

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado

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

AUTOR

Zully Lizette Vasquez Bustamante

ASESOR

Jorge Enrique Alvarez Ruffran

<https://orcid.org/0000-0002-5321-8500>

Chiclayo, 2024

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto
de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado**

PRESENTADA POR

Zully Lizette Vasquez Bustamante

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Ronald Esteban Villanueva Maguiña

PRESIDENTE

Carmen Chilon Muñoz

SECRETARIO

Jorge Enrique Alvarez Ruffran

VOCAL

Dedicatoria

Dedico esta investigación a las personas que ocupan un lugar especial en mi corazón y sin su respaldo, este logro no sería posible:

A mis padres, Isaías Vasquez y Elisabeth Bustamante, por el amor incondicional, apoyo constante y sacrificios durante este largo camino de mi formación profesional.

A mis hermanos, Ever y Nayely, por ser la fuerza que me motiva seguir adelante.

A Joseph Zafra, por confiar siempre en mí, acompañarme durante este proceso y animarme en los momentos más difíciles.

Agradecimientos

A Dios, por darme sabiduría y fortaleza.

A mis padres, por todos los sacrificios que han hecho para brindarme las oportunidades que tengo hoy.

A mi amor y compañero, Joseph, por su apoyo incondicional. Su amor y paciencia han sido fundamentales en esta etapa.

A mis mejores amigos, Nathaly, Olenka y Fernando, por ser una pieza fundamental en mi desarrollo profesional y compartir este viaje de aprendizaje, desafíos y éxitos.

A mi asesor, el Ing. Jorge Alvarez Ruffran por su apoyo y seguimiento en esta investigación.

TESIS VASQUEZ BUSTAMANTE- Pregrado.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	24%	5%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
9	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Revisión de literatura	21
Antecedentes	21
Antecedentes Internacionales.....	21
Antecedentes Nacionales	22
Bases teóricas	24
Adoquines de concreto.....	24
Clasificación de los adoquines	24
Requisitos para la evaluación de adoquines según normativa	24
Ensayos para los adoquines de concreto	26
Pavimentos articulados	28
Ventajas de los pavimentos articulados	29
Concreto	29
Cemento portland y su fabricación	29
Agua	30
Agregados	30
Diseño de mezcla	35
Método ACI 211	36
Cartón.....	38
Celulosa.....	38
Composición química de la celulosa.....	39
Tipos según el proceso de obtención de celulosa	39
Extracción de celulosa de cartón.....	39
Materiales y métodos	40
Tipo y nivel de Investigación.....	40
Diseño de investigación	40
Población, muestra, muestreo	40

Población.....	40
Muestra.....	40
Muestreo.....	41
Criterio de selección.....	42
Hipótesis.....	43
Operacionalización de variables	43
Técnica e instrumentos de recolección de datos	44
Técnicas	44
Instrumentos.....	44
Procedimiento	45
Aspecto ético.....	67
Resultados y discusión	68
Resultados	68
Discusión.....	99
Conclusiones	106
Recomendaciones.....	108
Referencias	109
Anexos.....	112

Lista de Figuras

Figura 1: Clasificación de los adoquines.....	24
Figura 2: Fórmula para determinar la absorción	26
Figura 3: Fórmula para determinar la densidad	27
Figura 4: Diagrama del ensayo de tracción por flexión	27
Figura 5: Estructura del pavimento articulado	28
Figura 6: Diagrama de Flujo que describe el proceso de investigación.....	45
Figura 7: Recolección del cartón reciclado	46
Figura 8: Limpieza del cartón	46
Figura 9: Pasos para la extracción de la celulosa	47
Figura 10: Resultado final de la celulosa a emplear.....	48
Figura 11: Muestra seca pesada + Tara	49
Figura 12: Muestra colocada al horno	49
Figura 13: Tamices ordenados	50
Figura 14: Tamizado del agregado grueso	50
Figura 15: Tamiz N°4 - Peso retenido.....	50
Figura 16: Tamiz N°50 - Peso retenido.....	51
Figura 17: Prueba del agregado superficialmente seco	52
Figura 18: Peso de la muestra con agua en el matraz.....	52
Figura 19: Peso del agregado grueso seco	52
Figura 20: Prueba con el molde cónico	53
Figura 21: Muestra en condición superficialmente seca	53
Figura 22: Peso de la muestra superficialmente seca	53
Figura 23: Muestra con agua reposando en la fiola	53
Figura 24: Peso del agua y la fiola con la muestra.....	53
Figura 25: Peso de la muestra seca.....	54
Figura 26: Muestra colocada en el molde	54

Figura 27: Peso del agregado fino para peso unitario	55
Figura 28: Compactación del agregado.....	55
Figura 29: Peso de la muestra 1 de agregado grueso compactado	56
Figura 30: Peso del agregado fino compactado	56
Figura 31: Colocación del confitillo en la Máquina de los Ángeles	57
Figura 32: Rotación de la máquina de Los Ángeles.....	57
Figura 33: Peso retenido en el tamiz N°12.....	57
Figura 34: Bloquetera tipo Rosacometa	58
Figura 35: Mezcladora de eje vertical	58
Figura 36: Plataforma receptora de los adoquines	59
Figura 37: Mezcla de materiales para la elaboración del concreto para adoquines	59
Figura 38: Concreto + 6% de adición vertido en los moldes y vibrado	60
Figura 39: Adoquines desmoldados y en proceso de fraguado	61
Figura 40: Curado de las muestras de adoquines de concreto.....	61
Figura 41: Herramientas utilizadas: regla metálica y vernier	62
Figura 42: Elección de las muestras de adoquines	62
Figura 43: Medición de los adoquines	62
Figura 44: Proceso de saturación de los adoquines.....	63
Figura 45: Peso de una muestra de adoquín sumergido	63
Figura 46: Peso seco de una muestra de adoquín.....	64
Figura 47: Ensayo de compresión a los 28 días	64
Figura 48: Muestra patrón de adoquín después del ensayo.....	64
Figura 49: Ubicación del adoquín para el ensayo de tracción por flexión.....	65
Figura 50: Resultado del ensayo de tracción por flexión	65
Figura 51: Cortador en contacto con la superficie muestra de adoquín	66
Figura 52: Limpieza de la superficie del espécimen	66
Figura 53: Peso de la muestra luego del ensayo.....	67

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Composición química de la celulosa.....	68
Gráfico 2: Curva Granulométrica - Agregado Grueso - Tres Tomas/Ferreñafe	71
Gráfico 3: Curva Granulométrica - Agregado Fino	72
Gráfico 4: Porcentajes de absorción en muestras patrón.....	79
Gráfico 5: Porcentajes de absorción en muestras con 3% de adición de celulosa	80
Gráfico 6: Porcentajes de absorción en muestras con 6% de adición de celulosa	81
Gráfico 7: Porcentajes de absorción en muestras con 9% de adición de celulosa	82
Gráfico 8: Promedios de porcentajes de absorción en muestras de adoquines	82
Gráfico 9: Densidad en muestras patrón	83
Gráfico 10: Densidad en muestras con 3% de adición de celulosa	84
Gráfico 11: Densidad en muestras con 6% de adición de celulosa	85
Gráfico 12: Densidad en muestras con 9% de adición de celulosa	86
Gráfico 13: Densidad en muestras de adoquines	86
Gráfico 14: Curva edad vs f^c de la MP de adoquines.....	87
Gráfico 15: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines de MP según su edad.....	87
Gráfico 16: Curva edad vs f^c de la muestra de adoquines con 3% de adición	88
Gráfico 17: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines con 3% de adición según su edad.....	89
Gráfico 18: Curva edad vs f^c de la muestra de adoquines con 6% de adición	90
Gráfico 19: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines con 6% de adición según su edad.....	90
Gráfico 20: Curva edad vs f^c de la muestra de adoquines con 9% de adición	91
Gráfico 21: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines con 9% de adición según su edad.....	92
Gráfico 22: Resumen del Ensayo de resistencia a la compresión en los adoquines de concreto	92
Gráfico 23: Resumen del Ensayo de Resistencia a la tracción por flexión	93

Gráfico 24: Resumen de la evaluación económica	97
Gráfico 25: Incidencia en comparación a la MP	98

Lista de Tablas

Tabla 1: Límites de tolerancia Dimensional	25
Tabla 2: Porcentaje de Absorción	25
Tabla 3: Resistencia a la compresión y espesor nominal	25
Tabla 4: Agua para mezcla y curado: límites permitidos	30
Tabla 5: Cantidad de muestra de agregado	31
Tabla 6: Mínima cantidad de muestra de Agregado grueso o global	32
Tabla 7: Fórmulas para el cálculo de peso específico	33
Tabla 8: Carga	34
Tabla 9: Granulometría de las muestras a ensayar	35
Tabla 10: Resistencia Mecánica	35
Tabla 11: Pasos Método ACI 211	36
Tabla 12: Determinación del Contenido De Agua	37
Tabla 13: Relación A/C - Resistencia	37
Tabla 14: Relación A/C - Durabilidad	37
Tabla 15: Volumen del AG	38
Tabla 16: Propiedades de la celulosa	38
Tabla 17: Constituyentes químicos de las fuentes	39
Tabla 18: Número total de muestras	41
Tabla 19: Cantidad de muestras para ensayar la resistencia a la flexión	41
Tabla 20: Cantidad de muestras para ensayar la absorción, tolerancia dimensional y densidad	42
Tabla 21: Cantidad de muestras para ensayar la resistencia a la compresión	42
Tabla 22: Cantidad de muestras para la resistencia a la abrasión	42
Tabla 23: Operacionalización de variables	43
Tabla 24: Técnicas e instrumentos	44
Tabla 25: Ensayos para los agregados finos y gruesos	48

Tabla 26: Principales componentes químicos de la celulosa	68
Tabla 27: Contenido de Humedad - Agregado Grueso	69
Tabla 28: Contenido de Humedad - Agregado Fino	70
Tabla 29: Granulometría - Agregado grueso Tres Tomas/Ferreñafe	70
Tabla 30: Granulometría - Agregado Fino La Victoria - Pátapo	71
Tabla 31: Peso específico y absorción del agregado grueso	73
Tabla 32: Peso específico y absorción del agregado fino	73
Tabla 33: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	74
Tabla 34: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	74
Tabla 35: Abrasión del agregado grueso.....	75
Tabla 36: Ensayos a los agregados - Cuadro resumen.....	75
Tabla 37: Resumen del diseño de mezcla ($f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$).....	76
Tabla 38: Tolerancia dimensional - MP.....	77
Tabla 39: Tolerancia dimensional - 3% de adición.....	77
Tabla 40: Tolerancia dimensional - 6% de adición.....	77
Tabla 41: Tolerancia dimensional - 9% de adición.....	78
Tabla 42: Absorción en muestras patrón.....	78
Tabla 43: Absorción en muestras con 3% de adición de celulosa	79
Tabla 44: Absorción en muestras con 6% de adición de celulosa	80
Tabla 45: Absorción en muestra con 9% de adición de celulosa	81
Tabla 46: Densidad en muestras patrón	83
Tabla 47: Densidad en muestras con 3% de adición de celulosa	84
Tabla 48: Densidad en muestras con 6% de adición de celulosa	85
Tabla 49: Densidad en muestras con 9% de adición de celulosa	85
Tabla 50: Resistencia a la compresión de adoquines – MP	87
Tabla 51: Resistencia a la compresión de adoquines - 3% ADICIÓN DE CELULOSA	88
Tabla 52: Resistencia a la compresión de adoquines - 6% ADICIÓN DE CELULOSA	89

Tabla 53: Resistencia a la compresión de adoquines - 9% ADICIÓN DE CELULOSA	91
Tabla 54: Módulo de rotura para los adoquines	93
Tabla 55: Resistencia a la abrasión	94
Tabla 56: APU de la extracción de celulosa	95
Tabla 57: APU de la MP	95
Tabla 58: APU de la muestra con 3% de adición.....	96
Tabla 59: APU de la muestra con 6% de adición.....	96
Tabla 60: APU de la muestra con 9% de adición.....	97

Lista de Anexos

Anexo 1: Documento de Validación de ensayos.....	112
Anexo 2: Constancia de ensayos	113
Anexo 3: Informe de Ensayo Químico.....	114
Anexo 4: P. Específico de celulosa	118
Anexo 5: Resultados Contenido de humedad de los agregados.....	119
Anexo 6: Resultados Análisis Granulométrico de los agregados	120
Anexo 7: Resultados Peso específico y absorción de los agregados.....	122
Anexo 8: Resultados Peso unitario suelto y compactado de los agregados	123
Anexo 9: Resultados resistencia a la abrasión del agregado grueso	125
Anexo 10: Informe Diseño de Mezcla – MP.....	126
Anexo 11: Informe Diseño de Mezcla – Muestra 3% de Adición de Celulosa	128
Anexo 12: Informe Diseño de Mezcla – Muestra 6% de Adición de Celulosa	130
Anexo 13: Informe Diseño de Mezcla – Muestra 9% de Adición de Celulosa	132
Anexo 14: Informes de Ensayos de Tolerancia dimensional	134
Anexo 15: Informes de Ensayos de Absorción de los adoquines	138
Anexo 16: Informes de Ensayos de Densidad de los adoquines	142
Anexo 17: Informes de Ensayos de Resistencia a la compresión	146
Anexo 18: Informes de Ensayos de Resistencia a la Tracción por Flexión	158
Anexo 19: Informes de Ensayos de Resistencia a la abrasión	162
Anexo 20: Informes de calibración de equipos.....	166
Anexo 21: Panel fotográfico	175

Resumen

El estudio evaluó las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto para tránsito peatonal con la adición de celulosa obtenida de cartón reciclado. Se identificaron las características químicas de la celulosa, se diseñaron mezclas cumpliendo la NTP 399.611, y se realizaron ensayos según las normas NTP 399.604 y NTP 399.624 para evaluar los adoquines con adiciones de 3%, 6% y 9% de celulosa de cartón reciclado. Los resultados mostraron que las muestras con 3% y 6% de celulosa cumplieron con la resistencia a la compresión mínima de 320 Kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, mientras que las de 9% no lo hicieron. En términos de resistencia a la tracción por flexión, las muestras con celulosa mostraron un aumento en el Módulo de Rotura, alcanzando 5.13 MPa con 3%, 5.31 MPa con 6% y 5.46 MPa con 9%, frente a los 4.96 MPa de la muestra patrón (MP). La resistencia a la abrasión disminuyó con mayores adiciones de celulosa, con un desgaste máximo de 0.52% para el 9%. El análisis económico sugirió que el uso de celulosa reciclada podría ser viable, identificando el 3% como el porcentaje óptimo de adición que equilibra propiedades mecánicas y costos. Se observó que la adición de celulosa mejoró ciertas propiedades físicas, como la tracción por flexión, sin comprometer significativamente la integridad estructural en porcentajes moderados.

Palabras clave:

Adoquines, Celulosa, Concreto, cartón reciclado, tránsito peatonal.

Abstract

The study evaluated the physical and mechanical properties of concrete pavers for pedestrian traffic with the addition of cellulose obtained from recycled cardboard. The chemical characteristics of cellulose were identified, mixtures were designed in compliance with NTP 399.611, and tests were carried out according to standards NTP 399.604 and NTP 399.624 to evaluate the pavers with additions of 3%, 6% and 9% of recycled cardboard cellulose. The results showed that samples with 3% and 6% cellulose met the minimum compressive strength of 320 Kg/cm² at 7, 14 and 28 days, while those with 9% did not. In terms of flexural tensile strength, the samples with cellulose showed an increase in the Modulus of Rupture, reaching 5.13 MPa with 3%, 5.31 MPa with 6% and 5.46 MPa with 9%, compared to 4.96 MPa for the sample. pattern. Abrasion resistance decreased with higher cellulose additions, with a maximum wear of 0.43% for 9%. The economic analysis suggested that the use of recycled cellulose could be viable, identifying 3% as the optimal addition percentage that balances mechanical properties and costs. It was observed that the addition of cellulose improved certain physical properties, such as flexural tensile, without significantly compromising structural integrity at moderate percentages.

Keywords: Pavers, Cellulose, Concrete, recycled cardboard, pedestrian traffic.

Introducción

La presente investigación pretende evaluar la adición de la celulosa de cartón reciclado en adoquines de concreto para tránsito peatonal, con el fin de fomentar el uso de materiales alternativos a la cantidad de cemento empleado en la elaboración del concreto y el impacto ambiental que este genera, asimismo, busca evaluar las propiedades físico-mecánicas de los adoquines y que cumplan con los criterios especificados por la NTP 399.611[14], obteniendo resultados similares para ser utilizados en el tránsito peatonal.

Dado que el rápido crecimiento demográfico y su repercusión en diferentes aspectos de la sociedad representa un desafío en pleno siglo XXI. De acuerdo con el último censo poblacional del INEI realizado en el año 2017, la población en el departamento de Lambayeque fue de 1 197 260 habitantes, lo que representa una variación de 7.6% con respecto al censo del año 2007 [1]. En consecuencia, a medida que la población ha experimentado un crecimiento, también se ha incrementado la demanda en el sector de construcción: tanto de viviendas, servicios y mejora de la infraestructura vial y peatonal. Esta es una actividad importante que aporta al desarrollo de nuevas infraestructuras que tienen como objetivo atender los requerimientos de la población en crecimiento y la economía del país. Sin embargo, las actividades de construcción son una de las principales generadoras de impactos negativos en el medio ambiente.

En la industria de la construcción a nivel nacional, en Perú, así como a nivel mundial, uno de los materiales más destacado por su utilización es el concreto, tanto en construcciones residenciales de pequeña escala como en mega proyectos de ingeniería [2]. En la actualidad, para la fabricación de adoquines destinados a pavimentación, el concreto es el material más común debido a su disponibilidad, bajos costos, durabilidad, resistencia y porque puede ser moldeado en diferentes formas y tamaños, permitiendo que los adoquines se adapten a la necesidad del entorno urbano. No obstante, el cemento es uno de los elementos para la preparación del concreto y según lo mencionado por A. Talaei et al. [3], como efecto de la producción de cemento, se emiten cifras significativas de gases de efecto invernadero, estas emisiones representan alrededor del 5% y 9% del total y tienen su origen en el proceso de calcinación donde por cada kilogramo de clínker se generan 0.5 kg de dióxido de carbono (CO₂). Debido a este problema, con la finalidad de reducir el uso del cemento se ha llevado a cabo diversos estudios para investigar la incorporación de otros materiales cementicios alternativos al concreto [4].

Al mismo tiempo, es alarmante el aumento de residuos sólidos como resultado del incremento demográfico y los hábitos de consumo. Cualquier proceso origina desperdicios; uno

de los más abundantes es el papel y cartón, debido a la inadecuada gestión y la insuficiente valorización de los residuos sólidos, contribuyendo al incremento de la contaminación. Según los datos brindados por el INEI [5] hasta el año 2018, el número de empresas dedicadas a producir papel y cartón han aumentado en un 20%. Asimismo, a nivel nacional, conforme al Anuario de Estadísticas Ambientales, en el año 2020 se generaron un total de 5533582.7 toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 8.1% es papel y cartón, representando en la composición de los desechos municipales, el desecho inorgánico más abundante [6]. En la ciudad de Chiclayo, la situación no es distinta; el cartón representa el 1.797% de la composición de los residuos sólidos, con un total de 4088 kg [7].

Es por esto, que es necesaria la búsqueda de soluciones ante estos problemas, para mitigar sus efectos. Durante los últimos años, el enfoque de investigación se ha centrado en obtener un concreto más económico, con propiedades mecánicas y físicas mejoradas, pero en especial, que sea eco amigable [8]. De manera que, en diferentes estudios se viene experimentado la incorporación de distintos aditivos en el concreto. Uno de ellos es la adición de residuos como el papel y cartón por su contenido de celulosa.

Tal es el caso de J. Lee et. al [4] que investigó la adición de papel periódico desechado en porcentajes de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1% en el mortero de cemento. De acuerdo con las propiedades mecánicas del concreto, encontró que las variaciones de 0.4% y 0.8% son la cantidad más apropiada. Por su parte, Barriga y Bernardo [9] en su tesis adicionaron papel periódico al concreto, llegaron a la conclusión que el principal aporte es la reducción del uso de cemento debido a la propiedad de esponjamiento de la celulosa, resultando un material viable y rentable para la construcción. Asimismo, K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8] utilizaron la celulosa brindada por el papel periódico como remplazo al cemento para bloques de concreto, con el propósito de encontrar la adición óptima. Sus resultados fueron que el 5.05% es el porcentaje óptimo.

Por lo anterior, se conoce que el uso de celulosa en la mezcla de concreto ofrece ventajas significativas, ya que su composición es similar a la del cemento. Esto demuestra que la celulosa puede ser una opción viable en el sector de la construcción [2]. En este contexto, surge la pregunta general del problema: ¿La adición de celulosa de cartón reciclado logrará garantizar el cumplimiento de los requisitos físico- mecánicos para su uso como adoquines de tránsito peatonal?

En la presente investigación, la justificación viene enmarcada en los siguientes aspectos: técnico, social, económico y ambiental.

En el aspecto técnico, esta investigación representa una oportunidad para generar innovación en el entorno de la Ingeniería Civil, puesto que, contribuye a la exploración y creación de nuevas técnicas y procedimientos para la adición de materiales novedosos y beneficiosos en la construcción. En particular, se enfoca en la adición de celulosa obtenida del cartón para la producción de adoquines de concreto con características y propiedades que puedan garantizar su calidad y su utilización como pavimentos peatonales. Esta investigación tiene el potencial para generar métodos de fabricación que brinden mayores beneficios y materiales opcionales, lo cual aportará a la transformación y progreso de la industria de la construcción.

En el aspecto social, la fabricación de adoquines con la adición de cartón reciclado tiene un impacto positivo en la promoción de la práctica del reciclaje, que actualmente en el país es deficiente, solo el 1.9% del total de residuos son reciclados [6]. El aumento de esta actividad puede generar más empleo en el sector del reciclaje e impulsar el desarrollo local de esta industria. Además, promueve la economía circular y reduce la cantidad de desechos acumulados, los cuales generan contaminación y afectan la salud de las personas. Asimismo, al emplear estos adoquines para construir pavimentos peatonales, proporcionarán superficies seguras y favorables para los peatones, mejorando así la accesibilidad y la movilidad urbana.

En el aspecto económico, uno de los beneficios que genera el uso del cartón reciclado en la producción de adoquines es la reducción de costos a comparación de adoquines convencionales. Esto se debe a que el cartón es un material abundante y, al ser un residuo de desecho, tiene un costo mínimo en comparación a otros materiales que se utilizan tradicionalmente en la fabricación de adoquines. Esto a su vez, reduce los costos en la producción y, por consiguiente, el costo final del producto. Además, en Lambayeque se gasta 41.45 soles por habitante en la gestión de residuos [6], entonces, al darle un nuevo uso al cartón de desecho, se puede reducir gastos significativos en la gestión de estos residuos.

En el aspecto ambiental, la aplicación del cartón reciclado como adición en la fabricación de adoquines ayuda a la reutilización y reducción de materiales de desecho. Además, la materia prima en la producción del cartón es la madera, la cual proviene de los árboles. Entonces, al usar el cartón en lugar de los materiales convencionales, se evitará la sobreexplotación de recursos naturales y contribuirá a la protección de los ecosistemas forestales. De esta manera, su uso contribuye a mitigar el impacto negativo causado en el medio ambiente por la acumulación de este residuo y promueve prácticas sostenibles. Otro aspecto importante es que el proceso de calcinación del clinker representa alrededor del 5% y 9% del total de gases de efecto invernadero [4]. Por consiguiente, su utilización brinda un material alternativo a la

cantidad de cemento requerido como principal componente en la elaboración del concreto, lo que lo convierte en un material ecoamigable [10].

Con la finalidad de dar respuesta a la formulación del problema y validar la hipótesis de la investigación, se planteó como objetivo general evaluar las propiedades físicas y mecánicas requeridas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado. Y como objetivos específicos: Identificar las características químicas de la celulosa que se adicionará a los adoquines de concreto para tránsito peatonal; realizar un diseño de mezcla que garantice el cumplimiento de los requisitos de la NTP 399.611[14] para la elaboración de adoquines de concreto de tránsito peatonal con adiciones de 3%, 6% y 9% de celulosa obtenida de cartón reciclado; determinar mediante los ensayos conforme a la NTP 399.604 y NTP 399.624, las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto con y sin la adición de celulosa obtenida de cartón reciclado; comparar los resultados de los ensayos con y sin la adición para determinar la influencia de la celulosa obtenida de cartón reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto; comparar económicamente los costos de materiales directos para la elaboración de los adoquines con porcentajes de adición de celulosa obtenida de cartón reciclado y los adoquines convencionales; y determinar el porcentaje óptimo de las adiciones de celulosa de cartón reciclado que garantice el cumplimiento de los requisitos físico-mecánicos para ser utilizados como adoquines de tránsito peatonal.

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

J. Lee et. al [4] afirman que el cemento, al ser muy utilizado en la actividad constructiva, genera grandes impactos negativos al ambiente durante su producción. Debido a esta problemática, en muchos estudios se busca la aplicación de subproductos de reciclaje en la construcción. En su investigación, evalúan la utilización de papel periódico de desecho como sustituto del cemento en un mortero. Para el procedimiento, se realizó una trituración básica al papel periódico y se añadió en proporciones de 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0% en remplazo del cemento. Luego, se efectuaron pruebas de fluidez, retracción al secado, resistencia a la tracción y compresión y profundidad de carbonatación. De acuerdo con los resultados recopilados en este estudio a los 28 días, la capacidad de resistencia del mortero a la compresión con incorporación de papel periódico fue mayor un 3.2 (16.1%) en contraste con la muestra de control. Además, la profundidad de carbonatación acelerada fue de 1.03-1.61 mm y su resistencia a la carbonatación fue mayor a la muestra de control en un 5.2 (39.4%). Se concluye que a medida que aumente la adición, la fluidez disminuye debido a la alta absorción de agua del papel periódico. Asimismo, la adición mejoró la resistencia a la compresión, carbonatación y tracción, se obtuvo que la cantidad adecuada de adición es de 0.4-0.8%.

B. A. Solahuddin [10] en su artículo científico explican que los recursos naturales son limitados y su explotación tienen consecuencias desfavorables hacia el medio ambiente. Por lo tanto, el uso eficiente de estos recursos es decisiva para lograr una economía circular. En su investigación, proponen el uso del papel y cartón de desecho triturado como aditivos del concreto y evaluar el comportamiento estructural de una viga de concreto armado. Ambos materiales fueron obtenidos de oficinas; se trituraron en tamaños de 1,2cm x 0.2cm x 0.01 cm para el papel y 1,2cm x 0.2cm x 0.05 cm para el cartón. Luego de ser desintegrados, son triturados en tamaños más pequeños. Posteriormente, se realizaron los diseños de mezcla, con 0% para la mezcla de control y para las 3 proporciones de 5 %, 10 % y 15 % de adición de cartón y papel. Conforme el resultado de los ensayos se conoce que la incorporación de cartón y papel en porcentajes de 5% y 10% incrementan el valor del asentamiento. Además, la mezcla con 10% de adición logra la mayor resistencia a la compresión, flexión y a la tracción. La muestra con un aporte favorable al comportamiento estructural de la viga es del 10% de papel y cartón. Los autores concluyen que el papel y cartón tiene un uso potencial como adiciones

con la capacidad de generar una mejora en las propiedades del concreto y el comportamiento estructural de la viga.

Según la investigación realizada por T. Cardinale et al [11] mencionan que es necesario encontrar materiales sostenibles que puedan sustituir en gran parte el uso del cemento. En el estudio que realizaron, plantean explorar las propiedades físicas y mecánicas del papercrete sustituyendo porcentajes volumétricos de papel seco y pulpa en 2%, 5% y 10% por el cemento. Para realizar el estudio, se recolectaron papeles de oficinas. Luego, el material se llevó a la cortadora de papel para posteriormente ser remojado durante 1 día y secado en un horno durante la noche. Posteriormente, se sometió a trituración en una licuadora. La pulpa fue el residuo del proceso de fabricación del papel, fue secado y se buscó su homogenización. Finalmente, se realizaron los diseños de mezcla para los 3 porcentajes. Además, se realizaron ensayos mecánicos y físicos a las muestras (compresión, flexión y absorción de agua) y pruebas térmicas. Según esto, resultó que la resistencia a la flexión y compresión disminuyen a medida que se aumentaba la pulpa o papel. A excepción de la muestra con 5% pulpa en resistencia a la flexión. Con 10% de sustitución, la resistencia a compresión con pulpa es mayor que cuando se usa papel. Por otro lado, el porcentaje de absorción cuando se usa papel aumenta según aumente la cantidad de adición. En cambio, al usar pulpa el comportamiento es contrario, a medida que aumenta el porcentaje de pulpa, menor es la absorción de agua en comparación a la MP. Se llega a la conclusión de que, el papercrete podría aplicarse como un nuevo material sostenible. Sin embargo, la resistencia a la compresión y flexión disminuyen conforme se incrementa la cantidad de papel o pulpa usado, con 10% de papel disminuye 41.51% y con pulpa 35.79%.

