

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
(F'C = 210 KG/CM²) DE ADOQUINES FABRICADOS DE MANERA
CONVENCIONAL EN LA CALLE UNIVERSIDAD DE LA CIUDAD DE JAÉN, 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. MARVIL, DELGADO FLORES

ASESOR:

Dr. Ing. HERMES ROBERTO, MOSQUEIRA RAMÍREZ

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: DELGADO FLORES, MARVIL
2. DNI: 73016229
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
3. Asesor: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
Facultad: Ingeniería
4. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
5. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
6. Título de Trabajo de Investigación: INFLUENCIA DE FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ($F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$) DE ADOQUINES FABRICADOS DE MANERA CONVENCIONAL EN LA CALLE UNIVERSIDAD DE LA CIUDAD DE JAÉN, 2024
7. Fecha de evaluación: 10 de febrero 2026
8. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
9. Porcentaje de Informe de Similitud: 13%
10. Código Documento: trn:oid:::3117:555143352
11. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10 de Febrero 2026

 FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos Hermes Roberto Mosqueira Ramirez DNI No 26673916	 FIRMA DIGITAL Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258801 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 10/02/2026 09:34:41-0500 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
---	---



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0058-2026

TÍTULO : INFLUENCIA DE FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) DE ADOQUINES FABRICADOS DE MANERA CONVENCIONAL EN LA CALLE UNIVERSIDAD DE LA CIUDAD DE JAÉN, 2024.

ASESOR : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **trece días del mes de febrero de 2026**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *INFLUENCIA DE FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) DE ADOQUINES FABRICADOS DE MANERA CONVENCIONAL EN LA CALLE UNIVERSIDAD DE LA CIUDAD DE JAÉN, 2024*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil MARVIL DELGADO FLORES, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, asesorado por el Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA :6..... PTS.

EVALUACIÓN PÚBLICA :11..... PTS.

EVALUACIÓN FINAL :17..... PTSDIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de 17 (DIECISIETE).
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 11:20 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Presidente

Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Esta tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de mis padres agradezco infinitamente por haber sido mi vivaz motivación en todo momento para alcanzar mis sueños.

Un especial agradecimiento a Dios por su cuidado y por guiarme durante toda mi trayectoria académica y profesional; y porque aún lo sigue haciendo.

Agradezco también a mi asesor, el Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez por su apoyo académico en la formulación y análisis de mi investigación.

DEDICATORIA

“La motivación es el empuje del éxito; el éxito es la plenitud de la vida; la vida no sería vida si no hubiera una familia”

Con profunda gratitud, agradezco a Dios por guiarme en cada paso de este camino y por su infinita misericordia. A mi ángel guardián mi Tío Perico, por su silenciosa pero constante protección. A mis padres José y Elisa, por su amor incondicional y sacrificio que me han formado. A mi familia, por ser mi refugio y apoyo inquebrantable. Todo lo que soy y lo que lograré, se los debo a ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	2
1.4.1. Variable independiente:.....	2
1.4.2. Variable dependiente:.....	2
1.5. OBJETIVOS	2
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.7. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.8. LIMITACIONES.....	3
1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	5
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1. ADOQUINES DE CONCRETO.....	7
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ADOQUINES	9
2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ADOQUINES.....	9
2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADOQUINES	10
2.2.5. MATERIALES EN LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES	11
2.2.6. FIBRA DE CAUCHO	15
2.2.7. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....	18

2.2.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	21
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	22
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	22
3.1.2. UBICACIÓN DE LA CANTERA DE ESTUDIO.....	23
3.2. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.3.1. TIPO, NIVEL, MÉTODO, MEDICIÓN Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	24
3.3.3. MUESTRA.....	24
3.3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	25
3.3.5. UNIDAD DE OBSERVACIÓN.....	25
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
3.4.1. TÉCNICAS.....	26
3.4.2. INSTRUMENTOS	26
3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.5.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	27
3.6. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA Y ELABORACIÓN DE ADOQUINES.	31
3.6.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.....	31
3.6.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO (MÉTODO ACI 211).....	31
3.6.3. ELABORACIÓN DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO.	32
3.6.4. ENSAYOS DEL CONCRETO	33
3.7. DIAGRAMA RESUMEN PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	35
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
4.1. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	36
4.2. DISEÑO DE MEZCLA	37
4.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOQUÍN DE CONCRETO	38
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	40
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41

5.1. CONCLUSIONES.....	41
5.2. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS.....	46
APÉNDICE.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los adoquines de concreto.....	9
Tabla 2. Consistencia del concreto.	19
Tabla 3. Resistencia a ensayo a compresión a diferentes edades.	20
Tabla 4. Número de especímenes de adoquines totales evaluados.	25
Tabla 5. Características de los agregados de la Cantera Manuel Olano Constructor SAC.	36
Tabla 6. Características físicas de los agregados con 3, 6, 9 y 12 % de reemplazo de arena por fibra de caucho.	36
Tabla 7. Dosificación de materiales por metro cúbico para adoquín patrón y reemplazo de 3, 6, 9 y 12 % de caucho.	37
Tabla 8. Resistencia a compresión a diferentes edades de adoquín y con sustitución de fibra caucho al 3%, 6%, 9% y 12%.	38
Tabla 9. Ecuaciones del análisis de la curva de ajuste lineal.	39
Tabla 10. Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.	52
Tabla 11. Análisis granulométrico del agregado grueso.	52
Tabla 12. Análisis granulométrico del agregado grueso.	53
Tabla 13. Peso específico y absorción del agregado grueso.	53
Tabla 14. Peso unitario seco suelto del agregado grueso.	54
Tabla 15. Peso unitario seco compactado del agregado grueso.	54
Tabla 16. Contenido de humedad del agregado grueso.	54
Tabla 17. Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino.	55
Tabla 18. Análisis granulométrico del agregado fino.	55
Tabla 19. Análisis granulométrico del agregado fino.	56
Tabla 20. Peso específico y absorción del agregado fino.	56
Tabla 21. Peso unitario seco suelto del agregado fino.	57
Tabla 22. Peso unitario seco compactado del agregado fino.	57
Tabla 23. Contenido de humedad del agregado fino.	57
Tabla 24. Análisis granulométrico de la fibra de caucho.	58
Tabla 25. Análisis granulométrico de la fibra de caucho.	58
Tabla 26. Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	59
Tabla 27. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	59

Tabla 28. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	60
Tabla 29. Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	60
Tabla 30. Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	61
Tabla 31. Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	61
Tabla 32. Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 3% caucho.	61
Tabla 33. Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	62
Tabla 34. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	62
Tabla 35. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	63
Tabla 36. Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	63
Tabla 37. Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	64
Tabla 38. Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	64
Tabla 39. Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 6% caucho.	64
Tabla 40. Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	65
Tabla 41. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	65
Tabla 42. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	66
Tabla 43. Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	66
Tabla 44. Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	67
Tabla 45. Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	67
Tabla 46. Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 9% caucho.	67
Tabla 47. Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 12% caucho.	68
Tabla 48. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 12% caucho.	68
Tabla 49. Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 12% caucho.	69
Tabla 50. Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 12% caucho. ...	69
Tabla 51. Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 12% caucho.	70
Tabla 52. Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 12% caucho.	70
Tabla 53. Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 12% caucho.	70

Tabla 54. La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño patrón.	76
Tabla 55. La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño patrón.	76
Tabla 56. La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño patrón.	77
Tabla 57. La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 3%.	77
Tabla 58. La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 3%.	78
Tabla 59. La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 3%.	78
Tabla 60. La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 6%.	79
Tabla 61. La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 6%.	79
Tabla 62. La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 6%.	80
Tabla 63. La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 9%.	80
Tabla 64. La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 9%.	81
Tabla 65. La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 9%.	81
Tabla 66. La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 12%.	82
Tabla 67. La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 12%.	82
Tabla 68. La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 12%.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tolerancia en dimensiones.	7
Figura 2. Porcentaje de absorción.	8
Figura 3. Características geométricas y dimensiones de adoquines.	8
Figura 4. Requerimiento estructural de los adoquines de acuerdo con el uso.	9
Figura 5. Granulometría del agregado fino.	12
Figura 6. Requisitos granulométricos ASTM C-33 para agregado grueso.	13
Figura 7. Componentes del Cemento.	14
Figura 8. Componentes de un neumático	16
Figura 9. Reciclaje mecánico del caucho.	17
Figura 10. Relación entre la resistencia a compresión y curado.	20
Figura 11. Mapa de ubicación de la provincia de Jaén en la región Cajamarca.	22
Figura 12. Fotografía satelital de la ubicación de la planta de chancado.	23
Figura 13. Diagrama de procedimientos para la obtención de datos.	35
Figura 14. Variación de la resistencia a la compresión promedio a los 7, 14 y 28 días de curado.	38
Figura 15. Tendencia lineal de la resistencia a la compresión del adoquín de concreto con sustitución de caucho.	39
Figura 16. Diseño de mezcla para adoquín convencional.	71
Figura 17. Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 3% caucho.	72
Figura 18. Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 6% caucho.	73
Figura 19. Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 9% caucho.	74
Figura 20. Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 12% caucho.	75
Figura 21. Extracción de material de la cantera “Manuel Olano Constructor SAC”.	84
Figura 22. Ensayo de peso específico del agregado fino.	84
Figura 23. Ensayo de peso específico del agregado grueso.	85
Figura 24. Ensayo de contenido de humedad.	85
Figura 25. Ensayo gravedad específica de absorción agregado fino con proporciones de caucho.	86
Figura 26. Ensayo granulometría agregado fino con proporciones de caucho.	86
Figura 27. Peso unitario del agregado grueso.	87
Figura 28. Peso unitario del agregado fino con proporciones de caucho.	87

Figura 29. Prueba de consistencia de la mezcla.	88
Figura 30. Elaboración de adoquines.	88
Figura 31. Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 7 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 3%.	89
Figura 32. Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 14 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 6%.	89
Figura 33. Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 14 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 9%.	90
Figura 34. Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 28 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 12%.	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de permiso de uso de laboratorio externo para la realización de ensayos.	46
Anexo 2. Ficha técnica del cemento tipo I pacasmayo.	47
Anexo 3. Documentos legales del laboratorio.	50
Anexo 4. Constancia de uso de laboratorio.	51

ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice 1.PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	52
Apéndice 2.DISEÑO DE MEZCLAS.	71
Apéndice 3.RESULTADOS DE ENSAYOS A RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	76
Apéndice 4.PANEL FOTOGRÁFICO.....	84

RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación es evaluar la influencia de fibra de caucho en la resistencia a la compresión ($f^c_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) de los adoquines fabricados de manera convencional en la calle universidad de la ciudad de Jaén ; para lo cual se sustituiría parcialmente el agrado fino por fibra de caucho en proporciones de 30 Kg/m^3 (3%), 61 Kg/m^3 (6%), 95 Kg/m^3 (9%) y 131 Kg/m^3 (12%), empleando materiales extraídos de la cantera “Manuel Olano Constructor S.A.C.” en la ciudad de Jaén y cemento tipo Pacasmayo I, utilizando el método de diseño por módulo de fineza para elaborar cinco diseños de mezclas diferentes, incluyendo un diseño de mezcla patrón sin sustitución de caucho, para evaluar su comportamiento mecánico en edades de curado de 7, 14 y 28 días, bajo normas técnicas peruanas vigentes, se elaboraron un total de 75 adoquines, 15 por cada tipo de mezcla, mediante un molde de dimensiones de $6 \times 10 \times 20 \text{ cm}$; el curado controlado en laboratorio, utilizando una prensa hidráulica para determinar la resistencia a compresión de cada muestra, obteniendo como resultado que el adoquín patrón alcanzó una resistencia promedio a los 28 días de 260.19 kg/cm^2 , los adoquines con sustitución de caucho al 3% alcanzó resistencias de 242.71 kg/cm^2 , al 6% (225.88 kg/cm^2), al 9% (201.36 kg/cm^2) y al 12% (176.85 kg/cm^2), lo que indica una disminución progresiva de la resistencia conforme se incrementa el porcentaje de sustitución del agregado fino por caucho reciclado, por lo tanto, se concluye que al sustituir fibra de caucho por el agregado fino la resistencia del concreto disminuye.

Palabras clave: fibra de caucho, adoquín, Agregado fino, resistencia a compresión, concreto.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the influence of rubber fiber on the compressive strength ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) of conventionally manufactured paving blocks on Universidad Street in the city of Jaén. For this purpose, fine aggregate is partially replaced with rubber fiber in proportions of 30 kg/m^3 (3%), 61 kg/m^3 (6%), 95 kg/m^3 (9%), and 131 kg/m^3 (12%), using materials extracted from the “Manuel Olano Constructor S.A.C.” quarry in the city of Jaén and Pacasmayo Type I cement. The fineness modulus design method was used to develop five different mix designs, including a control mix without rubber substitution, in order to evaluate their mechanical behavior at curing ages of 7, 14, and 28 days, in accordance with current Peruvian technical standards. A total of 75 paving blocks were produced, 15 for each type of mix, using a mold with dimensions of $6 \times 10 \times 20 \text{ cm}$. Controlled laboratory curing was carried out, and a hydraulic press was used to determine the compressive strength of each sample. The results showed that the control paving block achieved an average compressive strength of 260.19 kg/cm^2 at 28 days, while paving blocks with rubber substitution reached strengths of 242.71 kg/cm^2 at 3%, 225.88 kg/cm^2 at 6%, 201.36 kg/cm^2 at 9%, and 176.85 kg/cm^2 at 12%. This indicates a progressive decrease in strength as the percentage of fine aggregate replacement with recycled rubber increases. Therefore, it is concluded that replacing fine aggregate with rubber fiber reduces the compressive strength of concrete.

Keywords: rubber fiber, paving block, fine aggregate, compressive strength, concrete.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El avance en el desarrollo de nuevas formulaciones de concreto se orienta en diversas líneas, que abarcan desde la optimización de sus componentes hasta la incorporación de materiales reciclados que permitan incrementar su resistencia. Estas innovaciones resultan fundamentales en la fabricación de adoquines de concreto. La vida útil de los adoquines de concreto depende directamente del diseño de la mezcla y de la calidad de los materiales empleados. (Becerra, Echeverría & Galvis, 2022)

La búsqueda continua dentro de la evolución de la industria de la construcción impulsa el uso de alternativas más resistentes y sostenibles. Como la incorporación de fibra de caucho obtenida a partir de residuos de neumáticos fuera de uso, favoreciendo su aplicación en el diseño de mezcla de concreto destinado a la elaboración de adoquines. La sustitución de fibras de caucho reciclado en adoquines mejora su resistencia a compresión. (Thomas & Gupta, 2021)

A nivel local, no existen investigaciones experimentales específicas que analicen la incorporación de fibra de caucho como material alternativo en la fabricación de adoquines de concreto bajo condiciones propias de la ciudad de Jaén, y menos aún estudios enfocados en la Calle Universidad. Esta carencia de información técnica genera incertidumbre respecto al comportamiento de la resistencia a la compresión del adoquín al sustituir agregado fino por fibra de caucho, limitando la posibilidad de optimizar su diseño y mejorar su rendimiento estructural.

En ese contexto, resulta necesario evaluar la influencia de la fibra de caucho en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto, considerando diferentes porcentajes de sustitución.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuánto influye la fibra de caucho en la resistencia a compresión ($F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) de adoquines en la calle universidad de la ciudad de Jaén, 2024?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La incorporación de fibras de caucho incrementa la resistencia a compresión ($F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) de adoquines de concreto en un 6%.

1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.4.1. Variable independiente:

X: Fibra de caucho.

1.4.2. Variable dependiente:

Y: Resistencia a la compresión.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de fibra de caucho en la resistencia a compresión ($F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) de adoquines de concreto en la calle Universidad de la ciudad de Jaén, 2024.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la resistencia de los adoquines de concreto convencional de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- ✓ Determinar la resistencia de los adoquines de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con incorporación de fibra de caucho con distintos porcentajes (3%, 6%, 9% y 12%).

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica por brindar nueva información sobre cómo influye la fibra de caucho en la resistencia a la compresión de adoquines fabricados de manera convencional, en ese sentido, la presente investigación busca cuantificar esta relación y aportar un modelo experimental que sirva de referencia tanto para el ámbito académico como para la aplicación práctica.

1.7. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Los materiales que se emplearon en la elaboración del concreto son: Cemento Pacasmayo tipo I, agregados seleccionados de la cantera “Manuel Olano”, fibra de caucho en 3%, 6%, 9% y 12% en reemplazo de agregado fino.

1.8. LIMITACIONES

- No se realizaron ensayos químicos de la fibra de caucho, ni de los agregados.
- No se realizó ensayos de trabajabilidad.

1.9. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

La presente investigación abarca los siguientes capítulos:

▪ **Capítulo I: Introducción**

Contiene el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis, justificación, delimitación de la investigación, alcances, limitaciones, objetivos de la investigación y descripción de contenidos.

▪ **Capítulo II: Marco Teórico**

Este capítulo contiene los antecedentes teóricos de la investigación, las bases teóricas, propiedades de los adoquines, fibra de caucho y del concreto.

▪ **Capítulo III: Materiales y Métodos**

Contiene la metodología, caracterización y descripción de las propiedades de los materiales, procedimientos, métodos y técnicas empleadas.

▪ **Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados**

Se realiza la presentación de los resultados obtenidos del capítulo anterior, describiéndolos, explicándolo y comparándolos.

▪ **Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones**

Establece las conclusiones en función a los objetivos planteados y las recomendaciones con la finalidad de seguir ampliando los aspectos que ya no fueron abarcados en la presente tesis.

- **Referencias Bibliográficas**

Se menciona la fuente utilizada.

- **Anexos y Apéndice**

Contiene certificado de laboratorio, fichas técnicas, ensayos de la resistencia a la compresión, diseño de mezcla y panel fotográfico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Farfán y Valdés (2019), en su tesis titulada *“Influencia del caucho reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto para pavimentos peatonales”* realizado en Chile, evaluaron la incorporación de caucho triturado proveniente de neumáticos fuera de uso en la fabricación de adoquines de concreto elaborados de manera convencional. El diseño de mezcla se realizó para una resistencia a compresión de 250 kg/cm², sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho reciclado en porcentajes de 5 %, 10 % y 15 %. Los ensayos de resistencia a compresión se efectuaron a los 28 días de curado, obteniéndose que: Los adoquines con 5 % de caucho alcanzaron valores cercanos a la resistencia de diseño. Con 10 %, se presentó una reducción moderada de la resistencia. Con 15 %, la resistencia disminuyó significativamente, no cumpliendo con la resistencia proyectada. Los autores concluyeron que el caucho reciclado influye directamente en la resistencia a compresión de los adoquines, recomendando su uso en porcentajes bajos para pavimentos de tránsito ligero y peatonal.

