.99728	3.23	0.99938
0.54	0.70540	0.99	0.83891	1.44	0.92507	1.89	0.97062	2.34	0.99036	2.79	0.99736	3.24	0.99940
0.55	0.70884	1.00	0.84134	1.45	0.92647	1.9	0.97128	2.35	0.99061	2.8	0.99744	3.25	0.99942
0.56	0.71226	1.01	0.84375	1.46	0.92785	1.91	0.97193	2.36	0.99086	2.81	0.99752	3.26	0.99944
0.57	0.71566	1.02	0.84614	1.47	0.92922	1.92	0.97257	2.37	0.99111	2.82	0.99760	3.27	0.99946
0.58	0.71904	1.03	0.84849	1.48	0.93056	1.93	0.97320	2.38	0.99134	2.83	0.99767	3.28	0.99948
0.59	0.72240	1.04	0.85083	1.49	0.93189	1.94	0.97381	2.39	0.99158	2.84	0.99774	3.29	0.99950
0.60	0.72575	1.05	0.85314	1.50	0.93319	1.95	0.97441	2.40	0.99180	2.85	0.99781	3.3	0.99952
0.61	0.72907	1.06	0.85543	1.51	0.93448	1.96	0.97500	2.41	0.99202	2.86	0.99788	3.31	0.99953
0.62	0.73237	1.07	0.85769	1.52	0.93574	1.97	0.97558	2.42	0.99224	2.87	0.99795	3.32	0.99955
0.63	0.73565	1.08	0.85993	1.53	0.93699	1.98	0.97615	2.43	0.99245	2.88	0.99801	3.33	0.99957
0.64	0.73891	1.09	0.86214	1.54	0.93822	1.99	0.97670	2.44	0.99266	2.89	0.99807	3.34	0.99958
0.65	0.74215	1.1	0.86433	1.55	0.93943	2.00	0.97725	2.45	0.99286	2.9	0.99813	3.35	0.99960
0.66	0.74537	1.11	0.86650	1.56	0.94062	2.01	0.97778	2.46	0.99305	2.91	0.99819	3.36	0.99961
0.67	0.74857	1.12	0.86864	1.57	0.94179	2.02	0.97831	2.47	0.99324	2.92	0.99825	3.37	0.99962
0.68	0.75175	1.13	0.87076	1.58	0.94295	2.03	0.97882	2.48	0.99343	2.93	0.99831	3.38	0.99964
0.69	0.75490	1.14	0.87286	1.59	0.94408	2.04	0.97932	2.49	0.99361	2.94	0.99836	3.39	0.99965
0.70	0.75804	1.15	0.87493	1.60	0.94520	2.05	0.97982	2.50	0.99379	2.95	0.99841	3.4	0.99966
0.71	0.76115	1.16	0.87698	1.61	0.94630	2.06	0.98030	2.51	0.99396	2.96	0.99846	3.41	0.99968
0.72	0.76424	1.17	0.87900	1.62	0.94738	2.07	0.98077	2.52	0.99413	2.97	0.99851	3.42	0.99969
0.73	0.76730	1.18	0.88100	1.63	0.94845	2.08	0.98124	2.53	0.99430	2.98	0.99856	3.43	0.99970
0.74	0.77035	1.19	0.88298	1.64	0.94950	2.09	0.98169	2.54	0.99446	2.99	0.99861	3.44	0.99971
0.75	0.77337	1.2	0.88493	1.65	0.95053	2.1	0.98214	2.55	0.99461	3.00	0.99865	3.45	0.99972
0.76	0.77637	1.21	0.88686	1.66	0.95154	2.11	0.98257	2.56	0.99477	3.01	0.99869	3.46	0.99973
0.77	0.77935	1.22	0.88877	1.67	0.95254	2.12	0.98300	2.57	0.99492	3.02	0.99874	3.47	0.99974
0.78	0.78230	1.23	0.89065	1.68	0.95352	2.13	0.98341	2.58	0.99506	3.03	0.99878	3.48	0.99975
0.79	0.78524	1.24	0.89251	1.69	0.95449	2.14	0.98382	2.59	0.99520	3.04	0.99882	3.49	0.99976
0.80	0.78814	1.25	0.89435	1.70	0.95543	2.15	0.98422	2.60	0.99534	3.05	0.99886	3.5	0.99977
0.81	0.79103	1.26	0.89617	1.71	0.95637	2.16	0.98461	2.61	0.99547	3.06	0.99889	3.51	0.99978
0.82	0.79389	1.27	0.89796	1.72	0.95728	2.17	0.98500	2.62	0.99560	3.07	0.99893	3.52	0.99978
0.83	0.79673	1.28	0.89973	1.73	0.95818	2.18	0.98537	2.63	0.99573	3.08	0.99896	3.53	0.99979
0.84	0.79955	1.29	0.90147	1.74	0.95907	2.19	0.98574	2.64	0.99585	3.09	0.99898	3.54	0.99980
0.85	0.80234	1.3	0.90320	1.75	0.95994	2.2	0.98610	2.65	0.99598	3.1	0.99903	3.55	0.99981
0.86	0.80511	1.31	0.90490	1.76	0.96080	2.21	0.98645	2.66	0.99609	3.11	0.99906	3.56	0.99981
0.87	0.80785	1.32	0.90658	1.77	0.96164	2.22	0.98679	2.67	0.99621	3.12	0.99910	3.57	0.99982
0.88	0.81057	1.33	0.90824	1.78	0.96246	2.23	0.98713	2.68	0.99632	3.13	0.99913	3.58	0.99983
0.89	0.81327	1.34	0.90988	1.79	0.96327	2.24	0.98745	2.69	0.99643	3.14	0.99916	3.59	0.99983
0.90	0.81594	1.35	0.91149	1.80	0.96407	2.25	0.98778	2.70	0.99653	3.15	0.99918	3.6	0.99984
0.91	0.81859	1.36	0.91309	1.81	0.96485	2.26	0.98809	2.71	0.99664	3.16	0.99921	3.61	0.99985
0.92	0.82121	1.37	0.91466	1.82	0.96562	2.27	0.98840	2.72	0.99674	3.17	0.99924	3.62	0.99985
0.93	0.82381	1.38	0.91621	1.83	0.96638	2.28	0.98870	2.73	0.99683	3.18	0.99926	3.63	0.99986
0.94	0.82639	1.39	0.91774	1.84	0.96712	2.29	0.98899	2.74	0.99693	3.19	0.99929	3.64	0.99986

