

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“Diseño de pavimento rígido Reforzado incorporando
fibra sintética en vía la colectora, Huánuco 2025”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: Garcia Sosa, Harold Eriksson

ASESOR: Aguilar Alcántara, Leonel Marlo

**HUÁNUCO - PERÚ
2026**

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Geotecnia

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero(a) Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI):75950877

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDO S Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Torres Ponce, Carlos Antonio	Magister en gestión publica	22407564	0000-0001-9026-0647
2	Verastegui Ayala, Yessica Julia	Maestro en ciencias con mención en ingeniería de transporte	43962020	0000-0002-4387-5013
3	Miraval Rojas, Biseth	Maestro en gestión y Negocios, con mención en Gestión de Proyectos.	47474699	0000-0001-5605-3003



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 12:30 horas del día **viernes 11** de **setiembre** de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

❖ DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE	PRESIDENTE
❖ DRA. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA	SECRETARIO
❖ MG. BISETH MIRAVAL ROJAS	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1584-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTÉTICA EN VÍA LA COLECTORA, HUÁNUCO 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: **Harold Eriksson GARCIA SOSA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **15** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47).

Siendo las **13:31** horas del día **11** del mes de **setiembre** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE
DNI: 22407564
ORCID: 0000-0001-9026-0647
PRESIDENTE


DRA. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA
DNI: 43962020
ORCID: 0000-0002-4387-5013
SECRETARIO (A)


MG. BISETH MIRAVAL ROJAS
DNI: 47474699
ORCID: 0000-0001-5605-3003
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **HAROLD ERIKSSON GARCIA SOSA**, de la investigación titulada **"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTÉTICA EN VÍA LA COLECTORA, HUÁNUCO 2025"**, con asesor(a): **LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 0160-2024-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **18 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 24 de julio de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 24 de noviembre de 2026.

Jr. Hermilio Valdizán N° 871 - Jr. Progreso N° 650 - Teléfono: 952 069 844
Huánuco - Perú

92. Garcia Sosa Harold Erickson.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	8%
2	repositorio.udh.edu.pe	Fuente de Internet	2%
3	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
4	repositorio.utea.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unheval.edu.pe	Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ulvr.edu.ec	Fuente de Internet	1%
8	dspace.ups.edu.ec	Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Privada del Norte	Trabajo del estudiante	<1%
10	apirepositorio.unh.edu.pe	Fuente de Internet	<1%



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

La presente investigación tiene como dedicatoria a Dios por regalarme la vida por ser mi guía y fortaleza, a mis padres Julio Cesar Garcia Echevarría y Gladys Haydee Sosa Pinto, quienes son el pilar fundamental para poder lograr todos mis logros trazados, enseñándome con su ejemplo y perseverancia, apoyándome en mi formación académica.

A mis hermanos, quienes han sido de apoyo para poder sobrellevar mi formación académica de la mejor manera posible, inspirándome hacer mejor cada día.

AGRADECIMIENTO

La presente investigación tiene agradecimiento a mis mentores, mis docentes que entregaron sabiduría y dedicación en cada clase, motivándome a alcanzar una formación académica excelente.

A mi asesor el Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcántara por orientarme con paciencia y sabiduría a lo largo de la realización de mi tesis.

A mi alma mater la Universidad de Huánuco, donde realice mis estudios mediante una formación continua y a la vez con docentes de alta trayectoria profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA.....	20
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	22
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	22
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	24
2.1.3. A NIVEL LOCAL	27
2.2. BASES TEÓRICAS.....	28
2.2.1. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	28
2.2.2. FIBRA SINTÉTICA.....	37
2.2.3. PROPIEDADES MECÁNICAS.....	43
2.2.4. CÁLCULO DE ESPESOR DEL PAVIMENTO...	45
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	48

2.4. HIPÓTESIS	50
2.4.1.HIPÓTESIS GENERAL	50
2.4.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	51
2.5. VARIABLES	51
2.5.1.VARIABLE INDEPENDIENTE	51
2.5.2.VARIABLE DEPENDIENTE.....	51
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	52
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	53
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.1.ENFOQUE	53
3.1.2.ALCANCE O NIVEL	53
3.1.3.DISEÑO	54
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.2.1.POBLACIÓN	54
3.2.2.MUESTRA	54
3.2.3.MUESTREO.....	55
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	56
3.3.1.TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	56
3.3.2.PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS (Cuadro y/o gráficos).....	56
3.3.3.PARA EL ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	57
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	57
CAPÍTULO IV	58
RESULTADOS	58
4.1.PROCESAMIENTO DE DATOS	58
4.2.CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS	80
CAPÍTULO V.....	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

ANEXOS	98
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas de la fibra sintetica	39
Tabla 2 Operacionalizacion de variables	52
Tabla 3 Distribución de las muestras para el experimento - ensayo a comprensión y Flexión	55
Tabla 4 Contenido de Humedad y Absorción de los agregados	58
Tabla 5 Pesos Unitarios y Gravedad Especifica	58
Tabla 6 Análisis Granulométrico del agregado fino y grueso	59
Tabla 7 Tabla de diseño de mezcla f'c 210 para el M1 (control)	60
Tabla 8 Resumen de diseño de mezcla f'c 210 kg/ cm ²	60
Tabla 9 Resultado del ensayo del Asentamiento Slump (probetas).....	60
Tabla 10 Resultado de Resistencia a Compresión de la muestra Patrón a los 28 días	61
Tabla 11 Desviación estándar a los 28 días de la muestra Patrón	62
Tabla 12 Resultado de Resistencia a Compresión de la muestra añadiendo 0.7% de Fibra Sika a los 28 días	63
Tabla 13 Desviación estándar a los 28 días incorporando 0.7% de fibra a la muestra.....	64
Tabla 14 Resultado de Resistencia a Compresión de la muestra añadiendo 0.9% de Fibra Sika a los 28 días	65
Tabla 15 Desviación estándar a los 28 días incorporando 0.9% de fibra a la muestra.....	66
Tabla 16 Análisis de incremento promedio de Resistencia respecto al patrón a los 28 días.....	67
Tabla 17 Resultado de Resistencia a la Flexión de la muestra Patrón a los 28 días	68
Tabla 18 Desviación estándar a los 28 días del ensayo a la resistencia a la flexión del grupo patrón.	69
Tabla 19 Resultado de Resistencia a la Flexión con adición de fibra Sika al 0.7% a los 28 días	70
Tabla 20 Desviación estándar a los 28 días del ensayo a la resistencia a la flexión incorporando fibra al 0.7%.....	71
Tabla 21 Resultado del Mr con adición de fibra Sika al 0.9% a los 28 días ..	71

Tabla 22 Desviación estándar a los 28 días del ensayo a la resistencia a la flexión con incorporación de fibra al 0.9%.	72
Tabla 23 Análisis de incremento promedio del Mr respecto al patrón a los 28 días	73
Tabla 24 Análisis de aportes unitarios para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	74
Tabla 25 Análisis de Costos de Materiales Base (por 1 m^3)	74
Tabla 26 Análisis Final de costos respecto a la muestra patrón	75
Tabla 27 Resumen de ahorro comparativo por m^3 entre el concreto patrón y el concreto reforzado incorporando fibra al 0.7% y 0.9%.....	75
Tabla 28 Consolidado del conteo vehicular y IMDa	76
Tabla 29 Proyección ESAL (20 años)	77
Tabla 30 Parámetros de diseño para el pavimento rígido	78
Tabla 31 Diseño del espesor de la losa de pavimento rígido optimizado (0.9% Fibra)	79
Tabla 32 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para la resistencia a la compresión ($f'c$).....	80
Tabla 33 Prueba de Homogeneidad Levene de varianzas ($f'c$).....	81
Tabla 34 Análisis de Varianza ANOVA para el ($f'c$)	81
Tabla 35 Comparaciones múltiples según la prueba de Tukey para el ($f'c$)..	82
Tabla 36 Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para hallar el módulo de rotura Mr.	83
Tabla 37 Prueba de Homogeneidad Levene de varianzas para el módulo de rotura Mr	83
Tabla 38 Varianza ANOVA para el módulo de rotura.....	84
Tabla 39 Comparaciones múltiples según la prueba de Tukey para el Modulo de rotura	84
Tabla 40 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	85
Tabla 41 Prueba de Homogeneidad Levene de varianzas para los costos unitarios	86
Tabla 42 Resumen de la Prueba del T de Student para muestras independientes.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos de construcción del pavimento rígido	30
Figura 2 Resistencia a la compresión – Grupo Patrón (f_c) a los 28 días....	61
Figura 3 Valores del (f_c) añadiendo 0.7% de Fibra a los 28 días	63
Figura 4 Valores del (f_c) añadiendo 0.9% de Fibra a los 28 días	65
Figura 5 Valores del (f_c) promedio respecto a la muestra patrón a los 28 días	67
Figura 6 Valores del (M_r) de la muestra patrón a los 28 días	68
Figura 7 Valores del (M_r) de la muestra añadiendo fibra al 0.7% a los 28 días	70
Figura 8 Valores del (M_r) de la muestra añadiendo fibra al 0.9% a los 28 días	71
Figura 9 Comparación del M_r promedio del análisis porcentual, respecto a la muestra patrón, el M2 Y M3.....	73
Figura 10 Comparación de los costos directos del concreto respecto a la muestra patrón y la muestra con fibra.....	76

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Elección y Utilización de la Fibra Sikafer 1225 de polipropileno.....	126
Fotografía 2 Selección del agregado fino y grueso	126
Fotografía 3 Pesaje del agregado fino y grueso para las probetas $F'c=210\text{kg/cm}^2$	127
Fotografía 4 Pesaje del agua para el diseño de mezcla $F'c=210\text{kg/cm}^2$	127
Fotografía 5 Pesaje de fibra SikaFer 1225 al 0.7% y 0.9%	128
Fotografía 6 Adición de los agregados y agua al trompo	128
Fotografía 7 Ensayo Slump para determinar su asentamiento	129
Fotografía 8 Elaboración de probetas para un $F'c=210\text{kg/cm}^2$	129
Fotografía 9 Varillado y muestra representativa de las probetas	130
Fotografía 10 Proceso de curado de las probetas con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$.	130
Fotografía 11 Ensayo de la resistencia a compresión y rotura de probeta con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (patrón)	131
Fotografía 12 Ensayo de la resistencia a compresión y rotura de probeta con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (con adición 0.7% de Fibra Sika Fer)	131
Fotografía 13 Ensayo de la resistencia a compresión y rotura de probeta con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (con adición 0.9%)	132
Fotografía 14 Adición para desmoldar los moldes prismáticos rectangulares de 50x15x15cm.....	132
Fotografía 15 Agregado Fino y grueso proceso de selección	133
Fotografía 16 Pesaje del agregado Fino y Grueso para la dosificación de la mezcla de las vigas con $F'c=210\text{kg/cm}^2$	133
Fotografía 17 Pesaje del cemento tipo 1	134
Fotografía 18 Adición de los agregados finos y gruesos al trompo para la mezcla de diseño	134
Fotografía 19 Adición de agua y cemento al trompo	135
Fotografía 20 Ensayo del Slump para determinar el asentamiento	135
Fotografía 21 Elaboración de vigas con $F'c=210\text{kg/cm}^2$ 50x15x15cm (Patrón)	136
Fotografía 22 Muestras del pesaje de Fibra SikaFer al 0.7% y 0.9%	136

Fotografia 23 Elaboración de vigas con $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ 50x15x15cm Agregando 0.7% de Fibra Sika	137
Fotografia 24 Elaboración de vigas con $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ 50x15x15cm Agregando 0.9% de Fibra Sika	137
Fotografia 25 Proceso de curado de vigas $F'c=210\text{kg/cm}^2$	138
Fotografia 26 Muestras de las vigas para un $F'c=210\text{kg/cm}^2$	138
Fotografia 27 Trazos en los apoyos	139
Fotografia 28 Ensayo a la resistencia a la flexión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (patrón) .	139
Fotografia 29 Rotura de Vigas $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (patrón)	140
Fotografia 30 Ensayo a la resistencia a la flexión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con 0.7% de Fibra Sika Fer	140
Fotografia 31 Rotura de Vigas $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con 0.7% Fibra Sikafer 1225	141
Fotografia 32 Ensayo y rotura a la resistencia a la flexión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con 0.9% Fibra Sikafer 1225	141
Fotografia 33 Conteo Vehicular	142

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia de la microfibras de polipropileno en el diseño y costo del pavimento rígido para la Vía Colectora (km 1+950 al 2+600) en Huánuco. La metodología fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y nivel explicativo, empleando un diseño experimental puro. Se evaluaron tres grupos de estudio: un diseño patrón (0% fibra) y dos mezclas experimentales con adición de fibra sintética al 0.7% (M1) y 0.9% (M2).

Los ensayos de laboratorio revelaron que la dosificación al 0.9% optimizó significativamente las propiedades mecánicas, alcanzando una resistencia a la compresión (f'_c) de 269.75 kg/cm² y un módulo de rotura (M_r) de 44.72 kg/cm², superando en un 12.51% y 16.88% al diseño convencional, respectivamente. En el aspecto económico, el análisis de costos unitarios en lo que respecta al diseño de mezcla en la diferente dosificación de microfibras determinó, que al 0.7% es la alternativa más eficiente, logrando un ahorro de S/. 152.80 por m³.

El procesamiento estadístico, mediante las pruebas de ANOVA y Tukey, arrojó un p-valor de .001, validando la hipótesis de que el refuerzo sintético mejora el desempeño estructural y la rentabilidad del proyecto. Se concluye que el uso de microfibras es una solución técnicamente y económicamente viable para la infraestructura vial de la región.

Palabras clave: Pavimento rígido, microfibras de polipropileno, resistencia a la compresión, módulo de rotura, optimización de costos.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the influence of polypropylene microfiber on the design and cost of rigid pavement for the Colector Road (km 1+950 to 2+600) in Huánuco. The methodology was applied, with a quantitative approach and an explanatory level, using an pure experimental design. Three study groups were evaluated: a control mix (0% fiber) and two experimental mixtures incorporating synthetic fiber at 0.7% (M1) and 0.9% (M2).

Laboratory tests showed that the 0.9% dosage significantly improved the mechanical properties, achieving a compressive strength (f'_c) of 269.75 kg/cm² and a modulus of rupture (M_r) of 44.72 kg/cm², exceeding the conventional mix by 12.51% and 16.88%, respectively. From an economic perspective, the unit cost analysis of the different dosages determined that the mixture with 0.7% fiber is the most cost-efficient alternative, achieving savings of S/. 152.80 per m³ compared to the other evaluated mixtures.

Statistical analysis, using ANOVA and Tukey tests, yielded a p-value of 0.001, confirming the hypothesis that synthetic fiber reinforcement improves both structural performance and cost efficiency. It is concluded that the use of microfibers represents a technically and economically viable solution for road infrastructure in the region.

Keywords: Rigid pavement, polypropylene microfiber, compressive strength, modulus of rupture, cost optimization.

INTRODUCCIÓN

En pleno siglo XXI, la construcción en el Perú ha tenido menos eficiencia las políticas de Gestión. Existe numerosos factores que producen retrasos en obras tales son demoras administrativas, logísticas, planeamiento y de ejecución. En la industria de la construcción a nivel local ha presentado déficit en los procedimientos constructivos, ya sea demoras administrativas, productividad, mala calidad de ejecución de obras, retrasos injustificados, porcentaje de avance de obra, entre otros. El presente estudio surgió a optimizar recursos constructivos y mejorar la calidad y productividad en la construcción de pavimentos rígidos la cual mediante la presente investigación determinaremos la significancia de diseñar pavimentos rígidos reforzado incorporando fibra sintética en la vía colectora.

El pavimento rígido constituye una de las principales soluciones estructurales utilizadas en la infraestructura vial debido a su elevada capacidad portante, durabilidad y resistencia al desgaste. Sin embargo, uno de los problemas más frecuentes en este tipo de pavimentos es la aparición de fisuras tempranas, originadas principalmente por la retracción plástica del concreto, variaciones térmicas y esfuerzos inducidos por cargas repetitivas de tránsito. estas fisuras afectan la vida útil del pavimento incrementan los costos de mantenimiento y reducen el desempeño estructural de la losa. Desde el punto de vista del diseño de pavimentos rígidos, el parámetro más relevante es el módulo de rotura del concreto, ya que este define la capacidad de la losa para resistir esfuerzos de flexión inducidos por cargas vehiculares, la mejora de esta propiedad mediante incorporación de fibras sintéticas puede permitir optimizar el espesor de la losa, incrementar la vida del servicio del pavimento y reducir costos de conservación. Por ello, el análisis del efecto de diferentes dosificaciones de fibra sintética en las propiedades mecánicas del concreto constituye un aspecto de interés técnico en la ingeniería vial contemporánea.

A nivel local y particularmente la región de Huánuco, los pavimentos rígidos se ven expuestos a condiciones climáticas variables, cargas repetitivas y limitaciones en mantenimiento, lo que favorece la aparición prematura de

fisuras y deterioros estructurales hasta su falla. Ante esta problemática, resulta pertinente evaluar soluciones que mejoren el desempeño del concreto sin incrementar significativamente los costos constructivos. La incorporación de fibras sintéticas representa una alternativa viable, debido a la facilidad de dosificación, compatibilidad de mezclas convencionales y disponibilidad comercial. En este sentido la presente investigación tiene como propósito evaluar el efecto de la incorporación de fibra sintética en las propiedades mecánicas del concreto para pavimento rígido y su influencia en el diseño estructural de losas de pavimento. Para ello se analizarán mezclas de concreto con diferentes dosificaciones de fibra y se determinarán sus resistencias mecánicas mediante ensayos de laboratorio, con el fin de establecer su incidencia en el comportamiento estructural y económico del pavimento rígido.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El tránsito por la red vial nacional e internacional evidencia frecuentemente fallas estructurales que comprometen su operatividad. En este sentido, la concepción técnica de pavimentos rígidos demanda un análisis riguroso, dado que la durabilidad y funcionalidad de la vía dependen de variables críticas como la capacidad portante del suelo, las características de los agregados, la intensidad del tráfico pesado y las cargas de diseño. Según Calderón (2019), esta tipología de pavimento se fundamenta en una losa de concreto hidráulico que distribuye las presiones hacia las capas inferiores, destacando por su eficiencia económica en términos de conservación a largo plazo. Por su parte, Valer (2020) define a las fibras como elementos de refuerzo discontinuos que, al ser integrados en el matriz cementante, optimizan las propiedades mecánicas de la mezcla, proporcionando una estructura más resiliente ante los esfuerzos de tensión.

A nivel internacional, el deterioro del pavimento es causado por diversos factores como la influencia climática de la zona, las propiedades de los materiales empleados, las cargas vehiculares y que a su vez las grietas tienden a desarrollarse cuando la tensión ejercida sobre la superficie del pavimento es mayor a la resistencia a la flexión del concreto, donde el rendimiento final de la estructura de concreto estará sujeto a la unión de los elementos que conforman la mezcla de concreto y cuya mejora de esta característica se encontrará con el uso de fibras (Uría, 2020). El pavimento rígido brinda excelentes ventajas en términos de durabilidad y eficiencia económica; no obstante, el mantenimiento adecuado de este pavimento resulta complicado en caso de deterioro. Las grietas por contracción por secado en el pavimento rígido son la principal razón de aquellas desventajas, y la necesidad de mantenimiento en las carreteras incrementa cada día; para limitar las fisuras por contracción por secado se utilizan fibras en el hormigón fresco (Bazán & Holguín, 2021). Tal como indican Alsabbagh et al. (2019), la

adición de fibras sintéticas a pavimentos rígidos ha incrementado significativamente en las últimas décadas, mejorando la capacidad de flexión, la tenacidad, resistencia a la fatiga y la durabilidad, reduciendo el ancho de las grietas. Un estudio desarrollado por Basiouny et al. (2021), en Egipto, encontraron que el efecto del uso de fibras macro sintéticas sobre la resistencia a la compresión es mínimo, mientras que la resistencia a la tracción y resistencia a la flexión del hormigón macro reforzado con fibras sintéticas mejoran en un 20 y 34%, de forma respectiva; además, la tensión de contracción por secado del hormigón macro reforzado con fibras sintéticas se puede reducir de forma significativa en aproximadamente el 60% en comparación con la del hormigón simple. En el contexto peruano, las estadísticas proporcionadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2022) revelan una infraestructura vial que alcanza los 173,611 km, distribuidos entre superficies pavimentadas y afirmadas. De esta extensión, la red nacional abarca 27,109 km, mientras que las redes departamentales y vecinales cubren 27,963 km y 118,540 km, respectivamente. Es relevante notar que solo 30,209 km cuentan con pavimentación (rígida o flexible), concentrándose la mayor parte en la red nacional (22,672 km). Bajo esta premisa, Cruz y Guevara (2020) sostienen que, aunque el pavimento flexible predomina por su menor inversión inicial, su demanda de mantenimiento es significativamente mayor frente a las soluciones de concreto rígido. Ante esta realidad técnica, el empleo de concreto reforzado con filamentos sintéticos surge como una alternativa innovadora en el Perú. Estas macro fibras no solo optimizan la respuesta mecánica de las losas, sino que incrementan la ductilidad del sistema, actuando como un mecanismo preventivo ante la formación de fisuras superficiales por retracción o fatiga empleándose desde pavimentos rígidos, hasta el reforzamiento de estabilidad en túneles, haciendo a este, un material cada vez con más demanda en el mercado de la construcción (Valer, 2020).

De acuerdo con Calderón (2019), este tipo de refuerzos son de origen sintético, derivando de procesos industriales vinculados a las ramas petroquímica y textil. Su función principal radica en mitigar la retracción plástica y, por ende, el agrietamiento prematuro, extendiendo su utilidad hacia

elementos como tejas, morteros y estructuras pretensadas. Complementando esta base teórica, Ferro y Villanueva (2022) ejecutaron un estudio experimental en Cañete, determinando que una adición del 15% de fibras plásticas recicladas resulta óptima para la mezcla. En dicha investigación, se reportaron incrementos significativos en la capacidad mecánica, logrando mejoras del 24.76% en flexión y del 9.40% en compresión. Asimismo, los autores destacaron una reducción del 9.52% en el espesor del pavimento, lo que se tradujo en una optimización del 4.83% en la relación costo-beneficio frente a un diseño de concreto tradicional.

A nivel local, se ha hecho poco para poder aplicar la fibra sintética, ya que se cuenta con poco conocimiento o poca difusión de los métodos y técnicas que son utilidad. Motivado por esta carencia y la gran importancia que puede representar en el aspecto económico aplicarlas oportunamente, se pretende utilizar este método sobre pavimentos rígidos. Los pavimentos de la ciudad de Huánuco poseen muchas deficiencias en su servicio, siendo lógico deducir que han sido diseñados de forma errónea o que han sido expuestos a cargas mayores a la carga máxima de diseño, por tal motivo en la presente investigación se dará una alternativa de solución para esta problemática, ayudando en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto reforzándolo con fibras sintéticas, con el propósito de disminuir el grosor del pavimento e incrementar su resistencia, con lo cual, se puede brindar un mejor servicio a la sociedad y, por otro lado, se prolonga la vida útil de los pavimentos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera la incorporación de fibra sintética de Polipropileno influye en el diseño de pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- PE1.- ¿De qué manera la incorporación de fibra sintética de Polipropileno influye en la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025?
- PE2.- ¿De qué manera la incorporación de fibra sintética de Polipropileno influye en la reducción de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar si el efecto de la incorporación de fibras sintética de Polipropileno mejora el diseño de pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- OE1.- Evaluar la influencia de la fibra sintética de Polipropileno para mejorar la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.
- OE2.- Analizar la influencia de la fibra sintética de Polipropileno para la evaluación de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Para realizar la justificación de una investigación sobre el diseño de pavimento rígido reforzado incorporando fibra sintética, se tendrá que tener en cuenta las propiedades mecánicas, la incorporación de

fibras sintéticas en el pavimento rígido puede tener un impacto positivo en las propiedades mecánicas del material, como resistencia a la flexión y la fatiga. Investigar estas mejoras puede conducir al desarrollo de pavimentos más duraderos y resistentes.

Además de reducir grietas y fisuras, en vista que las fibras sintéticas tienen el potencial de reducir la formación de grietas y fisuras en el pavimento, lo que puede aumentar la vida útil de la carretera y disminuir los costos de mantenimiento. Estudiar este aspecto puede tener beneficios económicos y medioambientales.

Asimismo, si las fibras sintéticas utilizadas en el pavimento son reciclables o provienen de fuentes sostenibles, esto podría contribuir a la sostenibilidad ambiental. Investigar las opciones de fibras sintéticas más sostenibles puede ser relevante en un contexto de desarrollo sostenible.

De la misma forma un análisis económico de la implementación de fibras sintéticas en pavimentos rígidos puede ayudar a determinar la viabilidad financiera de esta tecnología en comparación con otros métodos de refuerzo.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

Una investigación sobre el diseño de pavimento rígido reforzado con fibras sintéticas puede proporcionar beneficios significativos en términos de durabilidad, sostenibilidad y eficiencia económica en la construcción y mantenimiento de carreteras.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las principales limitaciones en el desarrollo del proyecto relacionadas con la carencia de recursos económicos. Debido a la naturaleza del estudio, los costos operativos asociados desde la adquisición de la microfibras hasta la ejecución de los ensayos experimentales condicionaron en la cantidad de especímenes evaluados para su rotura.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Según el problema planteado, la definición correspondiente se centra particularmente en la tenacidad y control de fisuración que optimiza el comportamiento del concreto frente a las cargas dinámicas o repetitivas, que representan un impacto en la durabilidad del concreto provocando que se genere problemas de Índice de Rugosidad Internacional elevado lo que indica que la superficie esta deformada y con fallas estructurales.