Silva y Pereira (2021), en su tesis *“Influencia de fibras de caucho provenientes de neumáticos reciclados en la resistencia a compresión de adoquines de concreto”* realizado en Brasil, analizaron el comportamiento mecánico de adoquines de concreto con incorporación de fibras de caucho reciclado. El concreto fue diseñado para una resistencia a compresión de 200 kg/cm², incorporando fibras de caucho como reemplazo parcial del agregado fino en proporciones de 3 %, 6 % y 9 %. Los ensayos a compresión realizados a los 28 días evidenciaron que: Con 3 % de fibra de caucho, los adoquines alcanzaron resistencias cercanas al valor de diseño. Con 6 % y 9 %, la resistencia a compresión disminuyó progresivamente, aunque se observó una mejora en la capacidad de deformación y absorción de energía. Se concluyó que la incorporación de fibras de caucho afecta la resistencia a compresión de los adoquines, pero representa una alternativa sostenible para pavimentos urbanos de baja sollicitación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Canales Quilca y Mamani Roque (2021), en su tesis *“Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto”* realizado en Lima, evaluaron la influencia del caucho reciclado proveniente de neumáticos fuera de uso en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto fabricados de manera convencional, incorporando 10 %, 15 % y 20 % de caucho como reemplazo parcial del agregado fino; los ensayos realizados a los 3, 7, 14 y 28 días evidenciaron que el incremento del porcentaje de caucho genera una disminución progresiva de la resistencia a compresión, concluyéndose que, si bien el uso de caucho reciclado afecta negativamente la resistencia mecánica, su aplicación resulta viable en adoquines destinados a pavimentos peatonales, aportando beneficios ambientales al reutilizar residuos sólidos.

Ydrogo Lozano (2019), en su tesis *“Resistencia a la compresión del adoquín convencional tipo I $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$, adicionando caucho al 5 % y 10 % como agregado fino”* realizado en Lima, investigó el efecto de la incorporación de caucho reciclado en la resistencia a la compresión de adoquines de concreto tipo I, diseñados para una resistencia de 290 kg/cm^2 , determinando que la adición de 5 % y 10 % de caucho como agregado fino produjo reducciones aproximadas de 9.94 % y 51.22 %, respectivamente, en comparación con el adoquín patrón, concluyendo que el aumento del contenido de caucho influye significativamente en la disminución de la resistencia a compresión.

Chavarri Bazán y Rubio Calvay (2020), en su tesis titulada *“Efecto del caucho reciclado en la resistencia a compresión en adoquines de concreto diseñados para pavimentos articulados”* realizado en Lima, se investigó el efecto de la adición de caucho reciclado como reemplazo parcial del agregado fino sobre la resistencia a compresión de adoquines de concreto tipo I. El estudio empleó un diseño de mezclas siguiendo normas ACI para materiales, incorporando caucho de 4 mm en porcentajes de 3 %, 5 % y 7 % en sustitución del agregado fino y comparando los resultados con el concreto patrón. Las pruebas de resistencia a compresión a los 28 días mostraron que el concreto patrón alcanzó 349.35 kg/cm^2 , mientras que los adoquines modificados con 3 % de caucho redujeron su resistencia en aproximadamente 8.74 %, los de 5 % en 20.08 % y los de 7 % en 34.73 % respecto al patrón, indicando que la incorporación de caucho afecta negativamente la resistencia a compresión.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ADOQUINES DE CONCRETO

Es una pieza de concreto u otro material duro y resistente que se utiliza para pavimentar calles, caminos, aceras y otras superficies exteriores. Por lo general, los adoquines son de forma rectangular o cuadrada y se colocan de manera uniforme en un patrón específico para crear una superficie duradera y estéticamente agradable (Fernández , 2019).

- **DIMENSIONES:** Deben responder tanto a criterios estructurales como funcionales. Los adoquines que tienen longitudes cercanas a 20 cm, anchos de 10 cm y espesores desde 6 cm, son ideales para pavimentos de tránsito peatonal y liviano, ya que combinan facilidad de manipulación, rapidez de instalación y resistencia adecuada. Estas medidas permiten que el adoquín pueda ser colocado con una sola mano, reduciendo el tiempo de ejecución y mejorando la precisión del asentado. Además, al tener un espesor de 6 cm, se garantiza una buena capacidad de carga sin exceder el peso propio de la unidad, lo cual evita asentamientos diferenciales en la base (Medina, 2012, p. 65).

Norma técnica: NTP 399.611, (INACAL, 2017):

En la norma se estipula para la fabricación de adoquines de concreto que pueden ser destinados para pavimentos peatonales, también para vehiculares o en patios industriales.

Figura 1.

Tolerancia en dimensiones.

Tolerancia dimensional, máx.(mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

Nota: La figura 1 presenta la tolerancia de dimensiones de adoquín.

Fuente: NTP 399.611, (INACAL, 2017).

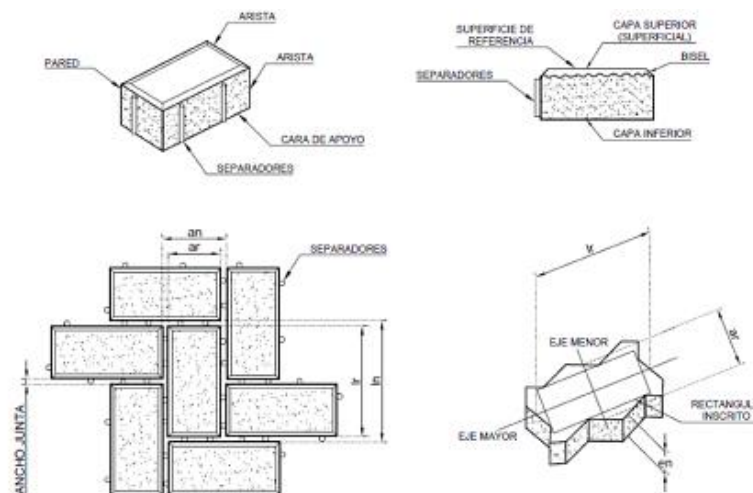
Figura 2.
Porcentaje de absorción.

Tipo de Adoquín	Adsorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

Nota: La figura 2 muestra el porcentaje de absorción por tipo de adoquín. **Fuente:** NTP 399.611, (INACAL, 2017).

- **GEOMETRÍA:** La forma rectangular es una de las más utilizadas en la fabricación de adoquines debido a su practicidad y desempeño técnico. Los adoquines con forma rectangular permiten una alineación precisa durante la colocación y favorecen la formación de patrones estables, como el espina de pez o el trenzado. Esta geometría proporciona una superficie de contacto uniforme entre piezas, lo que mejora el travado y la distribución de cargas sobre la base. Además, al no presentar irregularidades en su contorno, se facilita el corte, reemplazo o reajuste de piezas en obra, lo que hace más eficiente el mantenimiento del pavimento a lo largo del tiempo (Gonzales, 2016, p. 88).

Figura 3.
Características geométricas y dimensiones de adoquines.



Nota: La figura 3 ilustra las características geométricas y dimensiones de adoquines. **Fuente:** NTG 41085, 2015.

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS ADOQUINES

Los adoquines pueden clasificarse atendiendo a distintos criterios como el material, la forma, el uso previsto o el tipo de trabazón que ofrecen. Los más comunes son los adoquines de concreto, los cuales se subdividen en dos grandes grupos: los de forma rectangular, que presentan un diseño sencillo y permiten una colocación rápida en patrones regulares, y los intertrabados o dentados, que poseen bordes diseñados para mejorar la trabazón lateral. También se clasifican por su aplicación: tránsito peatonal, vehicular liviano o pesado. Esta clasificación permite seleccionar el tipo adecuado de adoquín según la resistencia que se requiere y las condiciones del entorno (IMCYC, 2011).

En el Perú, los adoquines evaluados con la Norma Técnica Peruana están clasificados de acuerdo a la serviciabilidad de los pavimentos.

Figura 4.

Requerimiento estructural de los adoquines de acuerdo con el uso.

Conjunto	f'cr (MPa)	Serviciabilidad
Tipo I	31	Peatonal
Tipo II	32	Estacionamiento
Tipo III	50	Industrial

Nota: La figura 4 muestra requerimiento estructural de adoquines de acuerdo al tipo de serviciabilidad.. **Fuente:** NTP. 339. 611(2013).

2.2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ADOQUINES

El uso de adoquines de concreto tiene diversas ventajas y desventajas (Rey, 2018). Estas características se describen en la Tabla 1.

Tabla 1.

Ventajas y desventajas de los adoquines de concreto.

Ventajas	Desventajas
Reutilización de los bloques	Inadecuada control de calidad
Mano de obra no especializada	Falta de control en el transporte
Colocación y retiro de manera rápida	Ruido y vibración de automoviles
Larga vida útil	Perdida de sello al someter exceso de
Economía	agua en las juntas

Nota: La tabla 1 muestra comparación de ventajas y desventajas de adoquines. **Fuente:** (Rey, 2018).

2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS ADOQUINES

Según ICH (2013) son:

- **Variedad de materiales:** Existe una amplia gama de materiales disponibles para la fabricación de adoquines, lo que permite adaptar su aspecto y rendimiento a las necesidades estéticas y funcionales de un proyecto.
- **Diversidad de formas y tamaños:** Los adoquines se presentan en diversas formas y tamaños, como cuadrados, rectangulares, hexagonales o incluso formas personalizadas, lo que facilita la creación de patrones de pavimentación creativos y decorativos.
- **Facilidad de instalación:** La colocación de adoquines se realiza de manera relativamente sencilla, generalmente en una capa de arena o mortero. Esto facilita la instalación y permite un reemplazo eficiente en caso de daños.
- **Permeabilidad:** Los adoquines se pueden colocar con juntas pequeñas entre ellos, lo que permite que el agua de lluvia se filtre a través de las juntas y se infiltre en el suelo, lo que reduce el riesgo de inundaciones y favorece la recarga de los acuíferos subterráneos.
- **Mantenimiento:** Los adoquines son fáciles de mantener y reparar. En caso de daños o hundimientos, es posible reemplazar los adoquines individuales sin tener que rehacer toda la superficie pavimentada.
- **Estética:** Los adoquines son apreciados por su aspecto estético y la posibilidad de crear patrones y diseños atractivos. Se utilizan en áreas urbanas y espacios públicos para mejorar la estética del entorno.
- **Antideslizantes:** Los adoquines suelen tener una superficie rugosa o texturizada que proporciona un agarre adecuado, lo que los hace seguros para peatones y vehículos, incluso en condiciones húmedas.
- **Sostenibilidad:** Muchos adoquines se fabrican con materiales reciclados o eco amigables, lo que los convierte en una opción sostenible para la pavimentación de áreas urbanas.

- **Personalización:** Los adoquines pueden ser personalizados con colores, texturas y patrones específicos para adaptarse al diseño y estilo de un proyecto en particular.

2.2.5. MATERIALES EN LA FABRICACIÓN DE ADOQUINES

La elección del material para fabricar adoquines dependerá de factores como el presupuesto, el diseño estético, la resistencia requerida y las condiciones climáticas locales. Cada material tiene sus propias ventajas y desventajas, por lo que es importante seleccionar el más adecuado para el proyecto específico (Velásquez Méndez, 2018).

2.2.5.1. AGREGADOS

Son materiales utilizados en la fabricación del concreto, compuestos por partículas que varían en tamaño, desde polvo casi imperceptible hasta fragmentos de piedra. Pueden ser de origen natural o artificial.

Los agregados se clasifican comúnmente según su tamaño en finos y gruesos. Existen diferentes tipos de clasificación, como por origen, color, tamaño de partícula, forma de fragmentación, peso específico y agregados reciclados. La forma más habitual de clasificarlos es por el tamaño de sus partículas, utilizando una malla número 4 (4.75 mm): las partículas retenidas en el tamiz son agregados gruesos, mientras que las que lo atraviesan, pero quedan retenidas en una malla #200, se consideran agregados finos (Suarez, 2019).

• Agregado Fino

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma E.060, se define como el agregado que resulta de la desintegración natural o artificial, cuyo tamaño pasa a través de un tamiz de 9.5 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz N° 200.

Figura 5.
Granulometría del agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N.º 4)	95 a 100
2,36 mm ((N.º 8)	80 a 100
1,18 mm ((N.º 16)	50 a 85
600 µm ((N.º 30)	25 a 60
300 µm ((N.º 50)	05 a 30
150 µm ((N.º 100)	0 a 10

Nota: La figura 5 muestra los tamices que pasan el agregado fino para su granulometría.. **Fuente:** NTP 400.037.

El módulo de fineza del agregado fino no deberá ser menor de 2.30 ni mayor que 3.10.

Para la fabricación de concreto, se permite el uso de agregados que no cumplan con gradaciones específicas, siempre que se cuente con estudios que garanticen que el material utilizado generará un concreto con las resistencias necesarias.

- **Agregado Grueso**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma E.060, se define como el agregado que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, y que queda retenido en el tamiz de 4.75 mm (malla 4).

El agregado grueso deberá cumplir con requisitos para usos especificados según Figura 6:

Figura 6.
Requisitos granulométricos ASTM C-33 para agregado grueso.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO MONOMIAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 1/2 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in. a N° 6)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota: La figura 6 muestra la granulometría del agregado grueso. **Fuente:** ASTM C-33.

- **Ensayos para caracterización de agregados:**

1. Muestreo para materiales de construcción
2. Peso unitario de los agregados.
3. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado
4. Análisis granulométrico de agregados.
5. Peso específico y absorción de agregados finos
6. Peso específico y absorción de agregados gruesos

2.2.5.2. CEMENTO

Es un material hidráulico que, al entrar en contacto con el agua, reacciona químicamente generando una pasta que endurece y adquiere resistencia con el paso del tiempo. Su función principal dentro del concreto es actuar como aglutinante, uniendo los agregados en una masa sólida, compacta y durable. El tipo de cemento más empleado en el país es el Portland tipo I, por su versatilidad y buen desempeño en obras civiles convencionales. La resistencia del concreto, su tiempo de fraguado y durabilidad dependen en gran medida de la calidad del cemento y de su correcta dosificación (Espinoza, 2015).

El cemento más común usado es el portland tipo I, el cual deberá cumplir lo especificado en la Norma Técnica Peruana NTP334.009, Norma AASHTO M85 o la Norma ASTM-C150.

Figura 7.
Componentes del Cemento.

Compuesto	Composición del óxido	Nomenclatura simplificada	Porcentaje aproximado
Silicato tricálcico	$3C_aOS_iO_2$	C_3S	60 – 65%
Silicato dicálcico	$2C_aOS_iO_2$	C_2S	10 – 20%
Aluminio Tricálcico	$3C_aOAl_2O_3$	C_3A	<8%
Ferroaluminato tetracálcico	$4C_aOFe_2O_3Al_2O_3$	C_4AF	10 – 15%

Nota: La figura 7 presenta la composición del óxido del cemento. **Fuente:** Pérez (2011).

El Cemento Portland Tipo I: De uso general, para construcciones de concreto y mortero el cual no requiere mayores adiciones para obtener propiedades especiales. Se obtiene al moler un Clinker de alta calidad junto con yeso, resultando en un producto hidráulico de uso general con óptimo desarrollo de resistencias. En el Perú, este cemento destaca por brindar altas resistencias tanto iniciales como finales, permitiendo formas de desencofrado más rápidas y obteniendo concretos de alto rendimiento con buena trabajabilidad. Además, es completamente compatible con materiales convencionales de construcción y resulta adecuado para la fabricación de adoquines debido a su capacidad de lograr buena compacidad en la mezcla sin requerir cuidados especiales frente a condiciones agresivas (Cemento INKA, 2023).

2.2.5.3. AGUA

El agua potable utilizada en la elaboración del concreto debe ser limpia y libre de sustancias que alteren el proceso de fraguado o reduzcan la resistencia de la mezcla. En condiciones normales, se emplea agua proveniente de la red pública, la misma que cumple con los estándares de potabilidad definidos por la normativa sanitaria nacional. Este tipo de agua asegura que no existan contaminantes como aceites, ácidos, sales o materia orgánica, los cuales podrían afectar la hidratación del cemento o generar reacciones indeseadas. Por su calidad controlada, el uso de agua potable garantiza mezclas más estables, uniformes y duraderas en elementos como adoquines (SUNASS, 2021).

2.2.6. FIBRA DE CAUCHO

Es un material derivado del reciclaje de neumáticos fuera de uso, que se procesa mecánicamente hasta obtener partículas delgadas y alargadas, similares a filamentos. Este tipo de material se utiliza como sustitución en mezclas de concreto con el fin de modificar sus propiedades mecánicas. Su presencia en la mezcla cementosa mejora la ductilidad, reduce el agrietamiento por contracción y puede ayudar a absorber energía en aplicaciones sometidas a impactos. Aunque su incorporación puede reducir ligeramente la resistencia a compresión, su uso controlado favorece un mejor comportamiento frente a cargas dinámicas y fatiga estructural (Acuña & Rivera, 2022).

Por otro lado, el caucho sintético es un tipo de material fabricado a partir de compuestos derivados del petróleo, el carbón, el gas natural y el acetileno. Este producto pertenece al grupo de los elastómeros y se utiliza frecuentemente como alternativa al caucho natural. Su uso se debe a que ofrece una alta resistencia frente a sustancias químicas agresivas, como ácidos, aceites minerales, gases y otros compuestos que podrían deteriorar materiales convencionales (Ali Shah, Hasan, Shah, Kanwal, & Zeb, 2013).

2.2.6.1. PROPIEDADES DEL CAUCHO

Tanto natural como sintético, se caracteriza por su alta elasticidad, flexibilidad y capacidad de recuperación después de ser deformado. Estas propiedades le permiten absorber impactos, resistir esfuerzos repetitivos y conservar su forma original. Además, presenta una baja conductividad térmica, buena resistencia al desgaste, y es estable frente a diversos agentes químicos. Cuando se incorpora en forma de fibras o partículas al concreto, su comportamiento físico ayuda a mejorar la ductilidad y a controlar la aparición de fisuras por contracción o carga dinámica. También destaca por su durabilidad, ya que no se degrada fácilmente en condiciones normales de exposición (Velásquez & Ríos, 2021).

2.2.6.2. NEUMÁTICOS

Es un material complejo compuesto principalmente por caucho natural y sintético, reforzado con fibras textiles y acero. Se caracteriza por su alta resistencia mecánica, elasticidad, durabilidad y capacidad de soportar cargas y condiciones ambientales extremas. Gracias a su estructura multicapa y a los aditivos que contiene, como negro de humo y azufre,

ofrece una excelente resistencia al desgaste, a la abrasión y a la deformación. Estas propiedades lo convierten en un residuo valioso para su reciclaje, especialmente en aplicaciones donde se requiera absorción de impactos y flexibilidad, como en mezclas de concreto no estructural (Alarcón, 2021).

Figura 8.
Componentes de un neumático

Material	Composición (%)	
	Automóviles	Camiones
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y rellenos	17	16

Nota: La figura 8 muestra el porcentaje de caucho natural y sintético de automóviles. *Fuente:* Lancheros (2016).

2.2.6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE CAUCHO

Reciclaje: La fibra de caucho se produce principalmente a partir de neumáticos de automóviles reciclados u otros productos de caucho desechados. Esto ayuda a reducir la cantidad de residuos de caucho en vertederos y contribuye a la sostenibilidad ambiental.

Resistencia al agua: La fibra de caucho es resistente al agua y a la intemperie, lo que la hace adecuada para su uso en aplicaciones al aire libre.

Resistencia a la abrasión: Es un material resistente a la abrasión, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en las que se produce desgaste o fricción.

Flexibilidad: La fibra de caucho es flexible y se puede adaptar a diversas formas y aplicaciones.

Absorción de impactos: Tiene la capacidad de absorber impactos y vibraciones, lo que la hace adecuada para su uso en áreas donde se requiere amortiguación.

2.2.6.4. USO DIRECTO DE LOS NEUMÁTICOS

Los neumáticos fuera de uso pueden ser reutilizados directamente a través de procesos mecánicos como el corte, triturado o granulado, sin alterar su composición química. Esta aplicación directa permite aprovechar las propiedades físicas del caucho, como su elasticidad, resistencia al impacto y durabilidad, en distintos sectores. En la construcción, el caucho triturado obtenido de neumáticos es incorporado en mezclas de concreto, asfalto o como material de relleno en suelos. Esta práctica contribuye a reducir el volumen de residuos sólidos, minimizar el impacto ambiental y mejorar ciertas características técnicas del material final, como su capacidad de absorción de energía y su comportamiento frente a cargas dinámicas (Vargas, 2021).