Antecedentes Nacionales

K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8] en su tesis de pregrado afirman que la producción del Clinker sitúa a la industria cementera como una de las primordiales emisoras de gases de efecto invernadero. Por ello, es imprescindible buscar materiales de construcción sostenibles e innovadores. En su investigación, tienen como objetivo encontrar el porcentaje óptimo de celulosa conseguida de papel periódico, replazándola en el cemento y utilizarlo en unidades de albañilería. La celulosa se obtuvo a través de un procedimiento de pulpeo, luego se pasó por el tamiz N°8 para posteriormente ser agregado a la mezcla en porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. Una vez que las muestras ya fueron curadas en agua, se realizaron ensayos de densidad y compresión. Los resultados obtenidos evidencian que la absorción de agua aumenta y la densidad disminuye, lo que hace que el concreto sea más ligero y adecuado para la fabricación de bloques más livianos. Además, con las adiciones de 5% y 10% la resistencia

a la compresión se vio afectada levemente. Se concluye que la adición óptima resulta en un 5.05% de adición en la mezcla de concreto, adquiriendo 75.20kg/cm^2 de resistencia y 2.06kg/m^3 para la densidad. Es posible ahorrar por metro cúbico de concreto un 2.78%. Asimismo, el bloque elaborado obedece los estándares y exigencias de la normativa peruana E070.

Según la investigación realizada por L. A. Reyes et. al [12] mencionan que el concreto y el ladrillo son los materiales más utilizados para las construcciones en Perú, no obstante, son materiales que dañan los suelos y su precio no es accesible para todos. En consecuencia, en su investigación, proponen determinar la proporción óptima para la elaboración de ladrillos para muros no portantes en base al reciclaje del papel bond. El proceso de preparación de la mezcla se inició con la recolección del papel desechado. Este papel fue cortado en pequeños pedazos y se remojó durante 3 días. Luego, el papel fue triturado y se dejó secar en forma de agregado grueso. Pasados 7 días se realizó la mezcla con 5 proporciones en cemento, arena y papel reciclado (1:1:1, 1:1:2, 1:1:3, 1:2:2 y 1:2:3), pasados los 28 días se realizó el ensayo de compresión. Según los resultados, la proporción de 1:1:1 logró la resistencia a la compresión más superior con 84kg/cm^2 y la menor fue de la proporción 1:2:3 con 17kg/cm^2 . Se llegó a la conclusión que la proporción ideal es la de 1:1:1 porque obtuvo la mayor resistencia y superó los requisitos de la norma E080 y E070. Asimismo, las otras cuatro proporciones superaron el requisito mínimo para muros no portantes, pero solo la de 1:1:1 superó también los 50kg/cm^2 para muros portantes.

En su tesis, G. M, Chahuayo [13] mencionan la problemática causada debido a la gran acumulación de residuos que causan contaminación, la sobreexplotación de los bienes naturales en la búsqueda de materias primas y la necesidad de buscar un concreto con mejores propiedades, que sea viable y ecológico. Por ello, en su estudio adicionan papel reciclado con forma redondeada en porcentajes de 5%, 10% y 15% y como remplazo de la piedra chancada. Como parte del proceso, se obtuvo el papel bond del reciclaje de las viviendas en Huancavelica y de manera manual se realizó la forma redonda del papel para luego elaborar las muestras de probetas de concreto. Según los resultados, la muestra con 5% de adición obtuvo mejor resultado de resistencia a la compresión con 77.03kg/cm^2 , de tal manera, se concluye que la adición tiene influencia en la resistencia a la compresión del concreto, y el valor reduce conforme se incrementa el porcentaje de adición.

Bases teóricas

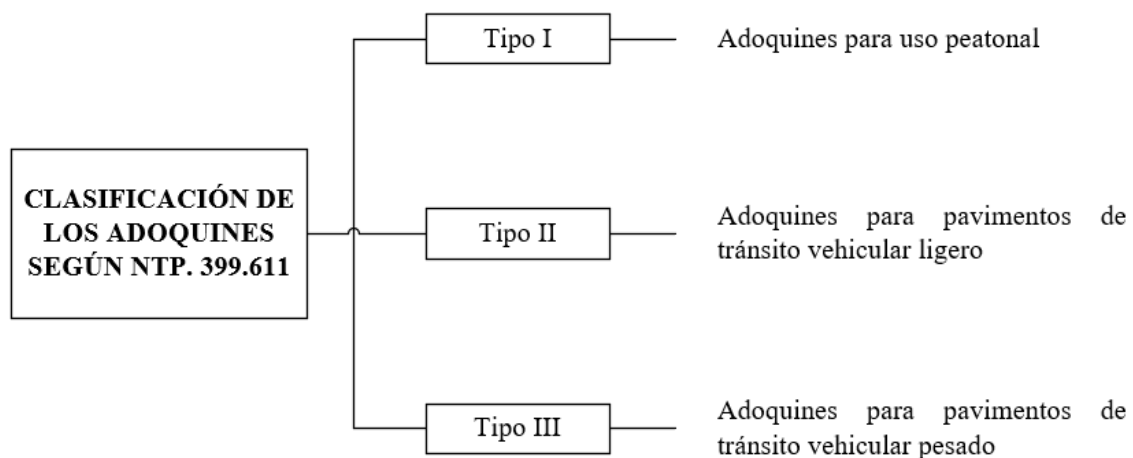
Adoquines de concreto

Son unidades sólidas, con espesores uniformes que satisfacen los requisitos de la normativa y prefabricados de una mezcla concreto simple, compuesta por cemento, agua y agregados (fino y grueso) [14]. Componen el principal elemento de los pavimentos articulados por su alta calidad, capacidad de soportar pesadas cargas, resistir efectos del clima y brindar seguridad y comodidad para la superficie de rodadura. Además, es fácil de mantener o reparar y pueden ser de diferentes formas y colores, lo que lo hace una opción estética para los espacios peatonales o vehiculares [15].

Clasificación de los adoquines

Los adoquines se clasifican en tres tipos según su uso y capacidad de carga: Tipo I, Tipo II y Tipo III [14].

Figura 1: Clasificación de los adoquines



Fuente: (NTP 399.611)

Requisitos para la evaluación de adoquines según normativa

- **Tolerancia dimensional**

De acuerdo con la normativa [14] este requisito es aplicado en los tres tipos de adoquines. Hace referencia a la variabilidad de sus dimensiones donde como requisito se deber cumplir para la longitud y el ancho como máximo $\pm 1.6\text{mm}$ y para el espesor máximo $\pm 3.2\text{mm}$.

Tabla 1: Límites de tolerancia Dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1.6	± 1.6	± 3.2

Fuente: (NTP 399.611)

- **Absorción**

Sobre los requisitos de máxima absorción, se tiene en cuenta las indicaciones de la siguiente tabla [14]:

Tabla 2: Porcentaje de Absorción

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Fuente: (NTP 399.611)

- **Resistencia a la compresión**

Se especifica de acuerdo a la tabla siguiente [14]:

Tabla 3: Resistencia a la compresión y espesor nominal

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (Peatonal)	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥80	55 (561)	50 (510)

Fuente: (NTP 399.611)

- **Resistencia a la flexión**

Según lo especificado en la INTITEC 339.124 [16], la resistencia a la tracción por flexión no debe ser menos de 4.9 MPa (50 kg/cm²).

- **Resistencia a la abrasión**

Debe ser cumplida por los adoquines destinados a pavimentos de tránsito pesado. Como requisito las unidades no deben perder un volumen que exceda a 15 cm³/50 cm² y perder más de 3mm del promedio del espesor [14].

- **Resistencia al congelamiento y deshielo**

Esta propiedad se comprueba por su comportamiento en el campo o mediante un ensayo en un laboratorio. Cuando se utiliza ensayos, las unidades sometidas a 50 ciclos de congelamiento y deshielo deben de no perder más de 500g/m² de la masa seca y no romperse [14].

Ensayos para los adoquines de concreto

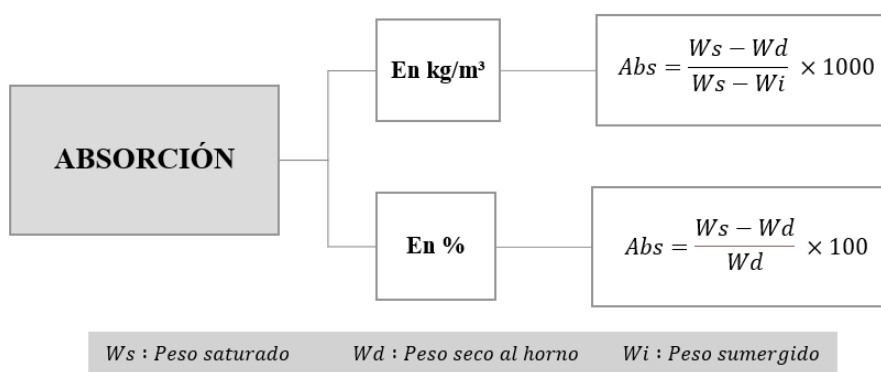
- **Ensayo de tolerancia dimensional**

La NTP 399.604 [17] indica que como procedimiento para este ensayo se debe medir el ancho, altura y longitud de tres unidades, utilizando una regla graduada de 1mm. Además, es necesario tomar medidas y anotar la altura en la longitud media, el ancho en el centro de las áreas de soporte superior e inferior y de cara a cara, también la altura de la longitud media.

- **Ensayo de absorción**

Para este ensayo es necesario usar tres unidades enteras previamente pesadas e identificadas y una balanza dentro del 0.5% de sensibilidad del peso de la unidad más pequeña. Durante 24 horas, a una temperatura de 15.6°C - 26.7°C, los especímenes deben ser sumergidos en agua y pesados. Luego de 1 minuto de drenado al sacarlos del agua se registran pesos. Posteriormente, se realiza el secado en el horno de 100°C-115°C por un tiempo no menor a 24 horas, se vuelve a tomar los pesos de las unidades secadas y se realizan los cálculos, aplicando la fórmula indicada a continuación [17].

Figura 2: Fórmula para determinar la absorción

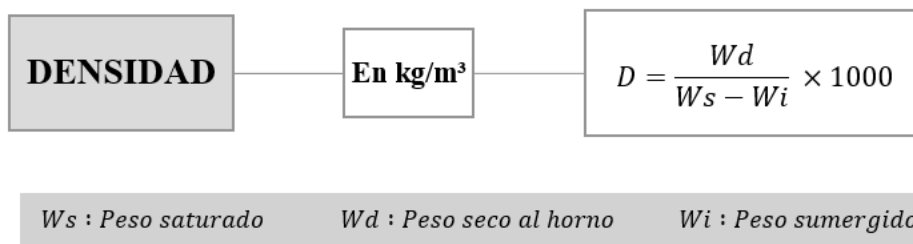


Fuente: (NTP 399.604)

- **Densidad**

Se calcula de las unidades previamente secadas usando la fórmula donde la densidad (D) es igual a la división del peso seco (Wd) entre el peso saturado (Ws) menos el peso sumergido (Wi), multiplicado por 1000, en unidades de kg [17].

Figura 3: Fórmula para determinar la densidad



Fuente: (NTP 399.604)

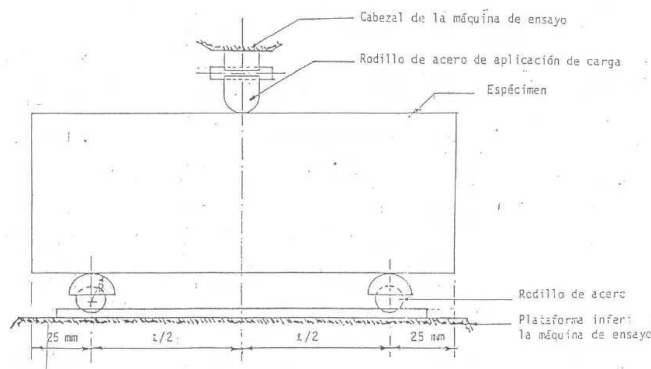
- **Ensayo de resistencia a la compresión**

En este ensayo, se hará uso de una máquina de ensayo que tiene una rótula con disco encargada de transmitir la fuerza aplicada y un bloque plano donde se apoya la unidad de adoquín a ser ensayado, con el punto central de sus superficies de soporte. A continuación, se aplica la carga y se anota el valor máximo de la carga soportada [17].

- **Ensayo de resistencia a la tracción por flexión**

Este ensayo se basa en someter al espécimen a probar que se encuentra apoyado en sus extremos a una carga lineal que va aumentando hasta que provoque la rotura. Se requiere la máquina para el ensayo, regla milimetrada de acero y tres barras de 20 mm de radio lisas, con mayor longitud que el ancho del adoquín. De estas, dos se utilizarán como apoyos y la tercera para aplicar la carga sobre el espécimen. Una vez realizado el ensayo, se debe medir el ancho y espesor promedio en la sección de rotura del adoquín [16].

Figura 4: Diagrama del ensayo de tracción por flexión



Fuente: (ITINTEC 399.124)

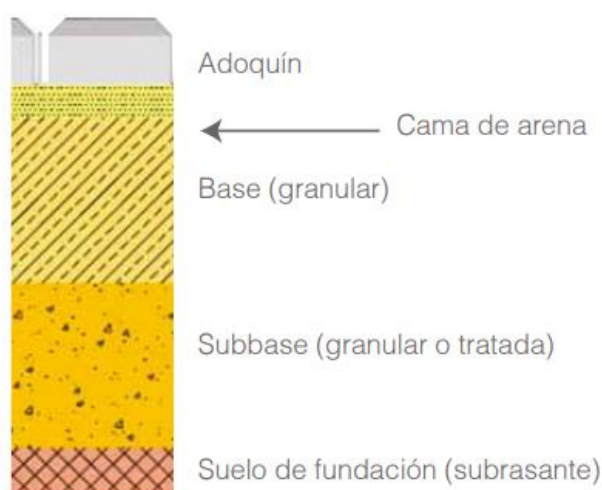
- **Ensayo de resistencia a la abrasión**

La NTP 399.624 establece que el adoquín debe ser un elemento íntegro, limpio y seco. La superficie visible debe presentar una planitud dentro de una tolerancia de ± 1 mm. En caso de que la cara visible tenga una textura rugosa, se requiere un ligero pulido para lograr una superficie lisa dentro de los límites permitidos. Posteriormente, se debe cepillar la cara visible con cerdas fuertes y aplicar un tinte superficial para facilitar la medición de la huella. Este ensayo implica someter a los adoquines a un flujo de material abrasivo que es llenado en la tolva bajo condiciones normadas, utilizando un disco metálico que ejerce presión sobre la cara visible del adoquín. La longitud de la huella resultante en el adoquín es medida y utilizada como indicador de su resistencia al desgaste por abrasión [18].

Pavimentos articulados

Son un tipo de pavimento que utiliza como capa de rodamiento una superficie hecha con bloques prefabricados de concreto que se encuentran entrelazados. Estos bloques se colocan sobre una cama de arena compactada que forman un mecanismo de conexión mecánica entre los adoquines y esta cama de arena se apoya en la base o sub base granular o de manera directa sobre la subrasante. El uso de pavimentos con adoquines intertrabados es muy común en áreas urbanas, plazas, veredas o calles peatonales [19].

Figura 5: Estructura del pavimento articulado



Fuente: Manual de diseño de pavimentos articulados

Ventajas de los pavimentos articulados

Son muchas las ventajas que brindan este tipo de pavimentos, dentro de ellas podemos mencionar su durabilidad, el bajo costo para su adquisición y mantenimiento, la capacidad para distribuir cargas de manera uniforme logrando disminuir los agrietamientos y deterioro, su fácil instalación y sustitución se logra debido a la geometría y el tamaño que poseen. Además, para su colocación no es necesario contar personal especializado, se adaptan a las condiciones del suelo, a los ciclos de hielo, deshielo y soporta grandes temperaturas [19].

Concreto

Este material se compone por cemento, agua y agregados, en algunos casos es necesaria la incorporación de un aditivo. Además, es muy utilizado en la construcción debido a sus propiedades de resistencia, durabilidad y capacidad de moldearse en diversas formas y tamaños. El cemento actúa como aglutinante, uniendo los agregados y proporcionando resistencia al material endurecido. El agua se mezcla con el cemento para iniciar una reacción química conocida como hidratación, que resulta en el endurecimiento del concreto [15].

Cemento portland y su fabricación

El cemento hidráulico es un material pulverizado obtenido a partir del clinker, que contiene principalmente silicatos de calcio hidráulicos, sulfato de calcio y probablemente en la etapa de trituración, se incorpora caliza [20]. Su adquisición es fácil, y tiene la propiedad al ser mezclado solo con agua o con agregados finos o gruesos, de endurecerse lentamente hasta formar una masa sólida. Fundamentalmente, consiste en clinker molido finamente, que se obtiene mediante la cocción de mezclas con cantidades específicas de cal, alúmina, hierro y sílice a temperaturas elevadas y en grandes hornos giratorios. Además, durante la molienda con el propósito de controlar el fraguado se añade yeso en 3% o 4% [15].

- **Clasificación del cemento**

De acuerdo con sus propiedades específicas, los tipos de cemento se clasifican en cinco tipos. El tipo I se utiliza cuando no se necesitan propiedades o características especiales. El tipo II se usa cuando se solicita calor de hidratación y una resistencia a los sulfatos moderada. El tipo III es usado para resistencias altas. El tipo IV se utiliza cuando lo que se busca es un calor de hidratación bajo. El tipo V se emplea para lograr resistencias altas a la exposición de sulfatos [20].

Agua

Para la elaboración del concreto se puede utilizar agua potable o las que no tienen sabor u olor. También es posible usar aguas no potables cuando no se encuentre disponible el agua potable pero siempre y cuando cumplan con los límites establecidos a continuación [21].

Tabla 4: Agua para mezcla y curado: límites permitidos

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Fuente: (NTP 339.088)

Agregados

Son materiales inertes, son conocidos como áridos, forman el concreto o morteros al combinarse con el agua y el cemento. Deben ser resistentes y duraderos ya que representan alrededor del 75% de una mezcla de concreto. Asimismo, para que exista una adecuada unión entre los agregados y la pasta cementosa, estos deben tener su superficie sin impurezas (limo, materia orgánica y barro) [22].

Clasificación de los agregados

Estos se clasifican según su:

- **Naturaleza.** - en agregado fino, agregado grueso y hormigón. El agregado fino se obtiene mediante la fragmentación de las rocas, atraviesa la malla de 3/8" y queda retenido en la N° 200. El agregado grueso es aquel que no pasa la malla N°4, puede clasificarse en grava y piedra chancada. El hormigón es una combinación de grava y arena que se encuentra de manera natural [22].
- **Densidad.** - pueden clasificarse en tres categorías: los agregados de peso normal son aquellos que poseen entre 2.5 a 2.75 de peso específico. Los agregados ligeros son aquellos cuyo peso es inferior a 2.5. Los agregados pesados se refieren a aquellos con un peso específico superior a 2.75 [22].
- **Forma.** - pueden ser: angular, sub angular, redondeada y muy redondeada.

- Angular: tiene bien definidos los bordes.
 - Sub angular: es notable el deterioro pequeño en los bordes y caras.
 - Redondeada: con bordes casi inexistentes porque han sufrido desgaste.
 - Muy redondeada: no tiene bordes ni caras
- **Tamaño:** en agregados finos y gruesos.

Ensayos de los agregados

- **Contenido de Humedad para el agregado fino y grueso**

Para la realización de este ensayo se utilizan aparatos como balanza, fuente de calor como un horno, espátula y una tara para la muestra. La muestra es establecida de acuerdo con lo especificado en la tabla 5:

Tabla 5: Cantidad de muestra de agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0.187) (N°4)	0.5
9,5 (3/8)	1.5
12,5 (1/2)	2
19,0 (3/4)	3
5,0 (1)	4
37,5 (1 1/2)	6
50,0 (2)	8
63,0 (2 1/2)	10
75,0 (3)	13
90,0 (3 1/2)	16
100,0 (4)	25
150 (6)	50

Fuente: (NTP 339.185)

Los pasos a seguir para determinar el contenido de humedad están establecidos en la NTP 399.185 [23]. Primero, se procede a pesar la masa de la muestra, la cual se coloca en un recipiente y se somete a secado en la fuente de calor elegida. Una vez que la muestra ha perdido menos del 0.1% de su masa como consecuencia de la fuente de calor, estará completamente seca y debe ser retirada de la fuente de calor. Posteriormente, se deja enfriar la muestra que fue retirada de la fuente de calor y se vuelve a pesar. Finalmente, mediante la diferencia de ambos pesos se calcula el contenido de humedad total evaporable de la muestra.

- **Análisis granulométrico para el agregado fino y grueso**

En este ensayo, se emplean varios instrumentos, incluyendo una balanza, tamices que se ajusten a la normativa, un agitador mecánico si la cantidad de muestra es mayor a 20 kg y un horno configurado a una temperatura de 110°C.

Primero se debe realizar el muestreo respectivo según lo que indica la NTP 400.010 [24], para el agregado fino la cantidad mínima será de 300g, para el agregado grueso de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 6: Mínima cantidad de muestra de Agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/3)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: (NTP 400.012)

El procedimiento comienza con la colocación de la muestra al horno para secar a una temperatura de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Luego, se eligen los tamices con dimensiones apropiadas, se disponen en orden descendente de acuerdo con su abertura. Después, la muestra de agregado es colocada en el tamiz superior y se empieza a agitar. Los tamices se pueden agitar de manera adecuada utilizando un dispositivo mecánico o realizando la acción de manera manual durante un período de tiempo adecuado. Posteriormente, se pesa el agregado retenido en cada tamiz y comparar que el peso total después del tamizado no exceda el 0.3% del peso original. Finalmente, se calcula el porcentaje que pasa, los porcentajes retenidos totales con aproximación al 0.1% y se grafica la curva granulométrica [25].

- **Peso específico y absorción del agregado fino y grueso**

Este ensayo está basado en la NTP 400.022 [26], como aparatos se utiliza una balanza, un frasco con capacidad de 500cm^3 , molde cónico, barra compactadora de metal y el horno.

El procedimiento se realiza siguiendo los pasos descritos a continuación:

- 1. Preparar la muestra:** la muestra de agregado fino se sumerge en agua y se deja en reposo durante 24 horas. Posteriormente, se extiende en una superficie plana, removiéndola constantemente hasta que seque de manera uniforme. Luego, la muestra es colocada en un molde cónico en tres capas y se aplican 25 golpes suaves con una barra de metal en la superficie. Al levantar el molde, si mantiene su forma indica presencia de humedad libre, por lo que se debe continuar con el secado. En cambio, si el cono se derrumba quedando la $\frac{3}{4}$ parte al retirar el molde, significa que el agregado fino ha alcanzado la condición de superficie seca.
2. De esta muestra preparada, se pesa 500 gr y se introduce en el frasco que previamente también fue pesado. Luego, se llena con agua hasta cerca de la marca de 500 cm³ y se agita ligeramente para expulsar el aire.
3. Se deja reposar durante 24 horas, pasado este tiempo, se añade agua hasta los 500 500 cm³ y se registra el peso.
4. Después, el material es vaciado en una tara, se extrae el agua y esa muestra se lleva al horno y finalmente se pesa.
5. Los resultados se obtienen mediante el cálculo y aplicando las siguientes fórmulas:

Tabla 7: Fórmulas para el cálculo de peso específico

Pesp específico de masa (Pem)	Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS)
$P_e = \frac{W_0}{(V - V_a)} \times 100$	$P_{eSSS} = \frac{W_0}{(W_0 - V_a)} \times 100$
Pesp específico aparente (Pea)	Absorción (Ab)
$P_{ea} = \frac{W_0}{(V - V_a) - (V - W_0)}$	$A_B\% = \frac{(500 - W_0)}{W_0} \times 100$

Donde :

Pe : Peso específico de masa

W₀ = Peso en el aire de la muestra secada (g)

V = Volumen del frasco (cm³)

V_a = Peso en (g) o en volumen (cm³) del agua añadida al frasco

Fuente: (NTP 400.022)

- **Peso unitario suelto y compactado de los agregados**

Según la NTP 400.017 [27], para este ensayo se emplean una balanza, barra compactadora, recipiente de medida cilíndrico y un cucharón de mano.

Procedimiento para el peso unitario suelto

Para determinar el peso suelto se debe llenar el molde de medida con una pala o un cucharón hasta que se derrame, la altura desde la que se añade el agregado no debe sobrepasar las dos pulgadas. Cualquier exceso de agregado se elimina utilizando una regla. Se registran los pesos del molde y del molde con la muestra.

Procedimiento para el peso unitario compactado

El procedimiento para determinar el peso seco compactado puede ser mediante el apisonamiento o el método de percusión. Para el método de apisonado primero se determina el peso del recipiente de medida vacío. Luego, se usa un cucharón o pala para llenar el molde cada 1/3 y se compacta con la barra al distribuir de manera uniforme 25 golpes en la superficie de cada capa. Es importante que la barra llegue hasta la capa final del agregado dentro del molde. Posteriormente, utilizando la barra como regla, se enrasa el agregado que sobra y al final se registra el peso total del recipiente con el agregado.

- **Resistencia a la degradación por abrasión en agregados**

La NTP 400.019 [28] precisa que los aparatos utilizados para este ensayo son: La máquina de Los Ángeles, tamices, balanza y carga. La máquina de Los Ángeles consiste en un cilindro de acero hueco con un grosor de pared mínimo de 12,4 mm y se encuentra sellado en sus extremos. El cilindro posee un diámetro interno de 711 mm y una longitud interna de 508mm. Se instala sobre ejes salientes para facilitar la rotación horizontal con una tolerancia de inclinación de 1 en 100. Además, cuenta con una abertura destinada a la introducción de la muestra y una cubierta hermética al polvo que se puede asegurar mediante tornillos. La carga es un juego de esferas de acero con diámetros que varían entre 46 y 48, con una masa de 390 a 445 gr cada una. La carga dependerá de la granulometría de ensayo, según lo especificado en la siguiente tabla.

Tabla 8: Carga

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: (NTP 400.019)

Tabla 9: Granulometría de las muestras a ensayar

Tamiz mm (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	-	-	-
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25	-	-	-
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
9,5 mm (¾ pulg)	6,3 mm (¼ pulg)	-	-	2500 ± 10	-
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N°4)	-	-	2500 ± 10	-
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: (NTP 400.019)

El proceso para llevar a cabo este ensayo comprende varios pasos. En primer lugar, se inicia con la preparación de la muestra mediante el lavado y secado en el horno. Posteriormente, la muestra preparada se introduce en la máquina de Los Ángeles junto con la carga y se somete a una rotación entre 30 a 33 revoluciones por minuto, realizando un total de 500 revoluciones. Una vez completado este paso, se retira el material de la máquina y se realiza una separación inicial utilizando un tamiz de abertura superior al N°12. Seguidamente, se procede a tamizar mediante el tamiz N°12. El material más grueso que la malla N°12 se lava y luego se seca en el horno a una temperatura de $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Por último, se determina el peso resultante, a partir del cual se calcula la pérdida de masa como un porcentaje con respecto a la masa original de la muestra.

Tabla 10: Resistencia Mecánica

Tipo de Resistencia Mecánica	% Máximo
Abrasión (Método de los Ángeles)	50
Impacto	30

Fuente: (NTP 400.037)

Diseño de mezcla

Es el proceso a través de pruebas y cálculos para determinar la composición y proporciones adecuadas de los materiales que se utilizarán en la elaboración de una mezcla de concreto o mortero con características específicas. Durante el diseño de mezcla, se consideran diversos factores, como los tipos y características de los materiales disponibles (cemento, agregados, aditivos, agua) y el objetivo principal es lograr un material que cumpla con los requisitos deseados en términos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y otros aspectos relevantes para su aplicación específica [19].