Al incorporar fibra, optimizas un nuevo diseño para que no sufra deterioro, en lo que respecta a costo y durabilidad cuando falla prematuramente genera altos costos de bacheo, se demuestra la viabilidad al reducir el espesor de la losa y aumentar los intervalos de mantenimiento, recuperando la inversión inicial mediante la extensión de la vida útil de la colectora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Respecto a los antecedentes internacionales, Uría (2020) desarrolló un análisis sobre la mecánica de fractura en pavimentos rígidos mejorados con filamentos de polipropileno en Bolivia. El estudio empleó un enfoque mixto, combinando ensayos experimentales bajo normativas ASTM C 39-18 y ASTM C 78-16 con simulaciones computacionales en el software Abaqus. A través del modelamiento de elementos finitos, el autor logró identificar dos fases críticas en el material: una de comportamiento elástico lineal y otra no lineal, esta última fuertemente afectada por la evolución de fisuras bajo carga. Entre sus hallazgos más relevantes, destaca que el hormigón reforzado (HRPF) incrementó su esfuerzo de rotura desde un valor base de 4.5 MPa hasta alcanzar 5.93 MPa con una dosificación de 4.5 kg/m³ de macrofibra. Estos resultados guardan relación con la presente investigación, al confirmar que la adición de polímeros sintéticos eleva sustancialmente la resistencia a la fatiga y el módulo de rotura del concreto.

Bazán y Holguín (2021), en su estudio “Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos incorporando en su diseño fibra de coco”, analizaron en Ecuador el comportamiento de este material natural. El objetivo fue examinar la respuesta mecánica de mezclas con resistencias de diseño de 280, 350 y 420 kg/cm², variando el contenido de fibra entre el 0.5% y el 2.5%. Los resultados de los ensayos a 7, 14 y 28 días confirmaron que el módulo de rotura mejora sustancialmente con el uso de fibras orgánicas, alcanzando su mayor eficiencia con una dosificación del 2.5%. Finalmente, mediante el uso de software especializado, se determinó que esta adición permite reducir espesores

de losa para diferentes niveles de tráfico, optimizando también los costos de producción.

Basiouny et al. (2021), en su artículo “Efecto de las fibras macro sintéticas sobre el comportamiento de contracción por secado del pavimento rígido”, en Egipto, su objetivo principal fue de evaluar el rendimiento del uso de fibras macro sintéticas para poder reducir la deformación por contracción mediante el secado con la finalidad de reducir el agrietamiento de la mezcla de pavimento de concreto para restringir el deterioro del pavimento. Como resultados, el efecto del uso de fibras macro sintéticas sobre la resistencia a la compresión es mínimo, mientras que la resistencia a la tracción y resistencia a la flexión del hormigón macro reforzado con fibras sintéticas mejoran en un 20 y 34%, de forma respectiva; además, la tensión de contracción por secado del hormigón macro reforzado con fibras sintéticas se puede reducir de forma significativa en aproximadamente el 60% en comparación con la del hormigón simple.

García et al. (2022), en su artículo comparación teórico-experimental del comportamiento entre deformaciones de pavimento rígido reforzado con fibras y de losas convencionales, en Colombia, teniendo como objetivo principal evaluar el desempeño de losas tradicionales (malla de acero y concreto en masa) así como las losas con adición de fibras poliméricas (5 kg/m³ de concreto), incluyendo humo de sílice (0.0% y 7,0% en peso de cemento wc). Como resultados, mostraron deflexiones significativamente menores para la misma carga (138 kN) para el hormigón armado con microfibras poliméricas (PC + SF + PF) en comparación con losas con malla y humo de sílice (PC + M + SF) (- 22%), PC convencional (- 51%) y la mezcla con malla (PC + M) (- 34%). La adición de fibras poliméricas añadió un 37,7% más de carga final y un 48% menos de deflexión. El módulo de rotura mejoró un 9% respecto a la malla electro soldada y un 15% respecto al hormigón en masa. El modelo demostró que la correcta distribución de la rigidez del terreno y la incorporación del

módulo de rotura a los parámetros de entrada son aspectos importantes por definir en reproducciones reales de las deformaciones.

Alsabbagh et al. (2019), en su artículo “Mejora de la capacidad del pavimento rígido mediante fibras sintéticas discretas”, en Iraq, presentaron como objetivo determinar la capacidad de flexión de un pavimento rígido que incluía fibras discretas de polipropileno filtrado. Se adoptó el concepto de módulo de rotura efectivo para calcular la capacidad de pavimentos rígidos, el cual ha sido propuesto para cuantificar la capacidad añadida de fibras sobre el hormigón no armado, que se calcula en función de la resistencia a flexión equivalente. Concluyendo, las fibras sintéticas mejoran la capacidad de flexión, la tenacidad, la resistencia a la fatiga y la durabilidad, y reducen el ancho de las grietas. La mayoría de los métodos de diseño de pavimentos rígidos adoptaron el módulo de ruptura (es decir, resistencia a la flexión) como parámetro principal en el proceso de diseño de entrada. El módulo elástico de rotura, que se ha calculado según la fórmula ASTM C78, no refleja los beneficios de la fibra sintética. La adición de polipropileno al hormigón redujo la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad y el módulo de rotura elástico, al tiempo que mejora el módulo de rotura efectivo y la tenacidad a la flexión.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

En el ámbito nacional, Calderón (2019) evaluó la incidencia de los refuerzos metálicos en la optimización del espesor de losas para pavimentos rígidos en la ciudad de Lima. El estudio se centró en determinar si la inclusión de fibras de acero permitía una reducción estructural en la Av. Miguel Iglesias, mediante un programa experimental que analizó diversas dosificaciones en función del volumen de agregados. Tras someter las probetas a ensayos de laboratorio, se validó una correlación directa entre el incremento de fibras y la disminución del peralte de la losa. Como resultado principal, se logró reducir el espesor de 10 pulgadas (concreto convencional) a

7.50 pulgadas al incorporar un 5% de fibras metálicas, lo que representa una optimización del 25% en la sección transversal del pavimento frente al diseño tradicional.

Ferro y Villanueva (2022), en su estudio denominado “Diseño de pavimento rígido incorporando fibra de plástico reciclado, Chilca, Cañete 2022”, evaluó la respuesta estructural de pavimentos rígidos al integrar fibras de polímero reciclado. Bajo un diseño cuasi experimental, se ensayaron 48 especímenes (36 cilindros y 12 viguetas) con variaciones de fibra de hasta el 20%. Los resultados determinaron que la dosificación óptima es del 15%, logrando un incremento en las capacidades mecánicas de la mezcla: 24.76% en el módulo de ruptura (flexión) y 9.40% en resistencia a la compresión frente al diseño patrón. Asimismo, el estudio validó una reducción del 9.52% en el peralte de la losa, lo que optimizó la rentabilidad del proyecto en un 4.83%. En conclusión, se demostró que el uso de estos materiales no solo mejora el desempeño del concreto, sino que reduce significativamente los costos de ejecución.

Herrera y Regalado (2021), en su investigación “Diseño de pavimento rígido reforzado incorporando fibra sintética en la Avenida Naranjal, San Martín de Porres 2021”, Lima, la cual tuvieron como objetivo analizar la influencia de la fibra sintética en el diseño del pavimento rígido en la Avenida Naranjal. La metodología fue cuantitativa con diseño cuasi experimental, teniendo como población a la avenida Naranjal con una totalidad de 10 km, considerando solamente 1.5 km como muestra de la investigación. Los resultados obtenidos mostraron un incremento en la resistencia a la compresión, alcanzando valores de 216.33 kg/cm², 225.33 kg/cm² (con 200g de fibra) y 229.33 kg/cm² (con 400g de fibra). Asimismo, se reportaron mejoras en la flexión, logrando registros de 45.1 kg/cm², 47.2 kg/cm² y 49.07 kg/cm² bajo las mismas dosificaciones, empleando un espesor de losa de 30 cm. El estudio concluyó que existe una correlación

positiva entre la dosificación de fibra y la mejora de las propiedades mecánicas del pavimento.

Cruz y Guevara (2020), denominaron su estudio “Análisis comparativo de propiedades del concreto hidráulico, para diseños de pavimento rígido incorporando fibras sintéticas y de acero; Cusco – 2020”, planteando como objetivo evaluar el impacto de la adición de microfilamentos sintéticos y metálicos en las características del concreto. La finalidad fue proponer nuevas dosificaciones que optimicen la respuesta estructural de pavimentos rígidos, elevando su capacidad ante esfuerzos de compresión, tracción y flexión. Desde la perspectiva metodológica, la investigación se rigió bajo un enfoque cuantitativo de carácter aplicado, con un diseño experimental y un alcance descriptivo. La población experimental consistió en 90 especímenes cilíndricos y 30 prismáticos. Los hallazgos determinaron que el mayor desempeño se obtuvo con la fibra de acero D2 a una dosificación de 33 kg/m³, alcanzando resistencias a los 28 días de 328 kg/cm² (compresión), 35.4 kg/cm² (tracción) y 46.4 kg/cm² (flexión). Consecuentemente, el concreto reforzado con fibra sintética D2 (985 gr/m³) evidenció una leve mejora respecto al diseño patrón, registrando valores de 311, 33.8 y 41.5 kg/cm² para las mismas propiedades y edad. En conclusión, el estudio ratifica que la integración de estos refuerzos potencia las propiedades mecánicas del concreto hidráulico.

Valer (2020), en su investigación titulada “Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020”, con el propósito de optimizar el desempeño del concreto mediante la adición de partículas plásticas recuperadas, buscando un diseño más eficiente para pavimentos rígidos. El programa experimental evaluó dosificaciones del 2%, 5% y 7.5%, bajo la premisa de que esta integración potenciaría la resistencia a compresión y flexión, permitiendo una optimización tanto en el espesor de la losa como en los presupuestos de obra. Los resultados indicaron que el refuerzo al 5% de PET fue el más efectivo, logrando

una resistencia a la compresión 13.42% superior al concreto convencional y una mejora del 22.99% en el módulo de rotura. Finalmente, se validó que una reducción de 3.0 cm en el espesor de la losa disminuye los volúmenes de material y los costos operativos, ratificando que el aprovechamiento de residuos plásticos es una alternativa viable de refuerzo que minimiza el impacto ambiental.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

En el ámbito regional, Espinoza y Arquíñigo (2022), en su estudio denominado “Evaluación de la resistencia a la flexión para un pavimento rígido $F'C=280 \text{ kg/cm}^2$, con la adición de fibra de acero y macrofibra de polipropileno frente al diseño tradicional en la ciudad de Huánuco, 2021”, con el propósito de contrastar la respuesta mecánica de mezclas convencionales frente a diseños reforzados. El programa experimental evaluó la incorporación de filamentos metálicos en dosis de 10, 20 y 30 kg, así como macro-filamentos de polipropileno en cantidades de 4, 6 y 8 kg. Para la fase de ensayos, se fabricaron 84 especímenes prismáticos de $0.15 \times 0.15 \times 0.50 \text{ cm}$, empleando cemento Portland Andino Tipo I y áridos triturados de la cantera del río Huallaga (Chancadora Figueroa E.R.L.), bajo el cumplimiento de las normativas ASTM C33, NTP 400.037 y NTP 400.012. En conclusión, el estudio determinó que tanto las fibras metálicas como las sintéticas constituyen una solución técnica efectiva para optimizar el uso de recursos y potenciar las propiedades mecánicas del concreto, logrando un desempeño favorable en el matriz cementante bajo las dosificaciones adecuadas

En la investigación titulada "Estudios de influencia de la adición de fibras de polipropileno en la resistencia a compresión del concreto de $f_c=210\text{kg/cm}^2$ con agregados del Cerro Mara bamba, Huánuco, 2021, el autor Calixto (2022) se propuso comparar el desempeño de un concreto convencional frente a mezclas reforzadas con filamentos de 2mm y 10mm. El programa experimental consistió en el análisis de 60

especímenes en total, distribuidos en grupos de 15 muestras para el diseño patrón y dosificaciones del 1%, 2% y 3% de fibra respecto al peso del cemento. Mediante la contrastación estadística de las medias, se determinó una mejora significativa en la capacidad portante de los especímenes reforzados, obteniendo un valor de significancia de $p=0.001$ ($p < 0.05$). Estos hallazgos validan la eficacia de los agregados locales del Cerro Mara bamba al ser combinados con refuerzos sintéticos para optimizar la resistencia del concreto.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Diseño de pavimento rígido

La teoría del diseño de pavimento rígido ha evolucionado desde enfoques empíricos iniciales hasta métodos más avanzados basados en la teoría de la elasticidad y la combinación de principios mecanicistas y empíricos. Entre los autores que han contribuido a este desarrollo, cada uno aportó ideas y enfoques que han enriquecido la comprensión y el diseño de pavimentos rígidos a lo largo de los años. La Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de las especificaciones de diseño de pavimentos rígidos en los Estados Unidos. En las primeras etapas, los métodos de diseño se centraron en la resistencia a la flexión y la fatiga del concreto (Vela & Zegarra, 2019). Seguidamente, Westergaard en 1926 contribuyó significativamente al desarrollo de teorías sobre esfuerzos y deformaciones en pavimentos rígidos, introduciendo la teoría de las placas elásticas y desarrolló ecuaciones para calcular esfuerzos en placas sometidas a carga. Además, Pickett en 1956 propuso un enfoque basado en la teoría de la elasticidad para analizar y diseñar pavimentos de concreto, centrando su enfoque en considerar la losa de concreto como una losa elástica apoyada sobre un medio elástico (Davila & Saldaña, 2022).

En adición, la PCA (Portland Cement Association) desempeñó un papel importante en la investigación y desarrollo de métodos de diseño de pavimentos de concreto, contribuyendo con enfoques más avanzados, considerando la distribución de esfuerzos debajo de la losa y la interacción entre las losas adyacentes (Vela & Zegarra, 2019).

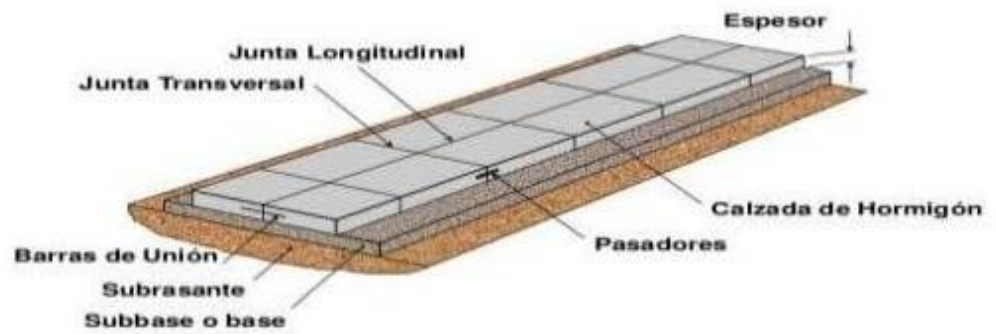
A finales de la década, Kandhal y Mallick 1997, presentaron un enfoque en la ingeniería de pavimentos y materiales, contribuyendo al estudio de las propiedades de los materiales utilizados en pavimentos rígidos y su impacto en el rendimiento. El Mepdg (Mecanistic-Empirical Pavement Design Guide), es un enfoque más reciente que combina principios mecanicistas con métodos empíricos, convirtiéndose en una herramienta común para el diseño de pavimentos, permitiendo la consideración de múltiples variables y condiciones de carga (Gambini & Rivera, 2014).

Respecto a la definición del pavimento, sería una estructura formada por una carpeta de rodadura con un conjunto de capas de rodadura que podrían ser tratadas o simples, que reposan sobre la subrasante. El pavimento se encuentra diseñado para la distribución de cargas de los vehículos donde toda la estructura posee como finalidad proteger el suelo natural (Pérez, 2010).

El pavimento rígido es una capa sólida de concreto de cemento hidráulico apoyado en la capa de subbase, compuesta por materiales granulares o se encuentra estabilizada con cal o cemento (Mora & Arguelles, 2015).

Figura 1

Elementos de construcción del pavimento rígido



Nota: Mora y Arguelles (2015)

- **Resistencia a flexión**

La capacidad de un material para resistir deformaciones o flexiones bajo cargas se conoce como resistencia a flexión. En el caso del pavimento rígido, esta resistencia implica que la capa de concreto pueda soportar las cargas vehiculares y distribuir las uniformemente, sin sufrir fisuras o deformaciones inaceptables (Ospina, 2018).

El módulo de elasticidad, por otro lado, es una propiedad que describe la rigidez del material. En el contexto del concreto utilizado en pavimentos rígidos, el módulo de elasticidad indica cómo responde el material a las cargas aplicadas y cómo se deforma antes de llegar a su punto de ruptura (Vela & Zegarra, 2019).

El análisis estructural del pavimento rígido implica evaluar cómo se distribuyen las cargas a lo largo de la estructura para garantizar una resistencia a flexión adecuada. Este análisis tiene en cuenta factores como el tráfico previsto, las características del suelo y las propiedades del material utilizado. Para preservar la resistencia a flexión a lo largo de la vida útil del pavimento, se pueden implementar programas de mantenimiento preventivo que incluyan la reparación o reemplazo

oportuno de secciones dañadas o deterioradas (Mora & Arguelles, 2015).

- **Evaluación física**

La evaluación física implica la aplicación de diversos métodos y técnicas para medir y analizar la capacidad del pavimento para resistir cargas y deformaciones bajo condiciones de carga. La instrumentación utilizada en esta evaluación consiste en dispositivos y equipos especializados, como deflectómetros, sensores de desplazamiento, extensómetros, y otros instrumentos diseñados para cuantificar la respuesta del pavimento a las cargas (Davila & Saldaña, 2022).

La presencia de juntas y grietas puede tener un impacto significativo en la resistencia a flexión del pavimento rígido, por lo tanto, la evaluación física debe abordar la inspección y medición de estas características, utilizando métodos como la medición de aberturas de grietas y la evaluación de la amplitud de las juntas (Pérez, 2010). Además, para obtener datos a largo plazo sobre el comportamiento del pavimento, se puede implementar el monitoreo continuo mediante sensores integrados en la estructura, lo cual proporciona información en tiempo real sobre la respuesta del pavimento a las cargas y permite una gestión proactiva del mantenimiento (Vela & Zegarra, 2019).

- **Cantidad necesaria a emplear**

Determinar la cantidad necesaria para lograr la resistencia a flexión del pavimento rígido implica adoptar un enfoque integral que considere diversos elementos, como el diseño estructural, el grosor del pavimento, las propiedades del material y las condiciones del suelo, siendo fundamental aplicar un enfoque preciso y bien fundamentado en los principios de ingeniería para asegurar la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de los pavimentos rígidos (Gambini & Rivera, 2014).

El diseño estructural del pavimento rígido implica calcular la cantidad adecuada de material necesaria para resistir tanto las cargas vehiculares como las fuerzas de flexión; este proceso tiene en cuenta factores como el tráfico previsto, las características del suelo, las propiedades del material y las regulaciones de diseño (Monsalve et al. 2012).

Adicionalmente, el grosor del pavimento emerge como un factor crítico para asegurar la resistencia a flexión adecuada, calculándose, teniendo en consideración la capacidad del concreto para resistir tensiones y deformaciones bajo carga, y su magnitud varía en función de la carga anticipada y las particularidades del suelo (Vela & Zegarra, 2019).

- **Resistencia a compresión**

El concreto a resistencia a la compresión se refiere a la capacidad del material para resistir fuerzas que buscan comprimirlo, es decir, la habilidad para soportar cargas que tienden a reducir su volumen, siendo propiedad fundamental en la resistencia a flexión, ya que las cargas aplicadas al pavimento pueden generar tensiones de compresión en las capas inferiores del concreto (Mora & Arguelles, 2015).

La resistencia a flexión y compresión están estrechamente vinculadas en el comportamiento estructural del pavimento rígido, desempeñando un papel crucial al resistir las fuerzas que buscan comprimir el material cuando se somete a cargas de flexión (Ospina, 2018).

En consecuencia, es necesario llevar a cabo ensayos de compresión, que son pruebas de laboratorio realizadas en muestras de concreto para medir su resistencia a compresión. Estos ensayos proporcionan datos esenciales para verificar si el concreto cumple con

los requisitos de resistencia necesarios para soportar las cargas de flexión anticipadas en el pavimento (Davila & Saldaña, 2022).

- **Evaluación**

Las evaluaciones de la resistencia a compresión para pavimentos rígidos abarcan una combinación de pruebas en laboratorio, pruebas de carga en el campo, modelado estructural y análisis de tensiones. Este enfoque integral es crucial para asegurar que el pavimento cumpla con los requisitos de diseño y brinde un rendimiento seguro y duradero (Pérez, 2010).

De manera similar, la evaluación de la calidad del concreto implica la inspección visual, pruebas no destructivas y ensayos de laboratorio, asegurando que el concreto cumpla con los estándares requeridos de resistencia a compresión. Una evaluación exhaustiva de la calidad contribuye directamente a la capacidad del pavimento para resistir la flexión (Vela & Zegarra, 2019).

Adicionalmente, las pruebas de carga en el campo implican la aplicación controlada de cargas sobre secciones específicas del pavimento para evaluar su respuesta estructural, lo cual ayuda a validar la resistencia a compresión del concreto en situaciones de carga real, contribuyendo así a una evaluación integral de la resistencia a flexión (Monsalve et al. 2012).

- **Diseños de mezclas**

El diseño de mezclas constituye un proceso crucial que implica la cuidadosa selección y proporción de materiales, incluyendo cemento, agregados, agua y, en ocasiones, aditivos, teniendo como objetivo principal alcanzar la resistencia a compresión deseada en el concreto, aspecto esencial para garantizar la durabilidad y la capacidad estructural del pavimento. La resistencia a compresión del concreto es

fundamental para respaldar las cargas aplicadas y resistir las fuerzas compresivas sobre el material (Gambini & Rivera, 2014).

Durante el diseño de mezclas, ingenieros y técnicos consideran detenidamente las características del tráfico anticipado, las condiciones climáticas locales y las propiedades del suelo subyacente, donde la resistencia a compresión requerida varía según la aplicación y la carga prevista en el pavimento. En términos generales, se busca optimizar la relación entre los componentes de la mezcla para obtener un concreto que no solo cumpla con los requisitos de resistencia, sino que también exhiba durabilidad, trabajabilidad y resistencia a la abrasión (Davila & Saldaña, 2022).

El proceso de diseño incluye la realización de ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas del concreto, como su resistencia a compresión, lo cual permite ajustar la cantidad de cemento, la relación agua- cemento y la granulometría de los agregados para lograr la mezcla óptima; el control preciso de la relación agua-cemento es especialmente crítico, ya que influye significativamente en la calidad y resistencia final del concreto (Mora & Arguelles, 2015).

- **Ruptura de probetas**

La fractura de muestras es un fenómeno crítico que ocurre durante los ensayos de laboratorio diseñados para medir la capacidad del concreto para resistir fuerzas de compresión. Estos ensayos son fundamentales para evaluar la calidad del concreto utilizado en la construcción de pavimentos y garantizar que cumple con los requisitos de resistencia especificados (Ospina, 2018).

En el ensayo de resistencia a compresión, se fabrican probetas cilíndricas de concreto, generalmente con dimensiones estandarizadas, las cuales son luego sometidas a cargas graduales hasta alcanzar la

carga máxima que el concreto puede resistir en compresión. La carga aplicada se mide y registra en relación con la resistencia del concreto, y la fractura de las probetas indica el punto en el cual la carga aplicada supera la capacidad de resistencia del material (Vela & Zegarra, 2019).

Este quiebre de las probetas proporciona información valiosa sobre la resistencia intrínseca del concreto y su habilidad para soportar cargas de compresión en condiciones controladas. Las grietas y fisuras que se forman durante la fractura de la probeta son indicativos de la respuesta del concreto a tensiones extremas y pueden revelar detalles sobre su estructura interna, como la calidad de la mezcla y la distribución de agregados (Pérez, 2010).

- **Rotura de vigas**

La ruptura de vigas de concreto, es el procedimiento en el cual debido a esfuerzos de flexión y sometido a cargas se generan la falla en la zona traccionada, donde se produce fisuras y se registran en la maquina Flexural Testing Machine. Según Neville A. M. (2011), la resistencia a flexión del concreto depende principalmente de su capacidad para resistir esfuerzos de tracción indirecta, siendo este un indicador clave del desempeño estructural en elementos sometidos a flexión.

- **Reducción de costos**

La optimización de costos desempeña un papel crucial en el diseño y la construcción de infraestructuras viales, lo cual implica la identificación de métodos y prácticas para racionalizar los gastos asociados con la resistencia a compresión del concreto utilizado en pavimentos rígidos, sin comprometer la calidad, seguridad ni durabilidad del proyecto (Monsalve et al. 2012).

Una estrategia común para reducir costos es la optimización del diseño de mezcla de concreto, donde se ajustan las proporciones de los materiales, como cemento, agregados y agua, para obtener una

mezcla que cumpla con los estándares de resistencia a compresión sin excesos innecesarios que puedan aumentar los costos; no obstante, es esencial encontrar un equilibrio, ya que reducir demasiado la cantidad de cemento podría afectar negativamente la resistencia y durabilidad del concreto (Mora & Arguelles, 2015).

La selección cuidadosa de materiales locales y la consideración de las condiciones específicas del sitio pueden contribuir a la reducción de costos. Utilizar agregados y otros insumos disponibles en la región puede disminuir los gastos asociados con el transporte y la adquisición de materiales, siempre y cuando cumplan con los requisitos de calidad y resistencia necesarios (Davila & Saldaña, 2022).

Además, la adopción de tecnologías innovadoras y métodos constructivos eficientes también puede contribuir a la reducción de costos, incluyendo la implementación de procesos de fabricación más eficientes, la automatización de ciertas tareas y la adopción de prácticas constructivas que minimicen el desperdicio de materiales y el tiempo de construcción (Ospina, 2018).