- **TRATAMIENTO MECÁNICO**

Es un proceso físico que permite transformar neumáticos fuera de uso en partículas o fibras reutilizables sin modificar su estructura química. Este proceso incluye operaciones como la trituración y el granulado, mediante equipos diseñados para reducir el tamaño del material. A través de este método, se obtienen fragmentos de caucho de distintas formas y granulometrías que conservan propiedades como la elasticidad, resistencia al desgaste y estabilidad frente a agentes externos. Estas características hacen que el producto resultante sea adecuado para su aplicación directa en mezclas de concreto, como reemplazo parcial del agregado fino en elementos como adoquines (Castañeda, 2022).

Figura 9.
Reciclaje mecánico del caucho.



Nota: La figura 9 muestra las etapas para elaborar la fibra de caucho. **Fuente:** Reciclaje Contemar (2020).

- **BENEFICIOS AL RECICLAR LOS NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU)**

El reciclaje de neumáticos fuera de uso genera beneficios tanto ambientales como técnicos. Desde el punto de vista ambiental, reduce el volumen de residuos sólidos acumulados en vertederos y evita la quema informal, que genera emisiones tóxicas. En cuanto a sus aplicaciones prácticas, el caucho reciclado conserva propiedades como la elasticidad, resistencia al impacto y durabilidad, lo que permite su incorporación en mezclas de concreto, asfalto o como material de relleno. Esta reutilización contribuye a la economía circular, disminuye la extracción de recursos naturales y da lugar a materiales más sostenibles para la construcción (Zevallos, 2022).

2.2.7. PROPIEDADES DEL CONCRETO

El desempeño del concreto depende de un conjunto de cualidades técnicas que determinan cómo se comporta durante su colocación y a lo largo de su vida útil. Entre las más relevantes están su capacidad para resistir cargas (resistencia), conservar su integridad frente a factores ambientales y el paso del tiempo (durabilidad), facilitar su manipulación y moldeo (trabajabilidad), y mantener su masa compacta y homogénea sin desintegrarse (cohesividad). Estas características deben ser cuidadosamente controladas en el diseño y elaboración de mezclas, sobre todo cuando se incorpora material reciclado como adición, como ocurre en el caso de adoquines prefabricados (Kosmatka, 2014).

2.2.7.1. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

- **Trabajabilidad**

La facilidad con la que una mezcla de concreto puede ser mezclada, transportada, colocada y compactada sin segregarse ni perder su cohesión depende directamente de la calidad de su diseño. Este comportamiento se conoce como trabajabilidad y es clave en la elaboración de elementos prefabricados como adoquines, donde se necesita una mezcla que fluya lo suficiente para llenar moldes, pero que mantenga su uniformidad para asegurar compactación y resistencia. Una trabajabilidad adecuada mejora la eficiencia en obra, reduce fallas por vacíos y permite una mejor adaptación del concreto a la geometría del molde (Valencia, 2021).

- **Consistencia**

La fluidez o rigidez de una mezcla fresca está determinada por la cantidad de agua y la distribución de sus materiales, lo cual se conoce como consistencia. Este aspecto se evalúa comúnmente mediante el ensayo de asentamiento (slump), y refleja qué tan fácil será manejar el concreto en estado fresco. Una consistencia adecuada evita la segregación de los componentes y garantiza un llenado uniforme en moldes o encofrados. En la fabricación de adoquines, se requiere una mezcla de consistencia plástica o seca, que permita obtener bordes definidos y evitar deformaciones después del moldeo (Cárdenas, 2020).

Tabla 2.

Consistencia del concreto.

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" – 2"	Poca
Plástica	3" – 4"	Optima
Fluida	> 5"	Excesiva

Nota: La tabla 2 muestra el asentamiento del concreto en diferentes consistencias. **Fuente:** American Concrete Institute (2019).

2.2.7.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

- **Características mecánicas**

- **Resistencia a la compresión**

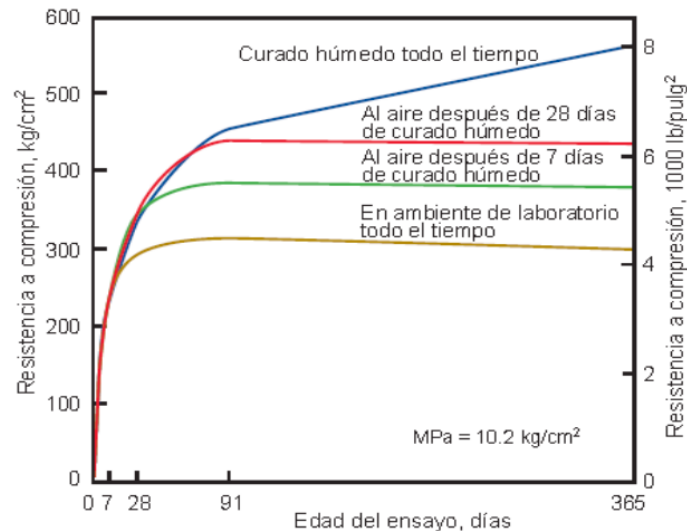
Las propiedades mecánicas de la mezcla de concreto están vinculadas a su capacidad para resistir esfuerzos de compresión, flexión o desgaste. En el caso de adoquines, es esencial que el concreto soporte adecuadamente las cargas aplicadas desde el tránsito. Esta propiedad depende de la calidad de los materiales, la relación agua/cemento y la presencia de sustitución como el caucho reciclado, que puede reducir la resistencia si se emplea en exceso. La resistencia a la compresión se determina mediante ensayos normalizados, y sus resultados se expresan en kg/cm² o en MPa, unidades que indican cuánta presión puede soportar una superficie antes de fallar estructuralmente (López, 2022).

Para designar la resistencia del concreto, se emplea la denominada "fuerza

característica" o " f'_c ", que representa la resistencia promedio estimada después de 28 días de curado.

Figura 10.

Relación entre la resistencia a compresión y curado.



Nota: La figura 10 muestra la relación de la resistencia a compresión con el tiempo de curado.

Fuente: Kosmatka (2014).

El ACI 209 establece que la resistencia del concreto se determina mediante ensayos de compresión simple a diferentes edades, buscando alcanzar un porcentaje específico de la resistencia de diseño, según la tabla 3:

Tabla 3.

Resistencia a ensayo a compresión a diferentes edades.

Edad del concreto	Resistencia estimada en porcentaje
1 día	16%
3 día	40%
7 día	65%
14 día	85%
28 día	100%

Nota: La tabla 3 muestra los porcentajes estimados que debe llegar la resistencia a compresión a diferentes edades. **Fuente:** Comité ACI 209.

2.2.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Concreto:** Mezcla de cemento, agua y agregados que, al endurecer, forma un material sólido y resistente. Se emplea en la fabricación de elementos como adoquines (Gonzales, 2021).
- **Adoquín de Concreto:** Es un elemento prefabricado elaborado a base de cemento, agregados y agua, producido bajo condiciones controladas para garantizar uniformidad dimensional y adecuada resistencia mecánica. (MTC, 2014).
- **Resistencia a la compresión:** Capacidad del concreto para resistir fuerzas aplicadas que lo comprimen. Es una propiedad clave en elementos como adoquines y se expresa en megapascuales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) (López, 2022).
- **Fibra de caucho:** Es un material obtenido principalmente del reciclaje de neumáticos fuera de uso, el cual es procesado mecánicamente hasta alcanzar dimensiones granulares controladas. (ASTM D6270-17,2019).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

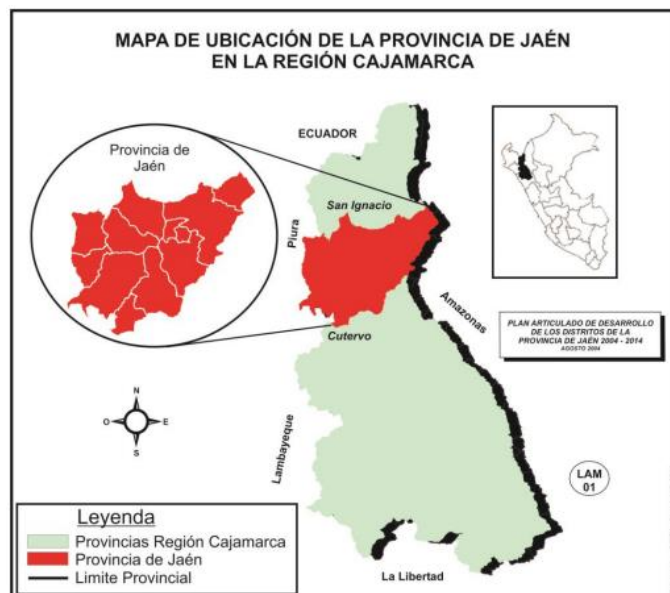
La investigación se desarrolló en la zona norte de la región de Cajamarca, en la provincia de Jaén.

- **Región:** Cajamarca.
- **Provincia:** Jaén.
- **Distrito:** Jaén.
- Ubicación geográfica

COORDENADAS UTM	
NORTE	9358449
ESTE	745963
ZONA	17M
COORDENADAS GEOGRAFICAS	
LATITUD	5°47.6461' S
LONGITUD	78°46.8179' O

Figura 11.

Mapa de ubicación de la provincia de Jaén en la región Cajamarca.



Nota: La figura 11 muestra la ubicación de la provincia de Jaén donde se realizó la investigación. **Fuente:** Plan de gobierno Municipal Provincia De Jaén (2019-2022).

3.1.2. UBICACIÓN DE LA CANTERA DE ESTUDIO

Se utilizó agregados de cantera de río, Cantera Manuel Olano Constructor SAC, ubicada en el Centro Poblado Chamaya, entre las Coordenadas UTM: 746275 Este y 9358045 Norte; del distrito y provincia de Jaén, departamento Cajamarca.

Figura 12.

Fotografía satelital de la ubicación de la planta de chancado.



Nota: La figura 12 muestra la ubicación de la cantera donde se extrajeron los materiales. **Fuente:** Imagen Satelital de Google Earth Pro.

3.2. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó entre los meses de octubre del 2024 a marzo del 2025. Los ensayos de laboratorio se realizaron entre el mes de febrero y marzo del 2025 en el laboratorio CEIMSUP.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. TIPO, NIVEL, METODO, MEDICIÓN Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo**

Aplicada, debido que se enfoca en generar nuevos conocimientos relacionados con el uso del caucho en diversos tipos de diseños de mezclas de concreto.

- **Nivel**

Correlacional, porque busca determinar la relación entre la fibra de caucho y la resistencia a la compresión de los adoquines, evaluando cómo la variación de la fibra de caucho se asocia con los valores de resistencia obtenidos.

- **Diseño**

Experimental, debido que se manipulo la variable caucho en cuatro niveles (3%,6%,9% y 12%), como sustituto del agregado fino y además se usó un control (patrón) y se evaluaron la variable dependiente de resistencia a la compresión.

- **Método**

Hipotético deductivo y experimental porque se plantea una hipótesis y a través del ensayo experimental se puede confirmar.

3.3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población son los adoquines de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ convencional y adoquines de concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con fibras de caucho en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%.

3.3.3. MUESTRA

La muestra estuvo constituida por un total de 75 adoquines de concreto, las cuales fueron elaboradas de manera intencional, considerando el número mínimo de especímenes recomendado para ensayos de resistencia a la compresión y la necesidad de asegurar la comparabilidad de resultados entre las distintas mezclas y edades.

La muestra fue evaluada a 7, 14 y 28 días respectivamente con 15 adoquines de concreto con cada porcentaje de sustitución de fibras de caucho y 15 adoquines de concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con las mismas edades, tal como se presenta en la Tabla 4.

Esta distribución permitió analizar de manera comparativa la variación de la resistencia a la compresión del adoquín de concreto en función del porcentaje de sustitución de fibra caucho y del tiempo de curado.

Tabla 4.*Número de especímenes de adoquines totales evaluados.*

MUESTRA (Patrón)		
F'C (KG/CM2)	EDAD (Días)	CANTIDAD
210	7	5
	14	5
	28	5
TOTAL		15
MUESTRA (Concreto con sustitución de fibras caucho)		
PORCENTAJE (%)	EDAD (Días)	CANTIDAD
3	7	5
	14	5
	28	5
6	7	5
	14	5
	28	5
9	7	5
	14	5
	28	5
12	7	5
	14	5
	28	5
TOTAL		60

Nota: La tabla 4 presenta la distribución de los adoquines elaborados y ensayados según edad y tipo de mezcla.

3.3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Es la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto elaborados con diferentes porcentajes de fibra de caucho.

3.3.5. UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Adoquines de concretos elaborados en laboratorio con diferentes porcentajes de fibra de caucho.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICAS

- **Observación directa:** Durante el proceso de ejecución de los ensayos en laboratorio, lo cual permitió registrar de manera directa los comportamientos, reacciones y resultados de los adoquines elaborados con diferentes proporciones de caucho reciclado.
- **Estudio experimental:** La investigación se realizó mediante la ejecución de pruebas específicas de compresión, en las cuales se analizaron adoquines concretos para una resistencia a la compresión manipulando la variable porcentajes de caucho.

3.4.2. INSTRUMENTOS

- Formatos diseñados específicamente para organizar y registrar los datos obtenidos durante los ensayos. Estos formatos permitieron sistematizar los resultados, facilitando su análisis y la elaboración de cuadros comparativos.
- Materiales y equipos normalizados por el MTC y la NTP para los ensayos en el laboratorio:
 - **Materiales**
 - Cemento portland tipo I, de Pacasmayo.
 - Fibra de Caucho N°8: 1 – 4mm, de la Cancha Sintética Campos.
 - Agregados de la cantera Manuel Olano de la ciudad de Jaén.
 - Agua Potable de la EPS Marañón de la ciudad de Jaén.
 - **Equipos**
 - Molde de metálico para adoquín de concreto con largo de 20 cm, ancho de 10 cm y alto de 6 cm.
 - Regla metálica graduada a 1 mm.
 - Vernier.
 - Fiola 500 ml.
 - Espátula.
 - Recipiente cilíndrico de metal provisto de asas de 1/10 p³.
 - Varilla metálica lisa de diámetro de 16 mm y longitud de 600 mm.
 - Cucharon metálico.
 - Horno ventilado de temperatura 100 °C.
 - Molde metálico con forma de cono truncado con diámetro de 90 mm, diámetro

de 42 mm y altura de 75 mm.

- Pisón metálico.
- Tamices ASTM (3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200).
- Balanza con precisión de 0.1 g, capacidad de 30 kg.
- Prensa hidráulica para compresión con capacidad de 200 Tn.

3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Se determinó las propiedades de los agregados en el laboratorio de CEIMSUP.
2. Se realizó 5 diseños de mezcla por el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados.
3. Se elaboró y curó adoquines de concreto en el laboratorio CEIMSUP de acuerdo con los diseños de mezcla realizados y las normas establecidas.
4. Se realizó los ensayos de resistencia a la compresión de los adoquines en el laboratorio CEIMSUP.
5. Con los datos obtenidos de los ensayos en el laboratorio se hizo el análisis entre resistencias a compresión.

3.5.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

3.5.1.1. CUARTEO DE AGREGADOS

Norma técnica aplicada: NTP 400.043

- Se depositó en una superficie limpia y nivelada.
- Se mezcló mediante volteos repetidos, formando un cono al finalizar el último. Este cono se aplanó hasta obtener el diámetro y espesor deseados.
- Se dividió en cuatro partes iguales, de las cuales se seleccionaron los dos cuartos opuestos.

3.5.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

Norma técnica aplicada: NTP 339.185:2013 (revisada en 2018)

- Se utilizó el método del cuarteo.
- Se trabajó con 500 g de material en su estado natural.
- Se registró la masa del conjunto (recipiente más muestra húmeda).
- Se secó la muestra durante 24 horas a una temperatura controlada de 100 °C.

- Se volvió a pesar el recipiente con la muestra completamente seca y se anotó su masa.
- Se aplicó la fórmula.

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad (%).

W = Peso de la muestra húmeda original (g).

D = Peso seco al horno (g).

3.5.1.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Norma técnica aplicada: NTP 400.012 (MTC E 204)

a) AGREGADO FINO

Procedimiento:

- Se utilizó el método del cuarteo.
- Se pesó la muestra de agregado fino (masa inicial).
- Se tamizó a través de la serie estándar (Nº 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y bandeja).
- Se registró la masa retenida en cada tamiz.
- Se determinó: porcentaje retenido parcial, porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa.
- Se elaboró la curva granulométrica (porcentaje que pasa vs abertura de tamiz).

b) AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)

Procedimiento:

- Se utilizó el método del cuarteo.
- Se pesó la muestra de agregado grueso (masa inicial).
- Se tamizó a través de la serie estándar (3/8", Nº 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y bandeja).
- Se registró la masa retenida en cada tamiz.
- Se determinó: porcentaje retenido parcial, porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa.
- Se elaboró la curva granulométrica.
- Se calculó el módulo de finura (MF) mediante:

$$Mf = \sum \frac{\%Ret. acum.}{100}$$

3.5.1.4. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

Norma técnica aplicada: NTP 400.017 (MTC E 203)

a) PESO UNITARIO COMPACTADO

Procedimiento:

- Se llenó el recipiente en tres capas de volumen similar.
- Se apisonó 25 veces cada capa con varilla (patrón uniforme).
- Se niveló la superficie y se registró la masa total (recipiente + agregado).
- Se calculó el peso unitario compactado aplicando la fórmula.

$$P.U.C = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

P.U.C = Peso unitario compactado (kg/m³).

G = Masa del recipiente más la muestra (kg).

T = Masa del recipiente (kg).

V = Volumen del recipiente (m³).

b) PESO UNITARIO SUELTO

Procedimiento:

- Se vertió el material hasta desbordar evitando segregación.
- Se niveló sin compactar y se registró la masa total (recipiente + agregado).
- Se calculó el peso unitario suelto aplicando la fórmula.

$$P.U.S = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

P.U.S = Peso unitario suelto (kg/m³).

G = Masa del recipiente más la muestra (kg).

T = Masa del recipiente (kg).

V = Volumen del recipiente (m³).

3.5.1.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

• AGREGADO GRUESO.

Norma técnica aplicada: NTP 400.021 (MTC E 206).

- Se lavó la muestra para remover impurezas y se secó a 100°C.
- Se sumergió en agua por 24 h.

- Se llevó a condición SSS (superficie seca) y se registró la masa B (SSS en aire).
- Se determinó la masa sumergida en agua usando canastilla y se registró la masa C.
- Se secó nuevamente a masa constante y se registró la masa A (seca al horno).

Cálculo:

- **Peso específico aparente (seco)**

$$Pe_a(seco) = \frac{A}{B - C}$$

- **Peso específico aparente (SSS)**

$$Pe_a(SSS) = \frac{B}{B - C}$$

- **Peso específico nominal (seco)**

$$Pe_n(seco) = \frac{A}{A - C}$$

- **Absorción ($A_b\%$)**

$$A_b(\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

• **AGREGADO FINO.**

Norma técnica aplicada: NTP 400.021 (MTC E 205).