Método ACI 211

El método ACI 211 [29] se refiere a las recomendaciones establecidas por el Instituto Americano del Concreto (ACI) para el diseño de mezclas de concreto. El ACI 211 proporciona directrices detalladas y específicas sobre los materiales, proporciones y procedimientos necesarios para obtener mezclas de concreto de alta calidad y rendimiento adecuado en diferentes aplicaciones de construcción.

Este método abarca aspectos importantes como la selección de agregados, la proporción correcta de cemento, la relación agua-cemento, el contenido de aire, el diseño de resistencia y otros factores fundamentales para garantizar la durabilidad y resistencia del concreto. El ACI 211 es ampliamente reconocido y utilizado en la industria de la construcción como una referencia confiable para el diseño de mezclas de concreto [19].

1. Este método de diseño se basa en la utilización de tablas y sigue los siguientes pasos:

Tabla 11: Pasos Método ACI 211

SECUENCIAS DEL MÉTODO ACI 211 DE DISEÑO DE MEZCLAS
1. Selección de la resistencia requerida (f_{cr})
2. Determinación del TMN del agregado grueso
3. Selección del asentamiento
4. Determinar el contenido de agua Tabla N°16
5. Seleccionar el contenido de aire atrapado Tabla N°16
6. Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad. Tabla N°17 y 18
7. Determinación del factor cemento
8. Seleccionar el peso del agregado grueso según la Tabla N°19
9. Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino
10. Cálculo del volumen del agregado fino
11. Cálculo del peso seco del agregado fino
12. Determinación los valores del cemento, agua de diseño, aire, agregado grueso y fino (kg/m^3)
13. Determinación de la proporción en peso, de diseño y de obra
14. Determinación de los pesos por tanda de una bolsa

Fuente: ACI 211

Tabla 12: Determinación del Contenido De Agua

SLUMP	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3 / 8 " (9.5 mm.)	1 / 2 " (12.5 mm.)	3 / 4 " (19 mm)	1 " (25 mm)	1 1 / 2 " (37.5 mm)	2 " (50 mm)	3 " (75 mm)	6 " (150 mm)
1" = 25 mm								
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2" (25 a 50 mm)	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4" (75 a 100 mm)	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7" (150 a 175 mm)	243	228	216	202	190	178	160	---
Porcentaje (%) de Aire Atrapado								
% Aire Atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2" (25 a 50 mm)	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4" (75 a 100 mm)	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7" (150 a 175 mm)	216	205	197	184	174	166	154	---
Porcentaje (%) de Aire incorporado según el grado de exposición (Congelamiento) **								
Exposición Leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición Severa	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI 211

Tabla 13: Relación A/C - Resistencia

f'cr A LOS 28 DIAS (kg/cm ²)*	C° S/ AIRE INCORPORADO	C° C/AIRE INCORPORADO
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33
450	0.38	0.31

Fuente: ACI 211

Tabla 14: Relación A/C - Durabilidad

Condición de la exposición	Relación máxima A/mc (en peso) para C° de peso normal *	f'c mínimo (Kg/cm ²) para concretos de peso normal o con agregados ligeros*
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0.50	280
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	310
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0.40	350

Fuente: RNE E.060

Tabla 15: Volumen del AG

Tamaño máximo nominal del A.G.	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de C ^o , para diversos módulos de finura (b/b _o)			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8" (9.5 mm.)	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2" (12.5 mm.)	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4" (19 mm.)	0.66	0.64	0.62	0.60
1" (25 mm.)	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2" (37.5 mm.)	0.75	0.73	0.71	0.69
2" (50.0 mm.)	0.78	0.76	0.74	0.72
3" (75.0 mm.)	0.82	0.80	0.78	0.76
6" (150 mm.)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211

Cartón

Es un material que se usa para fabricar envases, embalaje y cajas. Su elaboración se basa en papel resistente que se obtiene al unir muchas capas de papel juntos. Posee tres capas, la capa del medio es corrugada ya sea fina o gruesa para proporcionarle estabilidad. También es un material reciclable que se puede utilizar para fabricar nuevos productos. Puede ser de primera, cuando su uso ha sido mínimo y se encuentra en perfectas condiciones o de segunda cuando ya proceden del reciclaje y su condición no es buena [13].

Celulosa

Es el principal constituyente de la madera, es la principal materia para elaborar todo tipo de papeles y está compuesta por glucosa. La lignina permite unir las fibras y brindarles rigidez. La celulosa tiene propiedades : mecánicas como resistencia a la tracción, abrasión, fragmentación y compresión; ópticas, entre ellas la opacidad, la blancura y el brillo; también de textura, entre estas la porosidad, gramaje y permeabilidad [9].

Tabla 16: Propiedades de la celulosa

Propiedades físicas	Propiedades Mecánicas
* Solubilidad	* Inolora
* Viscosidad	* Hidrofílica
* Grado de polimerización	* Insoluble
* Concentración de la madera	* Biodegradable

Fuente: Bazán y Ruiz

Composición química de la celulosa

Dentro de los constituyentes no celulósicos, se encuentran hemicelulosas, ligninas, extractos y minerales. Las hemicelulosas son polisacáridos con estructuras similares a la sacarosa. Las ligninas son polímeros altamente polimerizados y complejos, desempeñan un papel clave en las fibras como aglutinante. Los extractos de la madera contienen una variedad de compuestos como grasas, alcoholes, aceites esenciales, fenoles, ceras, ácidos aromáticos, etc. Por último, los minerales presentes en la madera son elementos que se encuentran en pequeñas cantidades y pueden incluir sílice, calcio, potasio, hierro, entre otros [8].

Tabla 17: Constituyentes químicos de las fuentes

	Maderas blandas	Maderas duras	Paja	Bambú	Algodón
Carbohidratos celulosa	38-46	38-49	28-42	26-43	80-85
Hemicelulosa	23-31	20-40	23-38	15-26	n.d.
Lignina	22-34	16-30	12-21	20-32	n.d.
Extraíbles	1-5	2-8	1-2	0.2-5	n.d.
Minerales y otros compuestos inorgánicos	0.1-7	0.1-11	3-20	1-10	0.8-2

Fuente: K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori

Tipos según el proceso de obtención de celulosa

En base al procedimiento para obtener la celulosa, puede ser celulosa mecánica o química. La celulosa mecánica se consigue mediante un proceso mecánico que implica triturar la madera en una máquina para luego pasar por un proceso de blanqueamiento en el cual, para separar la lignina de la celulosa, se expone a la madera a temperaturas y presiones elevadas. Posteriormente, se realiza un proceso de lavado y secado, y finalmente se clasifica. En cambio, la celulosa química se obtiene al cocer a la madera en un digestor a elevadas temperaturas para diluir la lignina, es un proceso más largo y costoso que el mecánico [2].

Extracción de celulosa de cartón

Después de haber obtenido el cartón de diferentes fuentes de reciclaje, se extrae la celulosa por un procedimiento mecánico, se empieza a rasgar los cartones con uniformidad, luego es sumergido en agua por tres días. Después, se coloca los cartones desmenuzados en una licuadora. Posteriormente, se filtra la pulpa del cartón por la malla N°200 y se seca a una temperatura de 200°C en un horno. A continuación, la celulosa se muele manualmente en un molino hasta obtener una textura similar al polvo [8].

Materiales y métodos

Tipo y nivel de Investigación

Según su propósito, el tipo de investigación es aplicada, porque se basa en los aportes teóricos y conocimientos previamente investigados y adquiridos, con el propósito de aplicarlos y ofrecer una solución inmediata a un problema. De acuerdo con los tipos de datos que se van a analizar, es una investigación cuantitativa, porque utiliza la medición numérica o estadística para dar respuesta a las interrogantes de la investigación y comprobar la hipótesis planteada. Según la metodología empleada para probar la hipótesis es de nivel experimental ya que el investigador realizará la manipulación de la variable independiente [30].

Diseño de investigación

El diseño de investigación será experimental pura porque se realizará el experimento mediante variables que han sido manipuladas a través de un grupo experimental y de control [30]. En esta investigación se manipulará las proporciones de celulosa obtenida del cartón reciclado (variable independiente) en 3 porcentajes (3%, 6% y 9%) en adición en peso del cemento, con el propósito de realizar la evaluación de las propiedades del adoquín de concreto para tránsito peatonal (variable dependiente).

Población, muestra, muestreo

Población

La población es el grupo de elementos que serán objetos de investigación o estudio [30]. En la presente investigación la población son todos los adoquines de concreto que serán elaborados con la adición de celulosa obtenida de cartón reciclado en porcentajes de 3%, 6% y 9% y la muestra patrón.

Muestra

En esta investigación, la muestra lo conforman 144 adoquines, de los cuales, se destinó 6 unidades para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas por cada porcentaje de variación de adición de celulosa obtenida de cartón reciclado.

De acuerdo con la NTP 399.604 [18] se deben seleccionar por cada grupo, 6 unidades, igual o menores de 10 000 y 12 unidades si el lote es mayor a 10 000 y menor de 100 000, para

efectuar las pruebas de absorción, resistencia a la compresión, contenido de humedad y peso unitario. Según esto, se decidió utilizar 6 unidades debido a que en la investigación se analizara la unidad del adoquín además que la NTP 399.611 [14] para verificar el cumplimiento de los requisitos solo pide el promedio de 3 unidades.

La cuantificación de la muestra se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 18: Número total de muestras

Adoquines con adición de celulosa de cartón reciclado	Variación Dimensional, Densidad y Absorción	Resistencia a la compresión (7, 14, 28 días)	Resistencia a la tracción por flexión (28 días)	Resistencia a la abrasión
Adoquin patrón	6	18	6	6
Adoquin con 3%	6	18	6	6
Adoquin con 6%	6	18	6	6
Adoquin con 9%	6	18	6	6
Adoquines por ensayo	24	72	24	24
TOTAL DE ADOQUINES			144	

Fuente: Autoría propia

Muestreo

El tipo de muestreo aplicado a esta investigación es no probabilístico, debido a que los adoquines no serán seleccionados según la probabilidad sino según las características de la investigación y la elección del investigador. Asimismo, se realizará un muestreo por cuotas que implica la elección de los elementos que serán estudiados, en relación a la proporción que tienen respecto al total de la población [30].

La distribución de las muestras según el tipo de ensayo se muestra a continuación:

Tabla 19: Cantidad de muestras para ensayar la resistencia a la flexión

Adoquines con adición de celulosa de cartón reciclado	Resistencia a la tracción por flexión
Adoquin patrón	6
Adoquin con 3%	6
Adoquin con 6%	6
Adoquin con 9%	6
Total	24

Fuente: Autoría propia

Tabla 20: Cantidad de muestras para ensayar la absorción, tolerancia dimensional y densidad

Adoquines con adición de celulosa de cartón reciclado	Variación Dimensional, Densidad y Absorción
Adoquin patrón	6
Adoquin con 3%	6
Adoquin con 6%	6
Adoquin con 9%	6
Total	24

Fuente: Autoría propia

Tabla 21: Cantidad de muestras para ensayar la resistencia a la compresión

Ensayos	Número de muestras				Adoquines por ensayo
	0%	3%	6%	9%	
Resistencia a la compresión 7 días	6	6	6	6	24
Resistencia a la compresión 14 días	6	6	6	6	24
Resistencia a la compresión 28 días	6	6	6	6	24
Total	18	18	18	18	72

Fuente: Autoría propia

Tabla 22: Cantidad de muestras para la resistencia a la abrasión

Adoquines con adición de celulosa de cartón reciclado	Resistencia a la abrasión
Adoquin patrón	6
Adoquin con 3%	6
Adoquin con 6%	6
Adoquin con 9%	6
Total	24

Fuente: Autoría propia

Criterio de selección

Para este estudio se utilizaron los siguientes criterios de selección:

- El cartón reciclado será proveniente de los hogares de amigos, familiares y pequeños comercios de la provincia de Chiclayo, deben estar limpios de cualquier impureza y en óptimas condiciones.
- La celulosa del cartón reciclado fue adicionada en porcentajes de 3%, 6% y 9% puesto que, en las investigaciones anteriores, este es el intervalo en el cual se logró obtener resultados positivos en las propiedades del concreto, en algunos casos superiores a los requeridos.

- Una vez que se obtenga la materia prima de la celulosa del cartón, se debe triturar y para la adición de la celulosa del cartón en porcentajes del cemento. Se debe realizar la identificación de las características químicas de la celulosa a utilizar.
- En cuanto al número de muestras utilizadas para cada porcentaje estas fueron determinadas según la NTP 399.604 para ensayar la tolerancia dimensional, absorción, densidad, resistencia a la compresión y tracción por flexión.
- Los adoquines serán elaborados de forma rectangular de 20cm x 10cm x 6cm de dimensiones.
- El cemento por utilizar será el Cemento Pacasmayo MS, el agregado grueso y el agregado fino se obtendrán de las canteras Tres Tomas-Ferreñafe y La Victoria-Pátapo, respectivamente.

Hipótesis

La adición de celulosa obtenida de cartón en un 3%, 6% y 9% en porcentaje del cemento logrará las propiedades físicas y mecánicas requeridas para su uso como adoquines de tránsito peatonal.

Operacionalización de variables

- Variable independiente: celulosa de cartón reciclado
- Variable dependiente: propiedades físicas, mecánicas de los adoquines de concreto

Tabla 23: Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	Celulosa de cartón reciclado	Dosificación: celulosa de cartón reciclado (3%, 6% y 9%)	Peso de la celulosa de cartón reciclado en porcentaje del peso del cemento	% peso	Balanza
VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad de los adoquines de concreto	Propiedades Físicas de los adoquines de concreto	Variación dimensional	mm	NTP 399.604
			Absorción	%	NTP 399.604
			Densidad	g/cm ³	NTP 399.604
		Propiedades Mecánicas de los adoquines de concreto	Resistencia a la compresión en adoquines de concreto con adición de celulosa de cartón reciclado	kg/cm ²	NTP 399.604
			Resistencia a la tracción por flexión en adoquines de concreto con adición de celulosa de cartón reciclado	kg/cm ²	ITINTEC 339.124
			Resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto utilizando la máquina de desgaste	%	NTP 399.624

Fuente: Autoría propia

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Esta investigación utiliza la técnica de observación directa, el cual implica observar algún fenómeno o suceso que ocurre en el laboratorio al realizar las pruebas, para conseguir datos y determinar las propiedades físico-mecánicas de los adoquines de concreto. Además, se realizó la experimentación mediante la aplicación de ensayos en los cuales se manipula las variables, realiza pruebas con cada una de ellas y se explican los resultados obtenidos a través de la experimentación.

Instrumentos

En cuanto a los instrumentos de esta investigación, se utiliza fichas de observación, donde se anota los resultados obtenidos en los ensayos aplicados en el laboratorio a los adoquines de concreto con adición de celulosa de cartón reciclado.

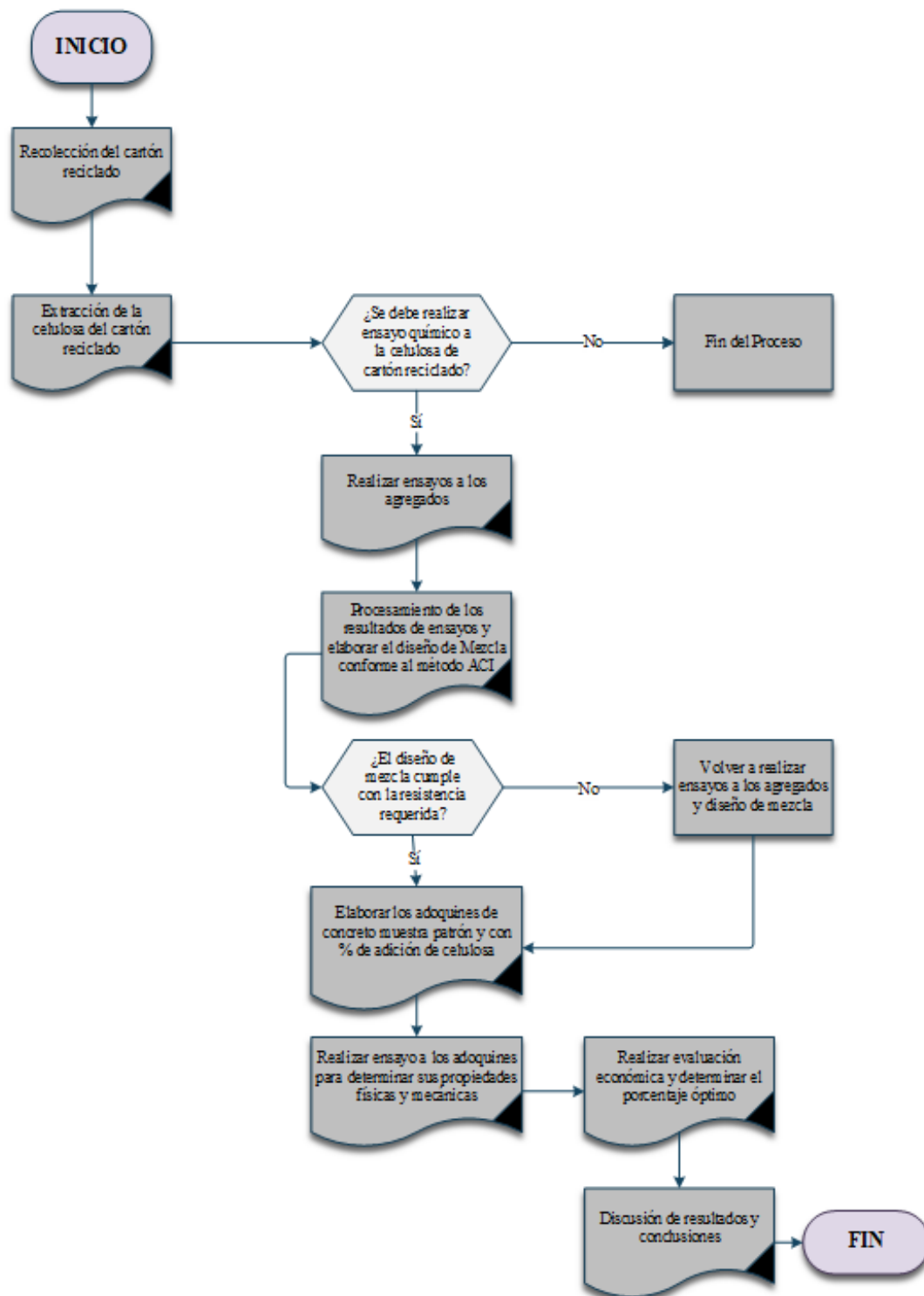
Tabla 24: Técnicas e instrumentos

RECOLECCIÓN DE DATOS		
TÉCNICA	INSTRUMENTO	ELEMENTO DE LA POBLACIÓN
Observación directa	Fichas de observación	Adoquines de concreto con adición de celulosa de cartón reciclado

Fuente: Autoría propia

Procedimiento

Figura 6: Diagrama de Flujo que describe el proceso de investigación



Fuente: Autoría propia

1. Recolección del cartón reciclado

Se comenzó con la identificación de fuentes para la recolección del cartón reciclado, este material fue obtenido de diferentes lugares como pequeños comercios ubicados en el mercado Modelo, hogares de familiares y amigos, en la ciudad de Chiclayo. Una vez que se recogió el cartón, fue llevado a un lugar de acopio. En este lugar, se procedió a limpiar los cartones de cualquier impureza o material adicional que contenían como cintas, etiquetas o papel.

Figura 7: Recolección del cartón reciclado



Fuente: Autoría propia

Figura 8: Limpieza del cartón



Fuente: Autoría propia

2. Extracción de la celulosa del cartón reciclado

Para extraer la celulosa del cartón reciclado se siguió los siguientes pasos:

PASO 1: Preparación del cartón

Se cortó el cartón en trozos pequeños con el fin de hacer más fácil la extracción de la celulosa.

PASO 2: Remojo del cartón

Se colocó los trozos de cartón en un recipiente lo suficientemente grande para cubrir todo el cartón. Luego se llenó el recipiente con agua y se dejó que los trozos de cartón se remojen durante 3 días. Este proceso ayudó a ablandar el cartón y facilitar los pasos posteriores.

PASO 3: Trituración del cartón

Después de los 3 días de remojo, se fue colocando porciones de cartón remojado en una licuadora de cocina marca Philips con un volumen máximo de 1500 ml y se sometió al

cartón a un proceso de trituración durante aproximadamente 7 minutos hasta obtener una pulpa uniforme.

PASO 4: Extracción del agua

Usando un colador, gran cantidad de agua fue separada de la pulpa de cartón triturado. Fue necesario presionar suavemente para reducir el exceso de agua.

PASO 5: Secado de la pulpa

Se extendió la pulpa de cartón en una superficie plana y se dejó secar a temperatura ambiente entre 20° - 22° C durante aproximadamente 6 horas.

PASO 6: Molienda de la celulosa

Una vez que la pulpa de cartón estuvo seca, se procedió a molerla en un molino artesanal para lograr una textura de polvillo.

PASO 7: Filtrado de las partículas

Finalmente, el residuo del molido se pasó por un colador para asegurar que solo queden las partículas de celulosa más finas.

Figura 9: Pasos para la extracción de la celulosa



Fuente: Autoría propia

De la celulosa del cartón reciclado obtenida, se tomó una muestra de 400 g para realizar el análisis químico.

Figura 10: Resultado final de la celulosa a emplear



Fuente: Autoría propia

3. Ensayos de los materiales

Se definió las canteras de las cuales se obtuvieron los agregados, tanto fino y grueso, para la mezcla del concreto de los adoquines y se utilizó cemento Pacasmayo tipo MS. Estos agregados fueron ensayados para verificar que cumplan los requisitos según la normativa.

Tabla 25: Ensayos para los agregados finos y gruesos

Ensayos a los agregados finos y gruesos	Normativa Utilizada
Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185
Peso unitario y vacío de los agregados	NTP 400.017
Análisis granulométrico del agregado grueso y fino	NTP 400.012
Peso específico y absorción de agregados finos y gruesos	NTP 400.022
Abrasión los ángeles al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1 ½ ")	NTP 400.019

Fuente: Autoría propia

- **Ensayo de contenido de humedad**

Agregado Grueso

Este ensayo tiene como objetivo conseguir resultados que servirán para realizar el ajuste del contenido de humedad de los agregados. Se tomó una muestra de 1600 gr. y se colocó en el horno por un día a una temperatura fija de 110 grados Celsius, para luego dejarlo enfriar, volver a tomar su peso y realizar los cálculos para obtener el resultado de contenido de humedad.

Figura 11: Muestra seca pesada + Tara



Fuente: Autoría propia

Agregado Fino

La realización de este ensayo implica el uso de una balanza electrónica, taras y un horno a temperatura constante. Se peso una muestra de 600 gr. y se colocó en el horno por un día a una temperatura fija de 110 °C, pasado este tiempo se esperó que la muestra se enfríe y se obtuvieron los resultados con la diferencia de pesos.

Figura 12: Muestra colocada al horno



Fuente: Autoría propia

- **Análisis granulométrico**

Agregado Grueso

El propósito de este ensayo es identificar como se distribuyen las partículas del agregado grueso en función de su tamaño, además de definir el tamaño máximo y máximo nominal. Como primer paso, se procedió a calcular el peso de la muestra seca de confitillo de 1620 gr. (1.62 Kg).

Para este ensayo se utilizó los tamices con aberturas de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°8, N°16 Y 50, siguiendo este orden específico.

Figura 13: Tamices ordenados



Fuente: Autoría propia

La agitación de los tamices fue realizada de manera manual, con movimientos circulares.

Figura 14: Tamizado del agregado grueso



Fuente: Autoría propia

Luego, se pesaron las cantidades retenidas en las mallas y se realizaron los cálculos del porcentaje retenido acumulado del agregado para comparar con lo indicado en la normativa.

Figura 15: Tamiz N°4 - Peso retenido



Fuente: Autoría propia

Agregado Fino

El propósito de este ensayo es identificar como se distribuyen las partículas del agregado fino, así como definir el módulo de fineza. Como primer paso, se determinó el peso de la muestra seca de agregado fino de 800 gr. (8.00 Kg).

Para este ensayo se emplearon tamices con diferentes tamaños de aberturas, siguiendo un orden específico: 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. La agitación de estos tamices fue realizada de manera manual mediante movimientos circulares. Luego, se pesaron las cantidades retenidas en los tamices y se calculó el porcentaje retenido acumulado del agregado para su posterior comparación con los estándares establecidos en la normativa.

Figura 16: Tamiz N°50 - Peso retenido



Fuente: Autoría propia

- **Peso específico de los agregados**

Agregado Grueso

Se dejó la muestra durante 24 horas sumergida en agua, luego se secan las partículas para eliminar el agua superficial. Como el T.M.N. es 3/8" en el agregado grueso, se realizó el ensayo mediante lo especificado en la NTP 400.022. Se pesó una muestra de 500 gr., la cual se depositó en un matraz. De inmediato, se llenó el matraz con agua hasta aproximadamente la marca de 500 cm³, agitándolo suavemente para eliminar el aire y se dejó reposando durante un día. Luego se registró el peso correspondiente.

Figura 17: Prueba del agregado superficialmente seco



Fuente: Autoría propia

Figura 18: Peso de la muestra con agua en el matraz



Fuente: Autoría propia

Seguidamente, el material fue transferido a una tara, se eliminó el exceso de agua y la muestra resultante fue sometida a un proceso de secado en el horno, seguido por la respectiva medición de peso.

Figura 19: Peso del agregado grueso seco



Fuente: Autoría propia

Agregado Fino

El proceso se inició con la preparación de la muestra, siguiendo lo indicado en la NTP 400.022. Después de haber sumergido la muestra durante unas 24 horas, se comprobó que el agregado fino hubiera alcanzado la condición de superficie seca mediante el ensayo de humedad superficial. Este consistió en llenar el cono y aplicar con la barra compactadora un total de 25 golpes.

Figura 20: Prueba con el molde cónico



Fuente: Autoría propia

Figura 21: Muestra en condición superficialmente seca



Fuente: Autoría propia

Luego, se tomó una muestra de 500 gramos, la cual fue colocada dentro de una fiola. Inmediatamente, la fiola fue llenada con agua hasta aproximadamente 500 cm³, agitándola suavemente para eliminar el aire. Tras un período de reposo de 24 horas, se añadió más agua hasta alcanzar los 500 cm³, y se registró el peso correspondiente.

Figura 22: Peso de la muestra superficialmente seca



Fuente: Autoría propia

Figura 23: Muestra con agua reposando en la fiola



Fuente: Autoría propia

Figura 24: Peso del agua y la fiola con la muestra



Fuente: Autoría propia

A continuación, el material fue vertido en una tara, se eliminó el exceso de agua y la muestra resultante fue llevada al horno y posteriormente pesada.

Figura 25: Peso de la muestra seca



Fuente: Autoría propia

- **Peso unitario suelto**

Agregado Grueso

Se usó un molde de 10110 gramos. Utilizando un cucharón, se añadió la muestra al molde hasta que sobresaliera ligeramente del borde; es importante mencionar que el material se dejó caer desde una altura de aproximadamente 15 cm.

Una vez que el molde estuvo lleno, se enrasó cuidadosamente con una regla para eliminar cualquier exceso. Después de nivelarlo, se utilizó una brocha para limpiar cualquier material que quedara fuera del molde. Finalmente, se pesó el molde con la muestra en una balanza y se registraron los datos correspondientes.

Figura 26: Muestra colocada en el molde



Fuente: Autoría propia

Agregado Fino

Se realizó el pesado del molde sin contenido, seguido por la medición de sus dimensiones con el fin de calcular su volumen. Luego, utilizando un cucharón y a

una altura aproximada de 15 cm, se depositó la muestra en el molde hasta superar su borde.

Una vez que el molde quedó completamente lleno con el agregado, se niveló con la regla para eliminar cualquier exceso. Después de nivelar, se utilizó una brocha para limpiar cualquier material que quedara fuera del molde. Finalmente, se pesó el molde con la muestra en una balanza y se registraron los datos correspondientes.

Figura 27: Peso del agregado fino para peso unitario



Fuente: Autoría propia

- **Peso unitario suelto compactado**

Agregado Grueso

El proceso comenzó pesando el recipiente vacío. Posteriormente, se llenó el molde con el agregado en 3 capas, compactando cada capa con 25 golpes uniformes mediante el uso de la barra. Después, se niveló el exceso de agregado con la barra, utilizándola como regla.

Figura 28: Compactación del agregado



Fuente: Autoría propia

Finalmente, se registró el peso total del recipiente con el agregado.

Figura 29: Peso de la muestra Ide agregado grueso compactado



Fuente: Autoría propia

Agregado Fino

Para este ensayo se utilizó el mismo método aplicado anteriormente con el agregado grueso.