- **Evaluación de costos al integrar fibra sintética**

La evaluación de costos al incorporar fibra sintética implica un análisis exhaustivo de diversos factores económicos y técnicos, su utilización como refuerzo en el pavimento se contempla con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad del pavimento; en este sentido, la evaluación incluye el cálculo de los costos relacionados con la adquisición, instalación y mantenimiento de la fibra sintética, así como los beneficios que resultan de su inclusión, tales como la prolongación de la vida útil del pavimento y la reducción de los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo (Gambini & Rivera, 2014).

En primer lugar, se deben tener en cuenta los costos de adquisición de las fibras sintéticas, que abarcan la compra del material

en sí y los posibles gastos de transporte, resultando esencial analizar los costos vinculados con la preparación del pavimento y la incorporación de las fibras sintéticas durante el proceso de mezcla y colocación del concreto, considerando ajustes potenciales en los métodos de construcción convencionales (Davila & Saldaña, 2022).

En términos de beneficios económicos, la evaluación debe considerar la mejora de la resistencia y durabilidad del pavimento debido a la inclusión de la fibra sintético, pudiendo traducirse en una disminución de los costos de mantenimiento a lo largo de la vida útil del pavimento, ya que las fibras ayudan a prevenir fisuras y mejoran la capacidad de carga del pavimento, reduciendo así la necesidad de reparaciones frecuentes (Pérez, 2010).

Además de los aspectos económicos, la evaluación debe abordar cuestiones técnicas, como la compatibilidad de las fibras sintéticas con los materiales y procesos existentes en la construcción de pavimentos rígidos, debiéndose considerar los cambios en las propiedades mecánicas del pavimento y cómo afectan su rendimiento bajo diferentes condiciones de carga y clima (Vela & Zegarra, 2019).

2.2.2. Fibra sintética

La aplicación de fibras sintéticas en diversos campos ha sido objeto de investigación y desarrollo a lo largo de las décadas. Desde textiles hasta aplicaciones en la construcción y la ingeniería de materiales, las fibras sintéticas han demostrado ser versátiles y valiosas. En la década de 1930, Wallace Carothers en DuPont desarrolló el nylon, una de las primeras fibras sintéticas, seguido por la invención del poliéster, revolucionando con estos materiales la industria textil, pero su aplicación se extendió a otras áreas con el tiempo (Hidalgo, 2019).

A medida que avanzó la investigación, se exploraron las posibilidades de utilizar fibras sintéticas como refuerzo en materiales compuestos. En la década de 1960, se comenzó a considerar el uso de estas fibras en la construcción civil y la ingeniería de materiales. Para la década de 1970, se intensificó la investigación sobre la incorporación de fibras sintéticas en materiales de construcción para mejorar propiedades como la resistencia a la tracción y la durabilidad, con autores como Joseph L. Rose y David K. Chitwood que contribuyeron a la teoría y práctica de las fibras sintéticas en la ingeniería civil (Torres, 2017).

Seguidamente, a partir de la década de 1980, se exploró la adición de fibras sintéticas al concreto para mejorar su resistencia a la fisuración y la fatiga con autores como Barzin Mobasher y Surendra P. Shah que realizaron investigaciones pioneras sobre el uso de fibras en el concreto para mejorar su comportamiento estructural. En geotecnia, las fibras sintéticas también se han aplicado para reforzar el suelo y proporcionar estabilidad en diversas condiciones con Jorge G. Zornberg que contribuyó a la teoría y práctica de las fibras sintéticas en aplicaciones geotécnicas (Hidalgo, 2019).

Finalmente, en años más recientes, se han desarrollado fibras sintéticas de alta resistencia, como el polietileno de alta densidad (HDPE) y el polipropileno modificado, que han ampliado las posibilidades de aplicación en la construcción y otras áreas (Pirca & Chinchay, 2021).

Las fibras siempre estuvieron presentes en el uso de estructuras semejante al concreto como el adobe, los morteros de cal y la tapia pisada. Las fibras vienen siendo utilizadas tras el transcurso de los siglos para mejorar la resistencia y la durabilidad de los adobes; actualmente, las fibras vienen siendo obtenidas de distintos materiales

como el vidrio, acero, sintéticas y las naturales (Antunes & Monge, 2013).

La fibra sintética puede disminuir las fisuras y la contracción plástica, aparte de apoyar al concreto después de su figuración, produciéndose de mono filamentos y las fibras compuestas por pequeñas fibrillas de sección transversal rectangular (Fernández, 2006).

Tabla 1

Ventajas de la fibra sintética

VENTAJAS DE LA FIBRA SINTÉTICA

-
- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Disminuye las fisuras por retracción y paran su propagación.- Refuerza el hormigón notablemente- Aumenta su dureza al impacto y reduce su comportamiento inconsistente- Aumenta la resistencia a la comprensión y a la tracción al aumentar la cantidad. |
|---|
-

Nota: (Sika Perú, 2023)

2.2.2.1. Tipología

La clasificación de las fibras sintéticas utilizadas en el concreto para pavimentos rígidos se define principalmente por su configuración física y su función estructural, distinguiéndose dos categorías fundamentales: las microfibras y las macro fibras.

La principal característica de las microfibras es que poseen diámetros finos destinados a la mitigación de la fisuración por retracción plástica durante las etapas iniciales de fraguado; al actuar en escala microscópica, resultando determinantes para la durabilidad superficial de cualquier tipo de pavimento.

En contraposición, las macro fibras presentan una sección transversal mayor diseñada para interactuar mecánicamente con la matriz cementicia, aportando tenacidad residual y capacidad de carga post-fisuración. Mientras que las microfibras se enfocan en la durabilidad, las macro fibras se consolidan como elementos de refuerzo

que influyen en el comportamiento a la flexión, dependiendo de los requerimientos de desempeño proyectados para una vía.

Finalmente, el desempeño físico-mecánico de ambas tipologías depende de propiedades intrínsecas como el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción. (Fernández, 2006).

2.2.2.2. Propiedades físicas

Las características físicas de la fibra sintética desempeñan un papel fundamental en el fortalecimiento de la resistencia y durabilidad del pavimento. La tenacidad de la fibra sintética se refiere a su capacidad para absorber y disipar energía en el pavimento, contribuyendo a la resistencia del material frente a tensiones y cargas cíclicas, siendo esencial para prevenir la propagación de fisuras y mejorar la capacidad del pavimento para resistir deformaciones y esfuerzos repetidos a lo largo del tiempo (Hidalgo, 2019).

Otra propiedad física crucial de la fibra sintética es la resistencia a la tracción, que actúa como un refuerzo mejorando la capacidad del pavimento para resistir fuerzas de tracción, lo cual resulta particularmente beneficioso en situaciones donde el pavimento está sometido a cargas vehiculares y condiciones ambientales adversas (Antunes & Monge, 2013).

Además, la rigidez y la flexibilidad controlada son propiedades físicas esenciales que afectan la capacidad de la fibra sintética para mantener la estabilidad estructural del pavimento. Una fibra con la combinación adecuada de rigidez y flexibilidad puede proporcionar refuerzo sin comprometer la capacidad del pavimento para soportar cargas dinámicas y deformaciones, contribuyendo así a la longevidad y al rendimiento general del pavimento rígido (Fernández, 2006).

En adición, la resistencia a la corrosión y a los agentes químicos también es una consideración importante en entornos donde el pavimento puede estar expuesto a sustancias corrosivas, por lo tanto, la fibra sintética debe ser capaz de resistir la degradación causada por factores ambientales y químicos para garantizar su eficacia a lo largo del tiempo (Baca & Vela, 2020).

- **Elongación de rotura**

La capacidad de elongación de rotura se refiere a la habilidad de un material para estirarse antes de llegar a su punto de ruptura bajo tensiones, siendo una característica crucial para evaluar la capacidad de la fibra sintética de resistir cargas y deformaciones sin sufrir daño catastrófico. En otras palabras, la elongación de rotura representa la capacidad de la fibra para experimentar cierto grado de deformación sin perder su integridad estructural (Pirca & Chinchay, 2021).

Una elongación adecuada en la fibra sintética resulta beneficiosa en el diseño del pavimento rígido debido a su contribución a la tenacidad y a la capacidad de absorber energía del material, al someterse a tensiones, puede estirarse antes de romperse, absorbiendo así parte de la energía generada por las fuerzas aplicadas al pavimento, ayudando a prevenir la propagación de fisuras en el pavimento, (Torres, 2017).

Desde un punto de vista práctico, una elongación de rotura adecuada permite que la fibra sintética absorba energía y redistribuya las tensiones a lo largo de su estructura, evitando la concentración de esfuerzos en puntos específicos del pavimento. Esta característica resulta especialmente valiosa en situaciones donde el pavimento está sujeto a cargas cíclicas, como las generadas por el tráfico vehicular, ya que contribuye a minimizar el riesgo de fisuración y, por ende, a prolongar la vida útil del pavimento (Antunes & Monge, 2013).

- **Poder de tracción**

La resistencia a la tracción es una propiedad física crucial de la fibra sintética, siendo la capacidad del material para resistir fuerzas de tracción, es decir, la tendencia de un material a romperse bajo la aplicación de fuerzas que actúan para estirarlo, volviéndose fundamental ya que contribuye a la capacidad del pavimento para resistir tensiones y cargas externas (Fernández, 2006).

Cuando las fibras sintéticas se incorporan en el pavimento rígido, actúan como refuerzo, mejorando la capacidad del material para resistir las fuerzas de tracción que pueden surgir debido al tráfico vehicular, cambios de temperatura y otras cargas ambientales, además, una alta resistencia a la tracción en las fibras sintéticas ayuda a prevenir la formación y propagación de fisuras en el pavimento, contribuyendo así a la durabilidad y la integridad estructural del sistema de pavimentación (Hidalgo, 2019).

- **Absorción de agua**

La absorción de agua es un aspecto importante por considerar en el diseño y la funcionalidad del material, siendo la cantidad de agua que puede retener la fibra sintética cuando está expuesta a condiciones húmedas o ambientales, generalmente, una baja absorción de agua es una característica deseable en las fibras sintéticas utilizadas en pavimentos rígidos, ya que la presencia de agua puede afectar negativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad del material (Antunes & Monge, 2013).

Las fibras sintéticas con baja absorción de agua tienen la ventaja de mantener sus propiedades estructurales y mecánicas en ambientes húmedos, contribuyendo a prevenir la degradación del material, ya que la presencia de agua puede debilitar las

fibras y comprometer su capacidad para actuar como refuerzo en el pavimento. Además, una baja absorción de agua ayuda a reducir el riesgo de congelación y descongelación en climas fríos, ya que la presencia de agua congelada puede expandirse y causar daños estructurales en el pavimento (Baca & Vela, 2020).

- **Geometría y Configuración Superficial**

La eficiencia del refuerzo en un pavimento rígido no depende únicamente de las propiedades intrínsecas de la fibra; sino también de cómo se interactúa mecánicamente con la matriz cementicia. En este escenario, la geometría y configuración superficial ya sea fibrilada, monofilamento o con rugosidades microscópicas— se vuelve el factor clave para la transferencia de esfuerzos desde el concreto hacia el refuerzo. Una geometría optimizada maximiza la fricción interfacial y el anclaje mecánico, convirtiendo a la fibra en un elemento de control efectivo contra la apertura de micro fisuras (Mobasher, 2011)

2.2.3. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la fibra sintética son aspectos fundamentales para considerar en el diseño y la implementación de pavimentos, ya que influyen directamente en la resistencia y durabilidad del material. La resistencia a la tracción es una propiedad clave, indicando la capacidad de la fibra para resistir fuerzas de estiramiento, actuando la fibra como refuerzo en el pavimento, mejorando su capacidad para soportar tensiones y cargas externas, lo que contribuye significativamente a la prevención de fisuras y al aumento de la vida útil del pavimento (Fernández, 2006).

En la misma línea, las propiedades mecánicas de la fibra sintética, que incluyen la resistencia a la tracción, tenacidad, rigidez, flexibilidad controlada, resistencia al impacto y resistencia a la fatiga,

son factores críticos en la mejora de la resistencia y durabilidad de los pavimentos. La selección cuidadosa de fibras con estas propiedades contribuye a un pavimento más resistente y capaz de soportar las demandas mecánicas a las que puede estar expuesto durante su vida útil (Torres, 2017).

- **Resistencia al desgaste**

La resistencia al desgaste es una propiedad mecánica crucial de la fibra sintética ya que determina la capacidad del material para soportar las fuerzas abrasivas y friccionales a las que puede estar expuesto en entornos de tráfico vehicular y condiciones climáticas adversas. Esta propiedad se vincula estrechamente con la durabilidad y la vida útil del pavimento, ya que un material resistente al desgaste es menos propenso a sufrir deterioro prematuro debido a la acción constante de factores externos (Pirca & Chinchay, 2021).

En el caso específico de la fibra sintética, su resistencia al desgaste contribuye a la capacidad del pavimento para mantener su integridad estructural frente a la abrasión causada por la fricción entre las ruedas de los vehículos y la superficie de la carretera, actuando como refuerzo, fortaleciendo la matriz del pavimento y resistiendo el desgaste generado por la carga vehicular repetida, siendo esencial para prevenir la formación prematura de surcos y depresiones en la superficie del pavimento, lo que podría llevar a un deterioro acelerado (Antunes & Monge, 2013).

- **Aumento de la tenacidad del concreto**

El aumento de la tenacidad del concreto es una propiedad mecánica fundamental cuando se incorporan fibras sintéticas en el diseño de pavimentos, siendo la tenacidad la capacidad del material para absorber energía antes de fallar o romperse. El aumento en la tenacidad es esencial para mejorar la capacidad del pavimento para resistir cargas y tensiones, especialmente en situaciones donde la

formación de fisuras o la propagación de grietas son preocupaciones principales (Hidalgo, 2019).

Además, la adición de fibras sintéticas al concreto actúa como un refuerzo eficaz, mejorando la tenacidad general del material, cuando el pavimento está sujeto a cargas dinámicas, como las generadas por el tráfico vehicular, las fibras sintéticas absorben energía al deformarse antes de la rotura, contribuyendo significativamente a la capacidad del pavimento para resistir tensiones y cargas cíclicas, lo que se traduce en una mayor tenacidad y resistencia general (Fernández, 2006).

La mejora en la tenacidad del concreto gracias a las fibras sintéticas tiene implicaciones directas en la prevención y control de fisuras, ayudando a redistribuir las tensiones a lo largo del concreto, evitando la concentración de esfuerzos en áreas específicas y, por lo tanto, reduciendo la probabilidad de formación de fisuras; además, la tenacidad mejorada permite al pavimento soportar deformaciones sin sufrir daño significativo, lo que se traduce en una mayor durabilidad y vida útil (Passada et al. 2013).

- **Estabilidad química**

Más allá de las sollicitaciones mecánicas directas, el desempeño a largo plazo de la fibra se condiciona por su estabilidad ante la química interna del concreto. Dado que la hidratación del cemento genera un medio altamente alcalino ($\text{pH} > 12$), es vital que la fibra sea químicamente inerte. Esta resistencia es la que garantiza la integridad estructural del refuerzo, evitando cualquier degradación prematura. Al mantenerse estable, la fibra asegura que sus propiedades mecánicas, como la tenacidad y la resistencia a la tracción, se preserven, permitiendo que el pavimento sostenga la capacidad portante necesaria frente al tránsito cíclico esperado (Bentur & Mindess, 2006)

2.2.4. Calculo de Espesor del Pavimento

- **Índice medio diario**

El índice medio diario es una métrica utilizada para medir el volumen de tráfico en una carretera o pavimento, indicando el número promedio de vehículos que pasan por un punto específico durante un día. Esta medida es esencial para evaluar la carga y el desgaste que un pavimento experimenta debido al tráfico vehicular (Antunes & Monge, 2013).

Cuando se considera la fibra sintética en el diseño de pavimentos, se evalúa cómo esta tecnología afecta la capacidad del pavimento para soportar cargas repetitivas y tensiones generadas por el tráfico vehicular. La fibra sintética actúa como un refuerzo en el concreto, mejorando sus propiedades mecánicas y aumentando la resistencia del pavimento a las tensiones inducidas por el tráfico (Torres, 2017).

- **Conteo vehicular**

El conteo vehicular es un componente fundamental que se utiliza en la evaluación de pavimentos con fibras sintéticas, reflejando la cantidad promedio de vehículos que transitan por una vía durante un día determinado. El conteo vehicular es una medida esencial para comprender la carga y la demanda a la que está sometido un pavimento, ya que el tráfico vehicular genera tensiones y desgaste que pueden afectar significativamente su durabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo (Hidalgo, 2019).

La fibra sintética, cuando se incorpora en el pavimento, juega un papel crucial en la gestión de las tensiones inducidas por el tráfico vehicular, actuando como refuerzo en el concreto, mejorando sus propiedades mecánicas y, por ende, la capacidad del pavimento para resistir las cargas repetitivas generadas por los vehículos, proporcionando información valiosa sobre la intensidad y la variabilidad del tráfico, lo que permite una evaluación más precisa de cómo la fibra

sintética afecta la durabilidad y el rendimiento del pavimento en condiciones del mundo real (Fernández, 2006).

Un alto conteo vehicular puede aumentar la probabilidad de fatiga y desgaste en un pavimento, y la fibra sintética se convierte en un componente clave para mitigar estos efectos adversos; al mejorar la tenacidad y resistencia del pavimento, las fibras sintéticas contribuyen a reducir la formación de fisuras y el deterioro prematuro, factores críticos en pavimentos sujetos a un alto volumen de tráfico (Antunes & Monge, 2013).

- **Metodología AASHTO**

El dimensionamiento de la losa de concreto sigue los lineamientos de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte. Este método integra un enfoque mecánico-empírico, permitiendo así determinar el espesor necesario para que la estructura soporte las cargas vehiculares durante su vida útil. El proceso de cálculo toma como punto de partida la interacción entre los esfuerzos generados por el tráfico y la respuesta del suelo de fundación, la cual es cuantificada a través del módulo de reacción de la subrasante.

La metodología AASHTO, integra parámetros fundamentales que reflejan las condiciones de una vía. El módulo de rotura del concreto es esencial para medir la resistencia a la flexión del material, mientras que factores como la transferencia de carga en juntas y el drenaje permiten evaluar cómo se gestiona la humedad y la eficiencia de la estructura ante el tránsito. Asimismo, el método permite ajustar la incertidumbre mediante factores de confiabilidad y desviación estándar, los cuales equilibran la variabilidad estadística inherente a los materiales y al flujo vehicular real. Estos componentes definen el procedimiento estándar para establecer el diseño de pavimentos rígidos. (AASHTO, 1993)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Pavimento. - Viene a ser una estructura formada por una carpeta de rodadura con un conjunto de capas de rodadura que podrían ser tratadas o simples, que reposan sobre la subrasante. El pavimento se encuentra diseñado para la distribución de cargas de los vehículos donde toda la estructura posee como finalidad proteger el suelo natural (Pérez, 2010).

Pavimento rígido. - Es una capa sólida de concreto de cemento hidráulico apoyado en la capa de subbase, compuesta por materiales granulares o se encuentra estabilizada con cal o cemento (Mora & Arguelles, 2015).

Resistencia a flexión. - La capacidad de un material para resistir deformaciones o flexiones bajo cargas se conoce como resistencia a flexión. En el caso del pavimento rígido, esta resistencia implica que la capa de concreto pueda soportar las cargas vehiculares y distribuirlas uniformemente, sin sufrir fisuras o deformaciones inaceptables (Ospina, 2018).

Evaluación física. - Implica la aplicación de diversos métodos y técnicas para medir y analizar la capacidad del pavimento para resistir cargas y deformaciones bajo condiciones de carga. La instrumentación utilizada en esta evaluación consiste en dispositivos y equipos especializados, como deflectómetros, sensores de desplazamiento, extensómetros, y otros instrumentos diseñados para cuantificar la respuesta del pavimento a las cargas (Dávila & Saldaña, 2022).

Diseño estructural del pavimento rígido. - Implica calcular la cantidad adecuada de material necesaria para resistir tanto las cargas vehiculares como las fuerzas de flexión; este proceso tiene en cuenta factores como el tráfico previsto, las características del suelo, las propiedades del material y las regulaciones de diseño (Monsalve et al. 2012).

Resistencia a compresión. - Se refiere a la capacidad del material para resistir fuerzas que buscan comprimirlo, es decir, la habilidad para soportar cargas que tienden a reducir su volumen, siendo propiedad fundamental en la resistencia a flexión, ya que las cargas aplicadas al pavimento pueden generar tensiones de compresión en las capas inferiores del concreto (Mora & Arguelles, 2015).

Evaluaciones de la resistencia a compresión para pavimentos rígidos. - Abarcan una combinación de pruebas en laboratorio, pruebas de carga en el campo, modelado estructural y análisis de tensiones. Este enfoque integral es crucial para asegurar que el pavimento cumpla con los requisitos de diseño y brinde un rendimiento seguro y duradero (Pérez, 2010).

Diseño de mezclas. - Constituye un proceso crucial que implica la cuidadosa selección y proporción de materiales, incluyendo cemento, agregados, agua y, en ocasiones, aditivos, teniendo como objetivo principal alcanzar la resistencia a compresión deseada en el concreto, aspecto esencial para garantizar la durabilidad y la capacidad estructural del pavimento. La resistencia a compresión del concreto es fundamental para respaldar las cargas aplicadas y resistir las fuerzas compresivas sobre el material (Gambini & Rivera, 2014).

Ruptura de probetas. - Es un fenómeno crítico que ocurre durante los ensayos de laboratorio diseñados para medir la capacidad del concreto para resistir fuerzas de compresión. Estos ensayos son fundamentales para evaluar la calidad del concreto utilizado en la construcción de pavimentos y garantizar que cumple con los requisitos de resistencia especificados (Ospina, 2018).

Reducción de costos. - Es la optimización del diseño de mezcla de concreto, donde se ajustan las proporciones de los materiales, como cemento, agregados y agua, para obtener una mezcla que cumpla con los estándares de resistencia a compresión sin excesos innecesarios que puedan aumentar los costos; no obstante, es esencial encontrar un equilibrio, ya que reducir

demasiado la cantidad de cemento podría afectar negativamente la resistencia y durabilidad del concreto (Mora & Arguelles, 2015).

Fibra sintética. - Se refiere a fibras textiles que son fabricadas artificialmente en lugar de ser obtenidas directamente de fuentes naturales como plantas o animales. Estas fibras sintéticas son creadas mediante procesos químicos utilizando polímeros derivados del petróleo u otras sustancias químicas. Algunas de las fibras sintéticas más comunes incluyen el poliéster, nailon, acrílico y spandex (Fernández, 2006).

Elongación de rotura. - Se refiere a la habilidad de un material para estirarse antes de llegar a su punto de ruptura bajo tensiones, siendo una característica crucial para evaluar la capacidad de la fibra sintética de resistir cargas y deformaciones sin sufrir daño catastrófico. En otras palabras, la elongación de rotura representa la capacidad de la fibra para experimentar cierto grado de deformación sin perder su integridad estructural (Pirca & Chinchay, 2021).

Poder de tracción. - Es una propiedad física crucial de la fibra sintética, siendo la capacidad del material para resistir fuerzas de tracción, es decir, la tendencia de un material a romperse bajo la aplicación de fuerzas que actúan para estirarlo, volviéndose fundamental ya que contribuye a la capacidad del pavimento para resistir tensiones y cargas externas (Fernández, 2006).

Resistencia al desgaste. - Es una propiedad mecánica crucial de la fibra sintética ya que determina la capacidad del material para soportar las fuerzas abrasivas y friccionales a las que puede estar expuesto en entornos de tráfico vehicular y condiciones climáticas adversas. Se vincula estrechamente con la durabilidad y la vida útil del pavimento (Pirca & Chinchay, 2021).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La incorporación de fibra sintética de Polipropileno mejora el diseño de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- HE1.- La incorporación de fibra sintética de Polipropileno de Polipropileno mejora la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.
- HE2.- La incorporación de fibra sintética de Polipropileno incide en la reducción de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la vía colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

X: Fibra sintética de Polipropileno

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Y: Diseño de pavimento rígido $f'c : 210 \text{ kg/cm}^2$

2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalizacion de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente (X): Fibra sintética de polipropileno	Se refiere a fibras textiles que son fabricadas artificialmente en lugar de ser obtenidas de fuentes naturales. (Fernandez, 2006).	La variable fibra sintética será analizada a partir de sus dimensiones: Propiedades físicas y mecánicas.	X1. Dosificación de fibra	X1.1. Diseño de mezcla por m3	Característica, observación y/o propiedades.
			X2. Propiedades mecánicas	X2.1. Resistencia al desgaste	
				X2.2. Reducción de la fisuración	
Variable Dependiente (Y): Diseño de Pavimento Rígido	Se refiere al proceso de planificación y especificación de pavimentos construidos con materiales rígidos, como el concreto. (Sha et al., 2021).	La variable será analizada a partir de sus dimensiones: Resistencia a flexión, resistencia a compresión, reducción de costos mediante la determinación de parámetros de tránsito (ESAL).	Y1. Propiedades Mecánicas	X2.3. Aumento de la tenacidad	Fichas de recojo de información y protocolos de ensayos.
				Y1.1 Resistencia a la flexión (Mr)	
			Y2. Reducción de costos	Y1.2 Resistencia a la compresión (f'c)	
				Y2.1. Evaluación de costos al integrar fibra sintética	
			Y3. Flujo Vehicular		
			Y4. Factores por Eje	Y3.1 Índice medio Diario Semanal (IMDs)	
				Y4.1. Numero de ejes equivalente (ESAL)	

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrollará conforme al tipo de estudio aplicado, en vista que tiene como objetivo resolver problemas prácticos y generar conocimiento que pueda ser directamente aplicado en la solución de situaciones concretas o en la mejora de procesos existentes (Li et al., 2022).