- Se preparó la muestra limpia y se llevó a condición SSS (saturada superficialmente seca) usando el molde cónico.
- Se registró la masa S: agregado fino en condición SSS.
- Se colocó el agregado en el picnómetro, se completó con agua y se eliminó el aire atrapado; se registró la masa C (picnómetro + muestra + agua).
- Se retiró la muestra, se secó en horno a 100°C hasta masa constante y se registró la masa A (seca al horno).
- Se registró la masa B: picnómetro lleno solo con agua.

Cálculo:

- **Peso específico aparente (seco)**

$$Pe_a(seco) = \frac{A}{B + D - C}$$

- **Peso específico aparente (SSS)**

$$Pe_a(SSS) = \frac{S}{B + D - C}$$

- **Peso específico nominal (seco)**

$$Pe_n(seco) = \frac{S}{B + A - C}$$

- **Absorción ($A_b\%$)**

$$A_b(\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

3.6. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA Y ELABORACIÓN DE ADOQUINES.

3.6.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS.

3.6.1.1. PROPIEDADES DEL CEMENTO

Norma técnica aplicada: NTP 334.009 y ASTM C 150.

- **Marca y tipo:** Cementos Pacasmayo S.A.A. Cemento portland Tipo I, este es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas.
- **Peso específico:** El peso específico consignado en la hoja técnica del cemento Pacasmayo Tipo I es de 3.09 gr/cm³.

3.6.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO (MÉTODO ACI 211)

Norma técnica aplicada: método ACI 211 (diseño para $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).

- Se seleccionó la resistencia promedio requerida, en función de la resistencia especificada a la compresión ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$).
- Se determinó el tamaño nominal máximo del agregado y el asentamiento.
- Se seleccionó el contenido de agua de mezcla por unidad de volumen.
- Se determinó el contenido de aire incorporado en la mezcla.

- Se seleccionó la relación agua/cemento, en función de la resistencia requerida y el contenido de cemento.
- Se calculó la cantidad total de cemento, agua, aire (volumen de la pasta) y el volumen total de agregados
- Se determinó el módulo de fineza del agregado fino para el ajuste de la mezcla.
- Se asignó la proporción de los componentes que intervienen en la mezcla.
- Se estableció las cantidades finales de diseño para el cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.

3.6.3. ELABORACIÓN DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO.

Norma técnica aplicada: NTP 399.611, que establece los requisitos para la fabricación y el curado de los adoquines de concreto.

- **REALIZACIÓN DE LAS MEZCLAS**

- Se pesó y dosificó los materiales según la proporción establecida en el diseño de mezcla.
- Se realizó el mezclado en seco de los agregados finos y gruesos.
- Se añadió el cemento y se continuó con el mezclado.
- Se incorporó el agua de manera gradual.
- Se verificó la trabajabilidad y consistencia de la mezcla.

- **ELABORACIÓN DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO**

- Se engrasó los moldes para facilitar el desmolde.
- Se colocó la mezcla de concreto en los moldes en capas sucesivas.
- Se aplicó compactación mediante golpes controlados.
- Se niveló la superficie con una regla metálica.
- Se almacenó los moldes en un área adecuada para el fraguado inicial.

- **CURADO DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO**

- Se desmoldó los adoquines.

- Se sumergió en agua para su proceso de curado durante 7, 14, 28 días.
- Se controló la temperatura y el tiempo de curado.
- Se retiró los adoquines del agua y se almacenaron.

3.6.4. ENSAYOS DEL CONCRETO

3.6.4.1. CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO (ASENTAMIENTO – SLUMP)

Norma técnica aplicada: ASTM C143 / NTP 339.033.

- Se humedeció el molde cónico (cono de Abrams) y su base.
- Se colocó en el molde en tres capas.
- Se aplicó 25 golpes a cada capa.
- Se agregó material en exceso y se varilló nuevamente.
- Se utilizó la varilla metálica para nivelar la superficie superior del concreto.
- Se limpió el área alrededor del molde y, con cuidado, se levantó el cono de forma vertical.
- Se colocó el cono invertido junto a la mezcla de concreto asentada.
- Se midió la distancia vertical entre la parte superior del cono y la superficie superior del concreto.
- Se determinó el grado de asentamiento.

3.6.4.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO

Norma técnica aplicada: NTP 399.611 / NTP 339.034

- Se llevó a cabo en un total de 60 muestras de adoquines ensayadas para los 7, 14 y 28 días de edad.
- Se colocó en una superficie plana, separados entre sí por al menos 5 cm y sin ser apilados.
- Se verificó que los adoquines no presentaban humedad visible ni manchas superficiales, condición necesaria para garantizar resultados fiables.
- Se tomó las dimensiones de las superficies que estarían en contacto directo con las placas de carga de la máquina de compresión.

- Se orientó cada adoquín de manera que sus superficies de mayor área fueran las que recibieran la carga de compresión.
- Se alineó cuidadosamente en el eje de carga, garantizando su correcta posición durante la aplicación de esfuerzo.
- Se aplicó carga de manera continua y constante hasta la falla, registrando la carga máxima.

$$A_g = L_g \times W_g$$

$$f_b = \frac{P_{m\grave{a}x}}{A_g}$$

Donde:

A_g = Área bruta del espécimen (mm²).

f_b = Esfuerzo a compresión (MPa).

$P_{m\grave{a}x}$ = Carga de compresión máxima (N).

L_g = Longitud promedio del espécimen (mm).

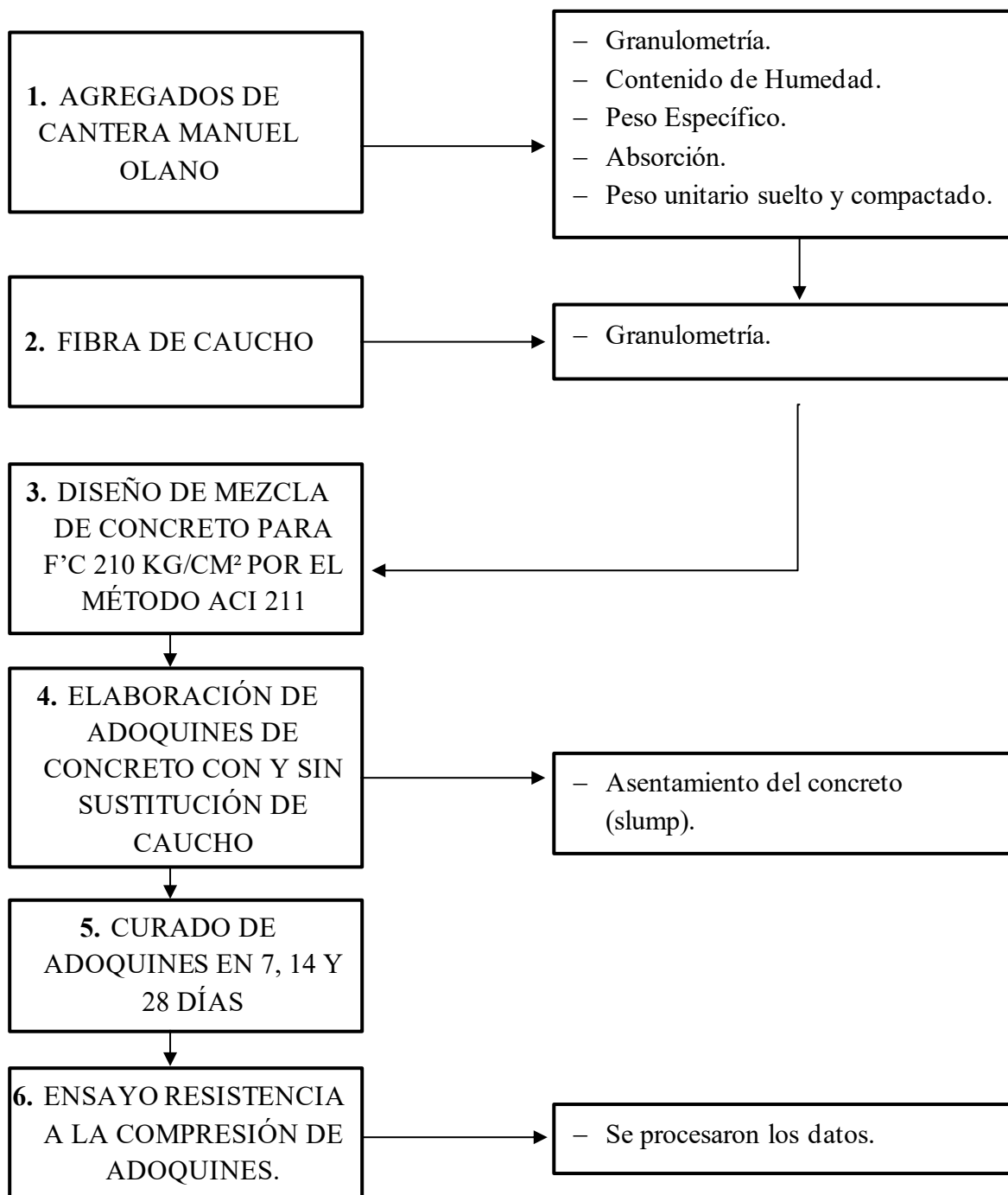
W_g = Anchura promedio del espécimen (mm).

3.7. DIAGRAMA RESUMEN PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN

En la **Figura 13**, se presenta un diagrama de flujo que sintetiza las seis etapas principales de la técnica experimental.

Figura 13.

Diagrama de procedimientos para la obtención de datos.



Nota: La figura 13 muestra el diagrama resumen del procedimiento seguido para la obtención de datos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Tabla 5.

Características de los agregados de la Cantera Manuel Olano Constructor SAC.

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	Und	A. Fino	A. Grueso
Tamaño máximo nominal	Pulg.	-	3/8"
Peso específico de masa	g/m ³	2.563	2.476
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/m ³	2.628	2.554
Peso específico de aparente	g/m ³	2.743	2.687
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1 709	1 415
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1 848	1 587
Contenido de humedad	%	1.82	0.84
Absorción (%)	%	2.56	3.17
% de material que pasa el tamiz N° 200	%	2.25	0.95
Módulo de finura		2.981	5.360

Según la Tabla 5.

- La granulométrica del agregado fino se encuentra dentro de los parámetros de la gradación especificada en la norma NTP 400.037.
- El agregado fino un módulo de finura de 2.98 el cual se encuentra en el rango de 2 a 3 clasificándola como una arena media y de 5.36 para el agregado grueso según la norma NTP 400.012.

Tabla 6.

Características físicas de los agregados con 3, 6, 9 y 12 % de reemplazo de arena por fibra de caucho.

CARACTERÍSTICAS	Und	3%	6%	9%	12%
Tamaño máximo nominal	Pulg.	-	-	-	-
Peso específico de masa (SSS)	g/m ³	2.634	2.651	2.71	2.78
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1701	1686	1658	1625
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1837	1810	1778	1738
Contenido de humedad	%	1.78	1.70	1.61	1.55
Absorción (%)	%	2.43	2.38	2.21	1.92
% de material que pasa el tamiz N° 200	%	2.01	1.85	1.74	1.61
Módulo de finura		3.067	3.147	3.208	3.280

En la Tabla 6.

- El peso específico del agregado con 3% de fibra de caucho es de 2.63 gr/cm³ cumpliendo con el rango establecido entre 2.4 y 2.9 gr/cm³ por la NTP 400.017.
- La absorción del agregado con 6% de fibra de caucho es de 2.38 %, cumpliéndose con la normativa que regula un rango de entre 0.2% y 3.5%.
- El peso unitario suelto del agregado con 9% de fibra de caucho es de 1658 kg/m³, cumpliendo con los rangos permisibles que están entre 1350 a 1680kg/m³.
- El peso unitario compactado del agregado con 12% de fibra de caucho es de 1738 kg/m³, cumpliendo con los rangos permisibles de 1550 a 1760 kg/m³ para el agregado fino.

4.2. DISEÑO DE MEZCLA

Tabla 7.

Dosificación de materiales por metro cúbico para adoquín patrón y reemplazo de 3, 6, 9 y 12 % de caucho.

MATERIALES	UND	PATRÓN	3%	6%	9%	12%
Cemento	Kg/m ³	371	371	371	371	371
Agua	Lt/ m ³	231	230	230	229	226
Agregado fino Húmedo	Kg/m ³	986	972	960	958	962
Agregado grueso Húmedo	Kg/m ³	707	693	681	671	659
Fibra de Caucho	Kg/m ³		30	61	95	131

Tabla 7 Se realizó un diseño de mezcla patrón para resistencias de $f'c=210$ kg/cm², por el método “MÉTODO ACI 211”, se mostraron las dosificaciones de materiales por metro cúbico, donde se evidenció que la cantidad de cemento se mantuvo constante y que la variación principal correspondió al reemplazo progresivo del agregado fino por fibra de caucho.

4.3. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

Tabla 8.

Resistencia a compresión a diferentes edades de adoquín y con sustitución de fibra caucho al 3%, 6%, 9% y 12%.

Porcentaje de Caucho	PROMEDIO DE ENSAYOS A COMPRESIÓN		
	Edad de ensayo (kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
Adoquín Convencional	201.88	231.32	260.19
Sustitución del 3% de Caucho	188.21	222.01	242.71
Sustitución del 6% de Caucho	168.79	211.78	225.88
Sustitución del 9% de Caucho	140.83	183.92	201.36
Sustitución del 12% de Caucho	112.63	154.34	176.85

Figura 14.

Variación de la resistencia a la compresión promedio a los 7, 14 y 28 días de curado.

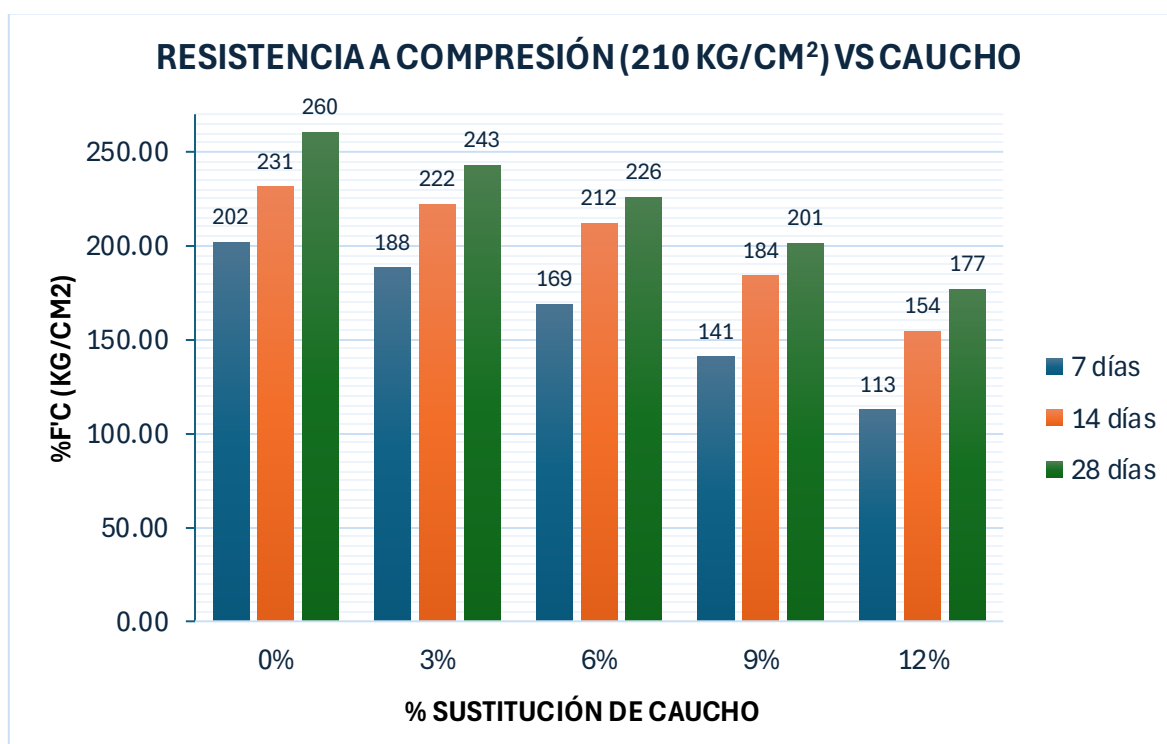


Tabla 8 y Figura 14.

- La resistencia a la compresión a los 7 días mostró una disminución progresiva en comparación con la mezcla patrón ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$). Los valores obtenidos fueron: 188.21 kg/cm^2 (3% de sustitución), 168.79 kg/cm^2 (6%), 140.83 kg/cm^2 (9%) y

112.63 kg/cm² (12%). Estas reducciones representan pérdidas del 6.77 %, 16.39%, 30.24 % y 44.21 %, respectivamente.

- La resistencia a la compresión a los 14 días presentó una disminución progresiva en comparación con la mezcla patrón. Se obtuvieron valores de 222.01 kg/m³, 211.78 kg/m³, 183.92 kg/m³ y 154.34 kg/m³, correspondientes a las sustituciones parciales del agregado fino por fibra de caucho en proporciones de 3%, 6%, 9% y 12%. Estas reducciones representan 4.02 %, 8.45 %, 20.49 % y 33.28 %, respectivamente.

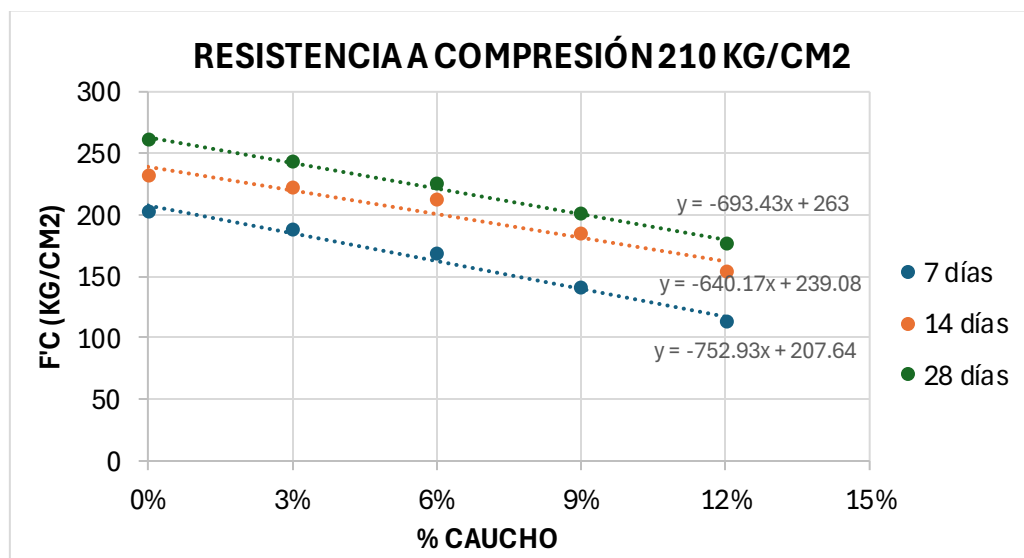
Tabla 9.

Ecuaciones del análisis de la curva de ajuste lineal.

Edad del adoquín de concreto	Ecuación lineal	R ²
7 días	$y = -752.93x + 207.64$	0.9797
14 días	$y = -640.17x + 239.08$	0.9349
28 días	$y = -693.43x + 263$	0.9914

Figura 15.

Tendencia lineal de la resistencia a la compresión del adoquín de concreto con sustitución de caucho.