Figura 30: Peso del agregado fino compactado

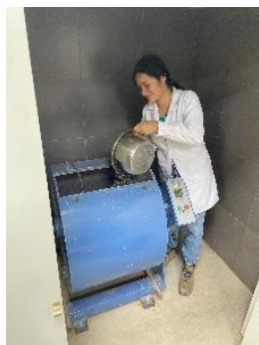


Fuente: Autoría propia

- **Abrasión por la Máquina de los Ángeles**

El proceso inició con la selección de la muestra que, según lo especificado en la normativa, de acuerdo con la granulometría se separa 2.5 kg de agregado que pasa la malla 3/8" y queda retenido en la malla de 1/4", asimismo, 2.5 kg de agregado que pasa la malla 1/4" y queda retenido en la malla 4. Esta muestra fue lavada y secada. Posteriormente, la carga que consiste en 8 esferas al ser una gradación tipo C y la muestra de agregado se colocaron en la máquina de Los Ángeles. Esta tuvo una rotación entre 30 a 33 rpm por 500 r.p.m.

Figura 31: Colocación del confitillo en la Máquina de los Ángeles



Fuente: Autoría propia

Figura 32: Rotación de la máquina de Los Ángeles



Fuente: Autoría propia

Luego, de retirar el material de la máquina, se llevó a cabo una primera separación utilizando un tamiz superior al número 12. Además, se realizó un tamizado con la malla número 12, y el material que quedó retenido se sometió a un proceso de lavado y secado en el horno. Finalmente se registró el peso final resultante del ensayo.

Figura 33: Peso retenido en el tamiz N°12



Fuente: Autoría propia

4. Diseño de mezcla

Luego, con los datos obtenidos en los ensayos de los agregados, se elaboró el diseño de mezcla mediante el método del ACI 211, tanto del adoquín patrón y con adición de celulosa obtenida cartón reciclado según los porcentajes de 3%, 6% y 9%.

5. Elaboración de los adoquines

Equipo y materiales

El equipo empleado para elaborar los adoquines consistió en:

- Máquina bloquera tipo Rosacometa, constituida por una mesa vibratoria, un compactador y un molde.

Figura 34: Bloquera tipo Rosacometa



Fuente: Autoría propia

- Palas para los agregados
- Petróleo para desencofrar
- Tablas
- Coche transportador
- Una mezcladora de eje vertical

Figura 35: Mezcladora de eje vertical



Fuente: Autoría propia

Procedimiento

- **Preparación de los moldes**

Primero, se verificó que el molde de 10 unidades cumpla con las dimensiones especificadas (20cm de longitud, 6cm de espesor y 10 cm de ancho), además, que estuviera completamente limpio de cualquier resto de concreto. Luego, se aplicó una capa de petróleo con el fin de facilitar el desencofrado. Posteriormente, debajo del molde, se colocó una superficie de madera con dimensiones de 0.70x0.55 metros, que funcionará como una plataforma receptora de los adoquines. Esta plataforma se

utilizará para retirar usando el coche transportador y dejar fraguar posteriormente los adoquines.

Figura 36: Plataforma receptora de los adoquines



Fuente: Autoría propia

- **Preparación y mezcla de los materiales**

En primer lugar, se realizó la medición de los materiales por peso, de acuerdo a los resultados del diseño de mezcla, incluyendo cemento, confitillo, arena, agua y celulosa de cartón para las adiciones. Posteriormente, estos materiales fueron colocados en la mezcladora de eje vertical en el siguiente orden: antes de que comience la rotación, se añade el agregado grueso y una parte de agua. Empieza a funcionar la mezcladora y se añade el agregado fino, el cemento y el agua restante. Se deja que se mezclen durante 3 min., luego se da un reposo de 3 min y 2 minutos finales de mezclado según lo especificado en la normativa. Siguiendo este procedimiento se prepara la mezcla para cada tanda, en el caso de las adiciones de celulosa de cartón, estas se pesan y se añaden según el porcentaje de adición. Se observó una consistencia seca que es limitada en cuanto a su trabajabilidad, pero es apropiada para lograr la resistencia necesaria y diseñada.

Figura 37: Mezcla de materiales para la elaboración del concreto para adoquines



Fuente: Autoría propia

- **Vertido en moldes**

La mezcla preparada se vierte sobre los moldes rectangulares y se distribuye hasta que estén completamente llenos.

- **Vibración y compactación**

Una vez que la mezcla está completamente distribuida, se lleva a cabo una vibración durante 15 segundos para permitir que el material se asiente, y se realiza una verificación para evaluar si se debe incluir una cantidad adicional de mezcla debido al asentamiento del concreto. A continuación, se aplica una carga sobre el molde completamente lleno, iniciando una vibración durante 15 segundos. El tiempo total de vibración fue de 30 segundos.

Figura 38: Concreto + 6% de adición vertido en los moldes y vibrado



Fuente: Autoría propia

- **Desmoldeado**

Una vez que la mezcla fue vibrada y compactada, se procede al desmoldeado de los adoquines. Es crucial realizar esta operación con cuidado para evitar daños en la forma y la superficie del producto.

- **Fraguado**

Se retira los adoquines vibrados y compactados de la máquina, se ubican en un área para que puedan fraguar adecuadamente, hasta el día siguiente.

Figura 39: Adoquines desmoldados y en proceso de fraguado



Fuente: Autoría propia

- **Curado**

Después de que el concreto ha alcanzado un nivel adecuado de fraguado durante 24 horas. Los adoquines fueron sumergidos en agua durante 7 días a temperatura ambiente, utilizando una piscina desmontable de 365 litros de capacidad. El agua utilizada para el curado cubría completamente los adoquines y fue potable.

Figura 40: Curado de las muestras de adoquines de concreto



Fuente: Autoría propia

6. Ensayos físicos a los adoquines

- **Tolerancia dimensional**

En este ensayo, se emplearon herramientas como una regla metálica con divisiones de 1.0 mm para la toma de medidas de todas las dimensiones, así como un vernier. Como primer paso, se eligió las muestras de adoquines, conforme a lo establecido en la normativa 399.604. Esta normativa especifica la medición de 3 unidades completas para registrar el ancho, la altura, la longitud, así como los grosores mínimos de las paredes laterales y tabiques. En el caso de este ensayo, se optó por considerar

únicamente la longitud, el ancho y la altura, dado que los adoquines son estructuras sólidas.

Figura 41: Herramientas utilizadas: regla metálica y vernier



Fuente: Autoría propia

En esta investigación se optó por considerar una muestra de 6 adoquines de cada grupo (MP, adición de 3% de celulosa, adición de 6% de celulosa y adición de 9% de celulosa). Como resultado para esta prueba, se tuvo una muestra total de 24 adoquines.

Figura 42: Elección de las muestras de adoquines



Fuente: Autoría propia

Se procedió a medir y registrar, las dimensiones (altura, longitud y ancho) por cada adoquín seleccionado.

Figura 43: Medición de los adoquines



Fuente: Autoría propia

- **Absorción**

Para realizar este ensayo se empleó una balanza, canastilla de metal y horno.

Las muestras de adoquines para este estudio fueron seleccionadas conforme a lo especificado en la NTP 399.604, esta especifica el uso de tres unidades completas identificadas y pesadas. Se optó por seleccionar 6 muestras de cada grupo (muestra patrón, adición de 3% de celulosa, adición de 6% de celulosa y adición de 9% de celulosa), totalizando así 24 adoquines que fueron ensayados a los 28 días.

Para iniciar el procedimiento, se sumergieron los adoquines seleccionados en agua para su saturación durante un período de 24 h. Transcurrido este tiempo, los adoquines fueron retirados del agua. Se permitió que drenaran durante un minuto, se eliminó el agua extra utilizando un paño y se procedió a registrar los pesos de cada uno de ellos una vez saturados.

Figura 44: Proceso de saturación de los adoquines



Fuente: Autoría propia

Después, se situaron individualmente los adoquines en una cesta de metal que se encontraba suspendida, para registrar sus pesos sumergidos.

Figura 45: Peso de una muestra de adoquín sumergido



Fuente: Autoría propia

A continuación, se trasladaron los adoquines al horno, manteniendo una temperatura de 110 ± 5 °C. Al cabo de 24 h., se extrajeron los adoquines del horno y se registró sus pesos en estado seco. Finalmente, a través de cálculos se obtuvieron los resultados.

Figura 46: Peso seco de una muestra de adoquín



Fuente: Autoría propia

- **Densidad**

Los resultados para este ensayo se obtuvieron a través del mismo procedimiento del ensayo de absorción, como ya se tenía los datos de pesos saturado, seco y sumergido de los adoquines, se realizaron los cálculos.

7. Ensayos mecánicos a los adoquines

- **Resistencia a la compresión**

Este ensayo fue realizado seleccionando 6 muestras de cada grupo (muestra patrón, adición de 3% de celulosa, adición de 6% de celulosa y adición de 9% de celulosa), resultando un total de 24 adoquines que fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días. Estos sumaron un total de 72 adoquines.

Como primer paso para el ensayo, se anotaron las medidas (longitud, ancho y altura) de los adoquines seleccionados para este ensayo y se calculó el área que estará en contacto con la carga. Las piezas metálicas fueron acondicionadas como elementos de soporte para el contacto en la máquina opresora durante la realización del ensayo. Luego, se colocaron los adoquines uno a uno y se aplica la carga perpendicular sobre la sección de mayor área.

Figura 47: Ensayo de compresión a los 28 días



Fuente: Autoría propia

Figura 48: Muestra patrón de adoquín después del ensayo



Fuente: Autoría propia

- **Resistencia a la tracción por flexión**

Se identificaron las muestras seleccionadas con el propósito de someterlas a un proceso de saturación en agua antes de llevar a cabo el ensayo, siguiendo las directrices establecidas en la ITINTEC 399.124. Las muestras saturadas fueron retiradas del agua después de 24h. y se limpiaron.

Se realizaron marcas en los adoquines para señalar las ubicaciones destinadas a las barras cilíndricas. Luego se ubicaron las dos barras de apoyo en la máquina, utilizando estas como soporte se colocó el adoquín y se posicionó la tercera barra sobre sobre el mismo, centrada entre los puntos de apoyo.

Figura 49: Ubicación del adoquín para el ensayo de tracción por flexión



Fuente: Autoría propia

Posteriormente, se aplicó la carga de manera progresiva hasta que se alcanzó el punto de rotura.

Figura 50: Resultado del ensayo de tracción por flexión



Fuente: Autoría propia

Al término del proceso, se tomó nota a las dimensiones del ancho y el espesor en la sección donde se produjo la rotura del adoquín, junto con otros datos necesarios para llevar a cabo los cálculos correspondientes.

- **Resistencia a la abrasión**

En el proceso de ensayo de abrasión, en primer lugar, se debe pesar la masa de la muestra con una precisión de 0.1 g. Posteriormente, los adoquines deben ser asegurados firmemente en el dispositivo de abrasión, asegurándose de que la superficie a ensayar sea perpendicular al eje. La siguiente etapa implica montar el dispositivo de corte rotativo en el equipo de abrasión. Una vez que el motor está en marcha, se baja gradualmente el cortador hasta que entre en contacto con la superficie del adoquín.

Figura 51: Cortador en contacto con la superficie muestra de adoquín



Fuente: Autoría propia

La fase de abrasión continúa con carga normal durante 2 minutos contados desde el contacto inicial entre la superficie y el cortador. Al término de cada período de 2 minutos, se retira el espécimen del aparato y se limpia la superficie para eliminar los residuos utilizando un cepillo suave o mediante la aplicación de aire comprimido.

Figura 52: Limpieza de la superficie del espécimen



Fuente: Autoría propia

A continuación, se vuelve a determinar la masa del espécimen después de cada ciclo. Es esencial realizar un mínimo de tres períodos de abrasión, cada uno llevado a cabo en áreas separadas y representativas del adoquín.

Figura 53: Peso de la muestra luego del ensayo



Fuente: Autoría propia

Aspecto ético

Se llevó a cabo esta investigación mediante una amplia gama de fuentes, como artículos científicos, tesis, normas e informes técnicos nacionales e internacionales. Todos estos recursos empleados han sido adecuadamente citados en estilo IEE para garantizar la fiabilidad y autenticidad de la investigación. Además, se ha realizado un análisis de similitud utilizando el servicio de TURNITIN.

Resultados y discusión

Resultados

1. Características químicas de la celulosa obtenida de cartón reciclado

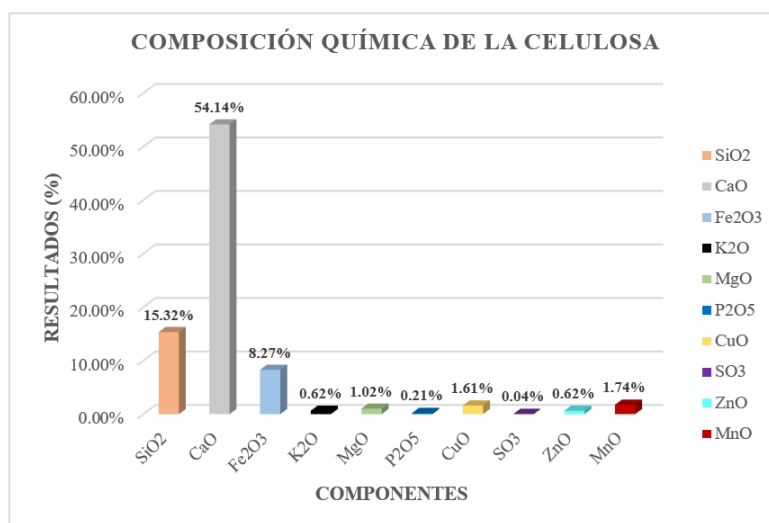
Mediante el análisis de espectrometría de fluorescencia de rayos X se determinó la composición química de la muestra analizada de celulosa obtenida del cartón reciclado (25mg), se encontraron principalmente Óxido de Calcio (CaO), Óxido de Silicio (Si), con un alto porcentaje y en menores porcentajes se encontró Potasio (K), Hierro (Fe), Fósforo (P), Cobre (Cu), Azufre (S), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn). Los resultados se observan en la sgte. tabla:

Tabla 26: Principales componentes químicos de la celulosa

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	15.32	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
Óxido de Calcio (CaO)	54.14	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	8.27	
Óxido de Potasio (K ₂ O)	0.62	
Óxido de Magnesio (MgO)	1.02	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0.21	
Óxido de Cobre (CuO)	1.61	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.04	
Óxido de Zinc (ZnO)	<0.62	
Óxido de Manganeso (MnO)	1.74	
Pérdida por quemado	17.21	

Fuente: Autoría propia

Gráfico 1: Composición química de la celulosa



Fuente: Autoría propia

Este gráfico de barras representa los resultados del ensayo químico y varía según los porcentajes de composición química de cada componente de la celulosa, según estos resultados el mayor componente es el Óxido de Calcio (CaO) y el Dióxido de Silicio (SiO₂) que son componentes importantes del cemento. Para ver a más detalle este ensayo dirigirse al Anexo N° 3.

2. Ensayo de peso específico (P.E.) de la adición

Con el propósito de evaluar el peso específico de las adiciones, se hizo uso de la NTP 339.131. Este enfoque garantiza la consistencia en los resultados y asegura que la evaluación del peso específico se realice de acuerdo con estándares reconocidos y aceptados en el contexto técnico y normativo pertinente.

Después de haber realizado el ensayo se obtuvo un P.E = 0.87 gr/cm³ (Ver anexo N°4)

3. Ensayos de los agregados

• Contenido de Humedad

El resultado de contenido de humedad para agregado grueso fue de 0.64 % y para agregado fino de 1.13%. (Ver Anexo N°5)

Contenido de Humedad de Agregado Grueso

Referencia : Norma N.T.P. 339.185 o ASTM C-535

Cantera : Cantera La Victoria - Pátapo

Tabla 27: Contenido de Humedad - Agregado Grueso

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1600.00
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1589.89
C.- Peso de recipiente	(gr.)	154.08
D.- Contenido de humedad	(%)	0.64
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.64

Fuente: Autoría propia

Contenido de Humedad de Agregado Fino

Referencia : Norma N.T.P. 339.185 o ASTM C-535

Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

Tabla 28: Contenido de Humedad - Agregado Fino

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.00
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	593.30
C.- Peso de recipiente	(gr.)	102.03
D.- Contenido de humedad	(%)	1.13
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.13

Fuente: Autoría propia

• **Análisis granulométrico por tamizado**

Análisis granulométrico del agregado grueso

El agregado grueso proviene de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe, se obtuvo un TMN de 3/8” porque es el primer retenido.

Peso Húmedo Inicial: 1630.3 g

Peso Seco Inicial: 1620 g

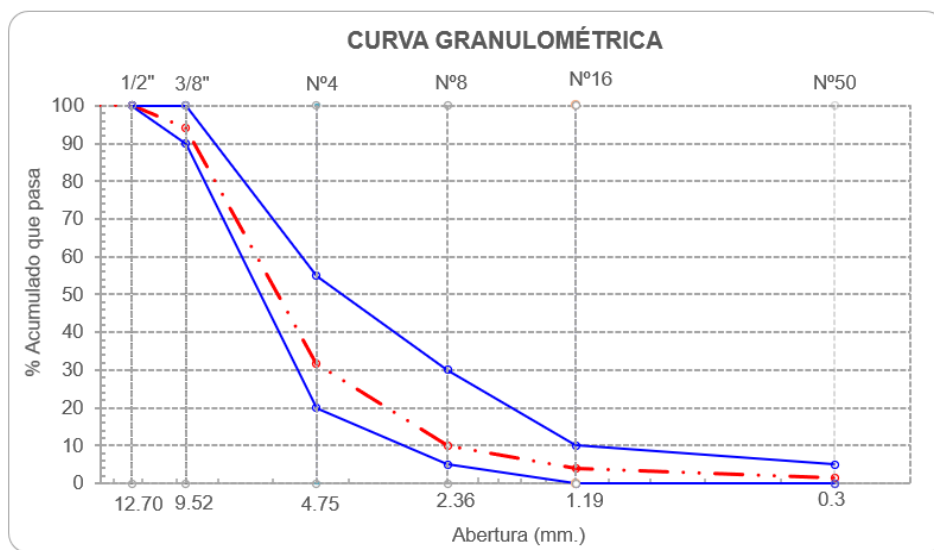
Tabla 29: Granulometría - Agregado grueso Tres Tomas/Ferreñafe

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)					USO 56	
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.52	95.00	5.86	5.86	94.14	90.00	100.00
Nº4	4.75	1010.80	62.40	68.26	31.74	20.00	55.00
Nº8	2.36	352.70	21.77	90.03	9.97	5.00	30.00
Nº16	1.19	99.60	6.15	96.18	3.82	0.00	10.00
50	0.30	40.70	2.51	98.69	1.31	0.00	5.00
Fondo		21.20	1.31	100.00	0.00		
Tamaño Maximo			1/2"	12.70			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	9.52			

Fuente: Autoría propia

En esta tabla se visualiza los pesos que quedaron retenidos en cada una de las mallas y sus respectivos porcentajes retenidos, por lo cual se puede comprobar que el agregado grueso empleado en este trabajo de investigación se encuentra dentro de los límites establecidos en la normativa.

Gráfico 2: Curva Granulométrica - Agregado Grueso - Tres Tomas/Ferreñafe



Fuente: Autoría propia

Este gráfico muestra la curva granulométrica del agregado grueso que está conformada por el % acumulado que pasa y se posiciona dentro de los límites que establece la normativa ASTM C-136, respaldando así su aplicación en la elaboración del concreto para los adoquines de esta investigación. (Ver Anexo N°6)

Análisis granulométrico del agregado fino

Respecto al agregado fino, proviene de la cantera de La Victoria - Pátapo, tiene un módulo de fineza de 2.95.

Peso Húmedo Inicial: 809 g

Peso Seco Inicial: 800 g

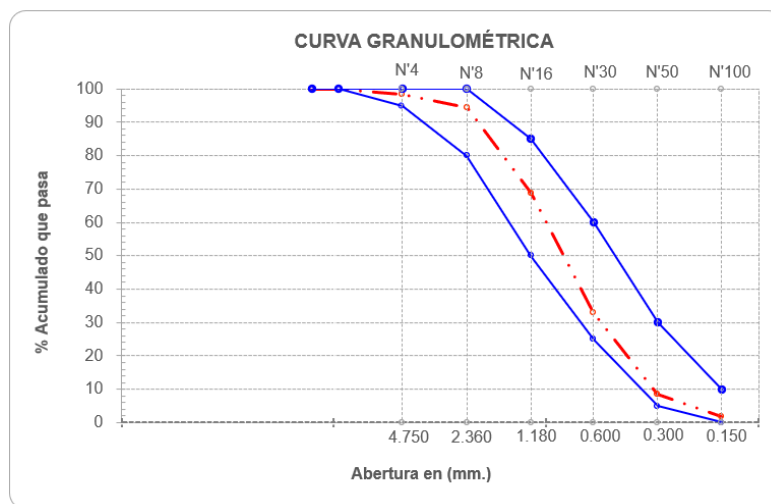
Tabla 30: Granulometría - Agregado Fino La Victoria - Pátapo

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	13.99	1.75	1.75	98.25	95.00	100.00
Nº 08	2.36	29.69	3.71	5.46	94.54	80.00	100.00
Nº 16	1.18	206.71	25.84	31.30	68.70	50.00	85.00
Nº 30	0.60	286.74	35.84	67.14	32.86	25.00	60.00
Nº 50	0.30	194.30	24.29	91.43	8.57	5.00	30.00
Nº 100	0.15	53.78	6.72	98.15	1.85	0.00	10.00
Fondo		14.79	1.85	100.00	0.00		
Módulo de Fineza				2.95			
Abertura de malla de referencia				9.50			

Fuente: Autoría propia

En esta tabla se puede visualizar los pesos que quedaron retenidos en cada una de las mallas y sus respectivos porcentajes retenidos, por lo cual se puede comprobar que el agregado fino empleado en esta investigación está dentro de los lineamientos señalados en la normativa.

Gráfico 3: Curva Granulométrica - Agregado Fino



Fuente: Autoría propia

En este gráfico se visualiza la curva granulométrica del agregado fino que está conformada por el % acumulado que pasa y se posiciona dentro de los límites que establece la normativa ASTM C-136, garantizando así su uso en la elaboración del concreto para los adoquines de esta investigación. (Ver Anexo N°6)

- **Peso específico y absorción de los agregados**

Peso específico y absorción del agregado grueso

Para este ensayo, se inició con una muestra de 500 g y mediante el procedimiento normado se logró determinar el peso específico del agregado grueso, así como su porcentaje de absorción.

El peso específico del agregado grueso es de 2.64 gr/cm³ y tiene una absorción de 1.32 %. (Ver Anexo N°7)

Tabla 31: Peso específico y absorción del agregado grueso

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

I.- Datos.

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	500.00
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	1019.02
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso delmatraz	(g)	705.65
4.- Peso del Agua.	(g)	313.37
5.- Peso del matraz	(g)	205.65
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del matraz	(g)	699.15
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	493.50
8.- Volumen del matraz	(g)	500.00

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	(g/cm³)	2.64
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	(g/cm ³)	2.74
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.74
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	(%)	1.32

Fuente: Autoría propia

Peso específico y absorción del agregado fino

A continuación, se presentan los resultados conseguidos en este ensayo. Como resultado, el peso específico del agregado fino es de 2.50 gr/cm³ y tiene una absorción de 0.83 %. (Ver Anexo N°7)

Tabla 32: Peso específico y absorción del agregado fino

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos del agregado fino

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso de	(g)	994.83
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	693.11
3.- Peso del Agua	(g)	301.72
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	688.99
5.- Peso del Frasco	(g)	193.11
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495.88
7.- Volumen del frasco	(g)	500.00

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA	(g/cm³)	2.50
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.52
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.55
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.83

Fuente: Autoría propia

- **Peso unitario volumétricos**

Tabla 33: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

A.- PESO UNITARIO SUELTO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17870	17910
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		7760	7800
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1432	1439
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1426	
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18310	18320
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		8200	8210
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1513	1515
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1504	

Fuente: Autoría propia

Se realizó dos veces el procedimiento para el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso. Como resultado de la muestra 1 se obtuvo 1432 kg/m³ y de la muestra 2 un peso de 1439 kg/m³. El promedio de ambos es el peso unitario suelto seco, 1426 kg/m³. (Ver Anexo N°8)

De la misma manera se realizó para el peso unitarios compactado seco, obteniéndose un promedio de 1504 kg/m³.

Tabla 34: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19020	19070
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		8910	8960
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1644	1653
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1629.97	
2.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19540	19620
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		9430	9510
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1740	1754
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1727.56	

Fuente: Autoría propia

Se realizó dos veces el procedimiento para el peso unitario suelto y compactado del agregado fino. Los resultados de la muestra 1 arrojaron un valor de 1644 kg/m³, mientras que la muestra 2 mostró un peso de 1653 kg/m³. El promedio de ambos valores constituye el peso unitario suelto seco, que es de 1629.97 kg/m³.

Del mismo modo, se efectuó el proceso para determinar el peso unitario compactado seco, obteniéndose un promedio de 1727.56 kg/m³. (Ver Anexo N°8)

- **Abrasión por la Máquina de los Ángeles**

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

Tabla 35: Abrasión del agregado grueso

ENSAYO N°	1
GRADUACIÓN	"C"
ESFERAS	8
RECUPERADO TOTAL	5000 g
3/8" - 1/4"	2500 g
1/4" - 4"	2500 g
VUELTAS	500
RETENIDO N° 12	4042 g
% RETENIDO N° 12	80.84%
% DESGASTE	19.16%

Fuente: Autoría propia

En la realización de este ensayo se usó la gradación "C", con 8 esferas, un total de 500 revoluciones y se obtuvo un desgaste por abrasión de 19.16%, el cual cumple con lo especificado en la NTP 400.037, al no ser mayor que el 50%. (Ver Anexo N°9)

Resumen de ensayos a los agregados

Tabla 36: Ensayos a los agregados - Cuadro resumen

01. AGREGADOS	GRUESO	FINO
01.- Cantera	Tres tomas - Ferreñafe	La Victoria - Pátapo
02.- Tamaño máximo nominal	3/8"	-
03.- Peso Unitario suelto seco	1426 Kg/m ³	1630 Kg/m ³
04.- Peso Unitario compactado seco	1504 Kg/m ³	1728 Kg/m ³
05.- Peso específico de masa seco	2644 Kg/m ³	2501 Kg/m ³
06.- Contenido de humedad	0.64 %	1.13 %
07.- Contenido de absorción	1.32 %	0.83 %
08.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.95

Fuente: Autoría propia

Esta tabla muestra un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los agregados. Estos datos serán fundamentales para llevar a cabo el diseño de la mezcla.

4. Diseño de Mezcla

Con los resultados obtenidos en los ensayos de los agregados, fue llevado a cabo el diseño de mezcla para una resistencia $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$, según el método del Comité 211 ACI. (Ver Anexo N°10,11,12,13)

- **Diseño de mezcla patrón para $f'c = 320 \text{kg/cm}^2$**

Resistencia del Diseño : $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$

VI.) RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a) Cemento	453.87	Kg/m^3
b) Agua	195.16	Lt
c) Ag. Fino	928.59	Kg/m^3
d) Ag. Grueso	673.22	Kg/m^3
	<u>2250.85</u>	

VI). PROPORCIONES DE DISEÑO

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
Proporción en peso :	1.00	2.05	1.48	18.3	Lts/bol
Proporción en volumen :	1.00	1.88	1.56	18.3	Lts/pie ³

Tabla 37: Resumen del diseño de mezcla ($f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$)

	DISEÑO DE MEZCLA ($F'c = 320 \text{ KG/CM}^2$)			
	0%	3%	6%	9%
Cemento	453.87 Kg/m^3	453.87 Kg/m^3	453.87 Kg/m^3	453.87 Kg/m^3
Agua	195.16 Lt/m^3	195.16 Lt/m^3	195.16 Lt/m^3	195.16 Lt/m^3
Ag. Fino	928.59 Kg/m^3	928.59 Kg/m^3	928.59 Kg/m^3	928.59 Kg/m^3
Ag. Grueso	673.22 Kg/m^3	673.22 Kg/m^3	673.22 Kg/m^3	673.22 Kg/m^3
Celulosa de Cartón	-	13.62 Kg/m^3	27.23 Kg/m^3	40.85 Kg/m^3

Fuente: Autoría propia

5. Ensayos físicos a los adoquines

- **Tolerancia dimensional**

Las tablas siguientes presentan los resultados de la tolerancia dimensional, que fue realizado a cada adoquín tomando las medidas de largo, ancho y espesor, además se realiza la verificación con las exigencias de la normativa.