En este caso particular, la investigación aplica la teoría del refuerzo de fibras en el diseño de mezclas de concreto para resolver la problemática de durabilidad del pavimento en la Vía Colectora de Huánuco, transformando los hallazgos de laboratorio en una solución técnica para dicha obra.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque de la investigación será cuantitativo, es una metodología de investigación que se basa en la recopilación y el análisis de datos numéricos para describir, medir o explicar fenómenos. (Mohajan, 2020). El enfoque en este caso en particular se realiza mediante la medición de la resistencia a la flexión (M_r) y compresión (f'_c) de los 54 especímenes ensayados, cuyos resultados cuantitativos permiten validar estadísticamente si la fibra mejora el desempeño estructural del pavimento.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance o nivel de la investigación es explicativo, el nivel explicativo de la investigación se refiere a la capacidad de una investigación para proporcionar explicaciones causales o comprensión profunda de las relaciones entre variables. (Green et al., 2022). En esta investigación, el estudio busca explicar la relación entre la incorporación de la microfibra de polipropileno (causa) y la mejora de la resistencia a la flexión del concreto (efecto), fundamentando

técnicamente el comportamiento del diseño propuesto para la Vía Colectora.

3.1.3. DISEÑO

El diseño experimental es una metodología de investigación pura, que se utiliza para planificar y llevar a cabo experimentos con el objetivo de hacer inferencias causales sobre las relaciones entre variables. El diseño experimental busca controlar las condiciones bajo las cuales se recopilan datos para poder establecer relaciones de causa y efecto de manera más confiable (Rogers & Révész, 2020).

En la presente investigación, se establecieron tres grupos de estudio definidos por su dosificación patrón y sus variables del proceso (0%, 0.7% y 0.9%). Se fabricaron 54 especímenes en total, 27 probetas para compresión y 27 vigas para flexión, de forma secuencial y controlada en laboratorio. La validez se fundamentó en el control total de las variables intervinientes (curado, materiales y estandarización de ensayos), garantizando que las mejoras en la resistencia sean aplicadas con la fibra sintética.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

la población estará conformada por todas las mezclas de concreto $f'c=210$ kg/cm² para la vía colectora km 1+950 – 2+600 con dosificaciones de fibra de polipropileno entre 0% y 0.9%. La población se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que comparten ciertas características comunes y que son el foco de estudio. Esta población puede ser finita o infinita, dependiendo de la naturaleza del estudio (Ahmad et al., 2023).

3.2.2. MUESTRA

En esta investigación teniendo en cuenta los grupos de control, la muestra estará conformado por un total de 54 especímenes (27 probetas, 27 vigas) elaborados en laboratorio bajo las mismas condiciones de materiales y curado, definiéndose tres grupos de trabajo para validar el comportamiento del concreto: un grupo control y dos grupos experimentales con dosificaciones de fibra de polipropileno al 0.70% y 0.90%. Para cada variable se evaluaron 9 especímenes por grupo entre probetas y vigas, garantizando así la rigurosidad estadística necesaria para comparar los resultados de resistencia mecánica.

La muestra se refiere a un subconjunto seleccionado de una población más amplia. La idea detrás del uso de una muestra es obtener información sobre la población completa sin tener que estudiar o analizar cada elemento o individuo de esa población. (Ahmad et al., 2023).

3.2.3. MUESTREO

El muestreo es no probabilístico por conveniencia, ya que el tamaño de la muestra se determinó por los estándares de diseño experimental para garantizar la representatividad. No obstante, la asignación de las dosis de fibra de polipropileno a cada grupo de especímenes se realizó de forma aleatoria.

Teniendo en cuenta los grupos de control, se conformó un total de 54 especímenes distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3

Distribución de las muestras para el experimento - ensayo a compresión y Flexión

Concreto	Cant. de	Concreto	Cant. de
Diseño a compresion	muestras	Diseño a Flexión	muestras
Muestras de probetas de concreto sin adición de	9	Muestras de vigas de concreto sin adición de	9

fibras sintéticas de polipropileno Sika para un $f^c=210\text{kg/cm}^2$, patron		fibras sintéticas de polipropileno Sika para un $f^c=210\text{kg/cm}^2$, patrón.	
Muestras de probetas de concreto con adición de fibras sintéticas de polipropileno Sika al 0.7% respecto al peso/volumen para un $f^c=210\text{kg/cm}^2$	9	Muestras de Vigas de concreto con adición de fibras sintéticas de polipropileno Sika al 0.7% respecto al peso/volumen para un $f^c=210\text{kg/cm}^2$	9
Muestras de probetas de concreto con adición de fibras sintéticas de polipropileno Sika al 0.9% respecto al peso/volumen para un $f^c=210\text{kg/cm}^2$	9	Muestras de Vigas de concreto con adición de fibras sintéticas de polipropileno Sika al 0.9% respecto al peso/volumen para un $f^c=210\text{kg/cm}^2$	9
TOTAL	27	TOTAL	27

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Son métodos sistemáticos utilizados para recopilar información numérica y objetiva que pueda ser analizada mediante técnicas estadísticas. Estas técnicas son comúnmente empleadas en investigaciones cuantitativas, donde se busca medir variables, establecer patrones y relaciones, y realizar inferencias sobre una población (Mohajan, 2020).

De lo dicho en la presente tesis se empleará como técnica de recolección de datos observación.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS (Cuadro y/o gráficos)

Los datos se registrarán mediante fichas de recojo de información para el procesamiento de datos mediante simulaciones las cuales se plasmarán en cuadros estadísticos y/o gráficos.

3.3.3. PARA EL ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Los instrumentos de recolección de datos cuantitativos y cualitativos que son herramientas o dispositivos específicos diseñados para recopilar información numérica y objetiva en el contexto de las investigaciones. Estos Instrumentos son esenciales para obtener datos que puedan ser analizados mediante métodos estadísticos (Mohajan, 2020). De lo indicado se emplearán como instrumentos de acopio de datos ficha de recojo de información y ficha de laboratorio.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En la presente investigación se realizarán ensayos de laboratorio para poder determinar los materiales que compondrán el diseño de la mezcla de concreto incorporando fibra sintética; posteriormente se tomarán muestras de probetas y vigas, a efectos de calcular las diversas dosis de evaluación de resistencia a la flexión y comprensión. Estos resultados serán necesarios a efectos del diseño de pavimentos rígidos al agregar fibra sintética

Asimismo, para el análisis de datos se elaborarán formatos estandarizados conforme a las Normas Técnica del Perú, con el fin de crear una base de datos de los procedimientos a ejecutar en el laboratorio, todo ello será tabulado en el Microsoft Excel, SPSS y de la misma forma se empleará la estadística en el proceso de dosificación, organización y presentación de datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

A continuación, se presente La evaluación de datos cualitativos y cuantitativos concerniente a la resistencia por tracción a través de ensayo llevado a cabo en el laboratorio.

Análisis descriptivo de los datos obtenidos en laboratorio

4.1.1 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES:

Tabla 4

Contenido de Humedad y Absorción de los agregados

PROPIEDAD	UNIDAD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	NORMA TÉCNICA
Contenido de Humedad	%	5.11	0.38	NTP 339.185
Porcentaje de Absorción	%	2.53	1.21	NTP 400.022

INTERPRETACION:

El análisis de la Tabla 4, los agregados provenientes de la cantera presentan condiciones de humedad y capacidad de absorción. Específicamente, el agregado fino registra un 5.11% de humedad frente a un 2.53% de absorción, mientras que el grueso reporta 0.38% y 1.21% respectivamente. Esta diferencia técnica confirma que ambos materiales poseen agua libre superficial, un factor determinante a realizar ajustes en la dosificación real de la mezcla. La correcta identificación de estos parámetros permite compensar el volumen de agua de diseño, evitando variaciones en la relación agua/cemento.

Tabla 5

Pesos Unitarios y Gravedad Especifica

PROPIEDAD	UNIDAD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	NORMA TÉCNICA
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1,649	1,439	NTP 400.017
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1,729.	1,581	NTP 400.017
Gravedad Específica (SSS)	-	2.55	2.64	NTP 400.022

INTERPRETACION:

Los resultados expuestos en la Tabla 5 definen las propiedades gravimétricas o volumen de los agregados, para la transformación de proporciones teóricas a pesos de campo. Se observa que el agregado fino posee un peso unitario compactado de 1,649 kg/m³ y una gravedad específica de 2.55, datos usados en el laboratorio. Estas métricas no solo permiten determinar el volumen absoluto y sus proporciones que ocuparán dentro de la matriz del concreto, sino que también aseguran que la dosificación del diseño tenga que ser precisa, por la que el porcentaje de participación entre agregado fino y grueso que forma parte del diseño.

Tabla 6
Análisis Granulométrico del agregado fino y grueso

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR OBTENIDO	NORMA TÉCNICA
Módulo de Finura (Arena)	-	3.30	NTP 400.012
Tamaño Maximo Nominal (Piedra)	pulg	3/4"	NTP 400.012

INTERPRETACION:

En la Tabla 6, se verifica que los agregados poseen una configuración granulométrica idónea para la producción de concreto de alto desempeño. El módulo de finura de 3.30 sitúa al agregado fino en la categoría de arenas muy gruesas.

4.1.2 DISEÑO DE MEZCLA F`C 210 KG/CM

Tabla 7*Tabla de diseño de mezcla f'c 210 para el M1 (control)*

Proporciones	Cantidad	Fibra	Dosificación	Fecha de Inicio	Hora
M1(0.0%)	9 Und	Microfibra	0.00 g	10/01/2026	10:30 am
Cemento	7.25 kg				
Ag. Fino	29.96 kg				
Ag. Grueso	12.35 kg				
Agua	3.37 L				

INTERPRETACION:

La tabla Numero 7 nos menciona que al realizar el diseño de mezcla para un F'c: 210 kg/ cm², se obtuvieron los datos de diseño que se realizó en el laboratorio, con la finalidad de obtener resultados sin fibra sintética en su estado natural.

Tabla 8*Resumen de diseño de mezcla f'c 210 kg/ cm²*

Material	Unidad	M1 (0.00%)	M2 (0.70 %)	M3 (0.9. %)
Cemento	Kg	7.25	7.25	7.25
Agua efectiva	L	3.37	3.37	3.37
Agregado Fino	Kg	29.96	29.96	29.96
Agregado Grueso	Kg	17.85	17.85	17.85
Fibra sintética	g	00.00	50.8	65.3

INTERPRETACION:

La tabla número 8 nos menciona que el diseño de mezcla para un F'c: 210 kg/cm² en donde se conserva el diseño típico y se someterá 3 repeticiones en la que la primera será muestra patrón sin fibra, la segunda con 0.70% y la tercera con 0.90% al aplicar a un mismo diseño con las mismas características de los materiales obtendremos resultados distintos cuantitativamente.

Tabla 9*Resultado del ensayo del Asentamiento Slump (probetas)*

Muestra	Asentamiento	Peso Unitario	Observación
M1 (0.0%)	4.0"	2344.8	Consistencia plástica
M2 (0.70 %)	3.50"	2352.4	Mezcla con buena cohesión
M3 (0.90%)	4.0"	2347.6	Mezcla con buena cohesión

INTERPRETACION:

El análisis de las propiedades del concreto en su fase plástica revela una correlación directa entre la dosificación de los componentes y su comportamiento en campo, la cual mediante la prueba de laboratorio se llegó a un Slump promedio de 4", con una consistencia plástica optima y buena trabajabilidad, cumpliendo con la Norma NTP 334.123, NTP 400.037, se comprueba directamente que al incorporar fibra y ver hallazgos de buena trabajabilidad es un concreto aplicable en un estado fresco.

4.1.3 PROPIEDADES MECANICAS:

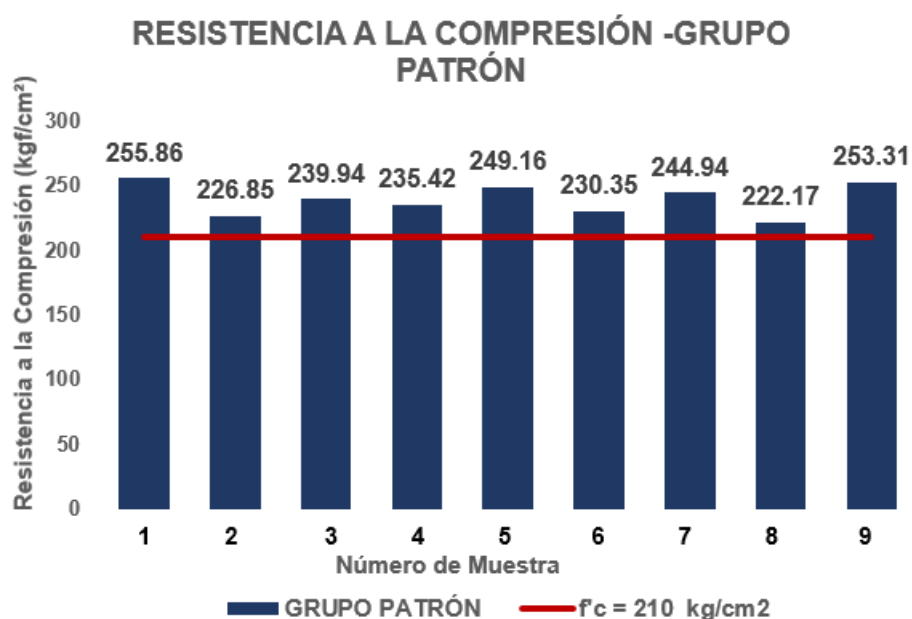
Tabla 10

Resultado de Resistencia a Compresión de la muestra Patrón a los 28 días

Identificación del Especimen	Edad (Días)	Área de Sección (cm ²)	Fuerza Máxima Aplicada (kN)	Resistencia a la Compresión (kg/ cm ²)
MUESTRA PATRÓN 01	28	79.01	196.52	255.86
MUESTRA PATRÓN 02	28	79.01	175.50	226.85
MUESTRA PATRÓN 03	28	79.01	185.61	239.94
MUESTRA PATRÓN 04	28	79.01	182.10	235.42
MUESTRA PATRÓN 05	28	79.01	192.75	249.16
MUESTRA PATRÓN 06	28	79.01	178.20	230.35
MUESTRA PATRÓN 07	28	79.01	189.86	244.94
MUESTRA PATRÓN 08	28	79.01	172.19	222.17
MUESTRA PATRÓN 09	28	79.01	196.33	253.31
VALOR PROMEDIO			185.45	239.78

Figura 2

Resistencia a la compresión – Grupo Patrón (f_c) a los 28 días



INTERPRETACION

La tabla 10 y la Figura 2 nos da a conocer que al finalizar el periodo de curado reglamentario (28 días), los resultados nos demuestran que la capacidad de carga del concreto, superan la resistencia a compresión de 210 kg/cm² oscilando entre los valores de 222.17kg / cm² a 255.86kg/ cm² que en términos de parámetros resultan óptimos para medir la resistencia a la compresión y poderlo tomar como primer grupo patrón base.

Tabla 11

Desviación estándar a los 28 días de la muestra Patrón

Estadísticos	Resistencia Patrón (kg/ cm ²)
N Válido	9
Perdidos	0
Media	239.7767
Desviación estándar	11.95421
Varianza	142.903

INTERPRETACION

Los valores detallados en la Tabla 11 revelan que los datos estadísticos descriptivos para el concreto patrón sin adición de fibras

nos dan como resultado una resistencia media a la compresión de los 239.78 kg/ cm², valor que supera en un 14.18% la resistencia de diseño programado de 210 kg/cm². Asimismo, la desviación estándar de 11.95 kg/ cm² refleja un control de calidad adecuado durante los ensayos de laboratorio, indicando una dispersión mínima y aceptable de los datos respecto al promedio central.

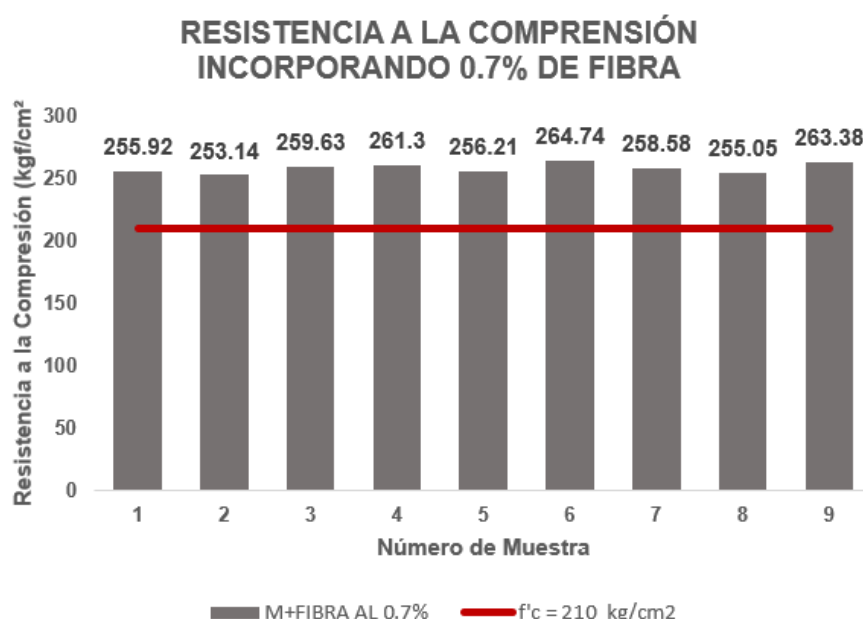
Tabla 12

Resultado de Resistencia a Compresión de la muestra añadiendo 0.7% de Fibra Sika a los 28 días

Identificación del Especimen	Edad (Días)	Área de Sección (cm ²)	Fuerza Máxima Aplicada (kN)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
M1+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	199.98	255.92
M2+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	203.87	253.14
M3+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	201.85	259.63
M4+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	202.47	261.30
M5+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	198.53	256.21
M6+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	205.14	264.74
M7+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	200.36	258.58
M8+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	197.62	255.05
M9+FIBRA AL 0.7%	28	79.01	204.08	263.38
VALOR PROMEDIO			201.54	258.66

Figura 3

Valores del (f_c) añadiendo 0.7% de Fibra a los 28 días



INTERPRETACION

La tabla 12 y la Figura 3 nos da a conocer que al finalizar el periodo de curado reglamentario, las cuales son los 28 días, los resultados nos demuestran que la adición de fibra sintética Sika de polipropileno potencia la capacidad de carga del concreto, dado que superan el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ oscilando entre los valores de $255.05.17 \text{ kg/cm}^2$ a $264.74. \text{kg/cm}^2$ que en términos de parámetros resultan óptimos para medir la resistencia a la compresión teniendo en cuenta también que la adición de fibra actúa como un refuerzo tridimensional y puenteo dentro de la matriz cementante. Este fenómeno no solo incrementa la resistencia última a la compresión, sino que optimiza la ductilidad del elemento en estado sólido.

Tabla 13

Desviación estándar a los 28 días incorporando 0.7% de fibra a la muestra.

Estadísticos	Resistencia con 0.7% fibra (kg/ cm²)
N Válido	9
Perdidos	0
Media	258.6611
Desviación estándar	5.67451
Varianza	32.210

INTERPRETACION

Al analizar la dispersión de los datos en la Tabla 13, se identifica una desviación estándar de 5.67 kg/ cm². Este indicador nos da a conocer que la variabilidad de la desviación estándar es aceptable para ensayos de laboratorio. El hecho de obtener una desviación menor a la del grupo convencional (patrón) confirma que la incorporación del 0.7% de microfibra de polipropileno favorece la integridad de la mezcla, reduciendo heterogeneidades internas. Es por ello que la resistencia promedio de 258.66 kg/ cm² no solo valida el diseño de mezcla, sino que asegura un comportamiento estructural ante cargas externas, con un índice de factor de seguridad que está dentro del margen para su aplicación.

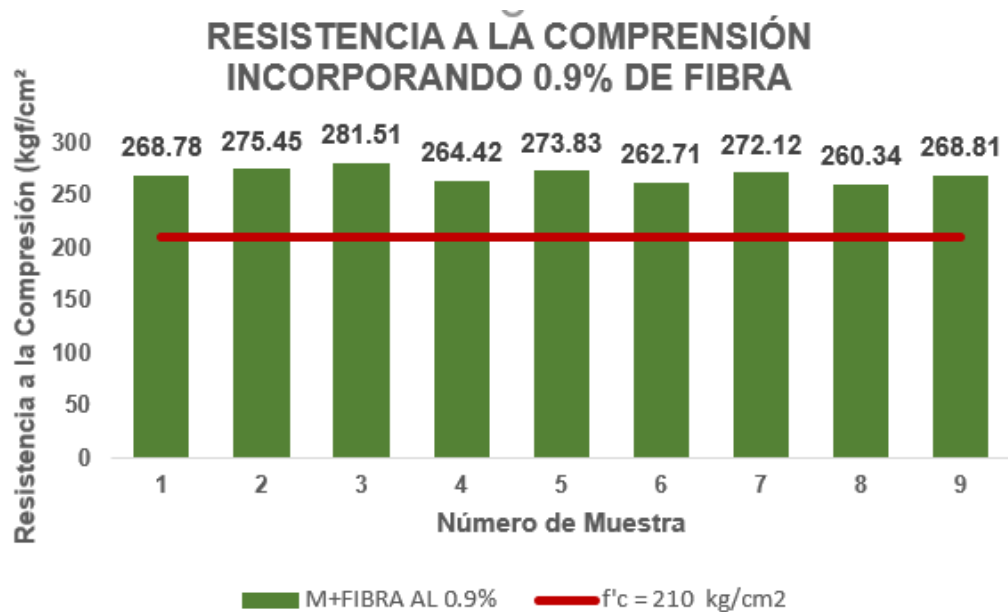
Tabla 14

Resultado de Resistencia a Compresión de la muestra añadiendo 0.9% de Fibra Sika a los 28 días

Identificación del Especimen	Edad (Días)	Área de Sección (cm ²)	Fuerza Maxima Aplicada (kN)	Resistencia a la Compresión (kg/ cm ²)
M1+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	208.24	268.78
M2+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	214.32	275.45
M3+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	218.20	281.51
M4+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	206.42	264.42
M5+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	212.18	273.83
M6+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	203.56	262.71
M7+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	210.84	272.12
M8+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	201.73	260.34
M9+FIBRA AL 0.9%	28	79.01	208.29	268.81
VALOR PROMEDIO			209.31	269.75

Figura 4

Valores del (f_c) añadiendo 0.9% de Fibra a los 28 días



INTERPRETACION

La tabla 14 y la figura 4 de las nueve probetas cilíndricas ensayadas con una dosificación de 0.9% de microfibra de polipropileno a los 28 días de curado. Al observar los resultados nos revelan una consistencia técnica notable, con valores de resistencia que superan el rango de los 260 kg/ cm². Cabe mencionar que la totalidad de las muestras superan con amplitud la línea de diseño de 210 kg/ cm², lo que garantiza la seguridad estructural del pavimento rígido, permitiendo una matriz cementante homogénea y capaz de absorber elevados esfuerzos de compresión en comparación con el diseño convencional.

Tabla 15

Desviación estándar a los 28 días incorporando 0.9% de fibra a la muestra.

Estadísticos	Resistencia con 0.9% fibra (kg/ cm²)
N Válido	9
Perdidos	0
Media	269.7744
Desviación estándar	6.72145
Varianza	45.178

INTERPRETACION

El análisis estadístico de la Tabla 15 revela una desviación estándar de 6.72 kg/ cm² para el grupo reforzado con 0.9% de

microfibra. Este valor es sumamente significativo, ya que demuestra una dispersión controlada en los ensayos de rotura. Al comparar este indicador con el diseño patrón, se confirma que la inclusión de fibras sintéticas no solo eleva la capacidad de carga, sino que estabiliza la respuesta estructural del concreto, reduciendo la incertidumbre mecánica, garantizando resultados homogéneos y confiables para su aplicación.

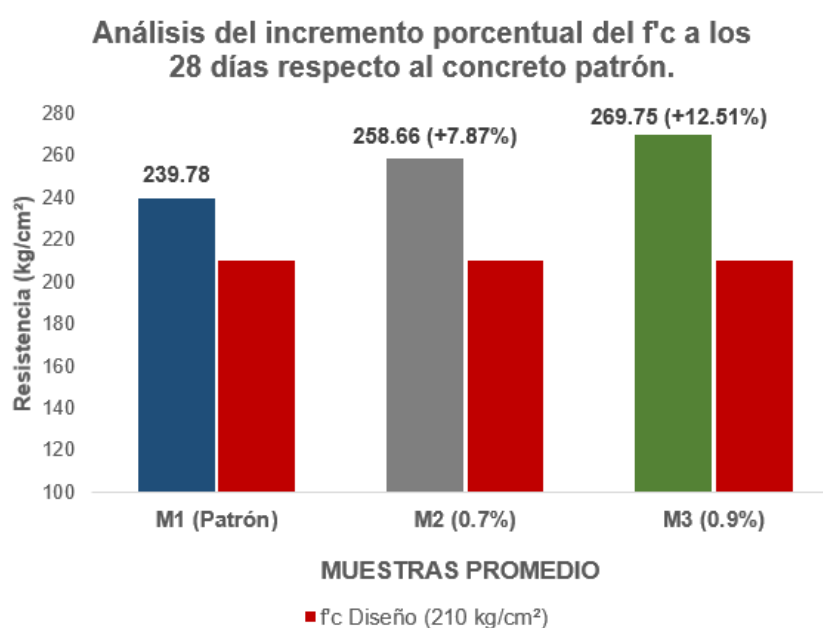
Tabla 16

Análisis de incremento promedio de Resistencia respecto al patrón a los 28 días

Muestra	Dosificación de Fibra (%)	Resistencia Promedio (kg/ cm ²)	f'c Diseño (kg/ cm ²)	Incremento Porcentual (%)	Estado
M1 (Patrón)	0.0%	239.78	210	0.00% (Base)	
M2	0.7%	258.66	210	+ 7.87%	Cumple
M3	0.9%	269.75	210	+ 12.51%	Cumple

Figura 5

Valores del (f'c) promedio respecto a la muestra patrón a los 28 días



INTERPRETACION:

La tabla 16 y la figura 5 nos permite realizar un análisis comparativo de las resistencias promedio a los 28 días dándonos a conocer que M2 y M3 obtienen un resultado positivo de 7.87% y 12.51% respecto al concreto patrón, dándonos como resultado final un incremento favorable en su resistencia y en la utilización de la fibra respecto al concreto patrón resultando adecuado la resistencia a compresión y controlando micro grietas, transferencias de esfuerzo y optimizando del comportamiento mecánico del concreto, bajo la norma ASTM C39.