En la **Tabla 9** y **Figura 15** se muestran las ecuaciones de análisis y la curva de ajuste lineal correspondiente a cada edad de curado, donde los valores de R^2 ($\approx 0.98-0.99$) muestran una correlación negativa y lineal entre el contenido de caucho y la resistencia a la compresión del adoquín. En este estudio se utilizaron fibras de caucho al 3%, 6%, 9% y 12% sustituyendo al agregado fino. Los resultados muestran que la resistencia disminuyó gradualmente a medida que aumentó el porcentaje de reemplazo, lo que indica que incluso pequeñas diferencias en el contenido de caucho pueden resultar en reducciones significativas en la resistencia del adoquín de concreto. Este comportamiento concuerda con diversos estudios nacionales e internacionales que también muestran una pérdida de resistencia al sustituir el contenido de caucho reciclado. Ydrogo (2019), Chavarri y Rubio (2020) reportaron una reducción del 7% al 51%, mientras que Canales y Mamani (2021), Silva y Pereira (2021) indicaron que un alto porcentaje de caucho crea discontinuidades, es decir, huecos o puntos débiles en la mezcla, que reducen la adherencia entre los componentes del concreto. En general, estos resultados confirman que el exceso de caucho disminuye la resistencia mecánica del material.

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis se refuta, ya que la incorporación de fibras de caucho al concreto $f'c = 210$ kg/cm² no incrementó la resistencia a la compresión del adoquín; a los 28 días, el concreto patrón alcanzó 260.19 kg/cm², mientras que las mezclas con 3%, 6%, 9% y 12% de caucho registraron resistencias de 242.71, 225.88, 201.36 y 176.85 kg/cm², lo que representa disminuciones de 6.7 %, 13.2 %, 22.6% y 32 %.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis granulométrico reveló determinadas variaciones frente a la normativa vigente; no obstante, estas no influyeron en el desarrollo del programa experimental ni en la confiabilidad de los resultados. Al conservarse constantes los agregados y las condiciones de mezclado, las diferencias de resistencia se atribuyen principalmente a la sustitución de fibras de caucho.
- La resistencia a la compresión del adoquín de concreto disminuyó gradualmente al aumentar el contenido de fibra de caucho (3%, 6%, 9% y 12%) en todas las edades de curado, evidenciando que, bajo las condiciones evaluadas, este material no mejora la resistencia a la compresión, debido a la geometría de la fibra de caucho utilizada, cuya interacción con la matriz cementicia no fue favorable.

5.2. RECOMENDACIONES

- Investigar la influencia de otros tipos de fibras con porcentajes 5 % y 15% para verificar las diferencias en la resistencia a la compresión.
- Evaluar la resistencia a la compresión utilizando fibras para otros tipos de concreto f'_c 280 kg/cm².
- Evaluar otras propiedades del adoquín como la absorción, durabilidad y abrasión con fibra de caucho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, A., & Rivera, J. (2022). *Comportamiento del concreto con adición de fibras de caucho reciclado* (Vol. 4(2)). Revista Peruana de Ingeniería Civil.
- Alarcón, E. (2021). *Propiedades físico-mecánicas del caucho reciclado proveniente de neumáticos y su aplicación en concreto*. Revista de Tecnología y Medio Ambiente. https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT_8e2ffc814e7a56258aac78ee30ed61d5
- Ali Shah, A., Hasan, F., Shah, Z., Kanwal, N., & Zeb, S. (2013). *Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review*. International Biodeterioration & Biodegradation. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.07.014>
- American Concrete Institute. (2019). *ACI 318-19: Requisitos del código de construcción para concreto estructural*. <https://doi.org/https://www.astm.org/ACI-318-19.pdf>
- American Society for Testing and Materials. (2019). *ASTM D6270-17: Standard practice for use of scrap tires in civil engineering applications*. Obtenido de West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2018). *ASTM C33/C33M-18: Standard specification for concrete aggregates*. https://doi.org/https://www.astm.org/c0033_c0033m-24a.html
- Becerra-Duitama, J. A., Echeverría-Avella, J. A., & Galvis-Echeverría, P. A. (2022). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de adoquines de concreto fabricados con materiales alternativos*. Revista Politécnica, 18(36), 9–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.33571/rpolitec.v18n36a1>
- Canales Quilca, A., & Mamani Roque, M. R. (2021). *Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto (Tesis de licenciatura)*. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84400>
- Cárdenas, L. R. (2020). *Tecnología del concreto para elementos prefabricados*. Revista Peruana de Construcción, 5(2), 60–67. <https://doi.org/https://tesis.pucp.edu.pe/bitstreams/30fafedf-da68-4c06-bbc0-fd27d0243119/download>
- Castañeda, R. J. (2022). *Procesamiento mecánico de neumáticos para su uso en concreto no estructural*. Revista de Tecnología Ambiental y Construcción Sostenible. https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RPUC_c4f5af51ef57a7d3c0d48bf8381c07f2
- Cemento INKA. (2023). *Cemento Portland Tipo I*. Recuperado de Cementos INKA.

- Chavarri Bazán, C. A., & Rubio Calvay, J. M. (2020). *Efecto del caucho reciclado en la resistencia a compresión en adoquines de concreto diseñados para pavimentos articulados (Tesis de licenciatura)*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/53492>
- Espinoza La Rosa, M. (2015). *Tecnología del concreto y la dosificación de mezclas (2.ª ed.)*. Lima: Editorial San Marcos. <https://doi.org/https://editorialsanmarcos.com/producto/tecnologia-del-concreto/>
- Farfán, B. S., & Gupta, R. C. (2021). *A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 139, 110752. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110752>.
- Farfán, J., & Valdés, P. (2019). *Influencia del caucho reciclado en la resistencia a compresión de adoquines de concreto para pavimentos peatonales*. (Tesis de licenciatura). Obtenido de Universidad de Chile, Chile.
- Fernández, A. (2019). *Control de Calidad y Resistencia del Concreto: Una Visión Integrada*. <https://doi.org/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27681/1/UPS-GT005147.pdf>
- Gonzales, L. A. (2016). *Diseño y comportamiento de adoquines de concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gonzales, M. E. (2021). *Tecnología del concreto para la construcción moderna*. Revista Peruana de Ingeniería Civil, 6(1), 35–42.
- Google Earth Pro. (2025). *Imagen satelital de la ubicación de la planta de chancado en Jaén, Cajamarca, Perú [Imagen satelital]*. <https://doi.org/https://www.google.com/maps/place/Ja%C3%A9n,+Per%C3%BA/>
- ICH. (2013). *Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón*. Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. <https://doi.org/https://ich.cl/producto/manual-de-diseno-de-pavimentos-de-adoquines-de-hormigon-publicacion-ich/>
- IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto). (2011). *Pavimentos de adoquines de concreto: Diseño, construcción y mantenimiento (2.ª ed.)*. Ciudad de México: IMCYC. <https://doi.org/https://www.imcyc.com.mx>
- INACAL. (2017). *Unidades de albañilería, adoquines de concreto para pavimentos: requisitos*. Dirección de Normalización - INACAL. <https://doi.org/https://pdfcoffee.com/download/ntp-399611-adoquines-de-concreto->

para-pavimentos-requisitos-2-pdf-free.html

- Kosmatka, S. H. (2014). *Design and Control of Concrete Mixtures* (15.^a ed.). kokie, IL: Portland Cement Association.
- Lancheros D., Martínez M. y Garzón J. (2016). *Estudio del comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado parcialmente con caucho*. Girardot, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- López, C. A. (2022). *Evaluación de concretos modificados con materiales reciclados en pavimentos urbanos*. Revista de Ingeniería Civil y Materiales, 7(1), 45–52.
- Medina, H. R. (2012). *Manual técnico de adoquines de concreto*. uito: Instituto Ecuatoriano del Cemento y el Concreto (INECYC).
- MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Obtenido de Lima, Perú: MTC.
- Municipalidad Provincial de Jaén. (2019). *Plan de Gobierno Municipal Provincia de Jaén 2019-2022: Mapa de ubicación de la provincia de Jaén en la región Cajamarca [Documento oficial]*.
<https://doi.org/https://munijaen.gob.pe/documentos/varios/CROQUIS%20JAEN%202016.pdf>
- Norma Técnica Guatemala NTG 41085. ((2015)). *Características geométricas y dimensiones de adoquines [Guía técnica]*. Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). Obtenido de https://conred.gob.gt/normas/NRD3/7_productos_del_concreto/norma_ntg_41085-gua_instalacin_de_adoquines.pdf
- Norma Técnica Peruana NTP 339.611. (2013). *Requerimiento estructural de los adoquines de acuerdo con el uso*. Instituto Peruano de Normas Técnicas (INACAL). <https://doi.org/https://es.scribd.com/document/539446965/NTP-399-611-ADOQUINES-DE-CONCRETO>
- Norma Técnica Peruana NTP 400.037. (2014). *Granulometría del agregado fino [Norma técnica]*. Instituto Nacional de Calidad (INACAL). <https://doi.org/https://es.slideshare.net/slideshow/ntp-400-037-2014especificacionesagregados>
- Pérez, T. (2011). *Concreto armado. Caracterización y alteraciones*. México, Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Reciclaje Contemar. (s.f.). (s.f.). *Reciclaje mecánico del caucho*. Recuperado de.

- <https://doi.org/https://www.reciclajecontemar.es/como-se-recicla-el-caucho/>
- Rey, E. (2018). *Propiedades físico-mecánicas de adoquines con polipropileno y caucho al 10% y 15% de reemplazo del agregado grueso, para su utilización en tránsito liviano en pavimentos articulados*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. https://doi.org/https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_697fda90a5decbb227237ac0ae162197
- Silva, R., & Pereira, L. (2021). *Influencia de fibras de caucho provenientes de neumáticos reciclados en la resistencia a compresión de adoquines de concreto*. (Tesis de maestría). Obtenido de Universidade Federal do Brasil, Brasil.
- Suarez, R. F. (2019). *Tecnología del concreto*. Recuperado el 10 de octubre del 2023.
- SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). (2021). *Guía técnica para la calidad del agua potable*. Lima: SUNASS.
- Thomas, B. S., & Gupta, R. C. (2021). *A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 139, 110752. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110752>
- Valencia, H. J. (2021). *Diseño y fabricación de adoquines de concreto*. Revista Técnica de Ingeniería Civil, 6(1), 48–55.
- Valencia, H. J. (2021). *Control de calidad en mezclas de concreto con adiciones recicladas*. Revista Técnica de Ingeniería Civil, 6(1), 55–62.
- Vargas, M. A. (2021). *Reutilización de neumáticos en materiales de construcción: enfoque práctico y ambiental*. Revista Peruana de Ingeniería Civil.
- Vega, R. (2022). *Evaluación de agregados en mezclas de concreto para prefabricados*. Revista de Tecnología y Construcción, 8(1), 48–54.
- Velásquez Méndez, J. C. (2018). *Control de calidad del concreto con métodos alternativos de ingeniería*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velásquez, L., & Ríos, M. (2021). *Aplicación del caucho reciclado en la mejora de propiedades del concreto*. Revista Científica de Ingeniería y Medio Ambiente.
- Ydrogo Lozano, M. A. (2019). *Resistencia a la compresión del adoquín convencional tipo I $f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$, adicionando caucho al 5 % y 10 % como agregado fino (Tesis de licenciatura)*. Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21952>
- Zevallos, R. (2022). *Reciclaje de neumáticos fuera de uso en la industria de la construcción sostenible*. Revista Científica de Ingeniería Ambiental.

ANEXOS

Anexo 1.

Certificado de permiso de uso de laboratorio externo para la realización de ensayos.



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
Teléfono N° 341518, Anexo 1217-Edificio 1C-106
Cajamarca - Perú



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Cajamarca, 05 de febrero de 2025.

OFICIO N° 133-2025-EPIC-FI-UNC

Señor:

Marvil Delgado Flores

PRESENTE:

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarle cordialmente y, al mismo tiempo, autorizar el uso del Laboratorio Externo CEIMSUP; para que Usted realice sus respectivos ensayos de su tesis titulado: **"INFLUENCIA DE FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ($F'c=210$ KG/CM²) DE ADOQUINES FABRICADOS DE MANERA CONVENCIONAL EN LA CALLE UNIVERSIDAD DE LA CIUDAD DE JAÉN, 2024"**.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para reiterar a usted muestras de mi consideración y estima.

Atentamente,


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur
DIRECTOR

Cc.
- Archivo

JBTT/yvette

Anexo 2.
Ficha técnica del cemento tipo I Pacasmayo.



Informe de ensayo de fábrica
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Piura a Paita Km 3.5 - Piura - Piura
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Piura

Cemento Tipo I

21 de febrero de 2025

Tipo I - Cemento Portland de uso general

Periodo de despacho 01 de enero de 2025 - 31 de enero de 2025

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	1.3
SO ₃ (%)	3.00 máx.	2.70
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.2
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.4

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire en mortero (volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (m ² /kg)	260 mín.	360
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.03
Densidad (g/cm ³)	A	3.09
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	A	16.7
3 días	12.0 mín.	28.7
7 días	19.0 mín.	34.0
28 días *	28.0 mín.	40.4
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	156
Final	375 máx.	270
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días (%)	0.020 máx.	0.002

A No especifica

* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de diciembre del 2024

El (la) Expansión barra de mortero a 14 días corresponde al mes de diciembre del 2024

Los resultados de los ensayos presentados en este informe, para el cemento descrito, cumplen con los requisitos especificados en la norma NTP 334.009 y ASTM C150.

Ing. Carlos Llaque Chumpitaz

Superintendente de Control de Calidad



DS 001-2022 PRODUCE
Cemento Hidráulico
utilizado en Edificaciones
y
Construcciones en General



NTP 334.009
ASTM C 150
Cemento Portland

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

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



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A** in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria

NTP 334.009:2022

Cementos Pórtland

Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.
Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSC -CER1016270
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento:

Expiration Date:

2029-08-17

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-628
Versión 00



Cemento Tipo I

Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.8
SO ₃	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.72
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.9
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Contenido de aire en mortero	Máximo	12	%	NTP 334.048	7
Finura					
Superficie específica	Mínimo	260	m ² /kg	NTP 334.002	395
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.03
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	28.0 (4060)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.5 (4870)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.7 (5900)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	135
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	253
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.006

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional.

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos y químicos de la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo

Para más información ingresa a:
www.cementospacasmayo.com.pe
 O escanea el código QR:



Anexo 3.
Documentos legales del laboratorio.



Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00128427

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 005424-2021/DSD - INDECOPI de fecha 23 de febrero de 2021, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación CEIMSUP y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Distingue	:	Servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidrológicos, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería
Clase	:	42 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0877194-2020
Titular	:	GRUPO EDICAM S.A.C.
País	:	Perú
Vigencia	:	23 de febrero de 2031
Tomo	:	0643
Folio	:	041

Firmado digitalmente por:
MELONI GARCIA Ray Augusto FAU
20133840533 hard
Fecha: 24/02/2021 19:52:58-0500

Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento **b20w2a0ha5**

Pág. 1 de 1

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De la Prosa 104, San Borja, Lima 41 - Perú, Telf: 224-7800, Web: www.indecopi.gob.pe

Anexo 4.

Constancia de uso de laboratorio.

CEIMSUP

CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería



GRUPO EDICAM S.A.C.

Cal. Capitan Quiñones Nro. 100 Urb. Cercado Jaén Cajamarca - Jaén - Jaén

Email: grupoedicamsac@gmail.com

Ejecución, Supervisión De Obras, Elaboración De Expedientes Técnicos, Estudios Topográficos Control De Calidad, Estudios Geotécnicos, Estudios De Mecánica De Suelos, Estudios De Canteras, Tecnología Del Concreto, Tecnología Del Asfalto, Diseño De Pavimentos y Servicios en General.

CONSTANCIA

El que suscribe es, **Sr. EDIN DELGADO CHINGO**, identificado con **DNI N° 73140904**, en calidad de Gerente General de "**GRUPO EDICAM S.A.C.**" con Numero de Ruc: 20606920751 y **CEIMSUP-CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**, con certificación INDECOPI: 00128427, empresa dedicada al servicios de estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, de mecánica de suelos, de tecnología del concreto y asfalto, hidrológicos, hidráulicos, de impacto ambiental y control de calidad en obras de ingeniería, desde la fecha 23 de febrero de 2021.

HACE CONSTAR:

Que el **BACH. MARVIL DELGADO FLORES**, identificado con **DNI N° 73016229**, ex alumno de la escuela académico profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Cajamarca; ha realizado trabajos en el laboratorio CEIMSUP-CENTRO DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, para la tesis titulada: "INFLUENCIA DE FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ($F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$) DE ADOQUINES FABRICADOS DE MANERA CONVENCIONAL EN LA CALLE UNIVERSIDAD DE LA CIUDAD DE JAÉN, 2024". dichos ensayos se realizaron desde el 10 de enero hasta el 03 de marzo del 2025 llevándose a cabo las siguientes actividades:

- Muestreo y transporte de las muestras de cantera al laboratorio.
- Ejecución de los ensayos de laboratorio.
- Diseño de mezcla 210 kg/cm^2 para adoquines de concreto.
- Rotura a compresión de adoquines de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado.

Jaén, 04 de marzo del 2025.

APÉNDICE

Apéndice 1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.

A. AGREGADO GRUESO

Tabla 10.

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.

ITEM	ENSAYO N° 01
Peso de muestra original (gr) (A)	2000.00
Peso de la muestra lavada (gr) (B)	1989.90
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr) (C=A-B)	10.10
Peso del material que pasa la malla N° 200 (gr) corregido con granulometría por tamizado.	19.02
% de material que pasa el tamiz N° 200 (A/C) *100	0.95%

Tabla 11.

Análisis granulométrico del agregado grueso.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
1/2	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8	9.525	94.50	4.70	4.70	95.30
N° 04	4.760	1194.90	59.70	64.50	35.50
N° 08	2.380	360.00	18.00	82.50	17.50
N° 16	1.190	157.60	7.90	90.40	9.60
N° 30	0.590	127.60	6.40	96.80	3.20
N° 50	0.300	30.30	1.50	98.30	1.70
N° 100	0.149	9.60	0.50	98.80	1.20
N° 200	0.074	5.40	0.30	99.00	1.00
<N°200	0.074	19.02	1.00	100.00	0.00
TOTAL		1998.90			
Módulo de Fineza				5.360	

Tabla 12.

Análisis granulométrico del agregado grueso.

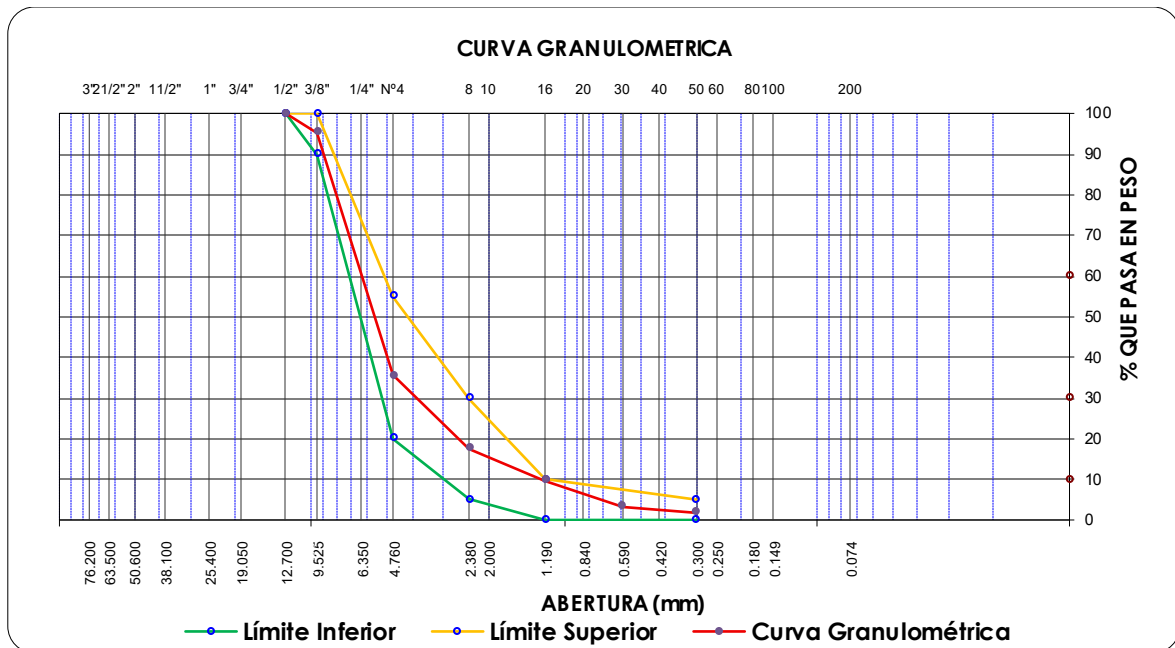


Tabla 13.