Tabla 38: Tolerancia dimensional - MP

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	MP -1	201.00	100.94	62.03	200.00	100.00	60.00	-1.00	-0.94	-2.03	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	MP -2	199.00	101.52	61.80	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.52	-1.80	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	MP -3	198.70	99.95	63.10	200.00	100.00	60.00	1.30	0.05	-3.10	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
4	MP -4	199.50	101.21	61.87	200.00	100.00	60.00	0.50	-1.21	-1.87	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	MP -5	198.50	99.86	62.50	200.00	100.00	60.00	1.50	0.14	-2.50	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	MP -6	201.15	101.24	63.15	200.00	100.00	60.00	-1.15	-1.24	-3.15	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

En cuanto a la variación dimensional de la muestra patrón se observó que en las dimensiones del espesor se presenta una mayor variabilidad y todas las muestras ensayadas cumplen con los parámetros de la normativa. (Ver Anexo N°14)

Tabla 39: Tolerancia dimensional - 3% de adición

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	M1 - 3% de celulosa	198.50	100.25	61.95	200.00	100.00	60.00	1.50	-0.25	-1.95	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 3% de celulosa	197.50	99.83	62.58	200.00	100.00	60.00	2.50	0.17	-2.58	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 3% de celulosa	199.00	101.5	63.28	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.50	-3.28	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
4	M4 - 3% de celulosa	198.00	100.11	62.64	200.00	100.00	60.00	2.00	-0.11	-2.64	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 3% de celulosa	201.50	100.85	63.24	200.00	100.00	60.00	-1.50	-0.85	-3.24	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
6	M6 - 3% de celulosa	199.50	98.64	61.85	200.00	100.00	60.00	0.50	1.36	-1.85	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Tabla 40: Tolerancia dimensional - 6% de adición

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	M1 - 6% de celulosa	199.00	101.52	63.58	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.52	-3.58	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
2	M2 - 6% de celulosa	198.50	99.26	61.58	200.00	100.00	60.00	1.50	0.74	-1.58	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 6% de celulosa	199.00	101.94	62.45	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.94	-2.45	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 6% de celulosa	197.50	99.91	63.23	200.00	100.00	60.00	2.50	0.09	-3.23	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
5	M5 - 6% de celulosa	201.50	101.18	62.89	200.00	100.00	60.00	-1.50	-1.18	-2.89	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 6% de celulosa	198.50	101.19	61.78	200.00	100.00	60.00	1.50	-1.19	-1.78	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Tabla 41: Tolerancia dimensional - 9% de adición

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	M1 - 9% de celulosa	197.50	99.19	61.87	200.00	100.00	60.00	2.50	0.81	-1.87	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 9% de celulosa	199.00	101.16	63.56	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.16	-3.56	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
3	M3 - 9% de celulosa	198.50	101.97	59.80	200.00	100.00	60.00	1.50	-1.97	0.20	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 9% de celulosa	200.50	99.38	60.35	200.00	100.00	60.00	-0.50	0.62	-0.35	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 9% de celulosa	199.50	101.52	61.95	200.00	100.00	60.00	0.50	-1.52	-1.95	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 9% de celulosa	201.00	99.80	63.85	200.00	100.00	60.00	-1.00	0.20	-3.85	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Según la variación dimensional observada en las muestras con adición, la mayor variabilidad se encuentra en las dimensiones de espesor y algunas muestras no están dentro de los límites de la normativa. (Ver Anexo N°14)

- **Absorción**

La realización del ensayo de absorción en los adoquines fue con el propósito de contrastar los resultados con lo especificado en la norma NTP 399.611. Según esta norma, los resultados deben cumplir con un promedio máximo de 6% para tres unidades y un máximo individual de 7.5%.

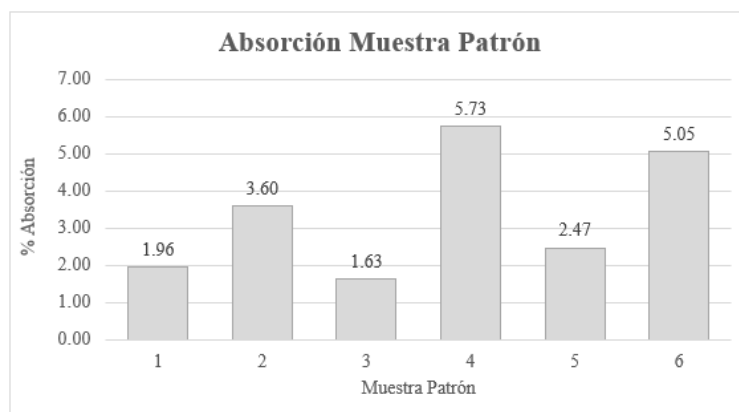
De los adoquines utilizados como muestra patrón, seis unidades fueron sometidos al ensayo, cumpliendo con los límites especificados en la normativa. Los resultados se detallan en la Tabla 42. (Ver Anexo N°15)

Tabla 42: Absorción en muestras patrón

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco (kg)	Absorción individual (kg/m³)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades (%)	Absorción promedio desfavorable (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	MP -1	3.12	1.76	3.06	44.12	1.96	2.40	4.42	CUMPLE	CUMPLE
2	MP -2	2.88	1.55	2.78	75.19	3.60			CUMPLE	CUMPLE
3	MP -3	3.12	1.77	3.07	37.04	1.63			CUMPLE	CUMPLE
4	MP -4	2.95	1.56	2.79	115.11	5.73	4.42		CUMPLE	CUMPLE
5	MP -5	2.90	1.66	2.83	56.45	2.47			CUMPLE	CUMPLE
6	MP -6	2.91	1.56	2.77	103.70	5.05			CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Gráfico 4: Porcentajes de absorción en muestras patrón



Fuente: Autoría propia

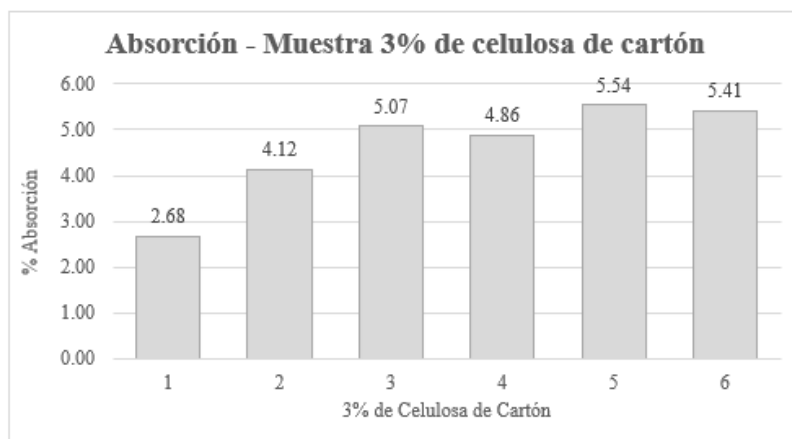
Se ensayaron los adoquines con 3% de adición de celulosa de cartón, seis unidades fueron sometidos al ensayo, cumpliendo con los límites especificados en la normativa. Los resultados se detallan en la Tabla 43.

Tabla 43: Absorción en muestras con 3% de adición de celulosa

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco (kg)	Absorción individual (kg/m³)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades (%)	Absorción promedio desfavorable (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	M1 - 3% de celulosa	3.07	1.71	2.99	58.82	2.68	3.96	5.27	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 3% de celulosa	3.03	1.67	2.91	88.24	4.12			CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 3% de celulosa	3.11	1.75	2.96	110.29	5.07			CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 3% de celulosa	3.02	1.67	2.88	103.70	4.86	5.27		CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 3% de celulosa	3.05	1.72	2.89	120.30	5.54			CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 3% de celulosa	3.12	1.71	2.96	113.48	5.41			CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Gráfico 5: Porcentajes de absorción en muestras con 3% de adición de celulosa



Fuente: Autoría propia

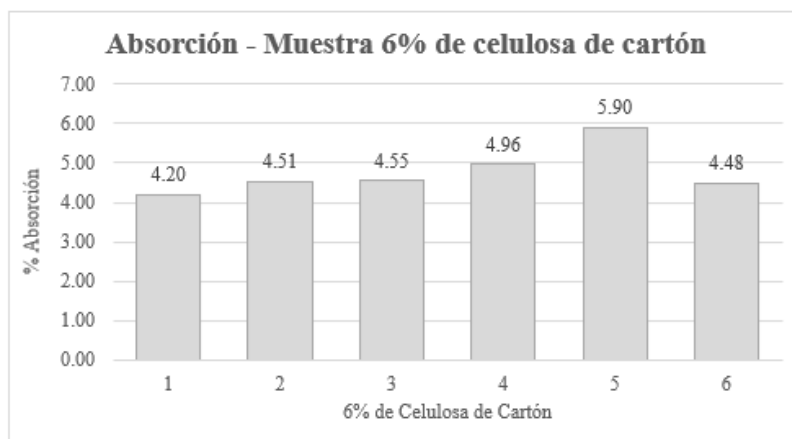
Se llevó a cabo pruebas en adoquines que contenían un 6% de adición de celulosa de cartón, sometiendo seis unidades al ensayo, cumpliendo con los parámetros establecidos por la normativa. Los detalles de los resultados se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44: Absorción en muestras con 6% de adición de celulosa

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	Absorción individual (kg/m ³)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades(%)	Absorción promedio desfavorable (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	M1 - 6% de celulosa	2.98	1.63	2.86	88.89	4.20	4.42	5.12	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 6% de celulosa	3.01	1.65	2.88	95.59	4.51			CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 6% de celulosa	2.99	1.63	2.86	95.59	4.55			CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 6% de celulosa	2.96	1.60	2.82	102.94	4.96	5.12		CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 6% de celulosa	3.05	1.67	2.88	123.19	5.90			CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 6% de celulosa	3.03	1.61	2.90	91.55	4.48			CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Autoría propia

Gráfico 6: Porcentajes de absorción en muestras con 6% de adición de celulosa



Fuente: Autoría propia

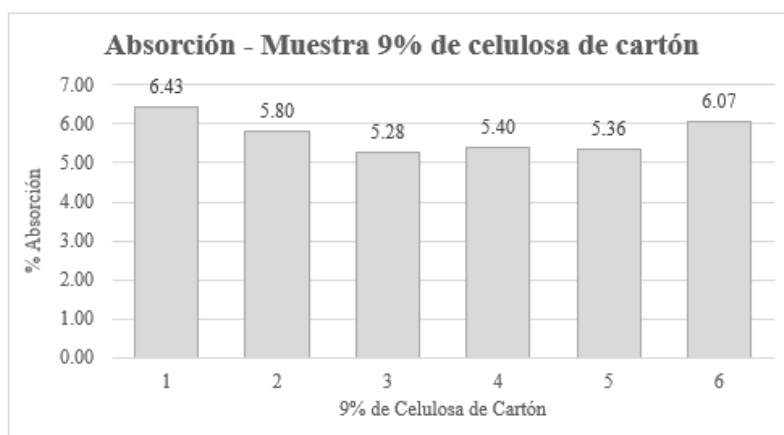
Respecto a los ensayos en adoquines que contenían un 9% de adición de celulosa de cartón, se utilizó seis muestras. Estos ensayos se realizaron según lo especificado en la norma NTP 399.611, como se detalla en la tabla 45. (Ver Anexo N°15)

Tabla 45: Absorción en muestra con 9% de adición de celulosa

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	Absorción individual (kg/m ³)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades(%)	Absorción promedio desfavorable (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	M1 - 9% de celulosa	2.98	1.61	2.80	131.39	6.43	5.84	5.84	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 9% de celulosa	2.92	1.58	2.76	119.40	5.80			CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 9% de celulosa	2.99	1.60	2.84	107.91	5.28			CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 9% de celulosa	2.93	1.58	2.78	111.11	5.40	5.61		CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 9% de celulosa	2.95	1.50	2.80	103.45	5.36			CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 9% de celulosa	2.97	1.61	2.80	125.00	6.07			CUMPLE	CUMPLE

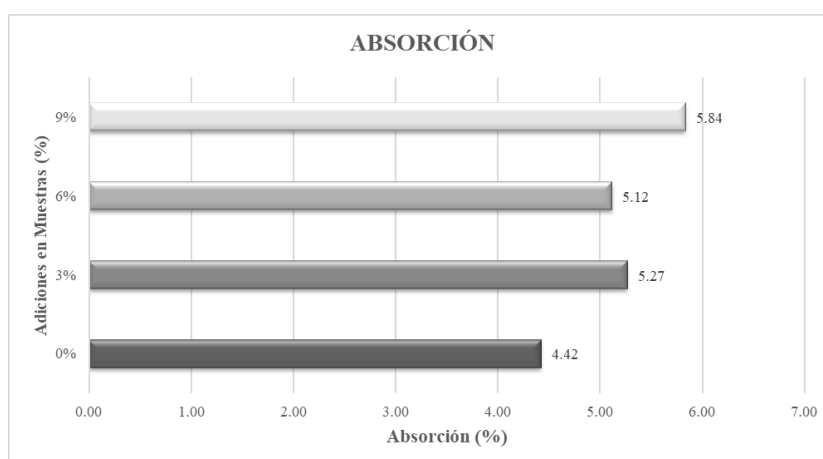
Fuente: Autoría propia

Gráfico 7: Porcentajes de absorción en muestras con 9% de adición de celulosa



Fuente: Autoría propia

Gráfico 8: Promedios de porcentajes de absorción en muestras de adoquines



Fuente: Autoría propia

Este gráfico resume el promedio obtenido en cuanto a los porcentajes de absorción en los adoquines de muestra patrón, así como en cada una de las adiciones de celulosa de cartón. Se observa que a medida que crece el porcentaje de adición de celulosa, el porcentaje de absorción de las muestras de adoquines es mayor debido a la porosidad inherente en las fibras de celulosa entrelazadas que forman una red de poros microscópicos. Todas las muestras cumplen con el requisito de la NTP. 399.611 de máximo 6% de absorción en una unidad y 7.5% en el promedio de 3 unidades.

- **Densidad**

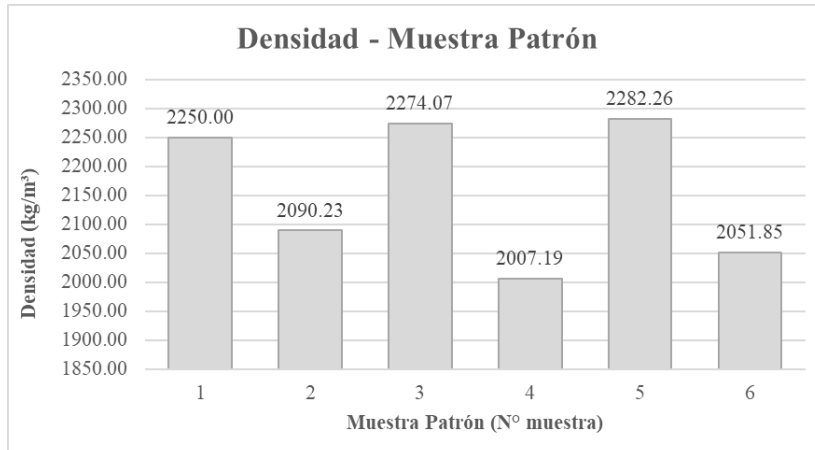
Esta investigación realizó el ensayo para determinar la densidad en los adoquines. Los adoquines de la muestra patrón fueron sometidos a pruebas cuyos resultados se detallan en la Tabla 48. Además, las Tablas 46, 47 y 48 presentan los valores obtenidos para porcentajes de adición de celulosa del 3%, 6% y 9%, respectivamente.

Tabla 46: Densidad en muestras patrón

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m ³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio desfavorable (Kg/m ³)
1	MP -1	3.12	1.76	3.06	2250.00	2204.77	2204.77
2	MP -2	2.88	1.55	2.78	2090.23		
3	MP -3	3.12	1.77	3.07	2274.07		
4	MP -4	2.95	1.56	2.79	2007.19	2113.77	
5	MP -5	2.90	1.66	2.83	2282.26		
6	MP -6	2.91	1.56	2.77	2051.85		

Fuente: Autoría propia

Gráfico 9: Densidad en muestras patrón



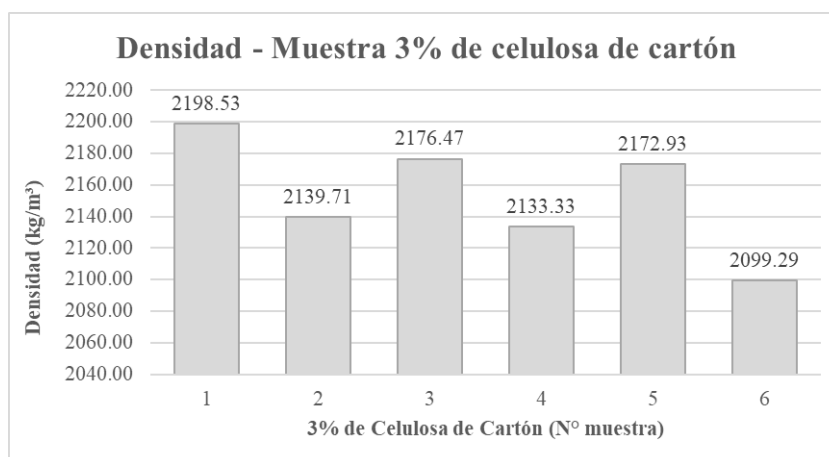
Fuente: Autoría propia

Tabla 47: Densidad en muestras con 3% de adición de celulosa

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m ³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio desfavorable (Kg/m ³)
1	M1 - 3% de celulosa	3.07	1.71	2.99	2198.53	2171.57	2171.57
2	M2 - 3% de celulosa	3.03	1.67	2.91	2139.71		
3	M3 - 3% de celulosa	3.11	1.75	2.96	2176.47		
4	M4 - 3% de celulosa	3.02	1.67	2.88	2133.33	2135.19	
5	M5 - 3% de celulosa	3.05	1.72	2.89	2172.93		
6	M6 - 3% de celulosa	3.12	1.71	2.96	2099.29		

Fuente: Autoría propia

Gráfico 10: Densidad en muestras con 3% de adición de celulosa



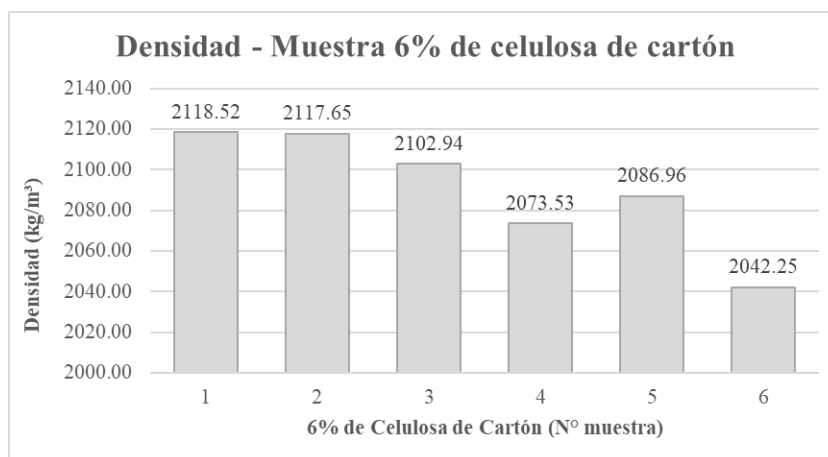
Fuente: Autoría propia

Tabla 48: Densidad en muestras con 6% de adición de celulosa

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m ³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio desfavorable (Kg/m ³)
1	M1 - 6% de celulosa	2.98	1.63	2.86	2118.52	2113.04	2113.04
2	M2 - 6% de celulosa	3.01	1.65	2.88	2117.65		
3	M3 - 6% de celulosa	2.99	1.63	2.86	2102.94		
4	M4 - 6% de celulosa	2.96	1.60	2.82	2073.53	2067.58	
5	M5 - 6% de celulosa	3.05	1.67	2.88	2086.96		
6	M6 - 6% de celulosa	3.03	1.61	2.90	2042.25		

Fuente: Autoría propia

Gráfico 11: Densidad en muestras con 6% de adición de celulosa



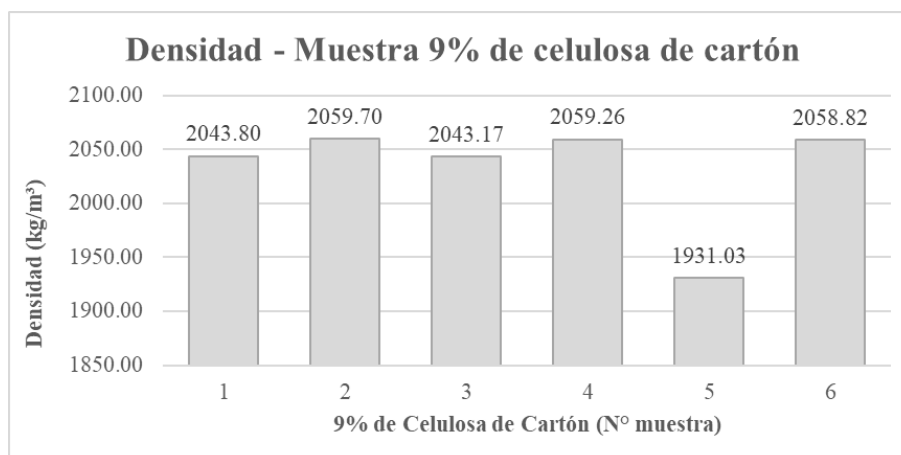
Fuente: Autoría propia

Tabla 49: Densidad en muestras con 9% de adición de celulosa

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m ³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio desfavorable (Kg/m ³)
1	M1 - 9% de celulosa	2.98	1.61	2.80	2043.80	2048.89	2048.89
2	M2 - 9% de celulosa	2.92	1.58	2.76	2059.70		
3	M3 - 9% de celulosa	2.99	1.60	2.84	2043.17		
4	M4 - 9% de celulosa	2.93	1.58	2.78	2059.26	2016.37	
5	M5 - 9% de celulosa	2.95	1.50	2.80	1931.03		
6	M6 - 9% de celulosa	2.97	1.61	2.80	2058.82		

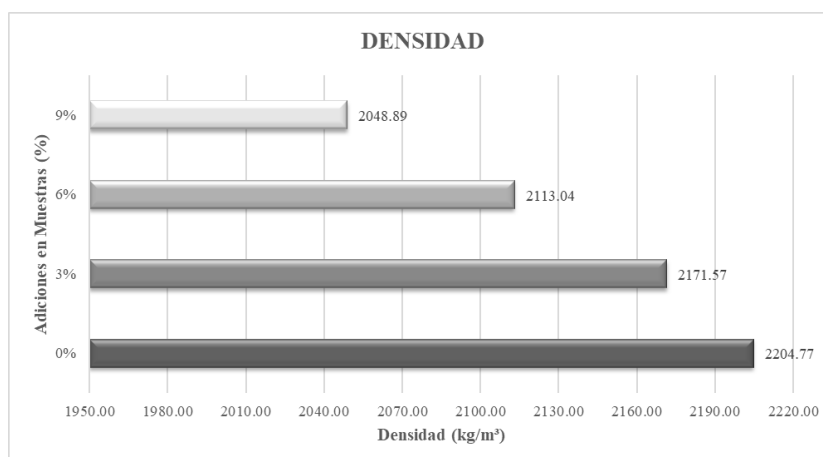
Fuente: Autoría propia

Gráfico 12: Densidad en muestras con 9% de adición de celulosa



Fuente: Autoría propia

Gráfico 13: Densidad en muestras de adoquines



Fuente: Autoría propia

Este gráfico resume el promedio obtenido de la densidad en los adoquines de muestra patrón, así como en cada una de las adiciones de celulosa de cartón. Debido a la baja densidad de la celulosa adicionada, las muestras disminuyen su densidad a mayor porcentaje de adición. (Ver Anexo N°16)

6. Ensayos mecánicos a los adoquines

- **Resistencia a la compresión**

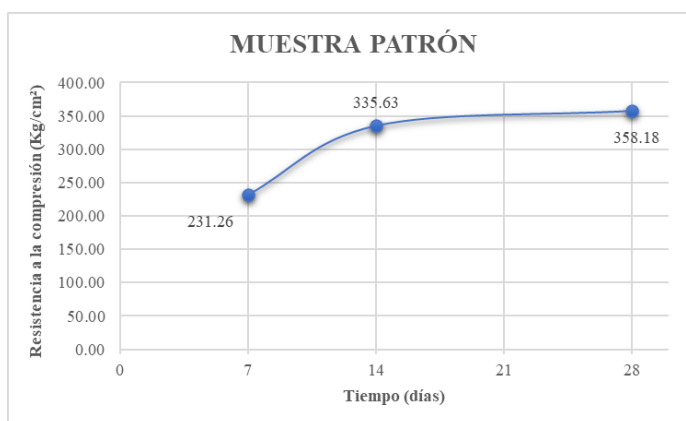
La tabla que se presenta a continuación muestra los resultados alcanzados de la resistencia a la compresión en los adoquines de muestra patrón para un $f'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ a los 7, 14 y 28 días, los cuales cumplen con la resistencia mínima de 320 Kg/cm^2 especificada en la NTP 399.611 (Ver Anexo N° 17)

Tabla 50: Resistencia a la compresión de adoquines – MP

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	Peso (gr)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión f'c promedio		
		ELABORACIÓN	ROTURA				Largo (cm)	Ancho (cm)				Kg/cm ²	Kg/cm ²	%
1	MP - 1	07/10/2023	14/10/2023	7	320	3066	20.05	9.95	199.50	48520	243.21	249.00	231.26	72.27%
2	MP - 2	07/10/2023	14/10/2023			3130	20.10	10.10	203.01	53330	262.70			
3	MP - 3	07/10/2023	14/10/2023			3115	19.95	10.15	202.49	48820	241.10			
4	MP - 4	07/10/2023	14/10/2023			3001	20.05	10.10	202.51	44870	221.57			
5	MP - 5	07/10/2023	14/10/2023			3054	19.95	9.95	198.50	48120	242.42			
6	MP - 6	07/10/2023	14/10/2023			3038	19.90	9.95	198.01	45500	229.79			
7	MP - 7	07/10/2023	21/10/2023	14	320	3092	20.05	10.05	201.50	68230	338.61	335.63	335.63	104.89%
8	MP - 8	07/10/2023	21/10/2023			3087	19.95	9.90	197.51	65490	331.59			
9	MP - 9	07/10/2023	21/10/2023			3089	19.90	9.95	198.01	66670	336.71			
10	MP - 10	07/10/2023	21/10/2023			3145	20.10	10.05	202.01	71470	353.80			
11	MP - 11	07/10/2023	21/10/2023			3088	20.05	9.95	199.50	66240	332.03			
12	MP - 12	07/10/2023	21/10/2023			3126	20.05	10.05	201.50	69760	346.20			
13	MP - 13	07/10/2023	04/11/2023	28	320	3091	19.90	10.05	200.00	72200	361.01	359.15	358.18	111.93%
14	MP - 14	07/10/2023	04/11/2023			3060	20.10	9.95	200.00	71530	357.66			
15	MP - 15	07/10/2023	04/11/2023			2975	19.95	9.95	198.50	71220	358.79			
16	MP - 16	07/10/2023	04/11/2023			3082	19.95	10.05	200.50	71970	358.96			
17	MP - 17	07/10/2023	04/11/2023			3038	19.95	10.05	200.50	71510	356.66			
18	MP - 18	07/10/2023	04/11/2023			3062	20.10	9.95	200.00	71780	358.91			

Fuente: Autoría propia

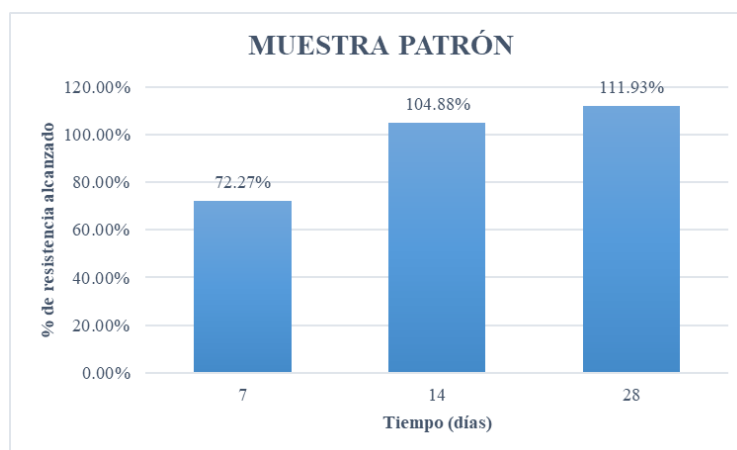
Gráfico 14: Curva edad vs f'c de la MP de adoquines



Fuente: Autoría propia

En el gráfico se observa que los adoquines de muestra patrón a los 14 días ya cumplen con la resistencia especificada en la norma NTP. 339.611, esta es de 320 Kg/cm².