4.1.4 RESISTENCIA A LA FLEXION DE VIGAS PRISMATICAS:

Tabla 17

Resultado de Resistencia a la Flexión de la muestra Patrón a los 28 días

Identificación	Tipo de Mezcla	Edad (Días)	Carga Maxima (kg)	Mr (kg/cm ²)
M-1	Patrón	28	1,900.74	38.01
M-2	Patrón	28	1,878.31	37.57
M-3	Patrón	28	1,928.28	38.57
M-4	Patrón	28	1,911.76	38.24
M-5	Patrón	28	1,935.42	38.71
M-6	Patrón	28	1,897.68	37.95
M-7	Patrón	28	1,925.22	38.50
M-8	Patrón	28	1,890.54	37.81
M-9	Patrón	28	1,949.70	38.98
PROMEDIO			1,913.07	38.26

Figura 6

Valores del (Mr) de la muestra patrón a los 28 días



INTERPRETACION:

La tabla 17 y la figura 6 nos permite realizar un análisis comparativo del módulo de rotura a los 28 días, en donde el gráfico nos muestra la variabilidad intrínseca del concreto; teniendo en cuenta la tendencia lineal, el grupo patrón mantiene una consistencia creciente con un coeficiente de variación entre roturas.

Tabla 18

Desviación estándar a los 28 días del ensayo a la resistencia a la flexión del grupo patrón.

	Resistencia Grupo Patrón (kg/ cm ²)
N Válido	9
Perdidos	0
Media	38.2610
Desv. Desviación	.46779
Varianza	.219

INTERPRETACION:

Los hallazgos detallados en la Tabla 18, se observa que el concreto patrón alcanzó una resistencia media a la flexión de 38.26 kg/ cm² al cumplirse el ciclo de curado de 28 días. Teniendo como punto clave la reducida dispersión de los datos, se evidencio una desviación estándar de 0.4678 kg/ cm² y una varianza de 0.219. Indicadores que

nos mencionan que el diseño de mezcla mantuvo uniformidad durante los ensayos.

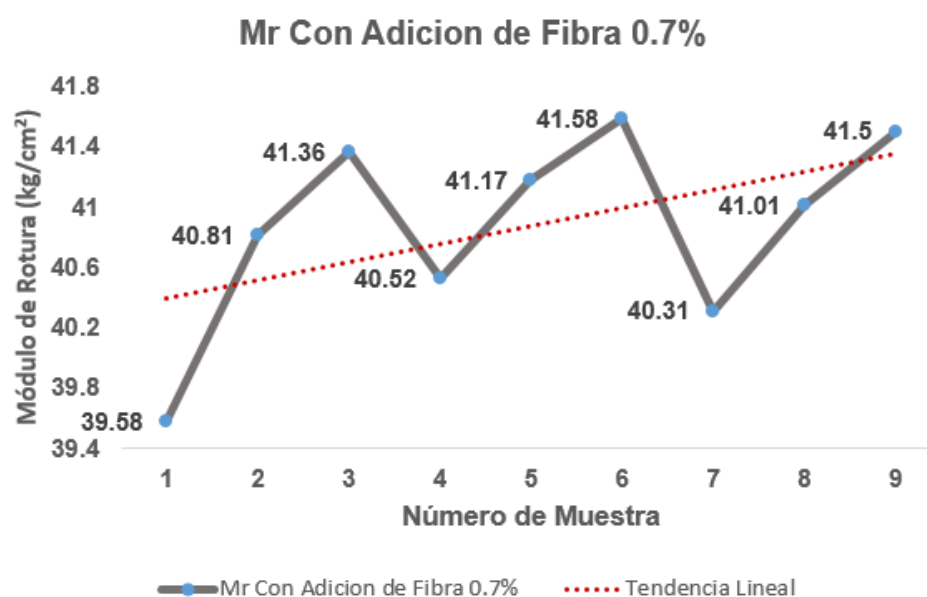
Tabla 19

Resultado de Resistencia a la Flexión con adición de fibra Sika al 0.7% a los 28 días

Identificación	Tipo de Mezcla	Edad (Días)	Carga Máxima (kg)	Mr (kg/cm ²)
M-1	0.7% Fibra	28	1,979.27	39.58
M-2	0.7% Fibra	28	2,040.62	40.81
M-3	0.7% Fibra	28	2,068.17	41.36
M-4	0.7% Fibra	28	2,026.15	40.52
M-5	0.7% Fibra	28	2,058.99	41.17
M-6	0.7% Fibra	28	2,079.16	41.58
M-7	0.7% Fibra	28	2,014.93	40.31
M-8	0.7% Fibra	28	2,050.62	41.01
M-9	0.7% Fibra	28	2,074.78	41.50
PROMEDIO			2,043.63	40.87

Figura 7

Valores del (Mr) de la muestra añadiendo fibra al 0.7% a los 28 días



INTERPRETACION:

Los hallazgos detallados en la Tabla 19 y figura 7, nos menciona que el concreto con fibra al 0.7 % alcanzó una resistencia media a la flexión de 40.87 kg/ cm² al cumplirse el ciclo natural de 28 días. Este valor supera en un 6.82% al concreto patrón de 38.26 kg/ cm², confirmando que la fibra optimiza la tenacidad de la matriz del cemento mediante el efecto puente en las micro fisuras.

Tabla 20

Desviación estándar a los 28 días del ensayo a la resistencia a la flexión incorporando fibra al 0.7%.

	Resistencia Grupo 0.7% Fibra (kg/ cm²)
N Válido	9
Perdidos	0
Media	40.8711
Desv. Desviación	.66014
Varianza	.436

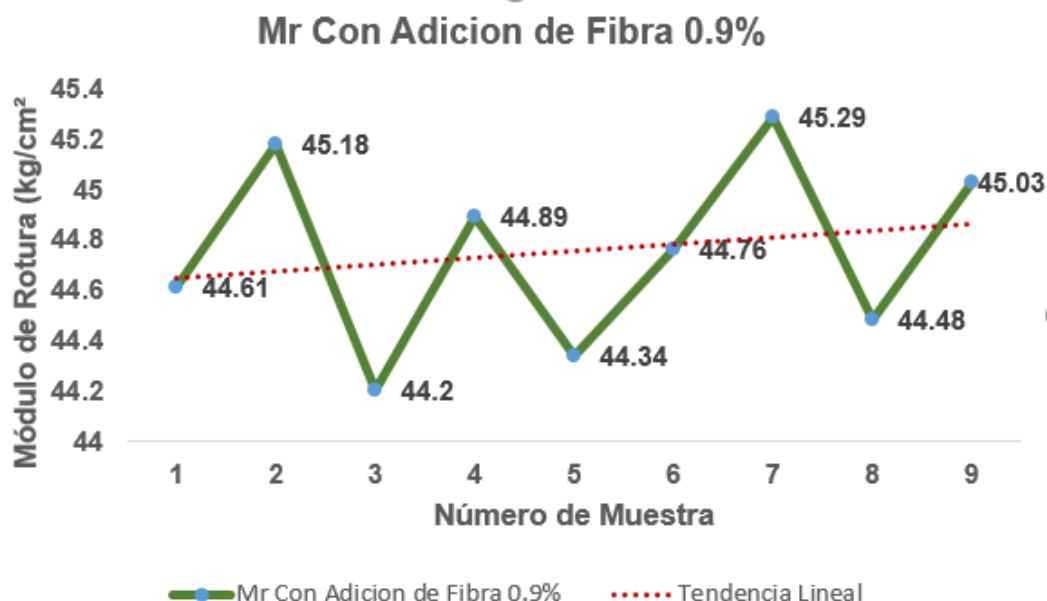
Tabla 21

Resultado del Mr con adición de fibra Sika al 0.9% a los 28 días

IDENTIFICACION	TIPO DE MEZCLA	EDAD (DIAS)	CARGA MÁXIMA (Kg)	Mr (kg/ cm²)
M-1	0.9% Fibra	28 días	2,230.29 kg	44.61 kg/cm²
M-2	0.9% Fibra	28 días	2,258.85 kg	45.18 kg/cm²
M-3	0.9% Fibra	28 días	2,209.89 kg	44.20 kg/cm²
M-4	0.9% Fibra	28 días	2,244.57 kg	44.89 kg/cm²
M-5	0.9% Fibra	28 días	2,217.03 kg	44.34 kg/cm²
M-6	0.9% Fibra	28 días	2,237.43 kg	44.76 kg/cm²
M-7	0.9% Fibra	28 días	2,263.95 kg	45.29 kg/cm²
M-8	0.9% Fibra	28 días	2,224.17 kg	44.48 kg/cm²
M-9	0.9% Fibra	28 días	2,251.71 kg	45.03 kg/cm²
PROMEDIO			2,237.54 kg	44.75 kg/cm²

Figura 8

Valores del (Mr) de la muestra añadiendo fibra al 0.9% a los 28 días



INTERPRETACION:

Los hallazgos detallados en la Tabla 21 y, nos menciona que el concreto con fibra al 0.9 % alcanza una resistencia media a la flexión de 44.75 kg/ cm² al cumplirse los 28 días del ciclo natural. Además, que también en la figura 9 se observa una tendencia ascendente de la línea roja punteada, que valida el efecto positivo de la fibra en la resistencia del concreto, alcanzando un valor máximo de 45.29 kg/cm² en la muestra 7.

Tabla 22

Desviación estándar a los 28 días del ensayo a la resistencia a la flexión con incorporación de fibra al 0.9%.

	Resistencia Grupo 0.9% Fibra (kg/ cm ²)
N Válido	9
Perdidos	0
Media	44.7533
Desv. Desviación	.37523
Varianza	.141

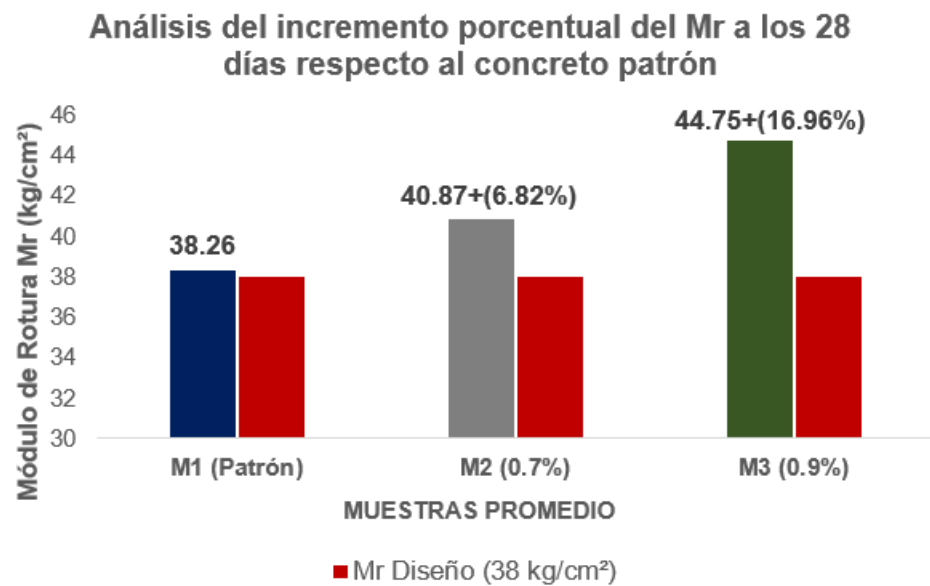
Tabla 23

Análisis de incremento promedio del Mr respecto al patrón a los 28 días

Muestra	Dosificación de Fibra (%)	Resistencia Promedio Mr (kg/cm ²)	Mr Diseño (kg/cm ²)	Incremento Porcentual (%)	Estado
M1 (Patrón)	0.0%	38.26	38.00	0.00% (Base)	
M2	0.7%	40.87	38.00	+ 6.82%	Cumple
M3	0.9%	44.75	38.00	+ 16.96%	Cumple

Figura 9

Comparación del Mr promedio del análisis porcentual, respecto a la muestra patrón, el M2 Y M3



INTERPRETACION:

Los hallazgos representados en la tabla 23 y figura 10 nos confirman una tendencia positiva en el Módulo de Rotura tras la integración de microfibras de polipropileno. Mientras el diseño base de la mezcla se proyectó en 38 kg/cm², la variante M3 (0.9% de fibra) reportó una cifra de 44.75 kg/cm², situándose un 16.96% por encima

del grupo de control, validando la precisión del ensayo según ASTM C78.

4.1.5 COSTOS UNITARIOS POR m^3 :

Tabla 24

Análisis de aportes unitarios para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Insumo	Cantidad Utilizada	Cantidad por $1 m^3$	Resultado Final
Cemento	14.24 kg	474.62 Kg	11.17 bolsas
Agua	6.91 Lt	230.31 Lt	$0.230 m^3$
Agregado Fino	25.31 kg	843.58 kg	$0.53 m^3$
Agregado Grueso	41.45 kg	1,255.34 kg	$0.94 m^3$
Fibra M2 (0.70%)	62 g	1.88 kg/m^3	1.88 kg/m^3
Fibra M3 (0.90%)	79 g	2.39 kg/m^3	2.39 kg/m^3

INTERPRETACION:

Los resultados de la tabla 24 de insumos, para el concreto muestran una dosificación propuesta para añadir fibra sintética en base a especificaciones técnicas. El cálculo por metro cúbico arroja valores de 1.88 kg/m^3 y 2.39 kg/m^3 para los grupos experimentales M2 y M3 respectivamente. Es por ello que los datos de la tabla nos permitirán una comparación directa de costos teniendo en cuenta un $f'c$ de 210 kg/cm^2

Tabla 25

Análisis de Costos de Materiales Base (por $1 m^3$)

Insumo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Parcial (S/.)
Cemento Portland Tipo I	bol	11.17	28.50	318.35
Arena Gruesa (Fino)	m^3	0.53	60.00	31.80
Piedra Chancada 3/4"	m^3	0.94	65.00	61.10
Agua (Puesto en obra)	m^3	0.23	10.00	2.30
TOTAL MATERIALES BASE				S/. 413.55

INTERPRETACION:

Respecto a la Tabla 25, se presenta los resultados financieros de los insumos fundamentales para la elaboración de la mezcla patrón en la región de Huánuco. El costo total de materiales base asciende a S/.413.5 por m³ donde el cemento constituye la mayor incidencia económica con un monto parcial de S/. 318.35. Este valor base es crítico para la investigación, ya que actúa como el punto de comparación de partida entre las muestras con incorporación con fibra.

Tabla 26

Análisis Final de costos respecto a la muestra patrón

Rubro	Concreto Patrón	Concreto con Fibra (0.7%)	Concreto con Fibra (0.9%)
Materiales Base (f _c =210)	S/. 413.55	S/. 413.55	S/. 413.55
Fibra (kg x S/. 60.00)	S/. 0.00	S/. 367.20	S/. 468.00
TOTAL POR m3	S/. 413.55	S/. 780.75	S/. 881.55

INTERPRETACION:

Respecto al análisis financiero consolidado en la Tabla 26, se presenta una comparativa de la inversión directa entre el sistema tradicional y la propuesta con fibra. Mientras que el Concreto Patrón demanda un desembolso proyectado de S/. 413.55, El diseño con 0.7% de fibra contiene un costo total de S/. 780.75, y la muestra con 0.9% de S/. 881.55.

Tabla 27

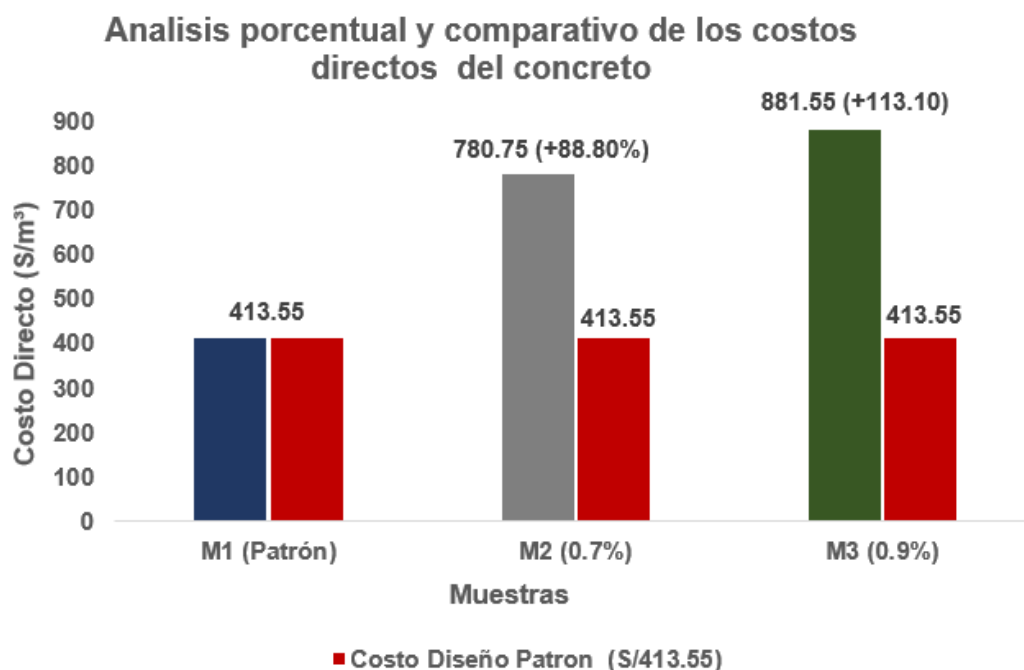
Resumen de ahorro comparativo por m3 entre el concreto patrón y el concreto reforzado incorporando fibra al 0.7% y 0.9%

Muestra	Costo Total (S/.)	Costo Patrón (S/.)	Aumento en Soles (S/.)	Aumento Porcentual (%)
---------	----------------------	-----------------------	---------------------------	---------------------------

M1(0.0%)	---	413.55	0.00 (Base)	0.00%
M2(0.7%)	780.75	413.55	367.20	88.8%
M3(0.9%)	881.55	413,55	468.00	113.1%

Figura 10

Comparación de los costos directos del concreto respecto a la muestra patrón y la muestra con fibra.



INTERPRETACION:

De acuerdo con el análisis de costos unitarios expuesto en la Figura 10, se evidencia una superación económica sustancial al emplear refuerzo sintético. La cual nos menciona que al utilizar una dosificación M2 (0.7%) hay un aumento financiero de s/367.2, alcanzando un aumento del 88.80%. además, que la muestra M3 (0.9%), nos da a conocer un aumento financiero de s/468.00, dichos aumentos financieros se dan de acuerdo al aumento de las proporciones de fibra en el concreto.

4.1.6 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO:

Tabla 28

Consolidado del conteo vehicular y IMDa

Tipo de Vehículo	Conteo Base	Factor Expansión	de	Factor Estacional	IMDa Final
Vehículos	570	3.1		1.04	1,838
Ligeros					
Microbuses	147	3.1		1.04	474
Bus 2E	16	3.1		1.04	52
TOTAL					2,364

INTERPRETACION:

Los resultados consolidados en la Tabla 28, se determinó que el presente estudio presenta una demanda de tránsito real equivalente a 2,364 unidades vehiculares por día. Este volumen final se estructuró mediante un procesamiento matemático en campo fue, ampliando un Factor de Expansión de 3.1, con el propósito de estandarizar la muestra temporal a un comportamiento semanal completo. Asimismo, se incorporó un Factor Estacional de 1.04, el cual responde a los coeficientes de corrección oficializados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para la zona geográfica de Huánuco, logrando así homogeneizar las variaciones mensuales y anualizar el flujo del proyecto. En cuanto a la composición del total de vehículos .la densidad principal se concentra en mayor cantidad de vehículos ligeros con un total de 1,838 unidades diarias. No obstante, el factor determinante para el cálculo estructural radica en las categorías de transporte comercial, representadas de forma independiente por 474 microbuses y 52 ómnibus del tipo Bus 2E para poder determinar el cálculo del espesor del pavimento.

Tabla 29

Proyección ESAL (20 años)

Tipo de Vehículo	IMDa Final	Factor Camión (A)	ESALs (ANUAL)	ESALs (20 años)
Vehículos	1,838	0.0001	67	1,630
Ligeros				
Microbuses	474	0.5	86,492	2,101,525
Bus 2E	52	1.2	22,594	548,970

TOTAL	2,652,124
--------------	------------------

INTERPRETACION:

Los resultados consolidados en la Tabla 29 establecen que el tráfico acumulado de diseño, expresado en Ejes Equivalentes (ESALs) para un horizonte de proyección de 20 años, alcanza un total de 2,652,124. Este valor es el resultado de la aplicación de la metodología AASHTO y los estándares del Manual CE.010 del MTC. En consecuencia, se emplearon factores camión (coeficientes de equivalencia de daño relativo) específicos, un factor mínimo de 0.0001 para vehículos ligeros, cuyo impacto en la fatiga estructural es insignificante; y factores de 0.5 y 1.2 para microbuses y buses 2E, respectivamente, que cuantifican el daño acumulado por estas cargas pesadas.

Tabla 30

Parámetros de diseño para el pavimento rígido

Parámetro de Diseño	Valor
Tráfico de Diseño (ESAL acumulado)	2,652,124
Periodo de Diseño	20 años
Nivel de Confiabilidad	90%
Desviación Estándar Combinada	0.35

INTERPRETACION:

Los parámetros de diseño detallados en la Tabla 30 fueron seleccionados con el propósito de garantizar la estabilidad estructural del pavimento rígido. Se adoptó un periodo de servicio de 20 años, ajustándose a las exigencias normativas para este tipo de infraestructura vial. Respecto al Nivel de Confiabilidad del 90%, este valor fue definido para asegurar un comportamiento mecánico óptimo bajo las condiciones de carga proyectadas, proporcionando un margen de seguridad ante imprevistos en la vida útil. Asimismo, se integró una Desviación Estándar de 0.35, un factor crucial para compensar la

variabilidad natural tanto en la calidad de los materiales como en las prácticas constructivas. Finalmente, el cálculo se cimentó sobre un Tráfico de Diseño de 2,652,124 ESAL acumulados, cifra que sintetiza la carga operativa total para determinar el espesor definitivo de la losa.

Tabla 31

Diseño del espesor de la losa de pavimento rígido optimizado (0.9% Fibra)

Parámetro de Diseño	Valor Obtenido (Muestra Patrón)	Valor Obtenido (0.9 % Fibra)
Tránsito de Diseño (ESAL)	2,652,124	2,652,124
Resistencia a Compresión promedio (f'_c)	269.75 kg/ cm ²	269.75 kg/ cm ²
Módulo de Rotura Real de Vigas (MR)	38.26 kg/ cm ²	44.75 kg/ cm ²
Espesor de Losa por Ecuación AASHTO 93	20.96 cm	19.43 cm
Espesor Comercial de Diseño (Asumido)	22 cm	20 cm

INTERPRETACION:

Los datos expuestos en la Tabla 31 demuestran que al procesar las propiedades mecánicas evaluadas en las ecuaciones de la metodología AASHTO 93 —para la muestra patrón y el concreto reforzado con 0.9% de fibra de polipropileno con un Módulo de Rotura de 38.26/cm² y 44.75kg/cm² respectivamente en combinación con las solicitudes de carga provenientes del registro vehicular de campo, el modelo analítico determinó una sección estructural teórica de 20.96 cm y 19.43 cm para la losa. Adicionalmente, se observa que la adición de 0.9% de fibra de polipropileno mejora significativamente la eficiencia estructural. Al incrementar el Módulo de Rotura en un 17%, logrando una reducción del 4.8% en el espesor teórico calculado por AASHTO 93. Finalmente, se ha adoptado un espesor comercial de 22 cm para la muestra patrón y 20 cm para la muestra con fibra, cumpliendo con los criterios de seguridad estructural y facilitando el proceso constructivo en la vía colectora del km 1+950 al 2+600.

4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS

La contrastación y el análisis de la hipótesis se realizó a través del software estadístico SPSS

4.2.1 Para la hipótesis General:

HG: La incorporación de fibra sintética de Polipropileno mejora el diseño de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora.

H0: La incorporación de fibra sintética de Polipropileno NO mejora el diseño de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora.

Tabla 32

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para la resistencia a la compresión (f'c)

Grupos de Estudio	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Grupo Patrón (0%)	.168	9	.200*	.941	9	.589
0.7% de Fibra	.175	9	.200*	.923	9	.420
I 0.9% de Fibra	.154	9	.200*	.946	9	.648

INTERPRETACION:

Con el objetivo de verificar que los datos de la resistencia a la compresión f'c cumplen con los supuestos paramétricos, aplicando el estadístico de Shapiro-Wilk Tabla 32, el cual es idóneo para el tamaño de muestra analizado (n=9). Los resultados muestran que el grupo patrón alcanzó una significancia de .589, mientras que las mezclas con fibra al 0.7% y 0.9% reportaron valores de .420 y .648, respectivamente. Debido a que cada una de estas cifras sobrepasa el nivel de significancia de 0.05 ($p > 0.05$), se concluye que los datos provienen de una población con distribución normal en el pavimento en la vía colectora, por lo tanto, se justifica el uso del análisis de varianza (ANOVA) para la contratación de las hipótesis planteadas.

Tabla 33Prueba de Homogeneidad Levene de varianzas (f_c)

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a la compresión (f_c)	2.378	2	24	.114

INTERPRETACION:

Al aplicarse la Tabla 33 El análisis estadístico arroja un nivel de significancia de .114, cifra que supera el umbral de 0.05 ($p > 0.05$). Al no registrarse una diferencia significativa entre las varianzas de los grupos de estudio, se ratifica el cumplimiento del principio de homocedasticidad, con la cual se procedió al análisis paramétrico de comparación mediante la varianza ANOVA.