Peso específico y absorción del agregado grueso.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A. Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	4800.0	4500.0	4700.0	
B. Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	2913.0	2745.6	2848.0	
C. Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	1887.0	1754.4	1852.0	
D. Peso material seco en estufa (105°C) (gr)	4652.0	4362.0	4555.0	
E. Vol. de masa = C- (A - D) (gr)	1739.0	1616.4	1707.0	
Pe bulk (Base seca) = D/C	2.465	2.486	2.460	2.476 gr/cm3
Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.544	2.565	2.538	2.554 gr/cm3
Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.675	2.699	2.668	2.687 gr/cm3
% de absorción = ((A - D) / D * 100)	3.181	3.164	3.183	3.173 %

Tabla 14.*Peso unitario seco suelto del agregado grueso.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	5834	5847	5829
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	3551	3564	3546
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco suelto (gr/cm ³)	1414	1419	1412
PROMEDIO (gr/cm ³)	1415		

Tabla 15.*Peso unitario seco compactado del agregado grueso.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6219	6259	6325
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	3936	3976	4042
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco compactado (gr/cm ³)	1567	1583	1610
PROMEDIO (gr/cm ³)	1587		

Tabla 16.*Contenido de humedad del agregado grueso.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02
Peso del recipiente (g)	145.00	132.00
Peso del recipiente + muestra húmeda (g)	1200.00	1238.00
Peso del recipiente + muestra seca (g)	1190.12	1227.52
Contenido de humedad (%)	0.83	0.85
Promedio	0.84%	

B. AGREGADO FINO

Tabla 17.

Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino.

ITEM	ENSAYO N° 01
Peso de muestra original (gr) (A)	1500.00
Peso de la muestra lavada (gr) (B)	1468.90
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr) (C=A-B)	31.10
Peso del material que pasa la malla N° 200 (gr) corregido con granulometría por tamizado.	33.75
% de material que pasa el tamiz N° 200 (A/C) *100	2.25 %

Tabla 18.

Análisis granulométrico del agregado fino.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
3/8	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	70.20	4.70	4.70	95.30
N° 08	2.380	194.30	13.00	17.70	82.30
N° 16	1.190	314.90	21.00	38.70	61.30
N° 30	0.590	347.10	23.20	61.90	38.10
N° 50	0.300	268.70	17.90	79.80	20.20
N° 100	0.149	233.80	15.60	95.40	4.60
N° 200	0.074	34.80	2.30	97.70	2.30
<N°200	0.074	33.75	2.30	100.00	0.00
TOTAL		1497.6			
Módulo de Fineza				2.981	

Tabla 19.

Análisis granulométrico del agregado fino.

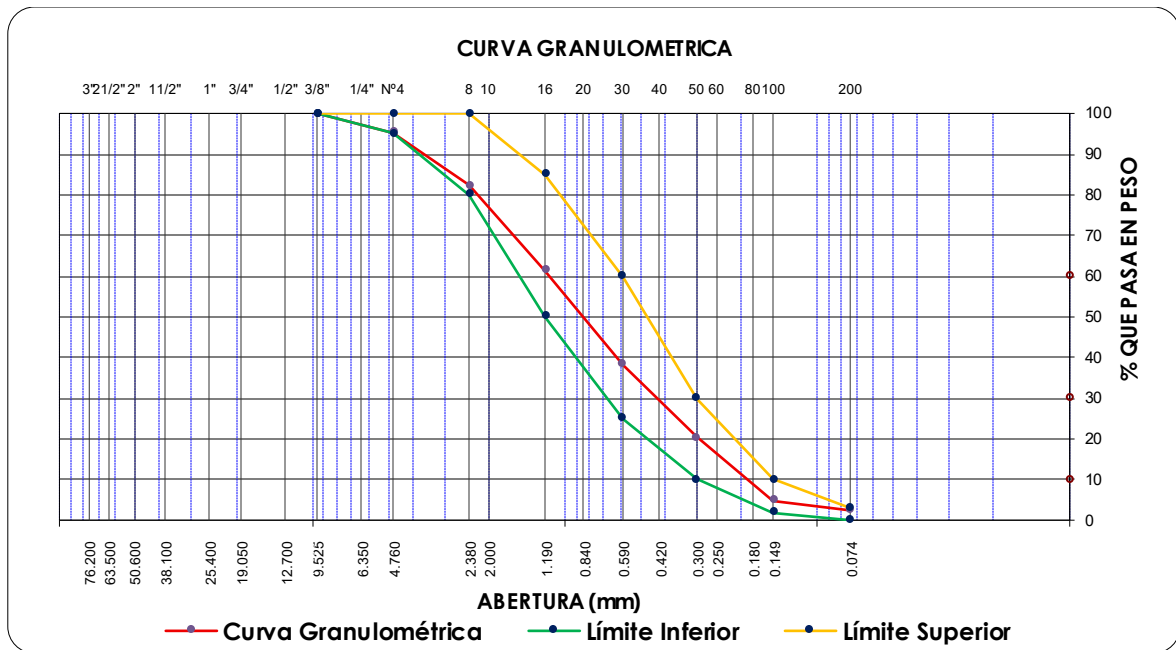


Tabla 20.

Peso específico y absorción del agregado fino.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A. Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.00	500.00	500.00	
B. Peso Frasco + agua	661.60	660.80	662.30	
C. Peso Frasco + agua + A (gr)	1161.60	1160.80	1162.30	
D. Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	971.10	970.80	972.10	
E. Vol. de masa + vol. de vacío = C-D (gr)	190.50	190.00	190.20	
F. Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	487.60	487.40	487.50	
G. Vol. de masa = E - (A - F) (gr)	178.10	177.40	177.70	
Pe bulk (Base seca) = F/E	2.56	2.57	2.56	2.563 gr/cm3
Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.625	2.632	2.629	2.628 gr/cm3
Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.738	2.747	2.743	2.743 gr/cm3
% de absorción = ((A - F) / F) * 100	2.543	2.585	2.564	2.564 %

Tabla 21.*Peso unitario seco suelto del agregado fino.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6521	6596	6610
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4238	4313	4327
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco suelto (gr/cm ³)	1688	1717	1723
PROMEDIO (gr/cm ³)	1709		

Tabla 22.*Peso unitario seco compactado del agregado fino.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6874	6921	6975
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4591	4638	4692
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco compactado (gr/cm ³)	1828	1847	1868
PROMEDIO (gr/cm ³)	1848		

Tabla 23.*Contenido de humedad del agregado fino.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02
Peso del recipiente (g)	138.00	138.00
Peso del recipiente + muestra húmeda (g)	2866.00	2940.00
Peso del recipiente + muestra seca (g)	2814.98	2887.02
Contenido de humedad (%)	1.81	1.83
Promedio	1.82%	

C. FIBRA DE CAUCHO

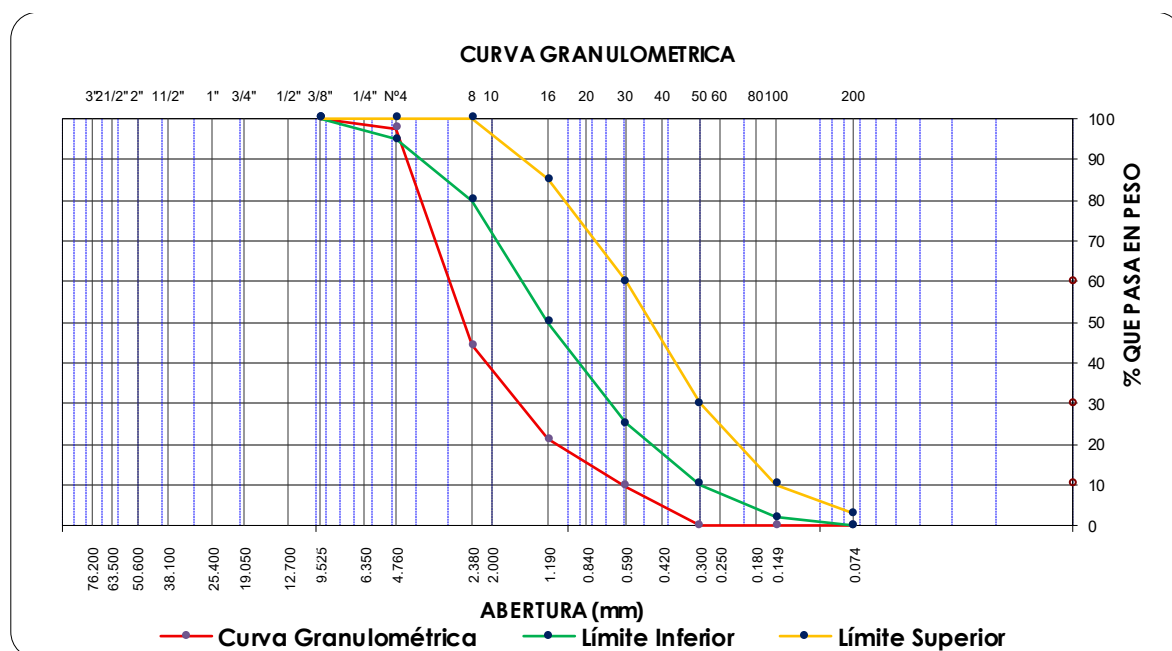
Tabla 24.

Análisis granulométrico de la fibra de caucho.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
3/8	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	20.50	2.30	2.30	97.70
N° 08	2.380	478.40	53.57	55.87	44.13
N° 16	1.190	205.80	23.05	78.91	21.09
N° 30	0.590	102.20	11.44	90.36	9.64
N° 50	0.300	86.10	9.64	100.00	0.00
N° 100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		893.00			
Módulo de Fineza				4.274	

Tabla 25.

Análisis granulométrico de la fibra de caucho.



D. AGREGADO FINO CON SUSTITUTO DE 3% CAUCHO

Tabla 26.

Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 3% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01
Peso de muestra original (gr) (A)	1500.00
Peso de la muestra lavada (gr) (B)	1472.37
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr) (C=A-B)	27.63
Peso del material que pasa la malla N° 200 (gr) corregido con granulometría por tamizado.	30.15
% de material que pasa el tamiz N° 200 (A/C) *100	2.01%

Tabla 27.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 3% caucho.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
3/8	9.525	0.00	0.00	0.0	100.00
N° 04	4.760	80.10	5.30	5.30	94.70
N° 08	2.380	200.10	13.40	18.70	81.30
N° 16	1.190	326.00	21.70	40.40	59.60
N° 30	0.590	359.20	24.00	64.40	35.60
N° 50	0.300	258.40	17.20	81.60	18.40
N° 100	0.149	216.80	14.50	96.10	3.90
N° 200	0.074	28.10	1.90	98.00	2.00
<N°200	0.074	30.15	2.00	100.00	0.00
TOTAL		1498.8			
Módulo de Fineza					3.067

Tabla 28.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 3% caucho.

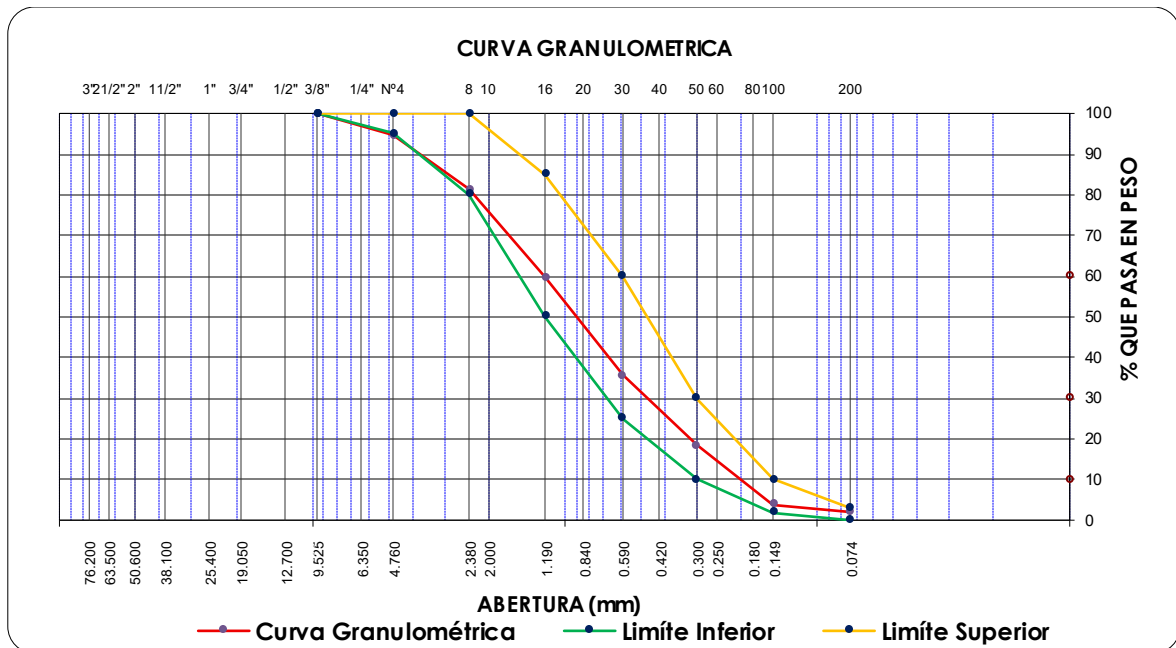


Tabla 29.

Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 3% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A. Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.00	500.00	500.00	
B. Peso Frasco + agua	662.01	660.10	661.10	
C. Peso Frasco + agua + A (gr)	1162.01	1160.10	1161.10	
D. Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	971.31	970.21	972.10	
E. Vol. de masa + vol. de vacío = C-D (gr)	190.70	189.89	189.00	
F. Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	488.28	487.41	488.67	
G. Vol. de masa = E - (A - F) (gr)	177.35	177.30	177.67	
Pe bulk (Base seca) = F/E	2.56	2.57	2.59	2.571 gr/cm3
Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.622	2.633	2.646	2.634 gr/cm3
Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.753	2.749	2.750	2.751 gr/cm3
% de absorción = ((A - F) / F) *100	2.400	2.583	2.319	2.434 %

Tabla 30.*Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 3% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6521	6571	6574
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4238	4288	4291
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco suelto (gr/cm ³)	1688	1708	1709
PROMEDIO (gr/cm ³)	1701		

Tabla 31.*Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 3% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6848	6911	6931
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4565	4628	4648
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco compactado (gr/cm ³)	1818	1843	1851
PROMEDIO (gr/cm ³)	1837		

Tabla 32.*Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 3% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02
Peso del recipiente (g)	141.20	145.32
Peso del recipiente + muestra húmeda (g)	2866.00	2940.00
Peso del recipiente + muestra seca (g)	2816.00	2888.48
Contenido de humedad (%)	1.78	1.78
Promedio	1.78%	

E. AGREGADO FINO CON SUSTITUTO DE 6% CAUCHO

Tabla 33.

Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 6% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01
Peso de muestra original (gr) (A)	1500.00
Peso de la muestra lavada (gr) (B)	1474.23
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr) (C=A-B)	25.77
Peso del material que pasa la malla N° 200 (gr) corregido con granulometría por tamizado.	27.75
% de material que pasa el tamiz N° 200 (A/C) *100	1.85%

Tabla 34.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 6% caucho.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
3/8	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	86.10	5.75	5.75	94.25
N° 08	2.380	210.35	14.06	19.81	80.19
N° 16	1.190	339.10	22.66	42.47	57.53
N° 30	0.590	364.20	24.34	66.81	33.19
N° 50	0.300	243.40	16.26	83.07	16.93
N° 100	0.149	204.80	13.69	96.76	3.24
N° 200	0.074	20.80	1.39	98.15	1.85
<N°200	0.074	27.75	1.85	100.00	0.00
TOTAL		1496.50			
Módulo de Fineza				3.147	

Tabla 35.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 6% caucho.

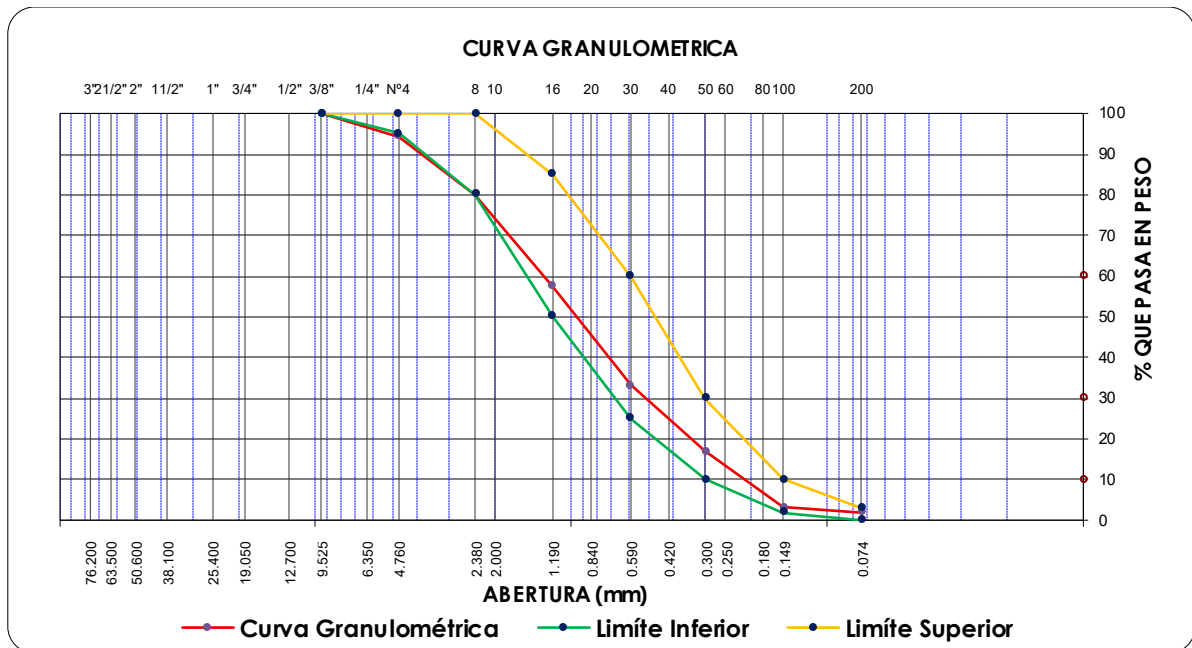


Tabla 36.

Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 6% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A. Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.00	500.00	500.00	
B. Peso Frasco + agua	659.25	658.39	661.08	
C. Peso Frasco + agua + A (gr)	1159.25	1158.39	1161.08	
D. Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	971.01	969.98	971.98	
E. Vol. de masa + vol. de vacío = C-D (gr)	188.24	188.41	189.10	
F. Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	488.37	488.20	488.54	
G. Vol. de masa = E - (A - F) (gr)	176.61	176.61	177.64	
Pe bulk (Base seca) = F/E	2.59	2.59	2.58	2.590 gr/cm ³
Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.656	2.654	2.644	2.651 gr/cm ³
Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.765	2.764	2.750	2.760 gr/cm ³
% de absorción = ((A - F) / F) *100	2.381	2.417	2.346	2.381 %

Tabla 37.*Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 6% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6539	6512	6501
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4256	4229	4218
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco suelto (gr/cm ³)	1695	1684	1680
PROMEDIO (gr/cm ³)	1686		

Tabla 38.*Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 6% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6801	6831	6851
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4518	4548	4568
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco compactado (gr/cm ³)	1799	1811	1819
PROMEDIO (gr/cm ³)	1810		

Tabla 39.*Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 6% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02
Peso del recipiente (g)	121.00	111.00
Peso del recipiente + muestra húmeda (g)	2866.00	2940.00
Peso del recipiente + muestra seca (g)	2818.06	2890.93
Contenido de humedad (%)	1.70	1.70
Promedio	1.70%	

F. AGREGADO FINO CON SUSTITUTO DE 9% CAUCHO

Tabla 40.

Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 9% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01
Peso de muestra original (gr) (A)	1500.00
Peso de la muestra lavada (gr) (B)	1476.75
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr) (C=A-B)	23.25
Peso del material que pasa la malla N° 200 (gr) corregido con granulometría por tamizado.	26.10
% de material que pasa el tamiz N° 200 (A/C) *100	1.74%

Tabla 41.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 9% caucho.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
3/8	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	89.40	5.96	5.96	94.04
N° 08	2.380	215.61	14.38	20.34	79.66
N° 16	1.190	353.18	23.55	43.90	56.10
N° 30	0.590	375.84	25.07	68.96	31.04
N° 50	0.300	232.45	15.50	84.47	15.53
N° 100	0.149	191.21	12.75	97.22	2.78
N° 200	0.074	15.61	1.04	98.26	1.74
<N°200	0.074	26.10	1.74	100.00	0.00
TOTAL		1499.40			
Módulo de Fineza				3.208	

Tabla 42.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 9% caucho.

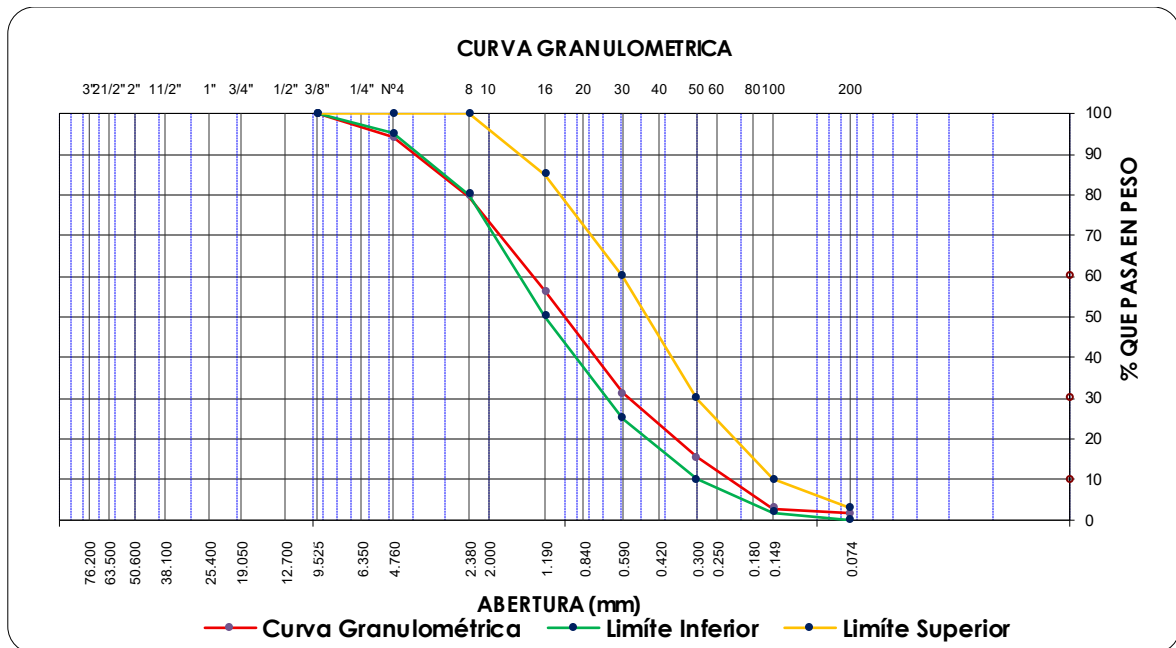


Tabla 43.

Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 9% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A. Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.00	500.00	500.00	
B. Peso Frasco + agua	654.10	655.39	657.20	
C. Peso Frasco + agua + A (gr)	1154.10	1155.39	1157.20	
D. Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	972.10	969.58	972.01	
E. Vol. de masa + vol. de vacío = C-D (gr)	182.00	185.81	185.19	
F. Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	488.77	489.51	489.26	
G. Vol. de masa = E - (A - F) (gr)	170.77	175.32	174.45	
Pe bulk (Base seca) = F/E	2.69	2.63	2.64	2.654 gr/cm3
Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.747	2.691	2.700	2.713 gr/cm3
Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.862	2.792	2.805	2.820 gr/cm3
% de absorción = ((A - F) / F) *100	2.298	2.143	2.195	2.212 %

Tabla 44.*Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 9% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6450	6470	6417
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4167	4187	4134
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco suelto (gr/cm ³)	1659	1667	1646
PROMEDIO (gr/cm ³)	1658		

Tabla 45.*Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 9% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6740	6721	6780
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4457	4438	4497
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco compactado (gr/cm ³)	1775	1767	1791
PROMEDIO (gr/cm ³)	1778		

Tabla 46.*Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 9% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02
Peso del recipiente (g)	121.00	111.00
Peso del recipiente + muestra húmeda (g)	2863.54	2940.00
Peso del recipiente + muestra seca (g)	2818.06	2893.55
Contenido de humedad (%)	1.61	1.61
Promedio	1.61%	

G. AGREGADO FINO CON SUSTITUTO DE 12% CAUCHO

Tabla 47.

Partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino con sustituto de 12% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01
Peso de muestra original (gr) (A)	1500.00
Peso de la muestra lavada (gr) (B)	1477.10
Peso del material que pasa el tamiz N° 200 (gr) (C=A-B)	22.90
Peso del material que pasa la malla N° 200 (gr) corregido con granulometría por tamizado.	24.15
% de material que pasa el tamiz N° 200 (A/C) *100	1.61%

Tabla 48.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 12% caucho.

MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)				
3/8	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	96.41	6.43	6.43	93.57
N° 08	2.380	225.12	15.02	21.45	78.55
N° 16	1.190	362.21	24.16	45.61	54.39
N° 30	0.590	380.90	25.41	71.03	28.97
N° 50	0.300	220.14	14.69	85.71	14.29
N° 100	0.149	180.10	12.02	97.73	2.27
N° 200	0.074	9.91	0.66	98.39	1.61
<N°200	0.074	24.15	1.61	100.00	0.00
TOTAL		1498.94			
Módulo de Fineza				3.280	

Tabla 49.

Análisis granulométrico del agregado fino con sustituto de 12% caucho.

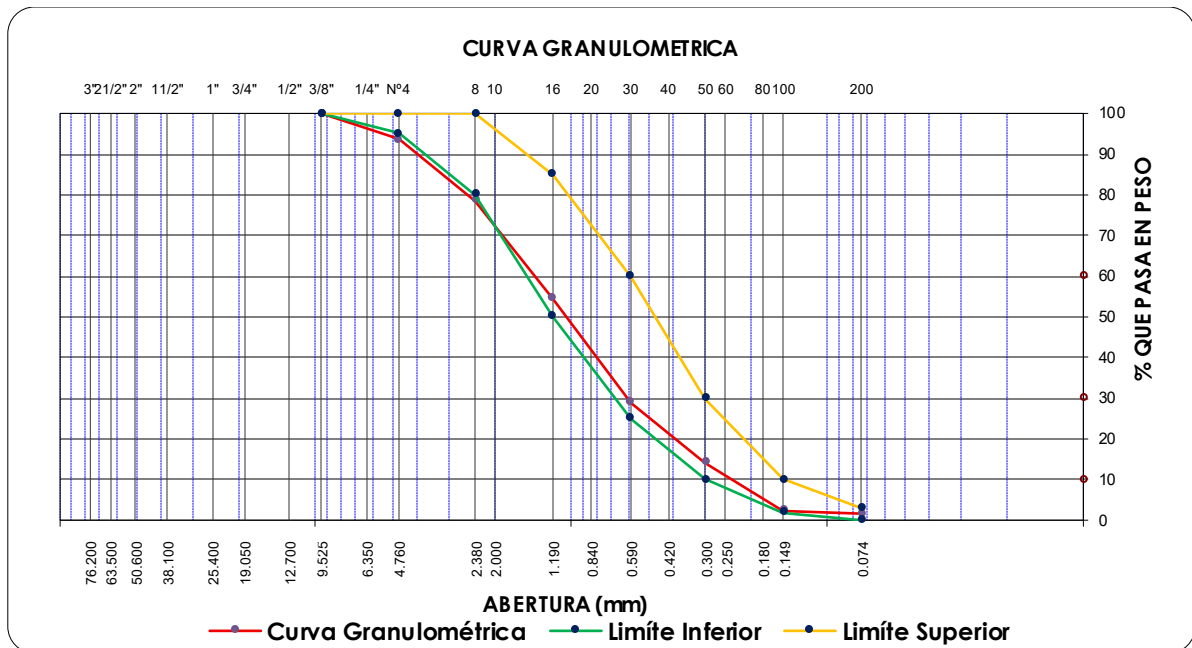


Tabla 50.

Peso específico y absorción del agregado fino con sustituto de 12% caucho.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
A. Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.00	500.00	500.00	
B. Peso Frasco + agua	649.65	654.39	650.20	
C. Peso Frasco + agua + A (gr)	1149.65	1154.39	1150.20	
D. Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	972.15	971.10	972.01	
E. Vol. de masa + vol. de vacío = C-D (gr)	177.50	183.29	178.19	
F. Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	490.79	489.90	491.01	
G. Vol. de masa = E - (A - F) (gr)	168.29	173.19	169.20	
Pe bulk (Base seca) = F/E	2.77	2.67	2.76	2.731 gr/cm ³
Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.817	2.728	2.806	2.784 gr/cm ³
Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.916	2.829	2.902	2.882 gr/cm ³
% de absorción = ((A - F) / F) *100	1.877	2.062	1.831	1.923 %

Tabla 51.*Peso unitario seco suelto del agregado fino con sustituto de 12% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6401	6371	6321
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4118	4088	4038
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco suelto (gr/cm ³)	1640	1628	1608
PROMEDIO (gr/cm ³)	1625		

Tabla 52.*Peso unitario seco compactado del agregado fino con sustituto de 12% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del molde (gr)	6625	6605	6709
Peso del molde + agregado (gr)	2283	2283	2283
Peso de agregado (gr)	4342	4322	4426
Volumen del recipiente (gr)	2511	2511	2511
Peso unitario seco compactado (gr/cm ³)	1729	1721	1762
PROMEDIO (gr/cm ³)	1738		

Tabla 53.*Contenido de humedad del agregado fino con sustituto de 12% caucho.*

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02
Peso del recipiente (g)	121.00	111.00
Peso del recipiente + muestra húmeda (g)	2863.54	2940.00
Peso del recipiente + muestra seca (g)	2819.06	2895.95
Contenido de humedad (%)	1.58	1.52
Promedio	1.55%	

Apéndice 2.DISEÑO DE MEZCLAS.

Figura 16.

Diseño de mezcla para adoquín convencional.

DISEÑO DE MEZCLA							
CONCRETO F'C=210KG/CM2							
CEMENTO: PACASMAYO TIPO I				SUSTITUCIÓN: 0%			
CARACTERÍSTICAS	PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO	HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	PESO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	PESO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS S (kg/m³)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL
CEMENTO	3090						
AGREGADO FINO	2628	2.981	1.82	2.56	1709	1848	
AGREGADO GRUESO	2554		0.84	3.17	1415	1587	3/8
VALORES DE DISEÑO							
1) f'cr Kg/cm²			294	6) RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.56	Litros
2) ASENTAMIENTO			1" a 2"	7) AGUA		207	
3) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/8 "	8) AIRE INCORPORADO		3%	
4) CON AIRE INCORPORADO			3%				
5) VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.432				
FACTOR CEMENTO			371	Kg/m³			
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO			701	Kg/m³			
CANTIDAD DE AGREGADO FINO			968	Kg/m³			
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO			0.12	m³			
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGUA			0.207	m³			
VOLUMEN ABSOLUTO DE AIRE			0.030	m³			
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO			0.275	m³			
SUMA DE VOLUMEN ABSOLUTO			0.632	m³			
SUMATORIA DE VOLUMEN ABSOLUTO			0.632	m³			
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			0.368	m³			
TOTAL			1.000	m³			
VALORES DE DISEÑO							
CEMENTO	371	Kg/m³					
AGUA	207	litros/m³					
AGREGADO FINO	968	Kg/m³					
AGREGADO GRUESO	701	Kg/m³					
CORRECCIÓN POR HUMEDAD				CORRECCIÓN POR ABSORCIÓN			
AGREGADO FINO	986	Kg/m³		AGREGADO FINO	-7.165	Litros/ m³	
AGREGADI GRUESO	707	Kg/m³		AGREGADO GRUESO	-16.34	Litros/ m³	
				VOLUMEN DE AGUA	-23.505	Litros/ m³	
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			POR BOLSA DE CEMENTO		PROPORCIÓN EN OBRA POR m3 DE CONCRETO		
CEMENTO	371	Kg/m³	1	Bolsas	CEMENTO:	8.722	Bolsas/ m³
RANGO DE AGUA	230.5	litros/m³	26.43	Lt/Bolsa	AGUA :	203.5	Litros/ m³
AGREGADO FINO HÚMENDO	986	Kg/m³	2.66	m3	ARENA :	29	ft³/ m³
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	707	Kg/m³	1.91	m3	PIEDRA :	17.5	ft³/ m³
DOSIFICACIÓN UNITARIA DE LADRILLO EN PESO			DOSIFICACIÓN POR NÚMERO		DOSIFICACIÓN NÚMERO + %DESPERDICIO		
CEMENTO :	0.44	Kg	CEMENTO :	6.67 Kg	CEMENTO :	7.34	Kg
AGUA :	0.28	Litros	AGUA :	4.15 Litros	AGUA :	4.56	Litros
ARENA :	1.18	Kg	ARENA :	17.75 Kg	ARENA :	19.52	Kg
PIEDRA :	0.85	Kg	PIEDRA :	12.73 Kg	PIEDRA :	14	Kg

Figura 17.

Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 3% caucho.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO							
CONCRETO F'C=210KG/CM2							
CEMENTO: PACASMAYO TIPO I				SUSTITUCIÓN: 3%			
CARACTERÍSTICAS	PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO	HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	PESO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	PESO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL
CEMENTO	3090						
AGREGADO FINO	2634	3.067	1.78	2.43	1701	1837	
AGREGADO GRUESO	2554		0.84	3.17	1415	1587	3/8
VALORES DE DISEÑO							
1) fcr Kg/cm²	294		6) RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.56		Litros
2) ASENTAMIENTO	1" a 2"		7) AGUA		207		
3) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/8 "		8) AIRE INCORPORADO		3%		
4) CON AIRE INCORPORADO	3%						
5) VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.43						
FACTOR CEMENTO	371		Kg/m³				
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO	688		Kg/m³				
CANTIDAD DE AGREGADO FINO	985		Kg/m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO	0.12		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGUA	0.207		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DE AIRE	0.030		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	0.269		m³				
SUMA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.626		m³				
SUMATORIA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.626		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	0.374		m³				
TOTAL	1.000		m³				
VALORES DE DISEÑO							
CEMENTO	371	Kg/m³					
AGUA	207	litros/m³					
AGREGADO FINO	985	Kg/m³					
AGREGADO GRUESO	688	Kg/m³					
CORRECCIÓN POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO	1002	Kg/m³	AGREGADO FINO -6.439 Litros/ m³				
AGREGADI GRUESO	693	Kg/m³	AGREGADO GRUESO -16.022 Litros/ m³				
			VOLUMEN DE AGUA -22.461 Litros/ m³				
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD							
CEMENTO	371	Kg/m³	1	Bolsas	CEMENTO:	8.722	Bolsas/ m³
RANGO DE AGUA	230	litros/m³	26.31	Lt/Bolsa	AGUA :	229.5	Litros/ m³
AGREGADO FINO HÚMENDO	1002	Kg/m³	2.7	m3	ARENA :	20.4	ft³/ m³
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	693	Kg/m³	1.87	m3	PIEDRA :	17.2	ft³/ m³
DOSIFICACIÓN UNITARIA DE LADRILLO EN PESO			DOSIFICACIÓN POR NÚMERO		DOSIFICACIÓN NÚMERO + %DESPERDICIO		
CEMENTO :	0.44	Kg	CEMENTO :	6.67 Kg	CEMENTO :	7.34	Kg
AGUA :	0.28	Litros	AGUA :	4.13 Litros	AGUA :	4.54	Litros
ARENA :	1.2	Kg	ARENA :	18.04 Kg	ARENA :	19.84	Kg
PIEDRA :	0.83	Kg	PIEDRA :	12.48 Kg	PIEDRA :	13.73	Kg

Figura 18.

Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 6% caucho.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO							
CONCRETO F'C=210KG/CM2							
CEMENTO: PACASMAYO TIPO I				SUSTITUCIÓN: 6%			
CARACTERÍSTICAS	PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO	HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	PESO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	PESO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL
CEMENTO	3090						
AGREGADO FINO	2651	3.147	1.70	2.38	1686	1810	
AGREGADO GRUESO	2554		0.84	3.17	1415	1587	3/8
VALORES DE DISEÑO							
1) fcr Kg/cm²	294		6) RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.56		Litros
2) ASENTAMIENTO	1" a 2"		7) AGUA		207		
3) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/8 "		8) AIRE INCORPORADO		3%		
4) CON AIRE INCORPORADO	3%						
5) VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.43						
FACTOR CEMENTO	371		Kg/m³				
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO	675		Kg/m³				
CANTIDAD DE AGREGADO FINO	1004		Kg/m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO	0.12		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGUA	0.207		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DE AIRE	0.030		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	0.264		m³				
SUMA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.621		m³				
SUMATORIA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.621		m³				
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	0.379		m³				
TOTAL	1.000		m³				
VALORES DE DISEÑO							
CEMENTO	371	Kg/m³					
AGUA	207	litros/m³					
AGREGADO FINO	1004	Kg/m³					
AGREGADO GRUESO	675	Kg/m³					
CORRECCIÓN POR HUMEDAD							
AGREGADO FINO	1021	Kg/m³	AGREGADO FINO -6.828 Litros/ m³				
AGREGADI GRUESO	681	Kg/m³	AGREGADO GRUESO -15.726 Litros/ m³				
			VOLUMEN DE AGUA -22.554 Litros/ m³				
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD							
CEMENTO	371	Kg/m³	1	Bolsas	CEMENTO:	8.722	Bolsas/ m³
RANGO DE AGUA	230	litros/m³	26.32	Lt/Bolsa	AGUA :	229.6	Litros/ m³
AGREGADO FINO HÚMENDO	1021	Kg/m³	2.75	m3	ARENA :	21	ft³/ m³
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	681	Kg/m³	1.84	m3	PIEDRA :	16.8	ft³/ m³
DOSIFICACIÓN UNITARIA DE LADRILLO EN PESO			DOSIFICACIÓN POR NÚMERO		DOSIFICACIÓN NÚMERO + %DESPERDICIO		
CEMENTO :	0.44	Kg	CEMENTO :	6.67 Kg	CEMENTO :	7.34	Kg
AGUA :	0.28	Litros	AGUA :	4.13 Litros	AGUA :	4.55	Litros
ARENA :	1.23	Kg	ARENA :	18.38 Kg	ARENA :	20.22	Kg
PIEDRA :	0.82	Kg	PIEDRA :	12.25 Kg	PIEDRA :	13.48	Kg

Figura 19.

Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 9% caucho.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO								
CONCRETO F'C=210KG/CM2								
CEMENTO: PACASMAYO TIPO I				SUSTITUCIÓN: 9%				
CARACTERÍSTICAS	PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO	HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	PESO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	PESO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	
CEMENTO	3090							
AGREGADO FINO	2710	3.208	1.61	2.21	1658	1778		
AGREGADO GRUESO	2554		0.84	3.17	1415	1587	3/8	
VALORES DE DISEÑO								
1) fcr Kg/cm²	294		6) RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.56		Litros	
2) ASENTAMIENTO	1" a 2"		7) AGUA		207			
3) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/8 "		8) AIRE INCORPORADO		3%			
4) CON AIRE INCORPORADO	3%							
5) VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.42							
FACTOR CEMENTO	371		Kg/m³					
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO	665		Kg/m³					
CANTIDAD DE AGREGADO FINO	1037		Kg/m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO	0.12		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGUA	0.207		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AIRE	0.030		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	0.26		m³					
SUMA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.617		m³					
SUMATORIA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.617		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	0.383		m³					
TOTAL	1.000		m³					
VALORES DE DISEÑO								
CEMENTO	371	Kg/m³						
AGUA	207	litros/m³						
AGREGADO FINO	1037	Kg/m³						
AGREGADO GRUESO	665	Kg/m³						
CORRECCIÓN POR HUMEDAD								
AGREGADO FINO	1053	Kg/m³	AGREGADO FINO -6.22 Litros/ m³					
AGREGADI GRUESO	670	Kg/m³	AGREGADO GRUESO -15.501 Litros/ m³					
			VOLUMEN DE AGUA -21.721 Litros/ m³					
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD								
CEMENTO	371	Kg/m³	1	Bolsas	CEMENTO:	8.722	Bolsas/ m³	
RANGO DE AGUA	229	litros/m³	26.22	Lt/Bolsa	AGUA :	228.7	Litros/ m³	
AGREGADO FINO HÚMENDO	1053	Kg/m³	2.84	m3	ARENA :	22.1	ft³/ m³	
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	671	Kg/m³	1.81	m3	PIEDRA :	16.6	ft³/ m³	
DOSIFICACIÓN UNITARIA DE LADRILLO EN PESO								
CEMENTO :	0.44	Kg	CEMENTO :	6.67	Kg	CEMENTO :	7.34	Kg
AGUA :	0.27	Litros	AGUA :	4.12	Litros	AGUA :	4.53	Litros
ARENA :	1.26	Kg	ARENA :	18.96	Kg	ARENA :	20.86	Kg
PIEDRA :	0.81	Kg	PIEDRA :	12.08	Kg	PIEDRA :	13.28	Kg

Figura 20.

Diseño de mezcla para adoquín con sustitución de 12% caucho.

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO								
CONCRETO F'C=210KG/CM2								
CEMENTO: PACASMAYO TIPO I				SUSTITUCIÓN: 12%				
CARACTERÍSTICAS	PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO	HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS	PESO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	PESO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS (kg/m³)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	
CEMENTO	3090							
AGREGADO FINO	2780	3.280	1.55	1.92	1624	1738		
AGREGADO GRUESO	2554		0.84	3.17	1415	1587	3/8	
VALORES DE DISEÑO								
1) fcr Kg/cm²	294		6) RELACIÓN AGUA/CEMENTO		0.56		Litros	
2) ASENTAMIENTO	1" a 2"		7) AGUA		207			
3) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/8 "		8) AIRE INCORPORADO		3%			
4) CON AIRE INCORPORADO	3%							
5) VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.42							
FACTOR CEMENTO	371		Kg/m³					
CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO	654		Kg/m³					
CANTIDAD DE AGREGADO FINO	1076		Kg/m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO	0.12		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGUA	0.207		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AIRE	0.030		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	0.256		m³					
SUMA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.613		m³					
SUMATORIA DE VOLUMEN ABSOLUTO	0.613		m³					
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	0.387		m³					
TOTAL	1.000		m³					
VALORES DE DISEÑO								
CEMENTO	371	Kg/m³						
AGUA	207	litros/m³						
AGREGADO FINO	1076	Kg/m³						
AGREGADO GRUESO	654	Kg/m³						
CORRECCIÓN POR HUMEDAD								
AGREGADO FINO	1093	Kg/m³	AGREGADO FINO -3.981 Litros/ m³					
AGREGADI GRUESO	659	Kg/m³	AGREGADO GRUESO -15.235 Litros/ m³					
			VOLUMEN DE AGUA -19.215 Litros/ m³					
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD								
CEMENTO	371	Kg/m³	1	Bolsas	CEMENTO:	8.722	Bolsas/ m³	
RANGO DE AGUA	226	litros/m³	25.94	Lt/Bolsa	AGUA :	226.2	Litros/ m³	
AGREGADO FINO HÚMENDO	1093	Kg/m³	2.95	m3	ARENA :	23.4	ft³/ m³	
AGREGADO GRUESO HÚMEDO	659	Kg/m³	1.78	m3	PIEDRA :	16.3	ft³/ m³	
DOSIFICACIÓN UNITARIA DE LADRILLO EN PESO								
CEMENTO :	0.44	Kg	CEMENTO :	6.67	Kg	CEMENTO :	7.34	Kg
AGUA :	0.27	Litros	AGUA :	4.07	Litros	AGUA :	4.48	Litros
ARENA :	1.31	Kg	ARENA :	19.67	Kg	ARENA :	21.63	Kg
PIEDRA :	0.79	Kg	PIEDRA :	11.87	Kg	PIEDRA :	13.05	Kg

Apéndice 3.RESULTADOS DE ENSAYOS A RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Tabla 54.

La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño patrón.

Diseño:		PATRÓN	Edad:	7 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CP-1	10 x 20	200	408.74	41680.0	208.40	99.24%
CP-2	10 x 20	200	424.41	43278.3	216.39	103.04%
CP-3	10 x 20	200	394.79	40256.9	201.28	95.85%
CP-4	10 x 20	200	355.68	36268.8	181.34	86.35%
CP-5	10 x 20	200	396.11	40392.2	201.96	96.17%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					201.87	
Desviación estándar (σ)					12.99	
Coeficiente de variación (%)					6.44 %	

Tabla 55.

La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño patrón.

Diseño:		PATRÓN	Edad:	14 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CP-1	10 x 20	200	412.63	42076.9	210.38	100.18%
CP-2	10 x 20	200	428.90	43735.4	218.68	104.13%
CP-3	10 x 20	200	484.29	49383.8	246.92	117.58%
CP-4	10 x 20	200	475.62	48499.3	242.50	115.47%
CP-5	10 x 20	200	467.05	47625.5	238.13	113.39%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					231.32	
Desviación estándar (σ)					15.91	
Coeficiente de variación (%)					6.88 %	

Tabla 56.*La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño patrón.*

Diseño:		PATRÓN	Edad:	28 días	f _c : 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f _c obtenido (kg/cm ²)	% del f _c
CP-1	10 x 20	200	512.11	52220.3	261.10	124.33%
CP-2	10 x 20	200	500.35	51021.2	255.11	121.48%
CP-3	10 x 20	200	499.99	50984.5	254.92	121.39%
CP-4	10 x 20	200	520.27	53052.7	265.26	126.32%
CP-5	10 x 20	200	518.85	52908.3	264.54	125.97%
Promedio de la resistencia a compresión (f _c)					260.19	
Desviación estándar (σ)					4.98	
Coeficiente de variación (%)					1.91 %	

Tabla 57.*La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 3%.*

Diseño:		SUSTITUTO DEL 3%	Edad:	7 días	f _c : 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f _c obtenido (kg/cm ²)	% del f _c
CC3-1	10 x 20	200	376.65	38407.8	192.04	91.45%
CC3-2	10 x 20	200	372.00	37933.9	189.67	90.32%
CC3-3	10 x 20	200	361.18	36830.0	184.15	87.69%
CC3-4	10 x 20	200	364.93	37212.8	186.06	88.60%
CC3-5	10 x 20	200	370.89	37820.6	189.10	90.05%
Promedio de la resistencia a compresión (f _c)					188.20	
Desviación estándar (σ)					3.11	
Coeficiente de variación (%)					1.65 %	

Tabla 58.

La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 3%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 3%	Edad:	14 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC3-1	10 x 20	200	436.14	44473.5	222.37	105.89%
CC3-2	10 x 20	200	435.16	44374.3	221.87	105.65%
CC3-3	10 x 20	200	433.80	44235.7	221.18	105.32%
CC3-4	10 x 20	200	431.81	44032.3	220.16	104.84%
CC3-5	10 x 20	200	440.26	44894.4	224.47	106.89%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					222.01	
Desviación estándar (σ)					1.61	
Coeficiente de variación (%)					0.72 %	

Tabla 59.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 3%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 3%	Edad:	28 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC3-1	10 x 20	200	478.41	48784.7	243.92	116.15%
CC3-2	10 x 20	200	476.42	48581.1	242.91	115.67%
CC3-3	10 x 20	200	469.29	47854.7	239.27	113.94%
CC3-4	10 x 20	200	471.28	48056.9	240.28	114.42%
CC3-5	10 x 20	200	484.74	49429.6	247.15	117.69%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					242.71	
Desviación estándar (σ)					3.12	
Coeficiente de variación (%)					1.29 %	

Tabla 60.

La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 6%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 6%	Edad:	7 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC6-1	10 x 20	200	333.26	33983.0	169.92	80.91%
CC6-2	10 x 20	200	322.95	32931.9	164.66	78.41%
CC6-3	10 x 20	200	329.75	33625.0	168.13	80.06%
CC6-4	10 x 20	200	324.19	33057.7	165.29	78.71%
CC6-5	10 x 20	200	345.12	35192.8	175.96	83.79%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					168.79	
Desviación estándar (σ)					4.54	
Coeficiente de variación (%)					2.69 %	

Tabla 61.

La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 6%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 6%	Edad:	14 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC6-1	10 x 20	200	432.89	44142.6	220.71	105.10%
CC6-2	10 x 20	200	427.20	43562.1	217.81	103.72%
CC6-3	10 x 20	200	397.09	40491.6	202.46	96.41%
CC6-4	10 x 20	200	399.03	40690.0	203.45	96.88%
CC6-5	10 x 20	200	420.69	42898.2	214.49	102.14%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					211.78	
Desviación estándar (σ)					8.36	
Coeficiente de variación (%)					3.95 %	

Tabla 62.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 6%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 6%	Edad:	28 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC6-1	10 x 20	200	450.41	45928.5	229.64	109.35%
CC6-2	10 x 20	200	457.66	46668.8	233.34	111.12%
CC6-3	10 x 20	200	446.48	45528.7	227.64	108.40%
CC6-4	10 x 20	200	428.59	43704.5	218.52	104.06%
CC6-5	10 x 20	200	432.02	44053.7	220.27	104.89%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					225.88	
Desviación estándar (σ)					6.30	
Coeficiente de variación (%)					2.79 %	

Tabla 63.

La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 9%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 9%	Edad:	7 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC9-1	10 x 20	200	278.74	28423.4	142.12	67.67%
CC9-2	10 x 20	200	288.69	29437.7	147.19	70.09%
CC9-3	10 x 20	200	271.66	27701.4	138.51	65.96%
CC9-4	10 x 20	200	269.00	27430.7	137.15	65.31%
CC9-5	10 x 20	200	273.00	27837.8	139.19	66.28%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					140.83	
Desviación estándar (σ)					3.99	
Coeficiente de variación (%)					2.83 %	

Tabla 64.

La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 9%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 9%	Edad:	14 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC9-1	10 x 20	200	300.78	30670.7	153.35	73.03%
CC9-2	10 x 20	200	388.93	39660.0	198.30	94.43%
CC9-3	10 x 20	200	375.22	38261.3	191.31	91.10%
CC9-4	10 x 20	200	361.09	36821.1	184.11	87.67%
CC9-5	10 x 20	200	377.60	38504.6	192.52	91.68%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					183.92	
Desviación estándar (σ)					17.82	
Coeficiente de variación (%)					9.69 %	

Tabla 65.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 9%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 9%	Edad:	28 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC9-1	10 x 20	200	398.79	40665.5	203.33	96.82%
CC9-2	10 x 20	200	400.12	40801.3	204.01	97.15%
CC9-3	10 x 20	200	389.65	39733.7	198.67	94.60%
CC9-4	10 x 20	200	391.18	39888.8	199.44	94.97%
CC9-5	10 x 20	200	394.90	40269.0	201.34	95.88%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					201.36	
Desviación estándar (σ)					2.34	
Coeficiente de variación (%)					1.16 %	

Tabla 66.

La resistencia a la compresión a los 7 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 12%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 12%	Edad:	7 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC12-1	10 x 20	200	228.40	23290.5	116.45	55.45%
CC12-2	10 x 20	200	242.41	24718.4	123.59	58.85%
CC12-3	10 x 20	200	217.84	22213.5	111.07	52.89%
CC12-4	10 x 20	200	200.42	20436.9	102.18	48.66%
CC12-5	10 x 20	200	215.45	21970.1	109.85	52.31%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					112.63	
Desviación estándar (σ)					7.97	
Coeficiente de variación (%)					7.08 %	

Tabla 67.

La resistencia a la compresión a los 14 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 12%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 12%	Edad:	14 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC12-1	10 x 20	200	297.45	30331.6	151.66	72.22%
CC12-2	10 x 20	200	311.82	31797.1	158.99	75.71%
CC12-3	10 x 20	200	314.75	32095.3	160.48	76.42%
CC12-4	10 x 20	200	300.18	30610.3	153.05	72.88%
CC12-5	10 x 20	200	289.39	29509.8	147.55	70.26%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					154.35	
Desviación estándar (σ)					5.34	
Coeficiente de variación (%)					3.46 %	

Tabla 68.

La resistencia a la compresión a los 28 días del diseño con sustitución de fibra de caucho al 12%.

Diseño:		SUSTITUTO DEL 12%	Edad:	28 días	f'c: 210 kg/cm ²	
Código	Ancho x Largo (cm)	Área (cm ²)	Lec. Dail (kN)	Carga de rotura (Kg)	f'c obtenido (kg/cm ²)	% del f'c
CC12-1	10 x 20	200	352.85	35980.5	179.90	85.67%
CC12-2	10 x 20	200	302.29	30824.6	154.12	73.39%
CC12-3	10 x 20	200	372.56	37990.4	189.95	90.45%
CC12-4	10 x 20	200	317.75	32401.0	162.01	77.15%
CC12-5	10 x 20	200	388.83	39650.0	198.25	94.40%
Promedio de la resistencia a compresión (f'c)					176.85	
Desviación estándar (σ)					18.55	
Coeficiente de variación (%)					10.49 %	

Apéndice 4. PANEL FOTOGRÁFICO.

Figura 21.

Extracción de material de la cantera “Manuel Olano Constructor SAC”.



Figura 22.

Ensayo de peso específico del agregado fino.



Figura 23.
Ensayo de peso específico del agregado grueso.



Figura 24.
Ensayo de contenido de humedad.



Figura 25.
Ensayo gravedad específica de absorción agregado fino con proporciones de caucho.



Figura 26.
Ensayo granulometría agregado fino con proporciones de caucho.



Figura 27.
Peso unitario del agregado grueso.



Figura 28.
Peso unitario del agregado fino con proporciones de caucho.



Figura 29.
Prueba de consistencia de la mezcla.



Figura 30.
Elaboración de adoquines.



Figura 31.

Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 7 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 3%.

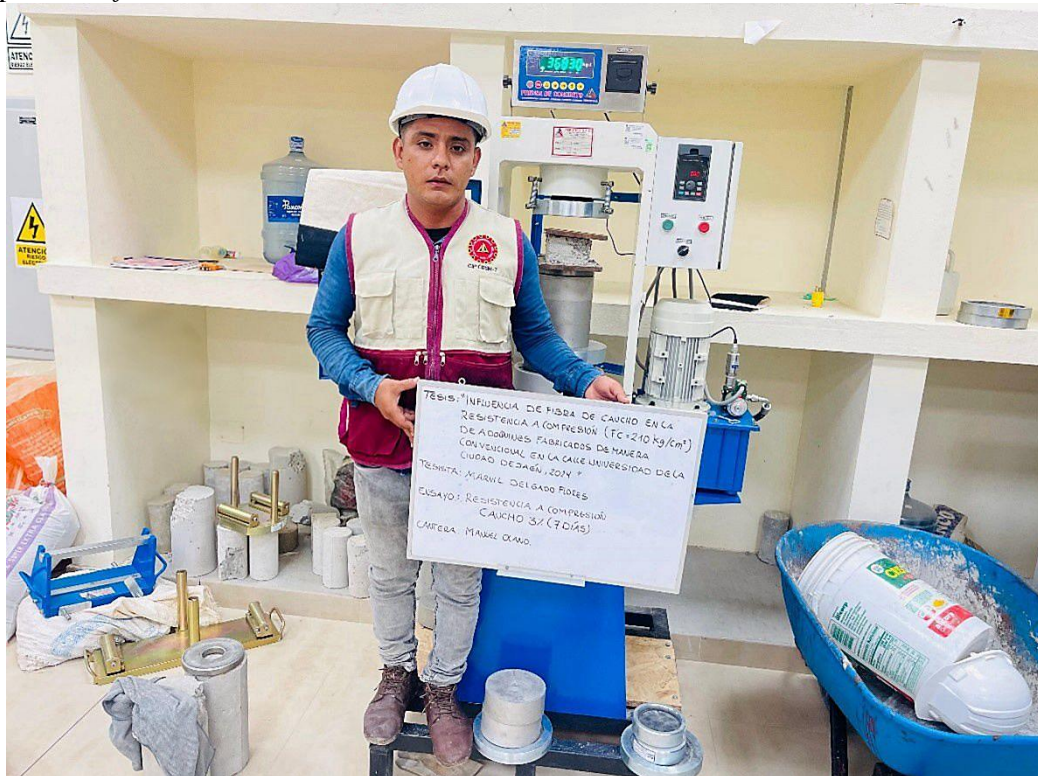


Figura 32.

Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 14 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 6%.



Figura 33.

Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 14 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 9%.



Figura 34.

Resultado del ensayo de resistencia a compresión adoquines de 28 días de curado con reemplazo de fibra caucho al 12%.