Gráfico 15: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines de MP según su edad



Fuente: Autoría propia

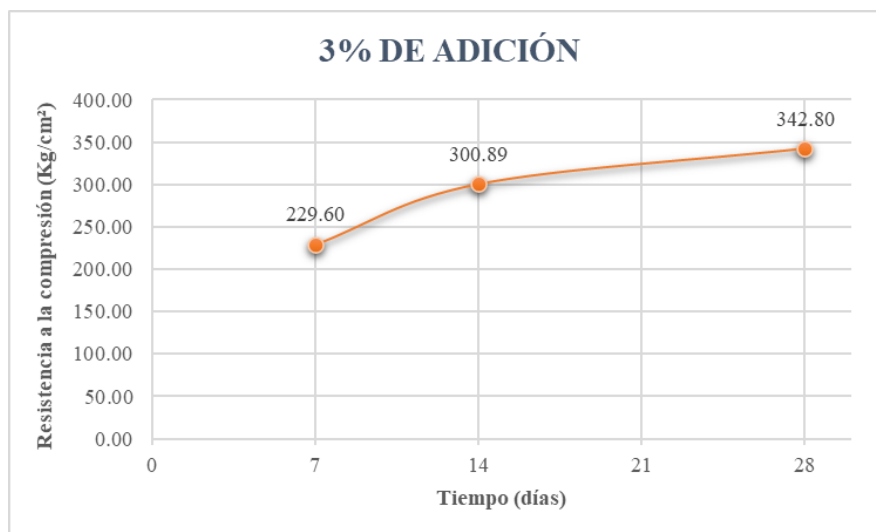
En la tabla siguiente se pueden observar los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión en los adoquines de muestra patrón con 3% de adición de celulosa obtenida del cartón reciclado a los 7, 14 y 28 días, los cuales cumplen con la resistencia mínima de 320 Kg/cm² especificada en la NTP 399.611 (Ver Anexo N° 17)

Tabla 51: Resistencia a la compresión de adoquines - 3% ADICIÓN DE CELULOSA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	Peso (gr)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión f'c promedio		
		ELABORACIÓN	ROTURA				Largo (cm)	Ancho (cm)				Kg/cm ²	Kg/cm ²	%
1	3% Celulosa - 1	07/10/2023	14/10/2023	7	320	3057	19.90	9.85	196.02	44820	228.66	241.03	229.60	71.75%
2	3% Celulosa - 2	07/10/2023	14/10/2023			3098	20.15	10.10	203.52	50720	249.22			
3	3% Celulosa - 3	07/10/2023	14/10/2023			3076	20.15	10.20	205.53	50400	245.22			
4	3% Celulosa - 4	07/10/2023	14/10/2023			3066	19.95	10.10	201.50	48300	239.71			
5	3% Celulosa - 5	07/10/2023	14/10/2023			3008	20.05	9.85	197.49	44400	224.82			
6	3% Celulosa - 6	07/10/2023	14/10/2023			3022	19.95	9.95	198.50	44520	224.28			
7	3% Celulosa - 7	07/10/2023	21/10/2023	14	320	2979	19.85	9.95	197.51	58270	295.03	300.89	300.89	94.03%
8	3% Celulosa - 8	07/10/2023	21/10/2023			2989	19.95	9.90	197.51	59780	302.68			
9	3% Celulosa - 9	07/10/2023	21/10/2023			2991	20.05	10.05	201.50	61450	304.96			
10	3% Celulosa - 10	07/10/2023	21/10/2023			2995	20.05	10.15	203.51	63460	311.83			
11	3% Celulosa - 11	07/10/2023	21/10/2023			3087	20.10	10.10	203.01	66260	326.39			
12	3% Celulosa - 12	07/10/2023	21/10/2023			3068	20.05	10.05	201.50	64210	318.66			
13	3% Celulosa - 13	07/10/2023	04/11/2023	28	320	2933	19.90	10.50	208.95	65600	313.95	331.77	342.80	107.12%
14	3% Celulosa - 14	07/10/2023	04/11/2023			2987	19.90	9.90	197.01	66950	339.83			
15	3% Celulosa - 15	07/10/2023	04/11/2023			3017	20.05	10.05	201.50	68820	341.53			
16	3% Celulosa - 16	07/10/2023	04/11/2023			3004	19.90	10.05	200.00	67920	339.61			
17	3% Celulosa - 17	07/10/2023	04/11/2023			3036	20.00	9.95	199.00	69710	350.30			
18	3% Celulosa - 18	07/10/2023	04/11/2023			3003	19.95	9.95	198.50	67190	338.48			

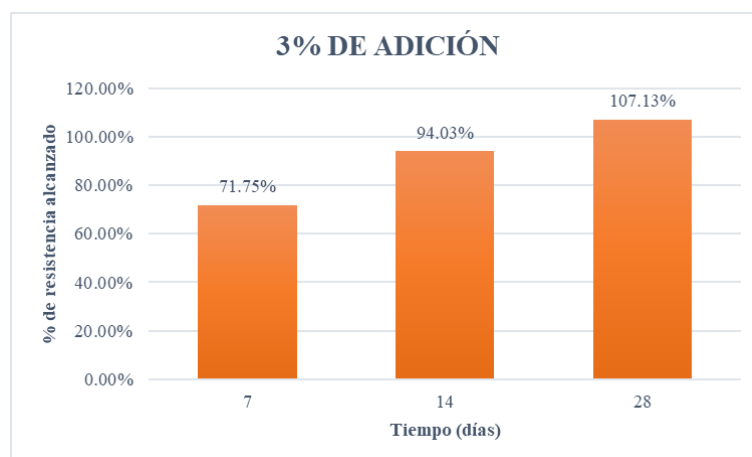
Fuente: Autoría propia

Gráfico 16: Curva edad vs f'c de la muestra de adoquines con 3% de adición



Fuente: Autoría propia

Gráfico 17: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines con 3% de adición según su edad



Fuente: Autoría propia

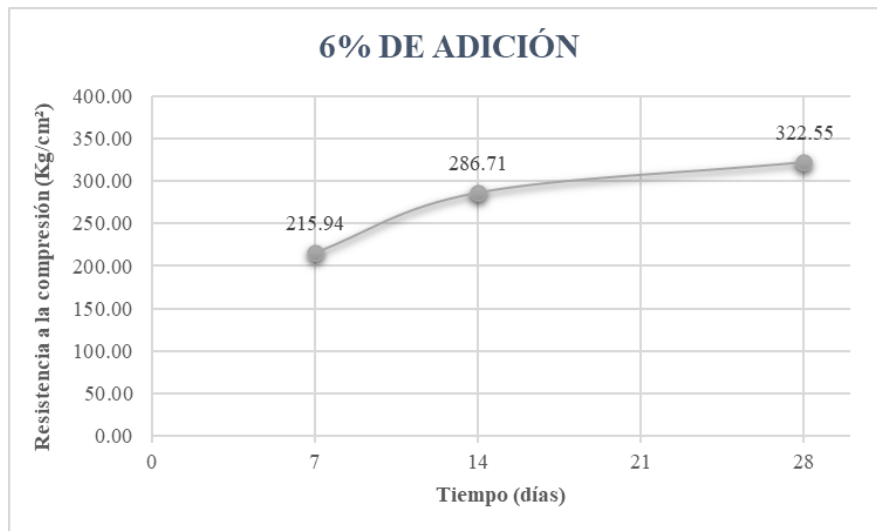
La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión en los adoquines de muestra patrón con 6% de adición de celulosa obtenida del cartón reciclado a los 7, 14 y 28 días, los cuales cumplen con la resistencia mínima de 320 Kg/cm² especificada en la NTP 399.611 (Ver Anexo N° 17)

Tabla 52: Resistencia a la compresión de adoquines - 6% ADICIÓN DE CELULOSA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	F'c DISEÑO (Kg/cm ²)	Peso (gr)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm ²)	Resistencia a la Compresión f'c promedio		
		ELABORACIÓN	ROTURA				Largo (cm)	Ancho (cm)				Kg/cm ²	Kg/cm ²	%
1	6% Celulosa - 1	07/10/2023	14/10/2023	7	320	3022	19.90	10.10	200.99	43830	218.07	218.44	215.94	67.48%
2	6% Celulosa - 2	07/10/2023	14/10/2023			3037	19.85	10.05	199.49	44700	224.07			
3	6% Celulosa - 3	07/10/2023	14/10/2023			2931	19.90	9.95	198.01	42210	213.18			
4	6% Celulosa - 4	07/10/2023	14/10/2023			2957	20.05	9.95	199.50	42890	214.99	215.94		
5	6% Celulosa - 5	07/10/2023	14/10/2023			2971	19.95	10.00	199.50	43200	216.54			
5	6% Celulosa - 6	07/10/2023	14/10/2023			2964	20.05	9.90	198.50	42930	216.28			
7	6% Celulosa - 7	07/10/2023	21/10/2023	14	320	2956	19.95	10.05	200.50	57320	285.89	286.71	286.71	89.60%
3	6% Celulosa - 8	07/10/2023	21/10/2023			2914	19.90	10.05	200.00	56280	281.41			
3	6% Celulosa - 9	07/10/2023	21/10/2023			3004	19.95	9.95	198.50	58130	292.84			
0	6% Celulosa - 10	07/10/2023	21/10/2023			2941	19.95	9.9	197.51	56890	288.04	289.58		
1	6% Celulosa - 11	07/10/2023	21/10/2023			2956	19.85	9.9	196.52	58070	295.50			
2	6% Celulosa - 12	07/10/2023	21/10/2023			2901	19.85	9.85	195.52	55760	285.18			
3	6% Celulosa - 13	07/10/2023	04/11/2023	28	320	2889	19.85	9.95	197.51	63560	321.81	321.10	322.55	100.80%
4	6% Celulosa - 14	07/10/2023	04/11/2023			2915	19.90	10.10	200.99	65500	325.89			
5	6% Celulosa - 15	07/10/2023	04/11/2023			2876	19.95	10.05	200.50	63280	315.61			
6	6% Celulosa - 16	07/10/2023	04/11/2023			2856	19.90	9.90	197.01	62330	316.38	322.55		
7	6% Celulosa - 17	07/10/2023	04/11/2023			2893	20.05	9.95	199.50	64590	323.76			
8	6% Celulosa - 18	07/10/2023	04/11/2023			2909	19.95	9.95	198.50	65010	327.50			

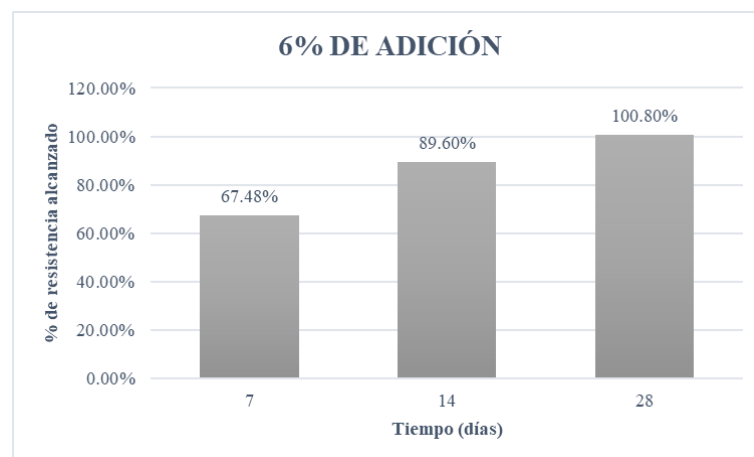
Fuente: Autoría propia

Gráfico 18: Curva edad vs $f'c$ de la muestra de adoquines con 6% de adición



Fuente: Autoría propia

Gráfico 19: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines con 6% de adición según su edad



Fuente: Autoría propia

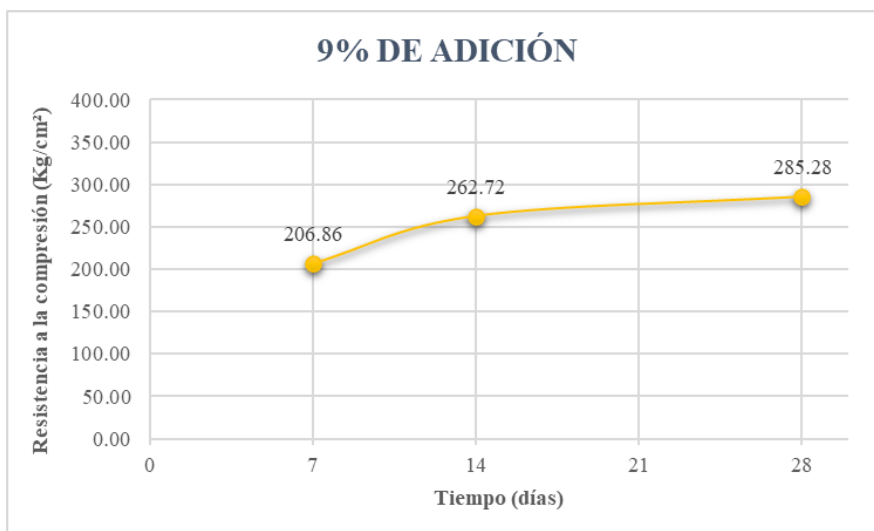
La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión en los adoquines de MP con 9% de adición de celulosa obtenida del cartón reciclado a los 7, 14 y 28 días, los cuales no cumplen con la resistencia mínima de 320 Kg/cm² especificada en la NTP 399.611. (Ver Anexo N° 17)

Tabla 53: Resistencia a la compresión de adoquines - 9% ADICIÓN DE CELULOSA

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	F'c DISEÑO (Kg/cm²)	Peso (gr)	DIMENSIONES		Área (cm²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Compresión f'c (Kg/cm²)	Resistencia a la Compresión f'c promedio		
		ELABORACIÓN	ROTURA				Largo (cm)	Ancho (cm)				Kg/cm²	Kg/cm²	%
1	9% Celulosa - 1	07/10/2023	14/10/2023	7	320	2863	19.90	9.95	198.01	40770	205.90	208.40	206.86	64.64%
2	9% Celulosa - 2	07/10/2023	14/10/2023			2838	19.85	9.90	196.52	40740	207.31			
3	9% Celulosa - 3	07/10/2023	14/10/2023			3005	20.05	10.10	202.51	42930	211.99			
4	9% Celulosa - 4	07/10/2023	14/10/2023			2919	19.90	10.05	200.00	40840	204.21			
5	9% Celulosa - 5	07/10/2023	14/10/2023			2938	19.85	9.90	196.52	40900	208.13			
5	9% Celulosa - 6	07/10/2023	14/10/2023			2973	19.90	10.05	200.00	41650	208.26			
7	9% Celulosa - 7	07/10/2023	21/10/2023	14	320	2983	19.85	9.85	195.52	54050	276.44	262.72	262.72	82.10%
8	9% Celulosa - 8	07/10/2023	21/10/2023			2837	19.90	10.05	200.00	50530	252.66			
9	9% Celulosa - 9	07/10/2023	21/10/2023			2887	20.05	10.05	201.50	52200	259.05			
0	9% Celulosa - 10	07/10/2023	21/10/2023			2888	20.10	10.15	204.02	52340	256.55			
1	9% Celulosa - 11	07/10/2023	21/10/2023			2881	20.05	10.05	201.50	51350	254.84			
2	9% Celulosa - 12	07/10/2023	21/10/2023			2905	19.95	9.85	196.51	52480	267.06			
3	9% Celulosa - 13	07/10/2023	04/11/2023	28	320	2884	20.00	9.95	199.00	57380	288.34	289.66	285.28	89.15%
4	9% Celulosa - 14	07/10/2023	04/11/2023			2908	19.95	10.05	200.50	57510	286.84			
5	9% Celulosa - 15	07/10/2023	04/11/2023			2938	20.05	10.00	200.50	58910	293.82			
6	9% Celulosa - 16	07/10/2023	04/11/2023			2814	19.95	10.05	200.50	56710	282.85			
7	9% Celulosa - 17	07/10/2023	04/11/2023			2789	20.05	9.95	199.50	55920	280.30			
8	9% Celulosa - 18	07/10/2023	04/11/2023			2926	20.10	9.90	198.99	58240	292.68			

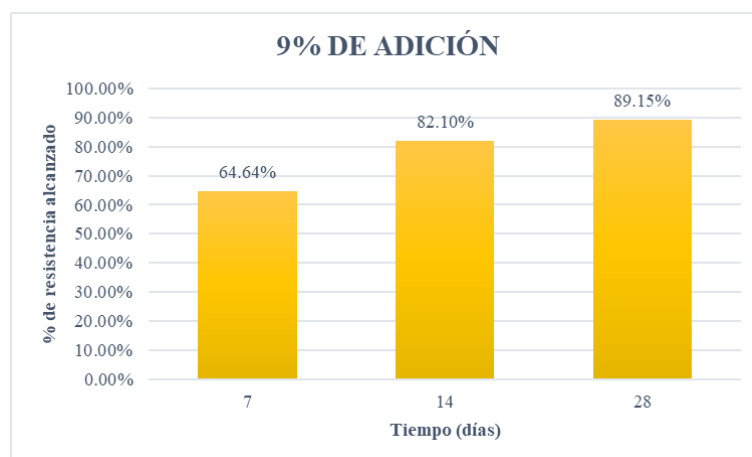
Fuente: Autoría propia

Gráfico 20: Curva edad vs f'c de la muestra de adoquines con 9% de adición



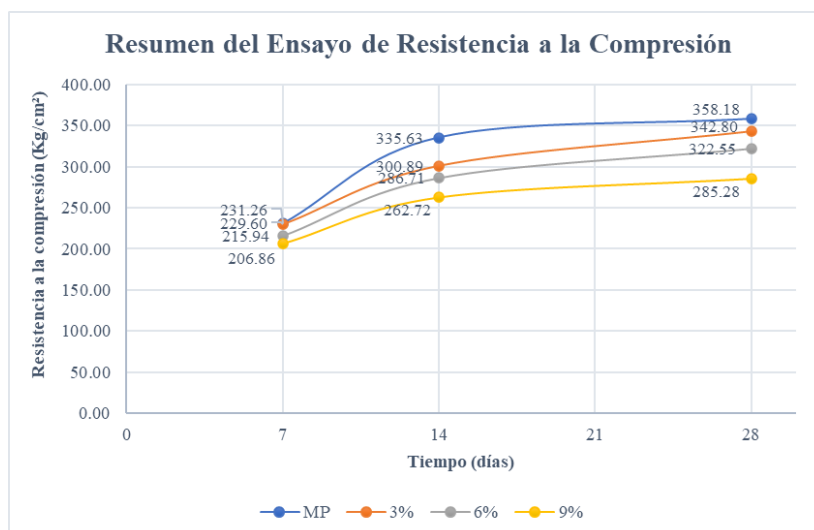
Fuente: Autoría propia

Gráfico 21: Resultados en porcentajes de resistencia a la compresión alcanzada por los adoquines con 9% de adición según su edad



Fuente: Autoría propia

Gráfico 22: Resumen del Ensayo de resistencia a la compresión en los adoquines de concreto



Fuente: Autoría propia

En el gráfico se evidencia que los adoquines de MP alcanzan una mayor resistencia a comparación de los adoquines que tienen adiciones de 3%, 6% y 9%. Las muestras con adiciones de 3% y 6% logran cumplir con los requisitos que exige la norma, sin embargo, la muestra con 9% de adición no alcanza la resistencia requerida.

- **Resistencia a la tracción por flexión**

En la siguiente tabla se muestran los resultados conseguidos de la resistencia a la tracción por flexión en los adoquines de muestra patrón y las adiciones de 3%, 6% y 9% de celulosa obtenida del cartón reciclado a los 28 días con 6 muestras para cada uno. (Ver Anexo N° 18)

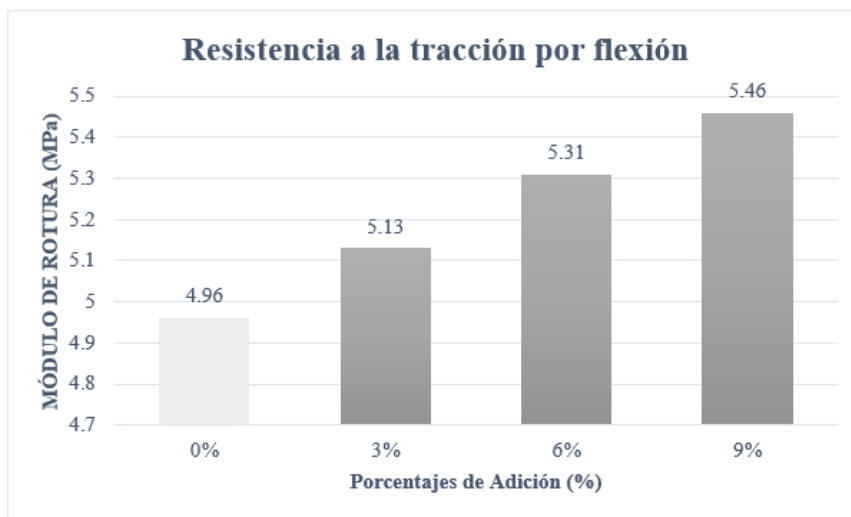
Tabla 54: Módulo de rotura para los adoquines

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	Peso (gr)	Luz entre apoyos (mm)	DIMENSIONES		Carga Máxima		Resistencia a la Tracción por Flexión (Mpa)	σ	Resistencia a la Tracción por Flexión Promedio (Mpa)
		ELABORACIÓN	ROTURA				Espesor (mm)	Ancho (mm)	(Kg)	(N)			
M-1	MUESTRA PATRÓN	07/10/2023	04/11/2023	28	3106	150.00	59.90	100.10	920	9025.2	5.654	0.23	4.96
M-2		07/10/2023	04/11/2023		3161	150.00	59.95	101.30	870	8534.7	5.275		
M-3		07/10/2023	04/11/2023		3081	150.00	59.90	99.50	840	8240.4	5.193		
M-4		07/10/2023	04/11/2023		3059	150.00	61.50	100.50	860	8436.6	4.994		
M-5		07/10/2023	04/11/2023		3038	150.00	59.95	99.65	850	8338.5	5.239		
M-6		07/10/2023	04/11/2023		3047	150.00	59.85	98.60	880	8632.8	5.500		
M-1	3%	07/10/2023	04/11/2023	28	3000	150.00	60.10	100.50	900	8829.0	5.472	0.28	5.13
M-2		07/10/2023	04/11/2023		3086	150.00	59.85	100.05	950	9319.5	5.851		
M-3		07/10/2023	04/11/2023		2933	150.00	61.40	100.45	920	9025.2	5.362		
M-4		07/10/2023	04/11/2023		2987	150.00	59.90	99.30	960	9417.6	5.947		
M-5		07/10/2023	04/11/2023		3017	150.00	62.30	101.00	930	9123.3	5.236		
M-6		07/10/2023	04/11/2023		3004	150.00	61.50	100.80	940	9221.4	5.442		
M-1	6%	07/10/2023	04/11/2023	28	2893	150.00	61.10	100.40	990	9711.9	5.830	0.26	5.31
M-2		07/10/2023	04/11/2023		2909	150.00	60.05	101.50	980	9613.8	5.910		
M-3		07/10/2023	04/11/2023		2889	150.00	62.25	100.00	950	9319.5	5.411		
M-4		07/10/2023	04/11/2023		2915	150.00	61.50	100.55	970	9515.7	5.630		
M-5		07/10/2023	04/11/2023		2876	150.00	61.10	98.90	1010	9908.1	6.038		
M-6		07/10/2023	04/11/2023		2856	150.00	62.50	100.15	960	9417.6	5.416		
M-1	9%	07/10/2023	04/11/2023	28	2789	150.00	61.85	101.15	1010	9908.1	5.761	0.25	5.46
M-2		07/10/2023	04/11/2023		2926	150.00	62.55	101.10	990	9711.9	5.524		
M-3		07/10/2023	04/11/2023		2884	150.00	59.80	101.60	1000	9810.0	6.075		
M-4		07/10/2023	04/11/2023		2908	150.00	60.35	100.70	1030	10104.3	6.199		
M-5		07/10/2023	04/11/2023		2938	150.00	61.95	101.50	1020	10006.2	5.780		
M-6		07/10/2023	04/11/2023		2814	150.00	63.85	100.85	1060	10398.6	5.691		

Fuente: Autoría propia

Los resultados se resumen en el siguiente gráfico, donde la MP tiene un Módulo de Rotura (M'r) de 4.96 MPa. En comparación, las muestras con adiciones de celulosa de cartón alcanzan un M'r de 5.13 MPa con un 3% de adición, 5.31 MPa con un 6% y 5.46 MPa con un 9% de celulosa de cartón.

Gráfico 23: Resumen del Ensayo de Resistencia a la tracción por flexión



Fuente: Autoría propia

- **Resistencia a la abrasión**

Se realizó la evaluación de resistencia a la abrasión siguiendo las directrices establecidas por la norma ASTM C944 – 99 [31]. Se empleó un cortador giratorio para realizar tres ciclos de 2 minutos cada uno, aplicando una carga en tres ubicaciones representativas del espécimen analizado. Como resultado de esta prueba, se observa que conforme se incrementa el porcentaje de adición, el desgaste por abrasión también, siendo la adición de 9% la que alcanza un desgaste mayor con 0.52%. (Ver Anexo N° 19)

Tabla 55: Resistencia a la abrasión

N° MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso inicial (g)	Peso del 1° Ciclo (g)	Peso del 2° Ciclo (g)	Peso del 3° Ciclo (g)	Desgaste (%)	Desgaste promedio 3 unidades(%)	Desgaste promedio general (%)
M - 1	Muestra Patrón	3054.00	3050.00	3047.00	3046.00	0.26%	0.34%	0.39%
M - 2		3091.00	3084.00	3081.00	3079.00	0.39%		
M - 3		2966.00	2960.00	2957.00	2955.00	0.37%		
M - 4		2707.00	2702.00	2699.00	2696.00	0.41%	0.39%	
M - 5		3159.00	3154.00	3149.00	3147.00	0.38%		
M - 6		3058.00	3052.00	3044.00	3046.00	0.39%		
M - 1	Muestra con adición de 3% de celulosa	3007.00	3002.00	2999.00	2995.00	0.40%	0.40%	0.40%
M - 2		2980.00	2978.00	2974.00	2966.00	0.47%		
M - 3		2962.00	2958.00	2955.00	2952.00	0.34%		
M - 4		2996.00	2990.00	2988.00	2985.00	0.37%	0.37%	
M - 5		3056.00	3050.00	3049.00	3040.00	0.52%		
M - 6		3030.00	3025.00	3023.00	3023.00	0.23%		
M - 1	Muestra con adición de 6% de celulosa	2839.00	2835.00	2826.00	2822.00	0.60%	0.47%	0.47%
M - 2		2904.00	2899.00	2896.00	2893.00	0.38%		
M - 3		2957.00	2952.00	2948.00	2944.00	0.44%		
M - 4		2933.00	2930.00	2927.00	2925.00	0.27%	0.33%	
M - 5		3006.00	3003.00	2999.00	2996.00	0.33%		
M - 6		2926.00	2922.00	2918.00	2915.00	0.38%		
M - 1	Muestra con adición de 9% de celulosa	2872.00	2870.00	2867.00	2865.00	0.24%	0.33%	0.52%
M - 2		2947.00	2943.00	2938.00	2936.00	0.37%		
M - 3		2898.00	2894.00	2891.00	2887.00	0.38%		
M - 4		2880.00	2876.00	2871.00	2864.00	0.56%	0.52%	
M - 5		2905.00	2902.00	2897.00	2891.00	0.48%		
M - 6		2868.00	2865.00	2859.00	2853.00	0.52%		

Fuente: Autoría propia

7. Evaluación económica

La evaluación económica fue realizada, utilizando los costos del Boletín Técnico CAPECO - Diciembre 2023 [32] y se determinó el análisis de costo unitario por cada adoquín elaborado para la MP y los adoquines con adiciones. Este análisis no incluye IGV.