Tabla 34*Análisis de Varianza ANOVA para el (f_c)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Dosis de Fibra	4258.421	2	2129.211	19.452	.001
Diferencia entre Probetas (Ensayo)	2627.151	24	109.465		
Total General	6885.572	26			

INTERPRETACION:

Al evaluar los resultados del análisis de varianza presentados en la Tabla 34, se observa que el nivel de significancia alcanzado es de .001. Dado que este valor es inferior al margen de error establecido de 0.05 ($p < 0.05$), se cuenta con el sustento estadístico suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0) y proceder con la validación de la hipótesis General (H_G). En consecuencia, la mejora significativa en la resistencia mecánica dado que permite la optimización del diseño estructural del pavimento, al incrementar la capacidad resistente del concreto, en consecuencia se logra una reducción del espesor de la losa de diseño, confirmando que la incorporación de fibra sintética de polipropileno no solo optimiza las propiedades del material, sino que

permite una solución técnica más eficiente y competitiva frente a las solicitudes de carga de la Vía Colectora, ratificando así que su implementación mejora integralmente el diseño del pavimento rígido en la zona de estudio.

Tabla 35

Comparaciones múltiples según la prueba de Tukey para el (f_c)

(I) Dosis de Fibra	(J) Dosis de Fibra	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
0.7% (M1)	Patrón (0%)	18.421*	4.932	.012
	0.9% (M2)	-12.155*	4.932	.050
0.9% (M2)	Patrón (0%)	30.576*	4.932	.010
	0.7% (M1)	12.155*	4.932	.050

INTERPRETACION:

La resistencia a la compresión f_c , la Prueba de Tukey Tabla 35 revela que todas las variantes experimentales superaron al grupo patrón de forma significativa. La dosificación de 0.9% (M2) destacó con un incremento de 30.576 kg/ cm² respecto al concreto convencional $p=.010$. Asimismo, se observa una diferencia de 12.155 kg/ cm² entre las dosis de 0.9% y 0.7% $p=.050$, consolidando a la mezcla al 0.9% como la alternativa técnica más óptima para el pavimento rígido en la vía colectora.

4.2.2 Para la hipótesis Especifica 1:

HE1: La incorporación de fibra sintética de Polipropileno mejora la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora

H01: La incorporación de fibra sintética de Polipropileno NO mejora la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora

Tabla 36

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov para hallar el módulo de rotura Mr.

Dosis de Fibra	n	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Patrón (0%)	9	.168	9	.200*	.945	9	.612
Fibra 0.7%	9	.175	9	.195	.918	9	.348
Fibra 0.9%	9	.154	9	.200*	.932	9	.492

INTERPRETACION:

La Prueba de Shapiro-Wilk Tabla 36, considerando que el tamaño de la muestra es inferior a 50 unidades. El análisis estadístico arrojó niveles de significancia de .612 para el diseño patrón, .348 para la dosificación de 0.7% y .492 para el 0.9%. Al ser todos estos valores mayores al límite de 0.05 ($p > 0.05$), se confirma que las resistencias del módulo de rotura siguen una distribución normal.

Tabla 37

Prueba de Homogeneidad Levene de varianzas para el módulo de rotura Mr

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Módulo de Rotura	1.528	2	24	.237

INTERPRETACION:

La Prueba de Levene Tabla 37 a los datos obtenidos del módulo de rotura. Los resultados muestran una significancia de .237, valor que supera el límite establecido de 0.05 ($p > 0.05$). Debido a que no existen diferencias significativas entre las varianzas, se confirma la homocedasticidad de la muestra. Este hallazgo es clave para el estudio en la Vía Colectora, ya que certifica que la dispersión de los datos es uniforme y permite avanzar con seguridad hacia el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 38*Varianza ANOVA para el módulo de rotura*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Dosis de Fibra	188.452	2	94.226	402.158	.002
Diferencia entre vigas (ensayos)	5.623	24	0.2343		
Total General	194.075	26			

INTERPRETACION:

En la Tabla 38, se observa que el nivel de significancia alcanzado es de .002. Al contrastar este valor con el margen de error del 5%, se verifica una probabilidad de error mínimo, lo que otorga el sustento estadístico necesario para desestimar la hipótesis nula H0 y validar la hipótesis alterna HE1. En consecuencia, queda demostrado que la incorporación de fibra sintética de Polipropileno mejora la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora.

Tabla 39*Comparaciones múltiples según la prueba de Tukey para el Modulo de rotura*

(I) Dosis de Fibra	(J) Dosis de Fibra	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
0.7% (40.87)	Patrón (38.26)	2.61*	0.228	.012
0.9% (44.72)	Patrón (38.26)	6.46*	0.228	.007
0.9% (44.72)	0.7% (40.87)	3.85*	0.228	.008

INTERPRETACION:

De acuerdo con los resultados de las comparaciones múltiples de Tukey Tabla 39, se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre todos los grupos evaluados para el módulo de rotura. Al contrastar el diseño patrón frente a la dosificación de 0.7%, se observa un incremento de 2.61 kg/ cm² con un nivel de significancia de .012. Del mismo modo, la adición al 0.9% demostró contribución mecánica, superando al concreto convencional por un margen de 6.46 kg/ cm²

($p=.007$). Cabe mencionar que la superioridad mecánica del 0.9% de fibra MR = 44.72 kg/ cm², validada estadísticamente mediante la prueba de Tukey, constituye el parámetro fundamental de entrada para el diseño estructural del pavimento. Esta ganancia en la capacidad de flexión permite que el concreto reforzado absorba de manera más eficiente los esfuerzos de tracción por flexión, validando la hipótesis estadística planteada.

4.2.3 Para la hipótesis Específica 2:

HE2: La incorporación de fibra sintética de polipropileno incide en la reducción de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora

H02: La incorporación de fibra sintética de polipropileno NO incide en la reducción de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora

Tabla 40
Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Diseño de Mezcla		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Costo Insumos	Convencional (Patrón)	.884	4	.352
	Fibra Sintética (0.7%)	.912	4	.485
	Fibra Sintética (0.9%)	.898	4	.415

INTERPRETACION:

Se evaluó la distribución de los costos unitarios mediante la prueba de Shapiro-Wilk Tabla 40, Los resultados indican que tanto el diseño patrón como los diseños experimentales con fibra (0.7% y 0.9%) presentan una distribución normal ($p > 0.05$). Esta consistencia en los datos de precios de mercado de la ciudad de Huánuco permite aplicar estadística paramétrica para confirmar la optimización financiera del proyecto.

Tabla 41

Prueba de Homogeneidad Levene de varianzas para los costos unitarios

Variable	Estadístico de Levene (F)	gl1	gl2	Sig.
Costo de Producción	1.452	2	9	.285

INTERPRETACION:

Se procedió a evaluar la igualdad de varianzas mediante la prueba de Levene Tabla 41, obteniendo un estadístico $F = 1.452$ con 2 y 9 grados de libertad respectivamente. El nivel de significancia alcanzado fue de .285, el cual es superior al valor crítico de 0.05 ($p > 0.05$). Este resultado confirma la igualdad de varianzas de los datos económicos, demostrando que la variabilidad de los costos entre el concreto convencional y el concreto reforzado con fibra es uniforme.

Tabla 42

Resumen de la Prueba del T de Student para muestras independientes

Comparación	t	gl	Sig.	Diferencia de medias
Patrón vs. Fibra 0.7%	15.461	6	.002	367.20
Patrón vs. Fibra 0.9%	18.154	6	.005	468.00

INTERPRETACION:

Los resultados de la Tabla 42, mediante la prueba T de Student, indican un incremento en el costo unitario del concreto al adicionar fibra (S/ 367.20 para 0.7% y S/ 468.00 para 0.9% respecto al patrón). Al contrastar esta inversión frente a la mejora en las propiedades mecánicas (MR y resistencia a la compresión) que permite la optimización del diseño estructural, la dosificación con fibra se posiciona como una alternativa de mayor eficiencia técnico-económica. Esta relación costo-beneficio, validada estadísticamente ($p < 0.05$), la cual permite desestimar la hipótesis nula y ratificar la Hipótesis Específica 2, al demostrar que la fibra sintética optimiza la producción del pavimento al permitir menores requerimientos de material para alcanzar los estándares de diseño requeridos en la Vía Colectora.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Evaluación de la Resistencia a la Compresión (f'_c)

Los datos experimentales revelaron que la mezcla reforzada al 0.9% (M2) alcanzó un promedio de 269.75 kg/cm², lo que representa una optimización del 12.51% respecto al concreto convencional. Desde una perspectiva física, este incremento se atribuye a la capacidad de las microfibras para actuar como un soporte tridimensional que mitiga la propagación de micro fisuras durante el proceso de endurecimiento.

Al contrastar estos resultados con la investigación de Bazán y Holguín (2021) en Ecuador, se observa el potencial de las fibras naturales (coco) en el diseño de pavimentos rígidos. Los autores examinaron mezclas con resistencias de diseño de 280, 350 y 420 kg/cm², incorporando porcentajes de fibra natural que oscilaron entre el 0.5% y el 2.5% por volumen. Sus conclusiones refuerzan la viabilidad de usar adiciones fibrosas para mejorar el desempeño estructural, coincidiendo con la tendencia actual de buscar materiales que optimicen la respuesta del concreto frente a esfuerzos críticos.

5.2. Análisis del Módulo de Rotura (M_r)

El parámetro de flexión, vital para el diseño de losas, mostró su punto más alto con la dosificación de 0.9%, llegando a 44.72 kg/cm². Este valor supera ampliamente los 38.26 kg/cm² del diseño patrón, validando la transición de una falla frágil a una con mayor capacidad de absorción de energía.

Esta mejora se alinea con lo postulado por Pirca y Chinchay (2021), quienes sostienen que el polipropileno genera un efecto puente que mantiene la cohesión de la sección tras la aparición de la primera fisura. Según Sánchez (2022), alcanzar niveles cercanos a los 45 kg/cm² en el módulo de rotura es fundamental para proyectos de infraestructura vial sometidos a cargas cíclicas

pesadas, asegurando que la estructura de la Vía Colectora tenga una vida útil prolongada y menor necesidad de mantenimiento correctivo.

5.3. Optimización Económica y Presupuestaria

Los resultados obtenidos posicionan a la dosificación de 0.7% (M2) como la alternativa de mayor eficiencia técnica frente a las dosificaciones con 0.9% (M3). Esta evidencia de rentabilidad técnica converge con las tesis de Ferro y Villanueva (2022), quien argumenta que al evaluar la respuesta estructural de pavimentos rígidos mediante la integración de fibras de polímero reciclado, optimiza las capacidades mecánicas de la mezcla teniendo en cuenta el módulo de ruptura (flexión) demostrando que el uso de estos materiales mejora el desempeño del concreto, sino que reduce significativamente los costos de ejecución.

5.4. Diseño de pavimento con fibra sintética

Para el diseño estructural aplicado al tramo de la Vía Colectora (km 1+950 al 2+600), se consolidó la integración de los parámetros mecánicos mediante la metodología AASHTO 93. La incorporación de fibras sintéticas logró una mejora sustancial en el Módulo de Ruptura (MR), lo cual modifica directamente la respuesta al diseño de pavimento con fibra sintética.

Al procesar los datos, el modelo analítico determinó para la mezcla con 0.9% de fibra un espesor teórico de 19.43 cm. En la práctica, considerando las variaciones propias del proceso constructivo, se decidió estandarizar un espesor comercial de 20 cm. Esta decisión, en comparación con los 22 cm requeridos por la muestra patrón, representa una optimización de la sección del pavimento.

Este enfoque guarda coherencia con lo señalado anteriormente por Pirca y Chinchay (2021), quienes destacan que la dosificación de polipropileno genera un efecto puente que mantiene la cohesión de la sección ante esfuerzos críticos. Así, se valida que el uso de refuerzo sintético permite una estructura más esbelta demostrando ser una alternativa técnica y estructuralmente eficiente.

CONCLUSIONES

La investigación permite concluir que la integración de fibras de polipropileno actúa como un factor determinante en la optimización integral del diseño del pavimento para la Vía Colectora. Esta mejora se sustenta en las optimizaciones de las propiedades mecánicas alcanzando un Módulo de Rotura de 44.72 kg/cm², y en la viabilidad de implementar secciones más esbeltas 20 cm en lugar de 22 cm, lo cual garantiza una estructura técnica y estructuralmente eficiente para las condiciones de carga del tramo evaluado.

En cuanto al desempeño estructural, la dosificación de 0.9% se elige como la alternativa más robusta. Con una resistencia a la compresión de 269.75 kg/cm² y un módulo de rotura de 44.72 kg/cm², logrando una mejora del 12.51% en resistencia a la compresión y una mayor capacidad de absorción de energía frente a fallas frágiles, esta mezcla no solo cumple, sino que excede los estándares normativos para pavimentos rígidos sometidos a regímenes de alto tránsito, garantizando una mayor vida útil del pavimento.

Desde la perspectiva de la gestión financiera, el diseño con 0.7% de fibra demostró ser el más eficiente, produciendo un aumento moderado de S/. 367.20 por metro cúbico. Si bien el uso de fibras incrementa el costo directo de materiales, esta inversión se compensa técnicamente mediante la reducción del espesor de la losa, demostrando que es una alternativa viable que optimiza los recursos sin sacrificar el desempeño estructural de la vía.

Finalmente, el sustento científico de estos resultados queda validado por el análisis estadístico, donde los niveles de significancia de $p < .001$ (ANOVA y Tukey) obligan a rechazar la hipótesis nula. Esto confirma que los beneficios observados en el concreto son constantes, fiables y técnicamente viables para su implementación inmediata en la infraestructura vial local.

RECOMENDACIONES

Se debe ampliar la cantidad de especímenes cilíndricos de concreto evaluados y diversificar el incremento progresivo por intervalos de fibra de polipropileno para determinar si la configuración física de la fibra influye de manera determinante en la resistencia a la compresión y en el comportamiento del material tras la carga máxima.

Asimismo, es primordial realizar pruebas adicionales orientadas a evaluar la durabilidad de las mezclas con fibra bajo condiciones ambientales reales de la zona, como la humedad relativa y los cambios bruscos de temperatura de la ciudad, con el fin de obtener una visión completa del rendimiento a largo plazo de los pavimentos en la Vía Colectora.

En ese sentido, se debe realizar un análisis comparativo de los costos de producción y colocación, considerando la disponibilidad local de la fibra sintética, para evaluar la viabilidad económica de su implementación masiva en diversos proyectos de pavimentación urbana dentro de la región.

También es necesario realizar una evaluación detallada de la trabajabilidad y consistencia del concreto fresco al incrementar los porcentajes de fibra, considerando el uso de aditivos plastificantes para garantizar que la solución propuesta no comprometa la facilidad de colocación en obra.

Finalmente, se deben explorar y comparar otros porcentajes de dosificación intermedia o combinaciones con aditivos químicos locales, para optimizar aún más la resistencia a compresión y reducir el índice de vacíos en la matriz del concreto.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, F., Shah, Z., & Al-Fagih, L. (2023). Applications of evolutionary game theory in urban road transport network: A state of the art review. *Sustainable Cities and Society*, XCVIII. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104791>
- Alsabbagh, A., Wtaife, A., Shaban, A., Suksawang, N., & Alshammari, E. (2019). Enhancement of Rigid Pavement Capacity Using Synthetic Discrete Fibers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*(24). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/584/1/012033>
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). Guide for design of pavement structures. American Association of State Highway and Transportation Officials. <https://www.transportation.org/>
- Antunes, B., & Monge, C. (2013). *Diseño de la cadena de fibras sintéticas ropa deportiva en El Salvador*. Organización de las Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d98cc24a-c979-4a89-a379-96c4c5e769f0/content>
- Baca, C. E., & Vela, L. F. (2020). *Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas SIKACEM-1 FIBER, Cusco 2019*. Universidad Andina del Cusco. https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/3831/Carlos_Luis_Tesis_bachiller_2020_Part.1.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Basiouny, M., Eisa, & Youssef, A. (2021). Effect of macro-synthetic fibers on the drying shrinkage performance of rigid pavement. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(212). <https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-021-00577-y>
- Bazán, B. B., & Holguín, J. J. (2021). *Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos incorporando en su diseño fibra de coco*.

Universidad Estatal Península de Santa Elena.
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6499/1/UPSE-TIC-2021-0020.pdf>

Bentur, A., & MindePickett, Gss, S. (2006). *Fibre Reinforced Cementitious Composites*. Taylor & Francis.
<https://scholar.google.com/scholar?q=Fibre+Reinforced+Cementitious+Composites+Bentur+2006>

Calderón, W. (2019). *Diseño de concreto reforzado con fibras metálicas, para reducir el espesor de losa del pavimento rígido de la Av. Miguel Iglesias-Lima*.

Calixto, E. A. (2022). *Estudios de influencia de la adición de fibras de polipropileno en la resistencia a compresión del concreto de $F'_{C}=210$ kg/cm² con agregados del Cerro Marabamba, Huánuco, 2021*. Universidad de Huánuco.

Cruz, Y., & Guevara, J. C. (2020). *Análisis comparativo de propiedades del concreto hidráulico, para diseños de pavimento rígido incorporando fibras sintéticas y de acero; Cusco – 2020*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57914/Cruz_VY-Guevara_CJC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Davila, W. L., & Saldaña, D. A. (2022). *Análisis Estructural con Enfoque Mecanicista en el Diseño de Pavimentos Rígidos en la Ciudad de Pucallpa, 2022*.

Espinoza, J. P., & Arquíñigo, A. J. (2022). *Evaluación de la resistencia a la flexión para un pavimento rígido $F'_{C}=280$ kg/cm², con la adición de fibra de acero y macrofibra de polipropileno frente al diseño tradicional en la ciudad de Huánuco, 2021*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20500.13080/7952/TIC00313E88.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

- Fernández, C. (2006). *Estudio experimental de refuerzo de suelos con fibras sintéticas*. *Geogaceta* (40), 303-306.
<https://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/8602/Estudio-experimental.pdf?sequence=2>
- Ferro, C. M., & Villanueva, G. (2022). *Diseño de pavimento rígido incorporando fibra de plástico reciclado, Chilca, Cañete 2022*.
- Gambini, P. A., & Rivera, R. R. (2014). *Diseño del pavimento rígido en el Jr. Chimbote, distrito de Chilia, provincia de Pataz, La Libertad*. Universidad Privada de Trujillo.
<http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/34/GAMBINI%20CERNA%20PEDRO%20ALBERTO%20y%20RIVERA%20CHICLOT%20ROBERTSON.pdf?sequence=1>
- García, Y., Torres, R., Saba, M., Berrocal, A., & Torres, J. (2022). Theoretical–Experimental Comparison of Behavior Between Deformations of Rigid Pavement Reinforced with Fibers and of Conventional Slabs. *International Journal of Pavement Research and Technology*.
<https://doi.org/10.1007/s42947-022-00200-y>
- Green, J., Hanckel, B., Petticrew, M., Paparini, S., & Shaw, S. (2022). Case study research and causal inference. *BMC Medical Research Methodology*, XXII(307). <https://doi.org/10.1186/s12874-022-01790-8>
- Herrera, J. J., & Regalado, N. A. (2021). *Diseño de pavimento rígido reforzado incorporando fibra sintética en la Avenida Naranjal, San Martín de Porres 2021*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/99922/Herrera_TJJ-Regalado_ENA%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hidalgo, L. E. (2019). *Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huácar-Ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas SIKACEM-I fiber 20MM*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

- Idrees, H., Xu, J., Arslan, S., & Tehseen, S. (2023). A systematic review of knowledge management and new product development projects: Trends, issues, and challenges. *Journal of Innovation & Knowledge*, VIII(2). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100350>
- Li, W., Huang, R., Li, J., Liao, Y., Chen, Z., He, G., Gryllias, K. (2022). A perspective survey on deep transfer learning for fault diagnosis in industrial scenarios: Theories, applications and challenges. *Mechanical Systems and Signal Processing*, CLXVII. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108487>
- Mobasher, B. (2011). *Mechanics of Fiber and Textile Reinforced Cement Composites*. CRC <https://www.routledge.com/Mechanics-of-Fiber-and-Textile-Reinforced-Cement-Composites/Mobasher/p/book/9781439829370>
- Mohajan, H. (2020). Quantitative Research: A Successful Investigation in Natural and Social Sciences. *Munich Personal RePEc Archive*, IX(4), 52-79. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/105149/1/MPRA_paper_105149.pdf
- Monsalve, L. M., Giraldo, L. C., & Gaviria, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido*. Universidad del Quindío. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54427266/DISENO_DE_PAVIMENTO_FLEXIBLE_Y_RIGIDO-libre.pdf?1505345522=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDISENO_DE_PAVIMENTO_FLEXIBLE_Y_RIGIDO_DI.pdf&Expires=1699727730&Signature=Nv5KRHls4kiv441GjWhuMUTs
- Mora, A. D., & Arguelles, C. A. (2015). *Diseño de pavimento rígido para la urbanización caballero y Góngora, municipio de Honda, Tolima*. Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/2d13b732-5bf9-4364-a22d-c67100a753df/content>

MTC. (2022). *Estadística-infraestructura de Transportes-infraestructura vial*. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadística-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>

Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete*. Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/properties-of-concrete/P200000000216/9780273755807>

Ospina, J. P. (2018). *Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal, departamento del Tolima*. Universidad Cooperativa de Colombia.

Passada, M., González, A., Violini, D., Pappalardi, M., & Zerbino, R. (2013). Desarrollo e implementación de un hormigón reforzado con fibras sintéticas para la repavimentación de la Ruta 24 de Uruguay. *Revista Técnica CEMENTO HORMIGÓN* (956),52-58. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/23869>

Pérez, R. A. (2010). *Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea el Guayabal, Municipio de Estanduela del departamento de Zacapa*. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56807658/08_3151_Clibre.pdf?1529175339=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DDISENO_DEL_PAVIMENTO_RIGIDO_DEL_CAMINO_Q.pdf&Expires=1699727721&Signature=J9mEPPTec9z7kirYQ6ahtCNa1mUGVngNZAeVJPPqojsZYqtbC4HO

Pirca, W., & Chinchay, L. N. (2021). *Propiedades mecánicas del concreto con fibras sintéticas para rehabilitar pavimento flexible mediante la técnica Whitetopping, en Avenida Central San Juan de Lurigancho, Lima, 2020*.