Anexo 02: Tabla de distribución normal, estimación de “P”

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010

## Anexo 03: Fichas técnicas

### 1. Ficha técnica de la fibra SikaFiber®1225 PPM.



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# SikaFiber®1225 PPM

MICROFIBRA SINTÉTICA DE MONOFILAMENTO.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFiber®1225 PPM es una fibra de polipropileno de monofilamento (fabricada con 100% de resina de polipropileno virgen) diseñada específicamente para su uso en hormigón como refuerzo secundario. Específicamente diseñado y fabricado en una instalación de fabricación certificada con ISO 9001. SikaFiber-1225 PPM está diseñado para controlar el agrietamiento por retracción plástica por secado y por asentamiento.

### USOS

SikaFiber®1225 PPM se puede utilizar en todo tipo de concreto. Las aplicaciones típicas incluyen:

- Losas
- Aceras
- Calzadas
- Cubiertas
- Bordillos
- Elementos prefabricados
- Revestimientos, etc.

SikaFiber®1225 PPM actúa físicamente reforzando al concreto con una red de fibra multidimensional. SikaFiber®1225 PPM puede disminuir el agrietamiento por retracción plástica y por secado y aumenta la resistencia al impacto. En caso de que el concreto (ya endurecido) esté expuesto al fuego, la presencia de SikaFiber®-1225 PPM reduce el desprendimiento explosivo del concreto (spalling).

No afecta químicamente el proceso de curado, fraguado y no absorbe agua. No reemplaza el curado.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Manejo simple, facilidad de trabajo.
- Reduce el agrietamiento por retracción plástica.
- Proporciona refuerzo multidimensional.
- Mejora la resistencia al impacto, rotura y abrasión del concreto.
- Reduce la exudación.
- Reduce el daño por ciclos hielo - deshielo.
- Excelente terminación a la vista.
- Mayor durabilidad.
- Reducción de desprendimiento en caso de incendio.

### CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la norma europea EN 14889-2 fibras para concreto Parte 2: Clase Ia.

Cumple con ASTM C1116 / C1116M, concreto reforzado con fibra tipo III y también con ASTM D7508

## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Polipropileno
Empaques	▪ Bolsas hidrosolubles de 0.6 kg, 35 bolsas por caja.
Apariencia / Color	Microfibra sintética monofilamento de color blanco.
Vida Útil	Por la naturaleza del empaque (hidrosoluble) se recomienda darle uso dentro de los 5 años a partir de la fecha de fabricación.
Condiciones de Almacenamiento	SikaFiber®1225 PPM se debe almacenar en un ambiente seco, en su envase original y cerrado. Evitar contacto directo con la intemperie.
Densidad	0.91 g/cm <sup>3</sup>
Dimensiones	▪ Longitud: Entre 12.7 mm y 19 mm ▪ Diámetro: entre 0,030 - 0,050 mm. ▪ Relación de aspecto: varía de 250 a 630
Punto de Fusión	Entre 162 °C