Tabla 56: APU de la extracción de celulosa

Partida	EXTRACCIÓN DE CELULOSA DE CARTÓN						
Rendimiento	KG/DIA	MO.	10.000	EQ.	10.000	Costo unitario directo por :	KG 9.92
Jornada	8	hr/día					
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra							
PEÓN	HH	0.5000	0.4000	19.58	7.83		
							7.83
Materiales							
CARTÓN	KG		1.0000	0.50	0.50		
AGUA	LT		2.0000	0.50	1.00		
COLADOR	UND		2.0000	0.00	0.00		
TIJERAS	UND		1.0000	0.00	0.00		
							1.50
Equipos							
DESGASTE DE HERRAMIENTAS	%MO		5.0000	7.83	0.39		
LICUADORA (ENERGÍA)	H.M		1.0000	0.20	0.20		
MOLINO ARTESANAL	H.M		1.0000	0.00	0.00		
							0.59

Fuente: Autoría propia

En este primer APU se tuvo en cuenta el costo por Kg para extraer la celulosa del cartón considerando la mano de obra empleada para su procesamiento, los materiales que se necesitaron y los equipos utilizados. El costo de la extracción de la celulosa fue de S/. 9.92.

Tabla 57: APU de la MP

Partida	ADOQUIN DE CONCRETO - MUESTRA PATRÓN						
Rendimiento	UND/DIA	MO.	600.000	EQ.	600.000	Costo unitario directo por :	UND 1.48
Jornada	8	hr/día					
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra							
OPERARIO	HH	1.0000	0.0133	27.49	0.37		
PEÓN	HH	1.0000	0.0133	19.58	0.26		
							0.63
Materiales							
CEMENTO	BLS		0.0135	29.82	0.40		
AGUA	M ³		0.0002	5.00	0.00		
A. FINO	M ³		0.0005	50.03	0.02		
A. GRUESO (CONFITILLO)	M ³		0.0003	60.08	0.02		
							0.45
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.63	0.02		
MEZCLADORA	H.M	0.5000	0.0067	28.00	0.19		
BLOQUETADORA	HM	0.5000	0.0067	30.00	0.20		
							0.41

Fuente: Autoría propia

Para la MP se obtuvo un costo unitario de S/. 1.48 para cada adoquín.

Tabla 58: APU de la muestra con 3% de adición

Partida		ADOQUIN DE CONCRETO - ADICIÓN 3%						
Rendimiento	UND/DIA	MO.	600.000	EQ.	600.000	Costo unitario directo por :		UND 1.64
Jornada	8	hr/día						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.			
Mano de Obra								
OPERARIO	HH	1.0000	0.0133	27.49	0.37			
PEÓN	HH	1.0000	0.0133	19.58	0.26			
					0.63			
Materiales								
CEMENTO	BLS		0.0135	29.82	0.40			
AGUA	M ³		0.0002	5.00	0.00			
A. FINO	M ³		0.0005	50.03	0.02			
A. GRUESO (CONFITILLO)	M ³		0.0003	60.08	0.02			
CARTÓN	KG		0.0163	9.92	0.16			
					0.61			
Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.63	0.02			
MEZCLADORA	H.M	0.5000	0.0067	28.00	0.19			
BLOQUETADORA	HM	0.5000	0.0067	30.00	0.20			
					0.41			

Fuente: Autoría propia

Con una adición de 3% se obtuvo un costo unitario de S/. 1.64 para cada adoquín.

Tabla 59: APU de la muestra con 6% de adición

Partida		ADOQUIN DE CONCRETO - ADICIÓN 6%						
Rendimiento	UND/DIA	MO.	600.000	EQ.	600.000	Costo unitario directo por :		UND 1.80
Jornada	8	hr/día						
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.			
Mano de Obra								
OPERARIO	HH	1.0000	0.0133	27.49	0.37			
PEÓN	HH	1.0000	0.0133	19.58	0.26			
					0.63			
Materiales								
CEMENTO	BLS		0.0135	29.82	0.40			
AGUA	M ³		0.0002	5.00	0.00			
A. FINO	M ³		0.0005	50.03	0.02			
A. GRUESO (CONFITILLO)	M ³		0.0003	60.08	0.02			
CARTÓN	KG		0.0327	9.92	0.32			
					0.77			
Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.63	0.02			
MEZCLADORA	H.M	0.5000	0.0067	28.00	0.19			
BLOQUETADORA	HM	0.5000	0.0067	30.00	0.20			
					0.41			

Fuente: Autoría propia

Con una adición de 6% se obtuvo un costo unitario de S/. 1.80 para cada adoquín.

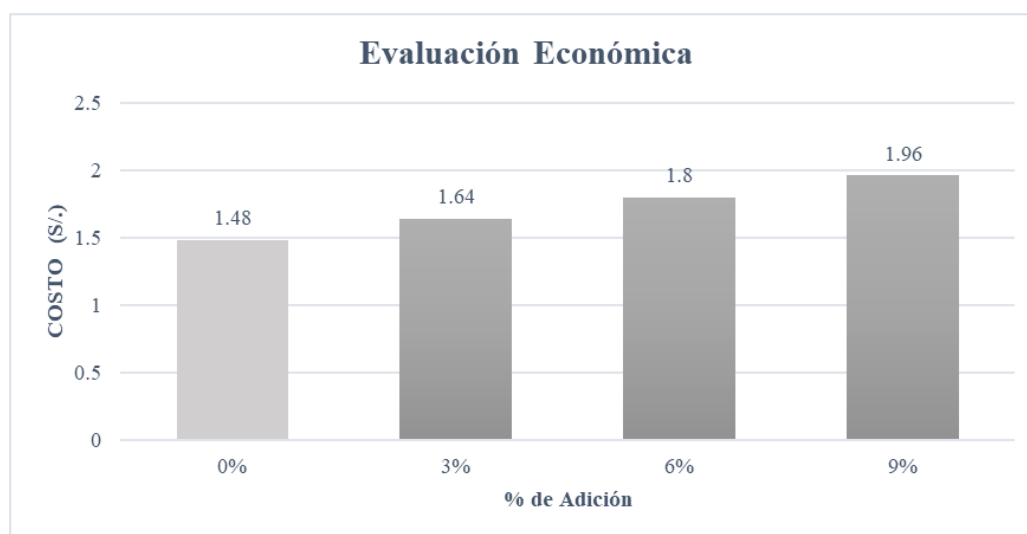
Tabla 60: APU de la muestra con 9% de adición

Partida		ADOQUIN DE CONCRETO - ADICIÓN 9%					
Rendimiento	UND/DIA	MO.	600.000	EQ.	600.000	Costo unitario directo por :	UND 1.96
Jornada	8	hr/día					
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra							
OPERARIO	HH	1.0000	0.0133	27.49	0.37		
PEÓN	HH	1.0000	0.0133	19.58	0.26		
					0.63		
Materiales							
CEMENTO	BLS		0.0135	29.82	0.40		
AGUA	M ³		0.0002	5.00	0.00		
A. FINO	M ³		0.0005	50.03	0.02		
A. GRUESO (CONFITILLO)	M ³		0.0003	60.08	0.02		
CARTÓN	KG		0.0490	9.92	0.49		
					0.93		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.63	0.02		
MEZCLADORA	H.M	0.5000	0.0067	28.00	0.19		
BLOQUETADORA	HM	0.5000	0.0067	30.00	0.20		
					0.41		

Fuente: Autoría propia

Con una adición de 9% se obtuvo un costo unitario de S/. 1.96 para cada adoquín.

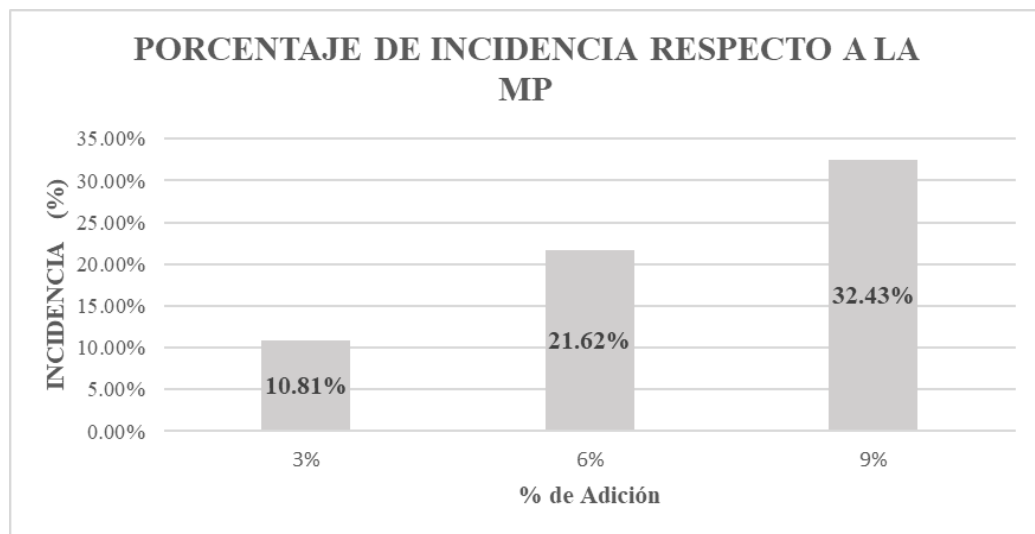
Gráfico 24: Resumen de la evaluación económica



Fuente: Autoría propia

A continuación, se presenta un gráfico de incidencia vs % de adición de celulosa de cartón con respecto al costo unitario de la MP.

Gráfico 25: Incidencia en comparación a la MP



Fuente: Autoría propia

Discusión

Con respecto al objetivo específico N°1, identificar las características químicas de la celulosa que se adicionará a los adoquines de concreto para tránsito peatonal, los resultados que se muestran en la Tabla N° 26 evidencian que la celulosa de cartón empleada para elaborar los adoquines está compuesta principalmente por CaO (54.14%), SiO₂ (15.32%) y Fe₂O₃ (8.27%). Estos resultados son similares a los encontrados por K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8], donde la concentración mayor es de CaO (61.7%), Fe₂O₃ (9.84%) y SiO₂ (6.76%). En este estudio, se observa una concentración menor de óxido de silicio (SiO₂), lo cual puede atribuirse a que la celulosa utilizada fue extraída de papel periódico, en contraste con la presente investigación, donde la celulosa se extrajo del cartón.

En cuanto al objetivo específico N°2, realizar un diseño de mezcla que garantice el cumplimiento de los requisitos de la NTP 399.611 para la elaboración de adoquines de concreto de tránsito peatonal con adiciones de celulosa obtenida de cartón reciclado. Los resultados obtenidos muestran que la proporción más adecuada para alcanzar la resistencia de diseño $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ es de 1:2,05:1,48 en peso. El resultado final de diseño implica 453.84 Kg/m³ de cemento, 195.16 l de agua, 928.59 Kg/m³ de agregado fino y 673.22 Kg/m³ de agregado grueso. A este diseño se le añadieron los porcentajes de celulosa de cartón en relación con el peso del cemento: 13.62 Kg/m³ para un 3%, 27.23 Kg/m³ para un 6% y 40.85 Kg/m³ para un 9%.

En comparación, con G. M, Chahuayo [13] en su estudio utilizó un $f'c$ de 210 kg/cm² con adiciones de 5%, 10%, y 15% de papel reciclado en forma redondeada. La proporción de la mezcla patrón fue de 1:2,83:2,46. Para la dosificación del 5%, se utilizaron 1.991 kg de cemento, 5.629 kg de agregado fino, 4.649 de agregado grueso, 0.444 l de agua, y 0.245 kg de papel reciclado. Para el 10%, la dosificación se modificó a 4.404 kg de agregado grueso y 0.489 kg de papel reciclado. En el caso de 15% de adición, el agregado grueso fue 4.160 kg y 0.734 kg de papel reciclado. Los agregados utilizados fueron de la cantera Mantaro. En dicho estudio, se realiza un remplazo al agregado grueso, lo que explica las variaciones observadas en los resultados en función del porcentaje de remplazo, a diferencia de esta investigación que añade celulosa de cartón en relación con el porcentaje de cemento.

De acuerdo con el objetivo específico N°3, se buscó determinar mediante los ensayos conforme a la NTP 399.604 y NTP 399.624, las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto con y sin la adición de celulosa obtenida de cartón reciclado. Para ello,

se realizaron ensayos físicos como tolerancia dimensional, donde los resultados muestran que MP presenta una variación entre $\pm 0.50\text{mm}$ a 1.50mm en longitud, $\pm 0.05\text{mm}$ a 1.52mm en ancho y $\pm 1.80\text{mm}$ a 3.15mm en espesor. Las adiciones tienen resultados entre $\pm 0.50\text{mm}$ a 2.50mm en longitud, $\pm 0.09\text{mm}$ a 1.97mm en ancho y $\pm 0.20\text{mm}$ a 3.85mm en espesor. También se evaluó la absorción. La MP tiene una absorción de 4.92%, mientras que la adición de 3% un 5.27%, la adición de 6% un 5.12 y la de 9% un 5.84%. En cuanto a la densidad, según el gráfico N°13, esta disminuye a medida que aumenta la adición, alcanzando 2048.89 kg/m^3 con 9%, en comparación con los 2204.77 kg/m^3 de la MP.

Los ensayos mecánicos incluyeron: resistencia a la compresión, tracción por flexión y abrasión. A los 28 días, la resistencia a la compresión de la MP fue de 358.18 kg/cm^2 . Las muestras con adiciones de 3%, 6% y 9% de celulosa de cartón reciclado mostraron resistencias de 342.80 kg/cm^2 , 322.55 kg/cm^2 y 285.28 kg/cm^2 , respectivamente. El Módulo de Rotura (M'r) de la MP fue de 4.96 MPa. Al incorporar 3%, 6% y 9% de adición, el M'r se incrementó a 5.13 MPa, 5.31 MPa y 5.46 MPa. El desgaste de la MP fue del 0.39%, mientras que las muestras con 3%, 6% y 9% de adición presentaron desgastes del 0.40%, 0.47% y 0.52%, correspondientemente.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos, como el de T. Cardinale et al [11], quien concluye que a medida que aumenta la relación volumétrica de papel usado o pulpa, se observan reducciones tanto en las resistencias a la flexión como a la compresión. Asimismo, se nota que la densidad aparente y la conductividad térmica disminuyen con el incremento de la cantidad de papel reciclado. Por otro lado, el porcentaje de absorción de agua en el papel usado se incrementa drásticamente conforme se eleva el contenido de papel reciclado. También G. M, Chahuayo [13], observa una amplia disparidad en la resistencia a la compresión entre las diferentes proporciones. La proporción 1:2:3 exhibe la resistencia más baja, registrando 16.87 kg-f/cm^2 , mientras que la proporción 1:1:1 muestra la resistencia más alta, alcanzando 83.87 kg-f/cm^2 .

Si bien estos autores consideran en su investigación ensayos comunes al de este estudio, también hay otros que no fueron considerados, como la conductividad térmica. Sin embargo, al analizar la influencia de adiciones de papel y cartón, sus resultados muestran que el porcentaje de celulosa añadida afecta ya sea de manera positiva o negativa las propiedades de los adoquines.

Según el objetivo específico N°4, comparar los resultados de los ensayos con y sin la adición para determinar la influencia de la celulosa obtenida de cartón reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto.

Tolerancia dimensional

Según los resultados obtenidos en el análisis de la variación dimensional, la MP presenta una variación entre $\pm 0.50\text{mm}$ a 1.50mm en longitud, $\pm 0.05\text{mm}$ a 1.52mm en ancho y $\pm 1.80\text{mm}$ a 3.15mm en espesor. Se observó que se presenta una mayor variabilidad en las dimensiones del espesor y todas las muestras ensayadas cumplen con los parámetros de la NTP 399.611. En relación con las muestras con adiciones, para una concentración del 3%, se detectó una variación entre $\pm 0.50\text{mm}$ a 2.50mm en longitud, $\pm 0.11\text{mm}$ a 1.50mm en ancho y $\pm 1.85\text{mm}$ a 3.28mm en espesor. Para un 6%, las mediciones tienen una variabilidad que va desde $\pm 1.00\text{mm}$ a 2.50mm en longitud, $\pm 0.09\text{mm}$ a 1.94mm en ancho y $\pm 1.58\text{mm}$ a 3.58mm en espesor. Mientras que para 9% de celulosa de cartón, la variación en longitud está entre $\pm 0.50\text{mm}$ a 2.50mm , $\pm 0.20\text{mm}$ a 1.97mm en ancho y $\pm 0.20\text{mm}$ a 3.85mm en espesor.

Cuando se compara los resultados que se obtuvieron de las adiciones con respecto a los adoquines de MP, en ambos casos se observó variación, pero la variación dimensional en las muestras con adición es mayor. Esto se atribuye principalmente al proceso de fabricación de estos adoquines, que se caracteriza por ser semi industrial y no totalmente automatizado. Por lo tanto, la intervención humana puede dar lugar a ciertos errores durante la fabricación. Esta situación contrasta con las prácticas de las grandes empresas productoras de adoquines en el país, que cuentan con maquinaria controlada desde una sala de operaciones centralizada, donde se supervisan y ajustan todas las variables del proceso de fabricación de estas unidades.

Absorción

En el gráfico N°8 se muestran los resultados de absorción de agua para diferentes porcentajes de adición de celulosa de cartón reciclado en comparación con la muestra patrón. La MP tiene una absorción de 4.42%. La adición del 3% de celulosa de cartón reciclado incrementa la absorción de agua en un 19.16% respecto a la MP; con un 6%, la absorción aumenta en un 15.74% y 9% de celulosa de cartón lleva a un incremento del 32.01%. Estos resultados muestran a medida que se incrementa el porcentaje de adición de celulosa de cartón reciclado, la absorción de agua del material también aumenta superando a la MP.

Comparando estos resultados con la investigación de B. A. Solahuddin [10], la muestra de control presenta la menor absorción de agua con un 6.3%. Al agregar un 5% de papel y cartón,

las absorciones de agua aumentan un 14.92% y un 26.19%, respectivamente. Con una adición del 10%, las absorciones de agua se incrementan en un 34.29% para el papel y un 45.56% para el cartón. En ambas investigaciones, se observa que la absorción de agua aumenta con la adición de material celuloso. Sin embargo, los incrementos porcentuales difieren, posiblemente debido a las diferencias en los materiales de base y en las proporciones de celulosa utilizadas.

El aumento en la absorción de agua con la adición de celulosa de cartón reciclado puede explicarse porque la celulosa es una fibra natural que tiene una alta capacidad de absorción de agua debido a su estructura porosa y su afinidad por el agua. Cuando se incorpora celulosa a los adoquines, estas fibras crean una red de poros microscópicos que puede retener más agua, incrementando así la absorción general del compuesto [9].

Densidad

El gráfico N° 13 resume los resultados obtenidos en este ensayo. La MP tiene una densidad promedio de 2204.77 kg/m³. Al añadir un 3% de celulosa de cartón reciclado, la densidad disminuyó en un 1.51%, alcanzando un promedio de 2171.57 kg/m³. Con un 6%, se redujo en un 4.16%, resultando en un promedio de 2113.04 kg/m³. Finalmente, al incorporar un 9%, la densidad disminuyó en un 7.07%, obteniendo un valor promedio de 2048.89 kg/m³. Estas cifras muestran que la adición de celulosa de cartón disminuye progresivamente la densidad en comparación con la MP.

Comparando estos resultados con la investigación de K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8], donde se evaluó el efecto de la adición de celulosa de papel en la densidad del concreto, se observaron tendencias similares. En dicha investigación, el concreto convencional obtuvo una densidad de 2.23 g/cm³ a los 28 días. Con un 5% de adición de celulosa de papel, la densidad se mantuvo en 2.23 g/cm³. Sin embargo, con un 10% de adición, la densidad fue de 1.92 gr/m³, pero a partir de un 15%, se reportó una disminución significativa de la densidad a 1.35 g/cm³. Con un 20% y 25% de adición, las densidades fueron de 1.30 g/cm³ y 1.27 g/cm³, respectivamente. Estas magnitudes de disminución fueron más pronunciadas, entre 13.90% a 43.05%, debido a que los porcentajes de adición son mayores. Estas cifras también indican una reducción progresiva en la densidad con el aumento de la adición de celulosa. Teóricamente, la reducción de densidad con la adición de celulosa se puede atribuir a la naturaleza fibrosa y ligera de la celulosa. La incorporación de fibras de celulosa crea una estructura más porosa y reduce la masa total por unidad de volumen, lo que resulta en una disminución de la densidad del material compuesto.

Resistencia a la compresión

El gráfico N° 22 muestra como varía la resistencia a compresión en la muestra MP y en los porcentajes de adición de celulosa de cartón (3%, 6% y 9%). A los 7 días, la mayor resistencia registrada fue de 231.26 kg/cm² en la MP. En las muestras con adiciones de celulosa de cartón, la resistencia máxima a la compresión, 229.60 kg/cm², se obtuvo con una adición de 3%, mientras que la menor resistencia, 206.86 kg/cm², correspondió a una adición del 9%. Comparando con la MP, las resistencias a la compresión a los 7 días disminuyeron en las muestras con adiciones de celulosa de cartón: un 0.72% con una adición del 3%, un 6.62% con un 6% y 1055% con un 9%. A los 28 días, la resistencia a la compresión de la MP fue de 358.18 kg/cm². En comparación, la muestra con 3% alcanzó una resistencia de 342.80 kg/cm², lo que representa una disminución del 4.29% respecto a la MP. La muestra con 6% mostro una resistencia de 322.55 kg/cm², disminuyendo un 9.95%. Con una adición del 9% de celulosa de cartón, el valor de la resistencia cae en un 20.35%.

En comparación con otras investigaciones, J. Lee et. al [4] encontraron que a los 7 días, la resistencia a la compresión de las muestras con residuos de periódico (WNP) fue entre un 5,1% y un 21,4% menor que la de la muestra de control. Sin embargo, a los 28 días, la resistencia a la compresión de las muestras con WNP fue hasta un 16,1% mayor que la de la muestra de control, destacando una mejora significativa en la resistencia a largo plazo. Por su parte, los resultados de B. A. Solahuddin [10] indicaron que adiciones del 5% y 10% de papel y cartón triturado mejoraron la resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, pero disminuyeron significativamente con una adición del 15%. Esto difiere a los resultados obtenidos en esta investigación, donde aumentos moderados de adiciones no superan la resistencia de la MP.

Sin embargo, otras investigaciones previas han mostrado resultados similares. De acuerdo con el estudio de L. A. Reyes et. al [12], el uso de papel reciclado en forma esférica como remplazo del agregado grueso disminuyó significativamente la resistencia a la compresión en todas las proporciones (5%, 10%, y 15%), alineándose con nuestros hallazgos de que la adición de celulosa de cartón reduce la resistencia a medida que aumenta el porcentaje de adición. Asimismo, la investigación de K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8] concluye que la adición de celulosa de papel en concreto también mostró una resistencia menor a la mezcla de referencia en todas las edades de prueba.

Resistencia a la tracción por flexión

El gráfico N°23 muestra como varía la resistencia a la tracción por flexión en la MP y con distintos porcentajes de adiciones a los 28 días. La MP presentó un Módulo de Rotura (M'r) de 4.96 MPa. Al incorporar un 3% de adición de celulosa de cartón reciclado, el M'r aumentó en un 3.43%, alcanzando un 5.13 MPa. Con un 6% de adición, el incremento fue de 7.06%, resultando en un M'r de 5.31 MPa. Finalmente, con un 9% de adición, se logró un aumento del 10.08%, obteniendo un M'r de 5.46 MPa.

En resultados obtenidos en investigaciones similares, como la de B. A. Solahuddin [10], se observa que a los 28 días las resistencias a la flexión promedio de las muestras de concreto con una adición del 5% de papel y cartón aumentaron en un 4.87% y 8.16%, respectivamente. Para una adición del 10%, las resistencias a la flexión aumentaron en un 6.44% y 7.4%, respectivamente. Sin embargo, con una adición del 15%, las resistencias a la flexión disminuyeron rápidamente por debajo de la resistencia de la mezcla de control, en un 18.42% y 18.65%, respectivamente. Comparando ambos estudios, se puede observar una tendencia general de aumento en la resistencia a la flexión con adiciones moderadas de celulosa, seguida de una disminución cuando se superan ciertos umbrales de adición. En este estudio, las adiciones de celulosa de cartón hasta un 9% mostraron una mejora continua en el M'r, mientras que, en la investigación mencionada, las adiciones mayores al 10% resultaron en una disminución significativa de la resistencia.

En el estudio realizado por T. Cardinale et al [11], se incorporó pulpa y papel reciclado en proporciones del 2%, 5% y 10%, lo que dio resultados contrastantes con los obtenidos en la investigación actual. Se observó que la resistencia a la flexión reduce a medida que aumentaba el porcentaje de adición, llegando incluso a alcanzar un descenso del 35.79%.

Resistencia a la abrasión

La Tabla N° 60 presenta los resultados obtenidos en este ensayo. En la MP se obtuvo un desgaste del 0.39%. Los resultados del desgaste de muestras de adoquines con diferentes porcentajes de adición de celulosa revelan un aumento progresivo en el desgaste a medida que aumenta la concentración de celulosa. Específicamente, se observó un desgaste del 0.40% para un 3% de adición de celulosa, del 0.47% para un 6%, y del 0.52% para un 9%. Mientras que las muestras con 3% de celulosa muestran un ligero incremento de 2.56% en el desgaste respecto a la MP, las muestras con 6% y 9% exhiben desgastes promedio generales más altos, de 20.51% y 33.33% respectivamente.

Respecto al objetivo específico N° 5, comparar económicamente los costos de materiales directos para la fabricación de los adoquines con porcentajes de adición de celulosa obtenida de cartón reciclado y los adoquines convencionales. En el gráfico N°24 se encuentran los resultados. Para la MP, se obtiene un precio de S/. 1.48, mientras que para las adiciones de 3% un precio de S/. 1.64, para 6% un precio de S/. 1.80 y de 9% un precio de S/. 1.96. Se observa un ligero incremento en el precio de los adoquines a medida que aumenta el porcentaje de adición en comparación con la MP. Con una adición de 3%, el precio aumenta en S/0.15; con un 6%, en S/0.32; y con un 9%, en S/0.48, Estos incrementos representan el 10.81%, 21.62% y 32.43% respectivamente.

En contraste, K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8], en su investigación, hallaron que a según aumenta el porcentaje de adición, los costos disminuyen en un rango de 2.72% hasta 13.8% en comparación con el costo de la MP. Ellas evaluaron el costo por 1m^3 de concreto, a diferencia del análisis realizado en esta investigación donde se evalúa por unidad de adoquín elaborado.

De acuerdo con el objetivo específico N° 6, determinar el porcentaje óptimo de las adiciones de celulosa de cartón reciclado que garantice el cumplimiento de los requisitos físico-mecánicos para ser utilizados como adoquines de tránsito peatonal. Los ensayos realizados mostraron que al incorporar un 3% de adición de celulosa de cartón reciclado, se obtienen mejores resultados en las propiedades físicas y mecánicas del adoquín a comparación con las otras adiciones. Además, este porcentaje de adición logra cumplir con todos los requisitos especificados por la NTP 399.611.

Estos resultados se pueden comparar con diversos estudios. Según la investigación de K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori [8], se determinó que una adición óptima de 5.05% de celulosa de papel logra una resistencia a la compresión de 75.20 kg/cm^2 y una densidad de 2.06 kg/m^3 a los 28 días. Por su parte, B. A. Solahuddin [10], encontró que adiciones del 5% y 10% de papel y cartón son adecuadas, siendo el 10% de cartón el porcentaje óptimo. Por otro lado, J. Lee et. al [4] concluyeron que la cantidad adecuada de papel reciclado para propiedades mecánicas del mortero de cemento varía entre el 0.4% y el 0.8%, siendo 0.6% el valor óptimo para durabilidad.

Conclusiones

La composición química de la celulosa de cartón se determinó mediante el análisis de espectrometría de fluorescencia de rayos X, encontrándose que la celulosa obtenida de cartón reciclado está compuesta principalmente por (CaO) en un 54.14%, 15.32% de (SiO₂) y 8.27% de (Fe₂O₃). Por lo tanto, estas características químicas la hacen adecuada para su uso en la mezcla de concreto destinada a adoquines de tránsito peatonal, debido a que son componentes comunes en la mayoría de las mezclas de concreto. Lo que sugiere que la celulosa de cartón puede integrarse de manera armoniosa con los otros materiales presentes en la mezcla de concreto.