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/658535/Pirca_RW.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Rogers, J., & Révész, A. (2020). Experimental and quasi-experimental designs. *Discovery*, 1-15. https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10091265/7/Revesz_Rogers%20Revesz_Experimental%20design%20book%20chapter.pdf
- Sha, A., Liu, Z., Jiang, W., Qi, L., Hu, L., Jiao, W., & Barbieri, D. M. (2021). Advances and development trends in eco-friendly pavements. *Journal of Road Engineering, I*, 1-42. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2021.12.002>
- Sika Perú. (28 de noviembre de 2023). *Sika adquiere empresa de fibra de concreto en estados unidos*. Sika Perú: <https://per.sika.com/es/noticias.html>
- Torres, D. A. (2017). *Determinación de la resistencia residual promedio (Análisis post-fisuración) del concreto reforzado con fibra sintética de PET+PP*. Universidad Católica de Colombia.
- Uría, A. E. (2020). *Análisis no lineal de la mecánica de la fractura y simulación numérica de las características post fisuración del pavimento rígido reforzado con fibras de polipropileno*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Valer, P. E. (2020). *Mejoramiento en el Diseño de un Pavimento Rígido Incorporando Fibras de Plástico PET Reciclado, 2020*.
- Vela, A., & Zegarra, M. (2019). *Diseño de pavimento rígido con fibra de acero para mejorar la resistencia del concreto en el diseño de la infraestructura vial en los jirones José Olaya y Sevilla, Morales, 2018*.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Eriksson Garcia Sosa, H. (2025). *Diseño de pavimento rígido reforzado incorporando fibra sintética en vía la colectora, Huánuco 2025* (Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco). Repositorio Institucional UDH.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

TITULO: "DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTÉTICA DE POLIPROPILENO EN VÍA LA COLECTORA DEL Km.1+950 - Km. 2+600, HUÁNUCO 2025"					
PROBLEMAS	OBJETIVOS		HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo	General	Hipótesis General	Variable independiente	Tipo de investigación
¿De qué manera la incorporación de fibra sintética de Polipropileno influye en el diseño de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025?	Determinar si el efecto de la Incorporación de fibras sintéticas de Polipropileno mejora el diseño de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km.2+600, Huánuco 2025.		La incorporación de fibra sintética de Polipropileno mejora el diseño de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.	X: Fibra sintética de polipropileno Dimensiones e indicadores X1. Diseño de mezcla por m3 X2. Reducción de costos X2.1. Resistencia al desgaste X2.3. Aumento de tenacidad Variable dependiente: Y: Fibra sintética de Polipropileno	Investigación aplicada Nivel o alcance de investigación Explicativo Diseño de investigación Diseño experimental- Técnica de recolección de datos
Problemas Específicos	Objetivos específicos	OE1.-	Hipótesis Específicas		
PE1.- ¿De qué manera la incorporación de fibra Sintética de Polipropileno	Evaluar la influencia de la fibra sintética de Polipropileno para mejorar la resistencia a		HE1.- La incorporación de fibra sintética de polipropileno mejora la resistencia a flexión de		

influye en la resistencia a flexión del pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025? PE2.- ¿De qué manera la incorporación de fibra sintética de Polipropileno influye en la reducción de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025?	flexión del pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025. OE2.- Analizar la influencia de la fibra sintética de Polipropileno para la evaluación de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.	del pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025. HE2.- La incorporación de fibra sintética de Polipropileno incide en la reducción de costos en la producción de pavimento rígido reforzado en la Vía Colectora del km.1+950 - km. 2+600, Huánuco 2025.	Dimensiones e indicadores Y1. Propiedades mecánicas Y1.1. Resistencia a la flexión (Mr) Y1.2. Resistencia a la comprensión (f'c) Y2. Reducción de costos Y2.1. Evaluación de costos al integrar fibra sintética Y3. Flujo Vehicular Y3.1 Índice medio Diario Semanal (IMDs) Y4. Factores por Eje Y4.1. Numero de ejes equivalente (ESAL)	Observación Instrumento de recolección de datos Ficha de observación y ficha de laboratorio Población La población estará conformada por todas las mezclas de concreto f'c=210 kg/cm2 para la vía colectora km 1+950 – 2+600 con dosificaciones de fibra de polipropileno entre 0% y 0.9% Muestra Estará conformado por un total de 54 especímenes (27 probetas, 27 vigas).Para cada variable se evaluaron 9 especímenes por grupo elaborados en laboratorio bajo las mismas condiciones de materiales y curado.
--	---	--	--	---

Nota: Elaboración Propia

ANEXO 2

RESULTADOS DE LABORATORIO

WUANUKO MIX	
	LABORATORIO DE CONCRETO ANALISIS DEL AGREGADO (ARENA)
"DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN VIA LA COLECTORA"	
DISEÑO F'C = 210 KG/CM2	
CLIENTE: <u>HAROLD GARCIA SOSA</u>	FECHA: <u>10/01/2026</u>
UBICACIÓN: <u>ANDABAMBA HUANUCO</u>	TECNICO: <u>JHON LINO JIMENEZ</u>
UBICACIÓN: <u>20454239050</u>	

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO FINO			
PESO ESPECIFICO		CONTENIDO DE HUMEDAD	
Pmuestra s.s.s =	500 gr	Arena Humeda =	924.37 gr
Peso fiola + agua =	685.66 gr	Arena Seca =	879.40 gr
P. fiola + P. sss + Agua =	996.13 gr	Humedad =	5.11 %
Volumen sss =	189.53 cm3	Factor de Humedad =	1.66 %
Pmuestra seca =	483.3 gr	MALLA 200	
P.E m =	2.550 gr/cm3	Arena Seca =	600.04 gr
P.E sss =	2.638 gr/cm3	Arena lavada seca =	572.42 gr
Absorcion =	3.46 %	% FINOS =	4.60 %
P.U.S de la arena =	1649 kg/m3	P.U.C de la arena =	1729 kg/cm3

GRANULOMETRIA						HUSO: Arena Gruesa	
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) Q' PASA	MINIMO	MAXIMO
1/2"	12.700	48.71	3.04	3.04	96.96	100	100
3/8"	9.525	41.93	2.62	5.66	94.34	100	100
N° 4	4.750	153.72	9.60	15.26	84.74	100	95
N° 8	2.360	147.24	9.19	24.45	75.55	100	80
N° 16	1.180	252.96	15.79	40.24	59.76	85	50
N° 30	0.590	411.51	25.69	65.94	34.06	60	25
N° 50	0.297	297.54	18.58	84.51	15.49	30	10
N° 100	0.149	157.25	9.82	94.33	5.67	10	2
FONDO	0.000	90.77	5.67	100	0		
SUMA		1601.63	100				

M.F= 3.30

CURVA GRANULOMETRICA DE LA ARENA



CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L. RUC: 2067152831 Elaborado por: <u>Jhon Lino Jimenez</u> TECNICO EN LABORATORIO	Revisado por: <u>JUAN ALEXANDER ZECARRA ALIAGA</u> Ingeniero Civil CIP N° 332715	Aprobado por: <u>Isaac Rios</u> CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L. RUC: 2067152831
---	--	---

	WUANUKO MIX	
	LABORATORIO DE CONCRETO	
	ANALISIS DEL AGREGADO (PIEDRA)	

"DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN VIA LA COLECTORA"

DISEÑO F'C = 210 KG/CM2			
CLIENTE:	HAROLD GARCIA SOSA	FECHA:	10/01/2026
UBICACIÓN:	ANDABAMBA HUANUCO	TECNICO:	JHON LINO JIMENEZ
UBICACIÓN:	20454239050		

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO			
PESO ESPECIFICO		CONTENIDO DE HUMEDAD	
P muestra s.s.s =	600.62 gr	Piedra Humeda =	965.82 gr
Volumen inicial en probeta =	700 cm ³	Piedra seca =	962.13 gr
Volumen final en probeta =	925 cm ³	Humedad =	0.38 %
Volumen desplazado =	225 gr	Factor de Humedad =	-0.83 %
P muestra seca =	593.41 gr	PESOS UNITARIOS	
P.E m =	2.637 gr/cm ³	P.U.S piedra =	1439 kg/m ³
P.E s.s.s =	2.669 gr/cm ³	P.U.C piedra =	1581 kg/m ³
Absorcion =	1.215 %		

GRANULOMETRIA						HUSO : 56	
TAMIZ	DIAMETRO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM.	(%) Q PASA	MINIMO	MAXIMO
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	100	90
3/4"	19.05	403.23	13.23	13.23	86.77	85	40
1/2"	12.700	1607.00	52.74	65.97	34.03	40	10
3/8"	9.525	541.48	17.77	83.74	16.26	15	0
N° 4"	4.75	470.42	15.44	99.18	0.82	5	0
N° 8"	2.36	4.82	0.16	99.34	0.66	0	0
N° 16"	1.18	0.92	0.03	99.37	0.63	0	0
N° 30"	0.59	1.01	0.03	99.40	0.60	0	0
N° 50	0.297	1.59	0.05	99.45	0.55	0	0
N° 100	0.149	2.97	0.10	99.55	0.45	0	0
FONDO	0.000	13.72	0.45	100.00	0.00		
SUMA		3047.16	100.00				
M.F =		6.93					



CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L. RUC: 20523150491 Elaborado por:  Jhon Lino Jimenez TÉCNICO EN LABORATORIO	Revisado por:  JUAN ALEXANDER ZEGARRA ALIAGA Ing. Civil	CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L. RUC: 20523150491 Aprobado por:  Jhon Lino Jimenez TÉCNICO EN LABORATORIO
--	--	---



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES WUANUKO MIX
E.I.R.L. HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS

Diseño de pavimento rígido Reforzado incorporando fibra sintética en via la colectora

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES Y DE LA MEZCLA DE PRUEBA

M.F. Arena Fina	
M.F. Piedra 1/2"	7.01
M.F. Piedra 3/4"	7.59
M.F. Arena Gruesa	3.30
M.F. Global	5.40
Vol. Agregados	0.6888
Arena Gruesa	61 %
Piedra 1/2"	27 %
Piedra 3/4"	12 %
Arena Fina	%
	100 %

Volumen de tanda	0.025
Cementante total	290.00 kg
Filler	0 %

Dosificación

SIKA FER	0.70%	% =	6.37	cc
SIKA FER	0.90%	% =	8.10	cc
	0.00%	% =	0.00	cc
			0.00	kg/m3

Diseño
Código

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
D - 1

Fecha

WUANUKO-13
10/01/2026

Técnico

JHON LINO JIMENEZ

R a/c

0.58

Observaciones

Slump = 4" - 6"

MATERIALES	PROCEDENCIA	P. ESP kg/m ³	HUM. %	ABS. %	PESO SECO kg/m ³	VOL.	PESO S.S.S. kg/m ³	CORREC POR	TANDA DE PRUEBA	
									DOSIFICACION	UNIDAD
Cemento Tipo I	Cementos ANDINO	3180			290.0	0.09119	290.0	290.0	7.25	kg
Agua	POTABLE	1000			197.2	0.19720	197.20	134.8	3.37	L
Arena Gruesa	HUALLAGA	2550	5.11	3.46	1103.1	0.42017	1132.54	1198.3	29.96	kg
Piedra 1/2"	HUALLAGA	2637	0.38	1.21	490.6	0.18598	496.45	494.0	12.35	kg
Piedra 3/4"	HUALLAGA	2640	0.38	1.21	218.2	0.08266	221.03	220.1	5.50	kg
Fibra Sika (0.70%)	SIKA FER 1225	910			0.23	0.00025	0.2300	0.23	50.8	g
Fibra Sika (0.90%)	SIKA FER 1225	910			0.29	0.00025	0.2900	0.29	65.3	g
Aire					2.00%	0.0200				
TOTAL					2302	1.0000	2338	2338		

CONTROL DE CALIDAD

Hora

Inicio Mezclado	
Fin Mezclado	
Slump inicial	Pulg
Temperatur Amb	°C
Temperatur Conc	°C
Probetas	Und
Vigas	Und

DATOS P.U

Tara	3.545	Kg
Volumen	0.00706	m3
Tara+Concreto	20	kg
P.U.	2331	kg/m3
% de Aire	1	%
P.U.Teórico	2340	kg/m3
Rendimiento	1.00	

OBSERVACIONES

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.
RUC: 20573152531

Jhon Lino Jimenez

Tecnico de Laboratorio

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.
RUC: 20573152531

Isaac Rhonald Figueroa Cruz

Gerente General

JUAN ALEXANDER
ZEGARRA ALIAGA
Ingeniero Civil
CIP N° 332715



CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.

CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

NORMAS DE ENSAYO: ASTM C-39/C39M - 21, C-617 - NTP 339.034-99



SOLICITANTE : GARCIA SOSA HAROLD
OBRA/PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA
UBICACIÓN : HUANUCO
FECHA DE EMISION : 07/02/2026

EQUIPO: Prensa de concreto
MODELO: STYE 2000
MARCA: PYS EQUIPOS
SERIE: 170252
CERT. DE CALIBRACION: MC092-F-2026

MUESTRA:
PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

DIMENSIONES:
4"x 8"

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

N°	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PROPIEDADES FISICAS DEL CILINDRO					CARGA KN	DISEÑO Kgf/cm²	RESISTENCIA Kgf/cm²	PROMEDIO RESISTENCIA Kgf/cm²	PROMEDIO RESISTENCIA %
					Diametro (cm)			AREA cm²	ALTURA cm					
					Diam. Sup	Diam. Inf	Diam. Prom							
1	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	196.52	210	255.86	239.78	114.18%
2	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	175.50	210	226.85		
3	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	185.61	210	239.94		
4	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	182.10	210	235.42		
5	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	192.75	210	249.16		
6	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	178.20	210	230.35		
7	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	189.86	210	244.94		
8	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	172.19	210	222.17		
9	MUESTRA PATRON	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	196.33	210	253.31		

OBSERVACIONES:

- 1.-El concreto fue muestreado , curado y ensayado por el laboratorio de **CONCRETERA WUANUKO MIX**.
- 2.-Esta Prohibido reproducir o modificar el certificado de rotura , total o parcialmente , sin la autorizacion de la **CONCRETERA WUANUKO MIX**

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.

RUC: 20573152531

Jhon Lino Jimenez

Tecnico de Laboratorio

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.

RUC: 20573152531

Isaac Rhonald Figueroa Cruz

Gerente General

JUAN ALEXANDER
ZEGARRA ALIAGA
Ingeniero Civil
CIP N° 332715



CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.

CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

NORMAS DE ENSAYO: ASTM C-39/C39M - 21, C-617 - NTP 339.034-99



SOLICITANTE : GARCIA SOSA HAROLD
OBRA/PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA
UBICACIÓN : HUANUCO
FECHA DE EMISION : 07/02/2026

EQUIPO: Prensa de concreto
MODELO: STYE 2000
MARCA: PYS EQUIPOS
SERIE: 170252
CERT. DE CALIBRACION: MC092-F-2026

MUESTRA:
PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

DIMENSIONES:
4"x 8"

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

N°	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PROPIEDADES FISICAS DEL CILINDRO					CARGA KN	DISEÑO Kgf/cm²	RESISTENCIA Kgf/cm²	PROMEDIO RESISTENCIA Kgf/cm²	PROMEDIO RESISTENCIA %
					Diametro (cm)			AREA cm²	ALTURA cm					
					Diam. Sup	Diam. Inf	Diam. Prom							
1	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	199.98	210	255.92	258.66	123.17%
2	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	203.87	210	253.14		
3	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	201.85	210	259.63		
4	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	202.47	210	261.30		
5	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	198.53	210	256.21		
6	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	205.14	210	264.74		
7	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	200.36	210	258.58		
8	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	197.62	210	255.05		
9	M+FIBRA AL 0.7%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	204.08	210	263.38		

OBSERVACIONES:

- 1.-El concreto fue muestreado , curado y ensayado por el laboratorio de CONCRETERA WUANUKO MIX.
- 2.-Esta Prohibido reproducir o modificar el certificado de rotura , total o parcialmente , sin la autorizacion de la CONCRETERA WUANUKO MIX

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.
RUC: 20573152531

Jhon Lino Jimenez
Tecnico de Laboratorio

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.
RUC: 20573152531

Isaac Rhonald Figueroa Cruz
Gerente General

JUAN ALEXANDER
ZEGARRA ALIAGA
Ingeniero Civil
CIP N° 232715



CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.

CERTIFICADO DE ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

NORMAS DE ENSAYO: ASTM C-39/C39M - 21, C-617 - NTP 339.034-99



SOLICITANTE : GARCIA SOSA HAROLD
OBRA/PROYECTO : DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA
UBICACIÓN : HUANUCO
FECHA DE EMISION : 07/02/2026

EQUIPO: Prensa de concreto
MODELO: STYE 2000
MARCA: PYS EQUIPOS
SERIE: 170252
CERT. DE CALIBRACION: MC092-F-2026

MUESTRA:
PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO

DIMENSIONES:
4"x 8"

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

N°	ELEMENTO	FECHA DE MUESTREO	FECHA DE ROTURA	EDAD	PROPIEDADES FISICAS DEL CILINDRO					CARGA KN	DISEÑO Kgf/cm²	RESISTENCIA Kgf/cm²	PROMEDIO RESISTENCIA Kgf/cm²
					Diametro (cm)			AREA cm²	ALTURA cm				
					Diam. Sup	Diam. Inf	Diam. Prom						
1	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	208.24	210	268.78	269.77
2	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	214.32	210	275.45	
3	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	218.20	210	281.51	
4	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	206.42	210	264.42	
5	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	212.18	210	273.83	
6	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	203.56	210	262.71	
7	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	210.84	210	272.12	
8	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	201.73	210	260.34	
9	M +FIBRA AL 0.9%	10/01/2026	7/02/2026	28	10.03	10.03	10.03	79.01	20	208.29	210	268.81	

OBSERVACIONES:

- 1.-El concreto fue muestreado , curado y ensayado por el laboratorio de **CONCRETERA WUANUKO MIX**.
- 2.-Esta Prohibido reproducir o modificar el certificado de rotura , total o parcialmente , sin la autorizacion de la **CONCRETERA WUANUKO MIX**

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.
RUC: 20573152531

Jhon Lino Jimenez
Tecnico de Laboratorio

CONCRETERA WUANUKO MIX E.I.R.L.
RUC: 20573152531

Isaac Rhonaldo Figueroa Cruz
Gerente General

JUAN ALEXANDER
ZEGARRA ALIAGA
Ingeniero Civil
CIP N° 332715



CONTENIDO DE HUMEDAD

ENSAYO	CONTENIDO DE HUMEDAD		
NORMA	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

AGREGADO FINO

ID	Descripción	Ensayo N°		
		1	2	3
A	Peso Tara (g)	249.00	237.00	212.00
B	Peso Tara más muestra Húmeda (g)	1450.00	1459.00	1482.00
C	Peso Tara más muestra Seca (g)	1395.00	1403.00	1428.00
D	Peso muestra Húmeda - Ph (g), D = B - A	1201.00	1222.00	1270.00
E	Peso muestra Seca - Ps (g), E = C - A	1146.00	1166.00	1216.00
F	Peso del Agua (g), F = B - C	55.00	56.00	54.00
G	Contenido de Humedad (W%) = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100$	4.80%	4.80%	4.44%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (W%)		4.68%		

AGREGADO GRUESO

ID	Descripción	Ensayo N°		
		1	2	3
A	Peso Tara (g)	223.00	221.00	226.00
B	Peso Tara más muestra Húmeda (g)	4442.00	4519.00	4491.00
C	Peso Tara más muestra Seca (g)	4402.00	4478.00	4457.00
D	Peso muestra Húmeda - Ph (g), D = B - A	4219.00	4298.00	4265.00
E	Peso muestra Seca - Ps (g), E = C - A	4179.00	4257.00	4231.00
F	Peso del Agua (g), F = B - C	40.00	41.00	34.00
G	Contenido de Humedad (W%) = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100$	0.96%	0.96%	0.80%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (W%)		0.91%		



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



GRANULOMETRÍA

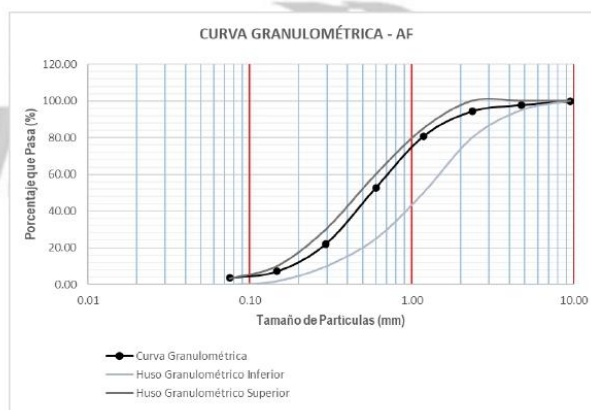
ENSAYO	GRANULOMETRÍA		
NORMA	MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

AGREGADO FINO		PESO MUESTRA SECA, Ws (gr)		1,000.00 gr			
TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA		
(pulg)	(mm)				ARENA	ESPECIFICACIÓN	
3/8"	9.50	2.70	0.27	0.27	99.73	100	100
N° 4	4.75	19.36	1.94	2.21	97.79	95	100
N° 8	2.36	34.14	3.42	5.63	94.37	80	100
N° 16	1.18	135.91	13.61	19.24	80.76	50	85
N° 30	0.60	279.86	28.03	47.28	52.72	25	60
N° 50	0.30	305.77	30.63	77.90	22.10	10	30
N° 100	0.15	149.15	14.94	92.84	7.16	2	10
N° 200	0.075	36.32	3.64	96.48	3.52	0	3
FONDO		35.11	3.52	100.00	0.00		
		998.32	100.00				

Error: 0.1680%

Ensayo Aceptado

Módulo de Finura Agregado Fino	2.45
$M.F. = \frac{\%ret. Acum\ malla (N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$	



MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerlyn G. Abal García
INGENIERO CIVIL
Reg. C. I. P. 130756

N° 173- Jr. Las Fresas – Pillcomarca – Cayhuayna

laboratorio.montana.ing@gmail.com

962306428



GRANULOMETRÍA			
ENSAYO	GRANULOMETRÍA		
NORMA	MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

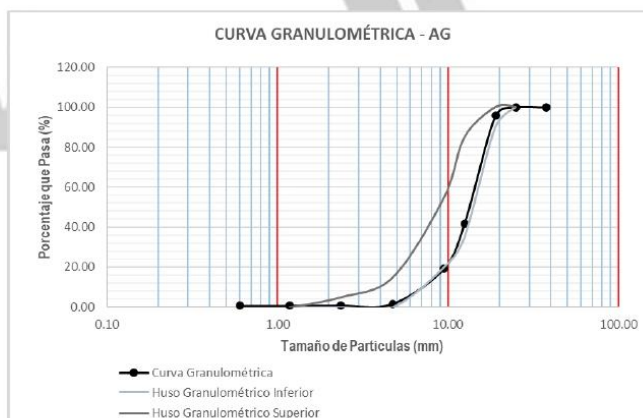
AGREGADO GRUESO		PESO MUESTRA SECA, Ws (gr)		5,000.00 gr			
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
(pulg)	(mm)	(gr)	(%)	(%)	GRAVA	ESPECIFICACIÓN	
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	205.00	4.10	4.10	95.90	90	100
1/2"	12.50	2,706.00	54.12	58.22	41.78	35	85
3/8"	9.50	1,120.00	22.40	80.62	19.38	20	55
Nº 4	4.75	886.00	17.72	98.34	1.66	0	15
Nº 8	2.36	45.00	0.90	99.24	0.76	0	5
Nº 16	1.18	6.10	0.12	99.37	0.63	0	0
Nº 30	0.60	2.52	0.05	99.42	0.58		
FONDO		29.17	0.58	100.00	0.00		
		4999.79	100.00				

Error: 0.0042%

Ensayo Aceptado

Módulo de Finura Agregado Grueso	6.81
$M.F. = \frac{\%ret.Acum\ malla(N^{\circ}1\ 1/2" + N^{\circ}3/4" + N^{\circ}3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$	

Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso	3/4"
"Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% acumulado, o más del agregado grueso tamizado"	



MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerlyn G. Abal Garcia
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 130756



PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS

ENSAYO	PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS		
NORMA	MTC E203 / ASTM C29 / NTP 400.017		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

Diámetro del Cilindro Metálico	23.00 cm
Altura del Cilindro Metálico	24.08 cm

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO					
AGREGADO FINO		Tamaño Máximo Nominal (TMN)	< 1/2"	Volumen Molde	0.01000 m³
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso del Molde + AF Compactado	kg	21.55	21.78	21.80
B	Peso del Molde	kg	3.54	4.79	4.79
C	Peso del AF Compactado, C = A - B	kg	18.01	16.99	17.01
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde	kg/m³	1,800.16	1,698.21	1,700.21
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg	20.13	20.23	20.17
F	Peso del AF Suelto, F = E - B	kg	16.59	15.44	15.38
G	PESO UNITARIO SUELTO G = F / Vol. Molde	kg/m³	1,658.23	1,543.28	1,537.28
					1,579.60

Diámetro del Cilindro Metálico	23.00 cm
Altura del Cilindro Metálico	24.08 cm

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO					
AGREGADO GRUESO		Tamaño Máximo Nominal (TMN)	3/4"	Volumen Molde	0.01000 m³
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso del Molde + AG Compactado	kg	22.05	21.92	22.00
B	Peso del Molde	kg	5.82	5.82	5.82
C	Peso del AG Compactado, C = A - B	kg	16.23	16.10	16.18
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde	kg/m³	1,622.25	1,609.25	1,617.25
E	Peso del Molde + AG Suelto	kg	21.40	21.28	21.35
F	Peso del AG Suelto, F = E - B	kg	15.58	15.46	15.53
G	PESO UNITARIO SUELTO G = F / Vol. Molde	kg/m³	1,557.28	1,545.28	1,552.28
					1,551.61



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN - AF

ENSAYO	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN - AF		
NORMA	MTC E205 / ASTM C 128 / NTP 400.022		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo (Pss)	gr	500.00	500.00	500.00	
B	Peso del frasco + Agua hasta marca de 500ml	gr	1,296.90	1,297.80	1,296.10	
C	Peso del frasco + Agua + Pss, C = A + B	gr	1,796.90	1,797.80	1,796.10	
D	Peso del frasco + Pss + Agua hasta la marca de 500ml	gr	1,595.56	1,605.84	1,605.63	
E	Volumen de masa + Volumen de vacío, E = C - D	cm ³	201.34	191.96	190.47	
F	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	494.53	494.57	493.26	
G	Volumen de masa, G = E - (A - F)	cm ³	195.87	186.53	183.73	
H	PESO ESPECÍFICO BULK (base seca) H = F / E	gr/cm ³	2.46	2.58	2.59	2.54
I	PESO ESPECÍFICO (base saturada) I = A / E	gr/cm ³	2.48	2.60	2.63	2.57
J	PESO ESPECÍFICO APARENTE (base seca) J = F / G	gr/cm ³	2.52	2.65	2.68	2.62
K	ABSORCIÓN K = [(A - F) / F]*100	%	1.11%	1.10%	1.37%	1.19%



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - AG

ENSAYO	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - AG		
NORMA	MTC E206 / ASTM C127 / NTP 400.021		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo en aire	gr	3,044.00	3,063.00	3,072.00	
B	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo en agua	gr	1,873.00	1,898.00	1,873.00	
C	Volumen de masa + Volumen de vacío, C = A - B	gr	1,171.00	1,165.00	1,199.00	
D	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	2,996.00	3,035.00	3,033.00	
E	Volumen de masa, E = C - (A - D)	cm ³	1,123.00	1,137.00	1,160.00	
F	PESO ESPECÍFICO BULK (base seca) F = D / C	gr/cm ³	2.56	2.61	2.53	2.56
G	PESO ESPECÍFICO (base saturada) G = A / C	gr/cm ³	2.60	2.63	2.56	2.60
H	PESO ESPECÍFICO APARENTE (base seca) H = D / E	gr/cm ³	2.67	2.67	2.61	2.65
I	ABSORCIÓN I = [(A - D) / D]*100	%	1.60%	0.92%	1.29%	1.27%

AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerlyn G. Abel Garcia
INGENIERO CIVIL
Reg. C. I. P. 130756



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS

ENSAYO	ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS		
NORMA	MTC E207 / ASTM C131 / NTP 400.019		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	25/01/2026
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	25/01/2026

ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso muestra total	gr	5,005.00	5,003.00	5,007.00	
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	3,246.30	3,145.70	3,450.30	
C	DESGASTE A LA ABRASIÓN LOS ÁNGELES	%	35.14%	37.12%	31.09%	34.45%
	$C = [(A - B) / A] * 100$					



MONTAÑA



AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerlyn G. Abel García
INGENIERO CIVIL
Reg. C. / P. 130756

N° 173- Jr. Las Fresas – Pillcomarca – Cayhuayna
 laboratorio.montana.ing@gmail.com
 962306428



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - MÉTODO ACI

I) REQUERIMIENTOS

Resistencia Especificada (f'_{c28})	210 kg/cm ²	Desviación Estándar (S)	84 kg/cm ²
Uso (Tipo de Estructura)	Vigas	Asentamiento (Uso)	1 a 4 Pulgadas
Consistencia	Plástica	Asentamiento (Consistencia)	3 a 4 Pulgadas
Condición de Exposición	Sin Aire Incorporado		
Condiciones Específicas de Exposición	Sin Condición Especial		
Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos	No		