## INFORMACIÓN TÉCNICA

Absorción de Agua	No tiene absorción.
Resistencia a la Alcalinidad	Excelente

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	La dosis de SikaFiber®1225 PPM varía según el tipo de aplicación y los requisitos de rendimiento y desempeño. La proporción de dosis recomendada estándar está entre 0,5 - 0,9 kg/m <sup>3</sup> para reducir la fisuración por contracciones plásticas. Al menos 0.9kg/m <sup>3</sup> para mejorar la resistencia al impacto y entre 1 - 2 kg/m <sup>3</sup> para mejorar la resistencia al fuego.
Dosificación	Se puede agregar SikaFiber®1225 PPM en la bolsa hidrosoluble directamente al sistema de mezcla de concreto después de agregar el total del material al mixer y mezclar al menos 4 a 5 minutos o 70 revoluciones. La adición de SikaFiber®1225 PPM en el rango de dosisrecomendado no requiere ningún diseño de mezcla específico o cambios del mismo. El concreto con fibra se puede mezclar, bombear o colocar utilizando equipos convencionales.

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

## 2. Ficha técnica del Cemento Portland Tipo I.



Pacasmayo

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 04

Planta: Pacasmayo

### Cemento Pórtland Tipo I

13 de enero de 2023

Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

### REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

#### QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.0
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.5

#### FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	2600 mín.	3960
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	^	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	^	14.6
3 días	12.0 mín.	27.7
7 días	19.0 mín.	33.7
28 días *	28.0 mín.	42.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	145
Final	375 máx.	260

^ No especifica

\* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. A.

# CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”



## DESCRIPCIÓN

**Cemento Portland Tipo I.** Gracias a su nuevo diseño de Clinker, se logra un concreto más durable brindando alta resistencia a todas las edades.



## USOS

- Cemento de uso general.

## ATRIBUTOS

**Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales**

**Altas resistencias a todas las edades**

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

## RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



**Resistencia a la compresión (psi)**

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150



# Cemento Portland tipo I

## Requisitos Normalizados

NTP 334.009 / ASTM C150

### REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO <sub>3</sub>	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

### REQUERIMIENTOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm <sup>2</sup> /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
<b>Resistencia a la compresión</b>					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días <sup>(1)</sup>	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat</b>					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

(1) Requisito opcional.

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado: para que utilices el cemento más fresco



Fecha de vencimiento: para aprovechar de mejor manera sus propiedades

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

**Anexo 04: Constancia de realización de ensayos de materiales en el laboratorio de ensayos de materiales de la facultada de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
*Laboratorio de Ensayo de Materiales*



**El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:**

**CONSTANCIA**

Al Bach. VÁSQUEZ TORRES, ÍTALO NICSÓN, Exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, que ha realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo Contenido de humedad
02	Ensayo Análisis granulométrico
03	Ensayo Peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo Peso específico
05	Ensayo de absorción
06	Ensayo material más fino que pasa el tamiz 200
07	Ensayo de resistencia a la degradación, por abrasión e impacto
08	Elaboración de especímenes prismáticos de concreto
09	Ensayo a la flexión en vigas simplemente apoyadas.

Para la Tesis Titulada: “**INFLUENCIA DEL SIKAFIBER 1225 PPM EN UN CONCRETO HIDRÁULICO DE MÓDULO DE ROTURA 4 Mpa, EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA-2023**”. Mencionadas actividades se desarrollaron del 21 de diciembre del 2023 al 05 de marzo del 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 03 de mayo de 2024.

Atentamente:

c.c. a:  
\_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Ing. Mauro Contreras Vargas  
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

## Anexo 05: Panel Fotográfico

*Figura 19: Extracción de agregados de la cantera “La Isla”*



*Figura 20: Ensayo de contenido de humedad, colocación de la muestra a la estufa.*



*Figura 21: Ensayo de análisis granulométrico de los agregados.*



*Figura 22: Ensayo de pesos específicos y absorción de los agregados.*



*Figura 23: Ensayo de peso específico de agregado fino*



*Figura 24: Ensayo de peso unitario de agregado grueso.*



**Figura 25: Ensayo de resistencia a la abrasión**



**Figura 26: Mezcla del agregado con la fibra SikaFiber®1225 PPM**



*Figura 27: Elaboración de probetas prismáticas.*



*Figura 28: Ensayo de peso unitario fresco del concreto*



*Figura 29: Ensayo de asentamiento del concreto.*



*Figura 30: Desencofrado de probetas prismáticas*



*Figura 31: Registro de dimensiones y pesos del concreto endurecido*



*Figura 32: Acopio para rotura de probetas*



*Figura 33: Rotura de probetas a los 7 días*



*Figura 34: Rotura de probetas con tipo de falla central*



*Figura 35: Rotura de probetas a los 28 días*



*Figura 36: Acopio de probetas ensayadas*