II) MATERIALES

☐ CEMENTO	APU Tipo I (GU)	Peso Específico	3.15 g/cm ³
☐ AGUA	Potable		
☐ AGREGADO FINO			
Peso Específico	2.541 g/cm ³		
Absorción	1.190%		
Contenido de Humedad	4.68%		
Módulo de Finura	2.45		
☐ AGREGADO GRUESO			
Tamaño Máximo Nominal	3/4"		
Peso Específico	2.564 g/cm ³		
Peso Seco Compactado	1616.248 kg/m ³		
Absorción	1.270%		
Contenido de Humedad	0.91%		

III) DESARROLLO

1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

$f'_{cr} = 294.000 \text{ kg/cm}^2$

2 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

TMN = 3/4"

3 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Slump = 3 a 4 Pulgadas

4 VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

205 L/m³

5 CONTENIDO DE AIRE

2.0 %

6 RELACIÓN AGUA / CEMENTO

a/c Por Resistencia 0.558

a/c Por Durabilidad

A/c de diseño es 0.558

7 FACTOR CEMENTO

367.384 kg/m³

8.644 bl/m³

8 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Vol. A.G. Seco Compactado 0.665

Peso Agr. Grueso Seco 1058.642 kg/m³

9 CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento = 0.117 m³

Agua = 0.205 m³

Aire = 0.020 m³

Agr. Grueso = 0.413 m³

Σ Volúmenes Absolutos 0.755 m³

10 CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Vol. Absoluto Agr. Fino 0.245 m³

Peso Agr. Fino Seco 622.489 kg/m³

11 VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA

Cemento 367.384 kg/m³

Agua de Diseño 205.000 L/m³

Agregado Fino Seco 622.489 kg/m³

Agregado Grueso Seco 1058.642 kg/m³



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TÉC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerly G. Abal García
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 130756



AGREGADO FINO

Contenido de Humedad	4.681%
Peso Húmedo A.F.	651.627 kg/m ³

AGREGADO GRUESO

Contenido de Humedad	0.908%
Peso Húmedo A.G.	1068.254 kg/m ³

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

H.S. Agregado Fino	3.491%
H.S. Agregado Grueso	-0.362%

APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

A.H. Agregado Fino	21.730	L/m ³
A.H. Agregado Grueso	-3.835	L/m ³
	<u>17.895</u>	<u>L/m³</u>

Agua Efectiva	187.105	L/m ³
---------------	---------	------------------

PESOS DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO

FOLIO DE MATERIAL CORRESPONDIENTE A LA CANTIDAD DEL AGREGADO				
Cemento	367.384	kg/m ³	=	367
Agua Efectiva	187.105	l/m ³	=	187
Agregado Fino Húmedo	651.627	kg/m ³	=	652
Agregado Grueso Húmedo	1068.254	kg/m ³	=	1068

13 PROPORCIÓN EN PESO

PROPORCIÓN EN PESO	
CEMENTO	1
AGREGADO FINO	1.774
AGREGADO GRUESO	2.908
AGUA	21.646

DOSIFICACIÓN

1 - 1.774 - 2.908 - 21.646 Litros/Bolsa

Relación Agua/Cemento de Diseño	0.558	
Relación Agua/Cemento Efectiva	0.509	Corregida

14 PESO PORTANDA DE UN SACO O BOLSA

Peso de 1 bolsa de Cemento 42.50 kg

Cemento	42.500	kg/bolsa
Agua Efectiva	21.646	L/bolsa
Agregado Fino Húmedo	75.395	kg/bolsa
Agregado Grueso Húmedo	123.590	kg/bolsa

IV) APLICACIÓN

① CANTIDAD DE MATERIAL PARA UN DETERMINADO VOLUMEN

DIMENSIONES				N° VECES
LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	ÁREA / DIÁMETRO	
0.50	0.15	0.15		3

VOLUMEN m³  Considerar Volumen...

0.00	CILINDRICO (diámetro)
0.03	CUBICO
0.00	CUBICO
0.00	CUBICO
0.00	CUBICO
0.03 m³	

		Adicionamos	FINAL
⇒ Cemento	12.39 kg	15%	14.24 kg
⇒ Agua	6.31 Lt		6.91 Lt
⇒ Agregado Fino	22.01 kg		25.31 kg
⇒ Agregado Grueso	36.05 kg		41.45 kg

FIBRA SINTETICA	
0.7%	0.62 kg
0.8%	0.79 kg



 Gerlyn G. Abel Garcia
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. 130756



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012 / ASTM C 293
PROYECTO:	TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA - 2025"
SOLICITA:	BACH. HAROLD ERIKSSON GARCIA SOSA
FECHA:	FEBRERO 2026
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	FIBRAS SINTETICA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm2)
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.64 kn	1,900.74 kg	45 cm	15 cm	15 cm	38.01 kg/cm ²
M-2	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.42 kn	1,878.31 kg	45 cm	15 cm	15 cm	37.57 kg/cm ²
M-3	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.91 kn	1,928.28 kg	45 cm	15 cm	15 cm	38.57 kg/cm ²
M-4	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.75 kn	1,911.76 kg	45 cm	15 cm	15 cm	38.24 kg/cm ²
M-5	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.98 kn	1,935.42 kg	45 cm	15 cm	15 cm	38.71 kg/cm ²
M-6	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.61 kn	1,897.68 kg	45 cm	15 cm	15 cm	37.95 kg/cm ²
M-7	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.88 kn	1,925.22 kg	45 cm	15 cm	15 cm	38.50 kg/cm ²
M-8	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	18.54 kn	1,890.54 kg	45 cm	15 cm	15 cm	37.81 kg/cm ²
M-9	PATRON	28/01/2026	25/02/2026	28 días	19.12 kn	1,949.70 kg	45 cm	15 cm	15 cm	38.98 kg/cm ²

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

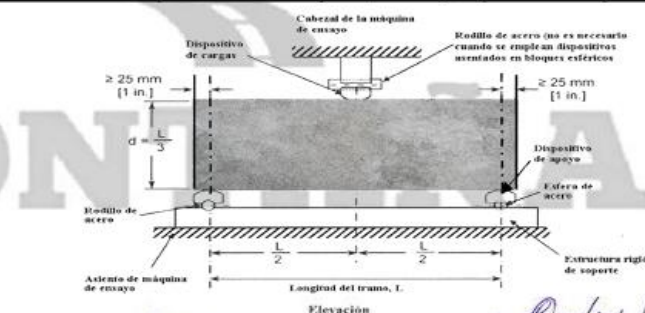
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



PROMEDIO

38.26 kg/cm²

N° 173- Jr. Las Fresas – Pilcomarca – Cayhuayna

laboratorio.montana.ing@gmail.com

962306428

MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerlyn G. Abal Garcia
INGENIERO CIVIL
Reg. C. P. 130756



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012 / ASTM C 293
PROYECTO:	TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA - 2025"
SOLICITA:	BACH. HAROLD ERIKSSON GARCIA SOSA
FECHA:	FEBRERO 2026
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	FIBRAS SINTETICA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm ²)
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	19.41 kn	1,979.27 kg	45 cm	15 cm	15 cm	39.58 kg/cm ²
M-2	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	20.01 kn	2,040.62 kg	45 cm	15 cm	15 cm	40.81 kg/cm ²
M-3	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	20.28 kn	2,068.17 kg	45 cm	15 cm	15 cm	41.36 kg/cm ²
M-4	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	19.87 kn	2,026.15 kg	45 cm	15 cm	15 cm	40.52 kg/cm ²
M-5	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	20.19 kn	2,058.99 kg	45 cm	15 cm	15 cm	41.17 kg/cm ²
M-6	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	20.39 kn	2,079.16 kg	45 cm	15 cm	15 cm	41.58 kg/cm ²
M-7	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	19.76 kn	2,014.93 kg	45 cm	15 cm	15 cm	40.31 kg/cm ²
M-8	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	20.11 kn	2,050.62 kg	45 cm	15 cm	15 cm	41.01 kg/cm ²
M-9	0.7%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	20.35 kn	2,074.78 kg	45 cm	15 cm	15 cm	41.50 kg/cm ²

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

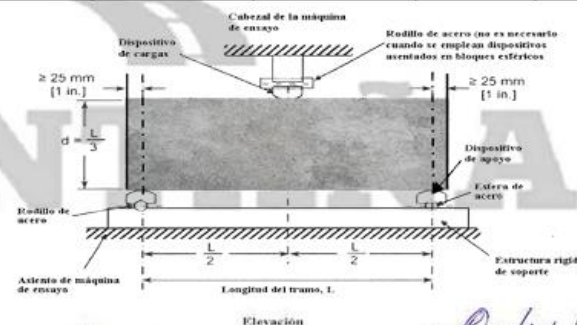
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



PROMEDIO

40.87 kg/cm²



MONTAÑA
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012 / ASTM C 293
PROYECTO:	TESIS: "DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA - 2025"
SOLICITA:	BACH. HAROLD ERIKSSON GARCIA SOSA
FECHA:	FEBRERO 2026
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	FIBRAS SINTETICA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm ²)
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	21.87 kn	2,230.29 kg	45 cm	15 cm	15 cm	44.61 kg/cm ²
M-2	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	22.15 kn	2,258.85 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.18 kg/cm ²
M-3	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	21.67 kn	2,209.89 kg	45 cm	15 cm	15 cm	44.20 kg/cm ²
M-4	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	22.01 kn	2,244.57 kg	45 cm	15 cm	15 cm	44.89 kg/cm ²
M-5	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	21.74 kn	2,217.03 kg	45 cm	15 cm	15 cm	44.34 kg/cm ²
M-6	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	21.94 kn	2,237.43 kg	45 cm	15 cm	15 cm	44.76 kg/cm ²
M-7	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	22.20 kn	2,263.95 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.29 kg/cm ²
M-8	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	21.81 kn	2,224.17 kg	45 cm	15 cm	15 cm	44.48 kg/cm ²
M-9	0.9%	28/01/2026	25/02/2026	28 días	22.08 kn	2,251.71 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.03 kg/cm ²

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

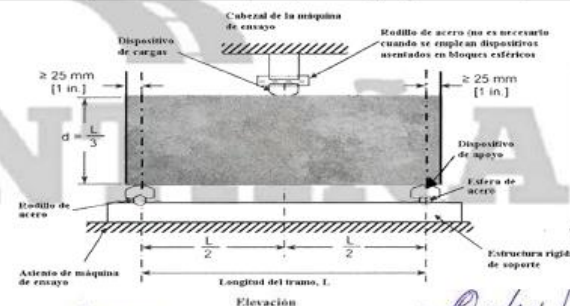
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm²

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



PROMEDIO

44.75 kg/cm²

N° 173- Jr. Las Fresas – Pillcomarca – Cayhuayna

laboratorio.montana.ing@gmail.com

962306428

MONTAÑA
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL
TIC. LABORATORISTA DE SUELOS
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Gerlyn G. Abad Garcia
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP 130756

ANEXO 3

RESULTADOS EN CAMPO

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

SENTIDO		HORARIO Y ANTIHORARIO							DIA		DOMINGO-LUNES-MARTES-MIERCOLES						
UBICACIÓN		VIA COLECTORA km.1+950 - km. 2+600							FECHA		17/05/2026 AL 20/05/2026						
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
								2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	
DOMINGO																	
7:30 -8:30 am	12	22	2			2	7	1									46
13:30-14:30 pm	17	31	7			5	11	2									73
18:30 -19:30 pm	20	35	5			3	14	0									77
LUNES																	
7:30 -8:30 am	17	28	6			4	13	3									71
13:30-14:30 pm	13	21	3			2	12	2									53
18:30 -19:30 pm	15	28	2			4	13	0									62
MARTES																	
7:30 -8:30 am	14	25	4			3	14	3									63
13:30-14:30 pm	12	24	4			2	11	1									54
18:30 -19:30 pm	18	27	3			2	15	0									65
MIERCOLES																	
7:30 -8:30 am	13	23	5			2	12	2									57
13:30-14:30 pm	10	21	3			1	13	2									50
18:30 -19:30 pm	16	27	4			3	12	0									62
TOTALES	177	312	48			33	147	16									

Datos Consolidados	
Vehiculo Ligeros	570
Microbuses	147
Bus 2E	16

IMDs (Indice Medio Diario Semanal)		
Tipo de Dia	Total de Vehiculos	Promedio
Días Habi	537	179
Domingo	150	150

$$ESAL_{20} \text{ Total (20 años)} = ESAL \text{ Anual} \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

$ESAL_{20} \text{ Total (20 años)} \rightarrow$ Tráfico Acumulado de Diseño
 $ESAL \text{ Anual} \rightarrow$ Tráfico Equivalente del Año Base
 $r \rightarrow$ Tasa de Crecimiento Anual (0.02 o 2%)
 $n \rightarrow$ Periodo de Diseño (20 años)

Nota

Factor de Expansion Horario 3.1
Factor Estacional 1.04

IMDa (Indice Medio Diario Anual)				
		Factor de Expansion	Factor Estacional	IMDa Final
Vehiculo Ligero	570	3.1	1.04	1838
Microbuses	147	3.1	1.04	474
Bus 2E	16	3.1	1.04	52
TOTAL				2364

Proyeccion ESALs (20 años)				
	IMDa Final	Factor Camion (A)	ESALs (ANUAL)	ESALs (20 años)
Vehiculo Ligero	1838	0.0001	67	1630
Microbuses	474	0.5	86492	2101525
Bus 2E	52	1.2	22594	548970
TOTAL				2652124

DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO MÉTODO AASHTO 93

PROYECTO:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN VIA
COLECTORA (CONCRETO PATRON)

DATOS DE DISEÑO

TRAFICO (ESAL's)	2652124	---
INDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL (Po)	4.5	---
INDICE DE SERVICIALIDAD FINAL (Pt)	2	---
MODULO DE RUPTURA (S'c)	544.37	Psi
MODULO DE ELASTICIDAD (Ec)	3744182.34	Psi
RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE (K)	49.9622243	Mpa/m
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	3.2	---
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.2	---
NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	90	---
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)	-1.282	---
ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)	0.35	---

DISEÑO DE ESPESORES

SUB BASE GRANULAR	22.00	cm
LOSA DE CONCRETO	22.00	cm

PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO REFORZADO INCORPORANDO FIBRA SINTETICA EN LA VIA COLECTORA - HUANUCO 2025
ORGANISMO PROPONENTE:	GARCIA SOSA HAROLD

MÉTODO AASTHO -93

Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.

FORMULACIÓN DE DISEÑO

La ecuación básica de diseño a la que llegó AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASHTO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:

FORMULA GENERAL AASTHO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Donde:

D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)
Zr	= Desviación Estándar Normal
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)
Po	= Serviciabilidad Inicial
Pt	= Serviciabilidad Final
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).
Cd	= Coeficiente de Drenaje
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).

VARIABLES DEL DISEÑO

ESPESOR (D).

El espesor de losa de concreto, es la variable "D" que pretendemos determinar al realizar un diseño de pavimento rígido. El resultado del espesor se ve afectado por todas las demás variables que interviene en los cálculos. Es importante especificar lo que se diseña, ya que a partir de espesores regulares una pequeña variación puede significar una variación importante en la vida útil.

1.- ESTUDIO DE TRANSITO

1.2.- Determinación del tránsito existente.

El volumen existente en el tramo, considera el promedio diario anual del total de vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos.

Para la obtención de la demanda de tránsito que circula en cada sub tramo en estudio, se requerirá como mínimo la siguiente información:

- El tránsito promedio semanal (TPDS) mediante conteos de tránsito en cada sub tramo (incluyendo un sábado o un domingo) por un período consecutivo de 7 días (5 día de semana+Sábado+Domingo), como mínimo, de una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Así mismo en caso no hubiera información oficial, sobre pesos por eje, aplicable a la zona, se efectuara un censo de carga Vehicular durante 2 días consecutivos.
- Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.
- Con los datos obtenidos, se definirá el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento.

1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	2,652,124.00
ESAL's(W18) =	2.65E+06

2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

TIPO DE PAVIMENTO	CONFIABILIDAD.
Autopistas	90%
Carreteras	75%
Rurales	65%
Zonas industriales	60%
Urbanas principales	55%
Urbanas secundarias	50%

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)	
Confiabilidad R (%)	Desviac. Están. (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

R (%) = 90.00 %

2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR(Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

Zr = -1.282

2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.4

So = 0.350

4. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente. El procedimiento de diseño AASHTO predice el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes.

Como el índice de serviciabilidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito) este valor sea de 2.5 y para vías menos importantes sea de 2.0; para el valor del índice de serviciabilidad inicial la AASTHO llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto.

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACIÓN
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4.5$$
$$P_t = 2.0$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.50$$

5. MÓDULO DE RUPTURA ($S'c$)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ($S'c$) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 239.78$$

$$S'c = 32(F'c)^{0.75}$$

TIPO DE PAVIMENTO

$S'c$ RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 544.37 \quad \text{Psi}$$

6. DRENAJE (C_d)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Para el caso los materiales a ser usados tiene una calidad regular de drenaje y esta expuesto en un 30% durante un año normal de precipitaciones.

$$C_d = 1.2$$

7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Es la capacidad que tiene la losa de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, lo que repercute en minimizar las deformaciones y los esfuerzos. Este concepto depende de los siguientes factores:

Cantidad de Tráfico.

Utilización de pasajuntas.

Soporte lateral de las Losas.

La AASTHO recomienda un valor de 3.2 para pavimentos rígidos

$$J = 3.2$$

8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²) = 210 Kg/cm²

$E_c = 5500 \times (f'_c)^{1/2}$ (En MPa)

$E_c = 17000 \times (f'_c)^{1/2}$ (En Kg/cm²)

$E_c = 17000 \times (239.78)^{1/2}$ $E_c = 263,242.13$ Kg/cm²

$E_c = 3744182.344$ Psi

9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuestos algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, siendo una de las más aceptadas por ASSHTO las expresiones siguientes:

$K = 2.55 + 52.5(\log CBR)$ Mpa/m $\rightarrow$ CBR ≤ 10

$K = 46.0 + 9.08(\log CBR)^{4.34}$ Mpa/m $\rightarrow$ CBR > 10

CBR sub rasante = 8.00 %

Según estudio realizado Laboratorio de Mecánica de suelos

$K = 49.96222432$

10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la formula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$D = 8.250$ in

$\log_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 = 6.932$... Ecuación I

$$7.35 \times \log_{10}(D + 1) + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right] = 6.937$$
 ... Ecuación II

Espesor de la Losa de Concreto

$D = 20.96$ Cm

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Losa de C° Hidráulico $e = 8,8$ Pulg. = 22

Sub-Base Granular $e = 4$ Pulg. = 22



DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO MÉTODO AASHTO 93

PROYECTO:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO INCORPORANDO FIBRA SINTÉTICA EN VÍA
COLECTORA (ADICIÓN DE FIBRA AL 0.9%)

DATOS DE DISEÑO

TRAFICO (ESAL's)	2652124	---
INDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL (Po)	4.5	---
INDICE DE SERVICIALIDAD FINAL (Pt)	2	---
MODULO DE RUPTURA (S'c)	636.5	Psi
MODULO DE ELASTICIDAD (Ec)	3971286.69	Psi
RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE (K)	49.9622243	Mpa/m
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	3.2	---
COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	1.2	---
NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	90	---
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)	-1.282	---
ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)	0.35	---

DISEÑO DE ESPESORES

SUB BASE GRANULAR	20.00	cm
LOSA DE CONCRETO	20.00	cm

10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la formula General AASHTO:

$$\log_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10}\left[215.63 \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}\right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$D = 7.650 \text{ in}$$

$$\log_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$$

$$6.932 \dots \text{Ecuación I}$$

$$7.35 \times \log_{10}(D + 1) + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \log_{10} \left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})} \right] =$$

$$6.963 \dots \text{Ecuación II}$$

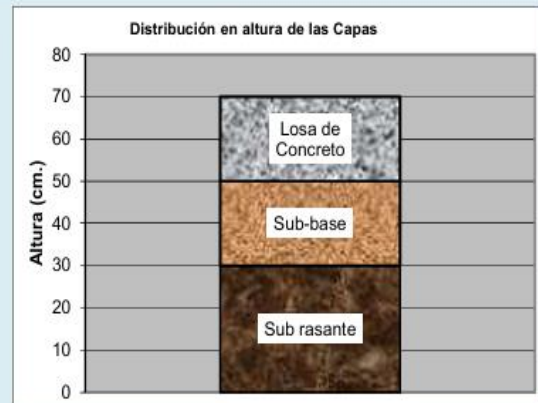
Espesor de la Losa de Concreto

$$D = 19.43 \text{ Cm}$$

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Losa de C° Hidráulico e= 8,8 Pulg. = 20
Sub-Base Granular e= 4 Pulg. = 20

Sub rasante



ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Elección y Utilización de la Fibra Sikafer 1225 de polipropileno



Fotografía 2

Selección del agregado fino y grueso



Fotografía 3

Pesaje del agregado fino y grueso para las probetas $F'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$



Fotografía 4

Pesaje del agua para el diseño de mezcla $F'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$



Fotografía 5

Pesaje de fibra SikaFer 1225 al 0.7% y 0.9%



Fotografía 6

Adición de los agregados y agua al trompo



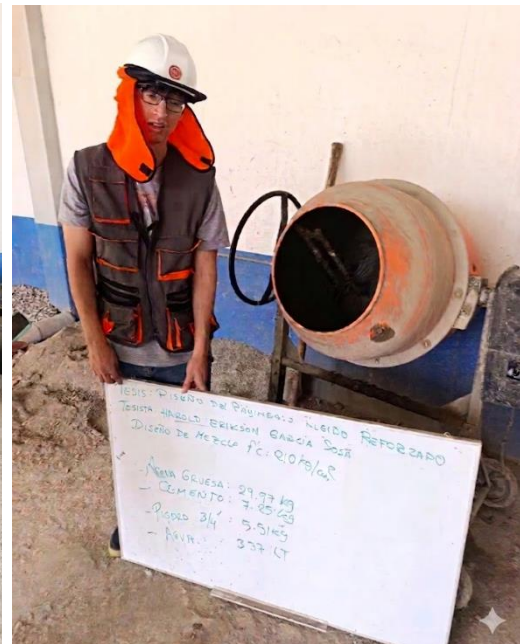
Fotografía 7

Ensayo Slump para determinar su asentamiento



Fotografía 8

Elaboración de probetas para un $F'c=210\text{kg/cm}^2$



Fotografía 9

Varillado y muestra representativa de las probetas



Fotografía 10

Proceso de curado de las probetas con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$



Fotografía 11

Ensayo de la resistencia a compresión y rotura de probeta con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (patrón)



Fotografía 12

Ensayo de la resistencia a compresión y rotura de probeta con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (con adición 0.7% de Fibra Sika Fer)



Fotografía 13

Ensayo de la resistencia a compresión y rotura de probeta con un $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (con adición 0.9%)



Fotografía 14

Adición para desmoldar los moldes prismáticos rectangulares de 50x15x15cm



Fotografia 15

Agregado Fino y grueso proceso de selección



Fotografia 16

Pesaje del agregado Fino y Grueso para la dosificación de la mezcla de las vigas con $F'c=210\text{kg/cm}^2$



Fotografía 17

Pesaje del cemento tipo 1



Fotografía 18

Adición de los agregados finos y gruesos al trompo para la mezcla de diseño



Fotografía 19

Adición de agua y cemento al trompo



Fotografía 20

Ensayo del Slump para determinar el asentamiento



Fotografía 21

Elaboración de vigas con $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ 50x15x15cm (Patrón)



Fotografía 22

Muestras del pesaje de Fibra SikaFer al 0.7% y 0.9%



Fotografia 23

Elaboración de vigas con $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ 50x15x15cm Agregando 0.7% de Fibra Sika



Fotografia 24

Elaboración de vigas con $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ 50x15x15cm Agregando 0.9% de Fibra Sika



Fotografía 25

Proceso de curado de vigas $F'c=210\text{kg/cm}^2$



Fotografía 26

Muestras de las vigas para un $F'c=210\text{kg/cm}^2$



Fotografía 27

Trazos en los apoyos



Fotografía 28

Ensayo a la resistencia a la flexión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (patrón)



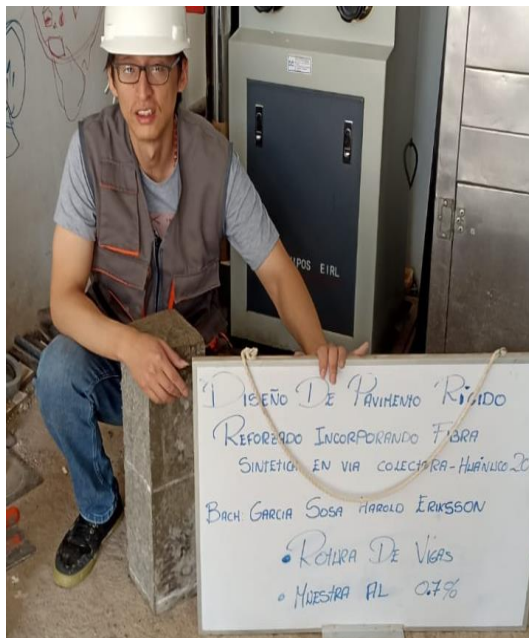
Fotografia 29

Rotura de Vigas $F'c=210\text{kg/cm}^2$ (patrón)



Fotografia 30

Ensayo a la resistencia a la flexión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con 0.7% de Fibra Sika Fer



Fotografía 31

Rotura de Vigas $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con 0.7% Fibra Sikafer 1225



Fotografía 32

Ensayo y rotura a la resistencia a la flexión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ con 0.9% Fibra Sikafer 1225



Fotografía 33
Conteo Vehicular