Se desarrolló el diseño de mezcla para el adoquín patrón con una resistencia teórica de 320 kg/cm², utilizando una dosificación de 1:2,05:1,48 y 18.3 lts/bls. El resultado final de diseño implica 453.84 Kg/m³ de cemento, 195.16 l de agua, 928.59 Kg/m³ de agregado fino y 673.22 Kg/m³ de agregado grueso. Respecto al diseño de mezcla con adiciones del 3%, 6% y 9% de celulosa de cartón reciclado, se mantuvo la misma dosificación base, variando únicamente en la cantidad de la adición. De esta manera, se incorporaron 13.62 Kg/m³ para el 3%, 27.23 Kg/m³ para el 6%, y 40.85 Kg/m³ para el 9%.

Los ensayos realizados conforme a las normas NTP 399.604 y NTP 399.624 determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto, tanto con cómo sin la adición de celulosa obtenida de cartón reciclado.

Los ensayos físicos incluyeron la tolerancia dimensional, absorción y densidad. Las tolerancias dimensionales para los adoquines sin adición variaron de ± 0.50 mm a ± 3.15 mm, mientras que con adición de celulosa oscilaron entre ± 0.50 mm y ± 3.85 mm. Respecto a la absorción de agua, la muestra patrón presentó una absorción del 4.92%, mientras que las adiciones de 3%, 6% y 9% de celulosa presentaron absorciones del 5.27%, 5.12% y 5.84%, respectivamente. En cuanto a la densidad, los adoquines con una adición del 9% alcanzaron una densidad de 2048.89 kg/m³, en comparación con los 2204.77 kg/m³ de la muestra patrón.

En los ensayos mecánicos, se adquirieron los siguientes resultados: La resistencia a la compresión de la muestra patrón fue de 358.18 kg/cm². Las muestras con adiciones presentaron resistencias de 3%: 342.80 kg/cm², 6%: 322.55 kg/cm², 9%: 285.28 kg/cm². En cuanto a la resistencia a la flexión, el módulo de rotura de la muestra patrón fue de 4.96 MPa, mientras que las muestras con adiciones de 3%, 6% y 9% alcanzaron valores de 5.13 MPa, 5.31 MPa y 5.46 MPa, respectivamente. La resistencia a la abrasión de la MP fue del 0.39%, y de 0.40%, 0.47% y 0.52% para las adiciones de 3%, 6% y 9%.

La comparación de los resultados entre los adoquines de la MP y con las adiciones de celulosa de cartón reciclado revela diferencias significativas en diversas propiedades. Se observa una mayor variación dimensional en las muestras con adición, junto con una reducción proporcional a la cantidad añadida en la densidad del material, hasta un 7.07% con una adición del 9%. Además, se registra un incremento significativo en la absorción de agua del adoquín, desde 15.74% hasta un 32.01%.

En cuanto a la resistencia a la compresión, las adiciones de 3% y 6% cumplen con la resistencia nominal establecida en la NTP. 399.611 de 320 kg/cm² a los 28 días; sin embargo, la adición del 9% no alcanza este requisito, disminuyendo en un 20.35%. En contraste, el módulo de rotura muestra mejoras significativas con mayores adiciones de celulosa, superando hasta en un 10.08% la resistencia de la muestra patrón, en cumplimiento con la normativa ITINTEC 339.124 que establece un mínimo de 4.95 MPa. Sin embargo, el ensayo de abrasión revela un efecto negativo en la resistencia al desgaste del concreto con adiciones más altas de celulosa, donde las concentraciones más altas son las más perjudicadas.

En conclusión, la comparación de los resultados de los ensayos indica la adición de celulosa de cartón reciclado en los adoquines de concreto influye en sus propiedades físicas y mecánicas. Aunque incrementa la absorción de agua y disminuye la densidad y la resistencia a la compresión, mejora la resistencia a la flexión y presenta un incremento moderado en la abrasión.

El análisis económico se realizó por unidad de adoquín elaborado con y sin adición. Los costos muestran una pequeña variabilidad, para la muestra patrón, se obtiene un precio de S/. 1.48, mientras que para las adiciones de 3% un precio de S/. 1.64, para 6% un precio de S/. 1.80 y de 9% un precio de S/. 1.96. Se puede notar que la tendencia de crecimiento en los costos es baja en comparación con el precio de elaboración del adoquín sin adición, y el costo de producción está alineado con los precios del mercado actual. Por consiguiente, desde una perspectiva económica, se puede afirmar que la elaboración de adoquines con adición de celulosa de cartón es viable.

Se ha determinado que el porcentaje óptimo de celulosa de cartón reciclado para la elaboración de adoquines de tránsito peatonal es del 3%. Con esta adición, se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas en comparación con las otras adiciones (6% y 9%) y logra cumplir con todos los requisitos especificados por la NTP 399.611. para ser utilizado como un adoquín tipo I.

Recomendaciones

Es recomendable realizar un análisis exhaustivo de la celulosa obtenida para asegurar que no contenga impurezas o contaminantes que puedan afectar negativamente las propiedades del concreto. Asimismo, se puede analizar la adición de otros tipos de cartón o en diferentes formas.

Se recomienda realizar pruebas piloto utilizando el diseño de mezcla propuesto en diferentes condiciones ambientales y de carga para confirmar su rendimiento. Además, se sugiere documentar detalladamente el proceso de mezcla y curado para garantizar la reproducibilidad y consistencia en la producción de los adoquines.

Se sugiere analizar las propiedades de durabilidad y resistencia a la intemperie de los adoquines con celulosa en condiciones reales de uso.

Se recomienda investigar otros posibles aditivos que puedan complementar los efectos de la celulosa, optimizando aún más el rendimiento del concreto.

Se recomienda realizar un estudio de viabilidad económica a mayor escala que incluya costos de producción, logística comparados con posibles ahorros en gestión de residuos.

Se recomienda en futuras investigaciones utilizar otros porcentajes cercanos al óptimo para buscar una mejor en las propiedades de los adoquines para tránsito peatonal, además que se pueda comprobar si la adición óptima de 3% cumple con exigencias establecidos por la NTP 399.611 para otros tipos de adoquines como II o III.

Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas», Lima, Resultados Definitivos Tomo I, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/
- [2] M. P. García y C. R. O. Mandujano, «Efecto de la incorporación de celulosa del papel bond reciclado en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm², Lima – 2020», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53229>
- [3] A. Talaei, A. V. Iyer, M. Ahiduzzaman, Amit Kumar, y D. Pier, «Assessment of long-term energy efficiency improvement and greenhouse gas emissions mitigation options for the cement industry», *Energy*, vol. 170, pp. 1051-1066, mar. 2019, doi: 10.1016/j.energy.2018.12.088.
- [4] J.-I. Lee, C.-Y. Kim, J.-H. Yoon, y S.-J. Choi, «Mechanical Properties of Cement Mortar Containing Ground Waste Newspaper as Cementitious Material», *Materials*, vol. 16, n.º 4, Art. n.º 4, feb. 2023, doi: 10.3390/ma16041374.
- [5] «INDUSTRIA PRIMARIA CRECIÓ 40,32% EN NOVIEMBRE DE 2018 LA SEGUNDA TASA MÁS ALTA DE ESE AÑO», Instituto Nacional de Estadística e Informática. Accedido: 20 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/industria-primaria-crecio-4032-en-noviembre-de-2018-la-segunda-tasa-mas-alta-de-ese-ano-11371/>
- [6] «Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022», Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, dic. 2022. Accedido: 20 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3799078-anuario-de-estadisticas-ambientales-2022>
- [7] S. J. Sarmiento, «Evaluación de la clasificación de los residuos sólidos de la ciudad de Chiclayo - 2014», Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14310>
- [8] K. J. Acuña y Y. E. Quispecondori, «Incorporación de celulosa de papel periódico en la elaboración de bloques de concreto para muros portantes», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4619>
- [9] E. Barriga y J. Bernardo, «Aplicación y estudio de las propiedades de las celulosas recicladas obtenidas del papel periódico como una adición para el concreto», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621704>
- [10] B. A. Solahuddin y F. M. Yahaya, «Properties of Concrete and Structural Behaviour of Reinforced Concrete Beam Containing Shredded Waste Paper as An Additive», *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 17, n.º 1, p. 26, abr. 2023, doi: 10.1186/s40069-023-00588-2.
- [11] T. Cardinale, M. D'Amato, R. Sulla, y N. Cardinale, «Mechanical and Physical Characterization of Papercrete as New Eco-Friendly Construction Material», *Applied Sciences*, vol. 11, n.º 3, 2021, doi: 10.3390/app11031011.
- [12] L. A. Reyes, J. W. Elías, L. S. Paredes, y J. L. Silva, «Elaboración de Ladrillos en Base a Papel bond Reciclado para Muros no Portantes »:, *SENDAS*, vol. 1, n.º 4, pp. 14-28, dic. 2020, doi: 10.47192/rcs.v1i4.51.
- [13] G. M. Chahuayo, «Influencia del Papel Reciclado en Forma Redondeada en la Resistencia a la Compresión del Concreto en la Ciudad de Huancavelica», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú, 2022. Accedido: 20 de junio

- de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/e498fe58-e556-40fc-9ed6-5f56df1e1a5e>
- [14] «UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos». INDECOPI, NTP 399.611, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [15] C. Quispe, «Evaluación de las propiedades físico - mecánicas del adoquín 6 tipo II, reemplazando el agregado fino por caucho reciclado, Cusco 2019», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3996>
- [16] «NTP 339.124 1988 Adoquines», pdfcoffee.com. Accedido: 20 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/ntp-339124-1988-adoquines-3-pdf-free.html>
- [17] «UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto». INDECOPI, NTP 399.604, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [18] «UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de ensayo para determinar la resistencia al desgaste por abrasión de adoquines de concreto utilizando la máquina de desgaste». INDECOPI, NTP 399.624, 2006. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [19] E. D. Rey Angulo, «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», Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13848>
- [20] «CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos». INDECOPI, NTP 334.009. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [21] «CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.» INDECOPI, NTP 339.088. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [22] «AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto». INDECOPI, NTP 400.037, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [23] «AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado». INDECOPI, NTP 339.185, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [24] «AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras». INDECOPI, NTP 400.010, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [25] «AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global». INDECOPI, NTP 400.012, 2001. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [26] «AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino». INDECOPI, NTP 400.022, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [27] «AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado». INDECOPI, NTP 400.017. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>
- [28] «AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles». INDECOPI, NTP 400.019, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/indecopi>

- [29] «Práctica estándar para la Selección de Proporciones para Concreto estructural liviano (ACI 211,2-98)», American Concrete Institute.
- [30] M. Borja, *Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil*. Chiclayo, 2016.
- [31] «Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method. ASTM Designación: C 944 – 99», American Society for Testing and Materials.
- [32] «Boletín Técnico - Edición Diciembre», CAPECO, Perú, Diciembre.

Anexos

Anexo I: Documento de Validación de ensayos



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N°

LEM USAT 061-2024-I

FECHA:

24 de Mayo 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Zully Lizette Vasquez Bustamante

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Análisis de espectrometría de fluorescencia de rayos X de celulosa de cartón
- Contenido de humedad del agregado fino y grueso
- Granulometría del agregado fino y grueso
- Peso específico y Absorción del agregado fino y grueso
- Peso específico de la celulosa
- Peso unitario del agregado fino y grueso
- Determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos
- Tolerancia dimensional de los adoquines
- Densidad de los adoquines
- Absorción de los adoquines
- Resistencia a la compresión de los adoquines
- Resistencia a la tracción por flexión de los adoquines
- Resistencia a la abrasión de los adoquines

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry
Rivadeneira
Oblitas



Henry Rivadeneira Oblitas

Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 2: Constancia de ensayos



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CONSTANCIA DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Yo, Hugo Enrique Santisteban Alejandro identificado con DNI N° 16493474, representante legal de GEOHESA E.I.R.L., por medio de la presente,

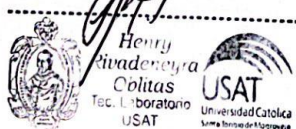
HAGO CONSTAR :

Que la Srta. Vasquez Bustamante Zully Lizette, con DNI N° 73535906, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, ha realizado y concluido en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Materiales, Arquitectura, Topografía y Servicios Generales GEOHESA, los siguientes ensayos:

- Peso específico de la celulosa de cartón
- Resistencia a la compresión de los adoquines
- Resistencia a la tracción por flexión de los adoquines
- Resistencia a la abrasión de los adoquines

Con fines académicos correspondiente a la tesis de investigación titulada: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO", garantizando la verificación y conformidad de los resultados obtenidos.

Se expide este documento a solicitud del interesado para los fines que vea conveniente.



Chiclayo, 22 de Mayo del 2024



GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

TÉCNICO DE LABORATORIO
RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 3: Informe de Ensayo Químico

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**

SOLICITANTE	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE
TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO
MUESTRA	CELULOSA DE CARTON
FECHA	18 DE SEPTIEMBRE DEL 2023

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO**1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES**

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX

Fuente de rayos x: Tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACIÓN: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de **CELULOSA DE CARTON**, la cual fue tamizada previamente a malla a 200.

3. METODO

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

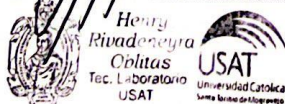
JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

AGUAS – SUELOS – ALIMENTOS – MINERALES – ACEITES -CARBON - CAL

CELULAR: 94 977 788 – 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com



LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	15.32	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	54.14	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	8.27	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	0.62	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.02	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.21	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	1.61	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃)	0.04	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	<0.62	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	1.74	
PÉRDIDA POR QUEMADO	17.1	

5. CONCLUSION

Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Calcio (Ca), silice (Si), Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), Zinc (Zn) y azufre (S).

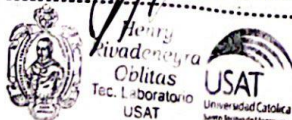
TRUJILLO, 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2023



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com



LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE
TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO
MUESTRA	CELULOSA DE CARTON
FECHA	18 DE SEPTIEMBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: Celulosa de cartón (10 GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
001	400 mg.	

2. - ENSAYOS A APLICAR:

- ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL ATD
- ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TÉRMICO SIMULTÁNEO TG-DTA-DSC CAP: MAX 1600°C
SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO-FLUJO: NITRÓGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25-920°C.
- .. MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

LABORATORIO DE SERVICIOS PRODUCTIVO Y CERVIZO DE CALIDAD
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO



AGUAS – SUELOS – ALIMENTOS – MINERALES – ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com



Henry Rivadeneira Oplitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santa Teresita del Guano

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C

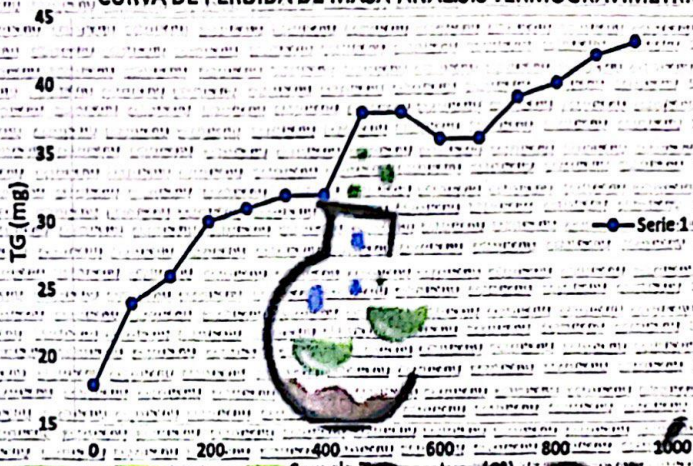
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC:2060355189

4. RESULTADOS

c: CURVA TGA Y ATD

CURVA DE PÉRDIDA DE MASA-ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO



4. CONCLUSIONES

Según el análisis Termogravimétrico se muestra la descomposición térmica a través de la pérdida de masa en función a la temperatura indicado dos regiones donde se hace más intensa la pérdida, la primera en un rango entre 450 y 550°C y la segunda menos intensa entre 650 y 800°C, posteriormente la pérdida es gradual. El material llega a perder un aproximado de 16% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.



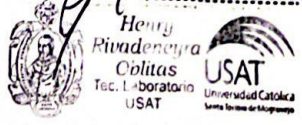
TRUJILLO, 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2023



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBÓN - CAL

CELULAR: 944 077 286 - 949 959 632

CORREO ELECTRÓNICO: Fqaperusac@gmail.com



Anexo 4: P. Específico de celulosa



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
PESO ESPECIFICO DE LA CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	VASQUEZ BUSTAMANTE ZULLY LIZETTE	ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO
FECHA ENSAYO:	miércoles, 20 de septiembre de 2023	NORMATIVA:	NTP 334.005
		CODIGO DE EXPEDIENTE:	00-2023/GEOHESA

MUESTRA	CELULOSA DE CARTÓN
---------	--------------------

PROCEDENCIA	CARTÓN RECICLADO
-------------	------------------

PESO DE LA CELULOSA DE CARTÓN	20
VOL. INICIAL DEL LÍQUIDO (ml)	0
VOL. FINAL DESPLAZADO DEL LÍQUIDO (ml)	23
DENSIDAD (PLAR) (gr/ml)	0.870

ROALDO SANCHEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santis Ceballos
LABORATORISTA



TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry
Eva Obilias
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Lima - Perú

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 5: Resultados Contenido de humedad de los agregados



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos


A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	600.00
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	593.30
C.- Peso de recipiente	(gr.)	102.03
D.- Contenido de humedad	(%)	1.13
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.13

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	1600.00
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	1589.89
C.- Peso de recipiente	(gr.)	154.08
D.- Contenido de humedad	(%)	0.64
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.64


Henry Rivadereyra Oelitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 6: Resultados Análisis Granulométrico de los agregados



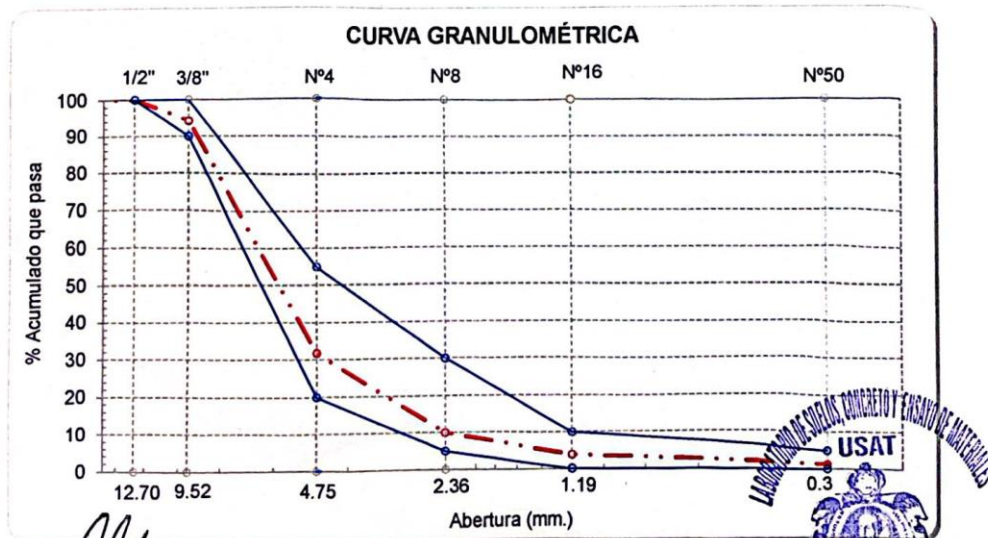
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe. **P. Inicial H.** 1630.30 g **% de Humedad =** 0.64
P. Inicial S. 1620.00 g

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones USO 56	
Pulg.	(mm.)						
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.52	95.00	5.86	5.86	94.14	90.00	100.00
Nº4	4.75	1010.80	62.40	68.26	31.74	20.00	55.00
Nº8	2.36	352.70	21.77	90.03	9.97	5.00	30.00
Nº16	1.19	99.60	6.15	96.18	3.82	0.00	10.00
50	0.30	40.70	2.51	98.69	1.31	0.00	5.00
Fondo		21.20	1.31	100.00	0.00		
Tamaño Maximo			1/2"	12.70			
Tamaño Maximo Nominal			3/8"	9.52			



Henry Rivadeneira
Ollitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO



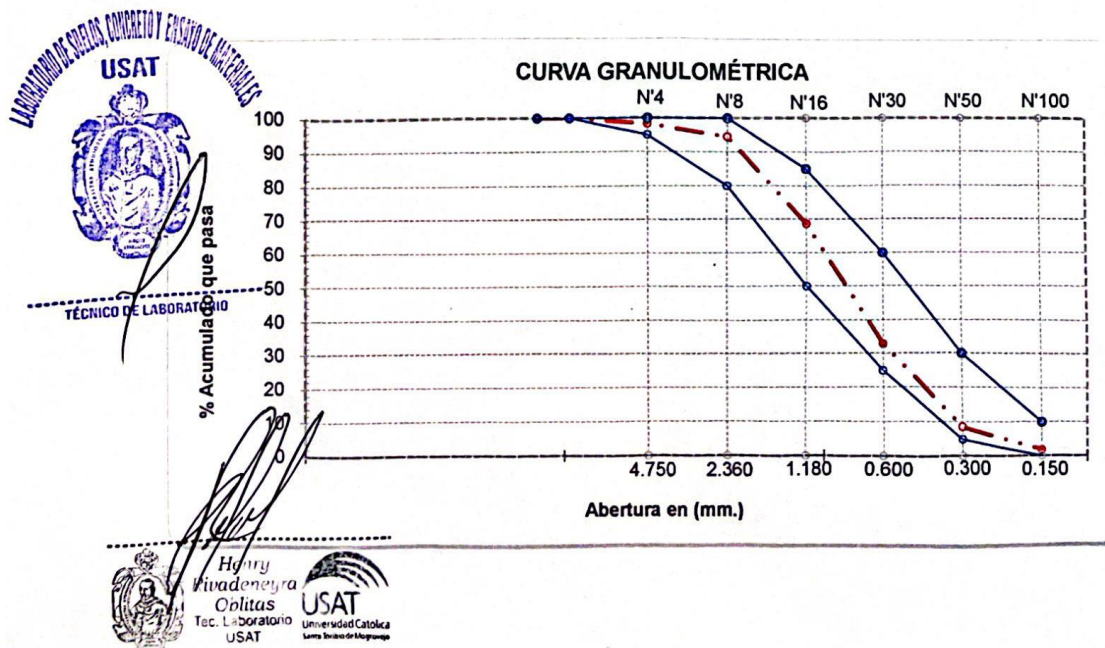
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera La Victoria- P. Inicial H. 809.00 g % de
 Pátapo. P. Inicial S. 800.00 g Humedad = 1.13

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 04	4.75	13.99	1.75	1.75	98.25	95.00	100.00
Nº 08	2.36	29.69	3.71	5.46	94.54	80.00	100.00
Nº 16	1.18	206.71	25.84	31.30	68.70	50.00	85.00
Nº 30	0.60	286.74	35.84	67.14	32.86	25.00	60.00
Nº 50	0.30	194.30	24.29	91.43	8.57	5.00	30.00
Nº 100	0.15	53.78	6.72	98.15	1.85	0.00	10.00
Fondo		14.79	1.85	100.00	0.00		
Módulo de Fineza				2.95			
Abertura de malla de referencia				9.50			



Anexo 7: Resultados Peso específico y absorción de los agregados



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos del agregado fino

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del A ₁	(g)	994.83
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	693.11
3.- Peso del Agua	(g)	301.72
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	688.99
5.- Peso del Frasco	(g)	193.11
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495.88
7.- Volumen del frasco	(g)	500.00

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA	(g/cm ³)	2.50
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.52
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.55
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.83

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.022

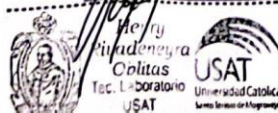
Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

I.- Datos.

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	(g)	500.00
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	1019.02
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso delmatraz	(g)	705.65
4.- Peso del Agua.	(g)	313.37
5.- Peso del matraz	(g)	205.65
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del matraz	(g)	699.15
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	(g)	493.50
8.- Volumen del matraz	(g)	500.00

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	(g/cm ³)	2.64
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	(g/cm ³)	2.74
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.74
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	(%)	1.32



Anexo 8: Resultados Peso unitario suelto y compactado de los agregados



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19020	19070
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		8910	8960
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1644	1653
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1629.97	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19540	19620
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		9430	9510
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1740	1754
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1727.56	


Henry Rivadeneyra Oplitas
Tec. Laboratorio USAT



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	17870	17910
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		7760	7800
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1432	1439
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1426	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18310	18320
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10110.0	10110.0
3.- Peso del material		8200	8210
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00542	0.00542
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1513	1515
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1504	


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 9: Resultados resistencia a la abrasión del agregado grueso



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 02 de Octubre del 2023

Ensayo : Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la dregadación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

Referencia : N.T.P. 400.0199

Cantera : Confitillo-Tres Tomas-Ferreñafe.

I. Datos:

ENSAYO N°	1
GRADUACIÓN	"C"
ESFERAS	8
RECUPERADO TOTAL	5000 g
3/8" - 1/4"	2500 g
1/4" - 4"	2500 g
VUELTAS	500
RETENIDO N° 12	4042 g
% RETENIDO N° 12	80.84%
% DESGASTE	19.16%


Henry Huadenebra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 10: Informe Diseño de Mezcla – MP



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI - PATRÓN

ENSAYO : Diseño de Mezcla de Concreto $f_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$
REFERENCIA : Método del Comité 211 del ACI
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante

Resistencia del Diseño : $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DE LOS MATERIALES:

01. AGREGADOS	GRUESO	FINO
01.- Cantera	Tres tomas - Ferreñafe	La Victoria - Pátapo
02.- Tamaño máximo nominal	3/8"	-
03.- Peso Unitario suelto seco	1426 Kg/m ³	1630 Kg/m ³
04.- Peso Unitario compactado seco	1504 Kg/m ³	1728 Kg/m ³
05.- Peso específico de masa seco	2644 Kg/m ³	2501 Kg/m ³
06.- Contenido de humedad	0.64 %	1.13 %
07.- Contenido de absorción	1.32 %	0.83 %
08.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.95

02. CEMENTO

Tipo : Cemento Pacasmayo Tipo MS

P. Específico : 2900 Kg/m³

03. AGUA : Potable (Red pública)

II.) PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

01. Cálculo de Resist. De diseño requerida f_{cr}

$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$
$f_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$

f_c	f_{cr}
<210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
>350	$f_c + 98$

02. Contenido de aire atrapado

T.M.N. =	3/8
% Aire =	3 %

03. Contenido de agua

T.M.N. =	3/8
Asentamiento =	0 Pulg.
Vol. de agua =	193.35 l/m ³

04.- Relación agua cemento

$f_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$
$R_{a/c} = 0.426$

Henry
Kwadeneyra
Colitas
Tec. Laboratorio
USAT





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

05.- Contenido de cemento

$$\text{Vol. de agua} = 193.35 \text{ L/m}^3$$

$$R_{a/c} = 0.426$$

$$c = 453.87 \text{ Kg}$$

07.- Factor Cemento

$$1 \text{ bls} = 42.5 \text{ Kg/bls}$$

$$c = 453.87 \text{ Kg}$$

$$\text{F.C.} = 10.68 \text{ bls/m}^3$$

06.- Volumen del agregado grueso

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$b/br = 0.445 \text{ m}^3$$

III.) CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

a) Cemento	453.87 Kg/m ³	→	0.157 m ³
b) Agua	193.35 Lt/m ³	→	0.193 m ³
c) Aire	3 %	→	0.030 m ³
d) Ag. Fino	918.22 Kg/m ³	→	0.367 m ³
e) Ag. Grueso	668.97 Lt/m ³	→	0.253 m ³
	2237		1.000 m ³

IV.) CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APORTE DE AGUA

Pesos Húmedos	Aporte de agua a la mezcla
a) A.Fino Húmedo 928.59 Kg/m ³	→ 2.77
b) A.Grueso Húmedo 673.22 Kg/m ³	→ -4.59
	-1.81

V.) AGUA EFECTIVA

Agua	193.35 Lt
Aporte	-1.81 Lt
A.E.	195.16 Lt

VI.) RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a) Cemento	453.87 Kg/m ³
b) Agua	195.16 Lt
c) Ag. Fino	928.59 Kg/m ³
d) Ag. Grueso	673.22 Kg/m ³
	2250.85


 Henry Rivadeneira Colitas
 Tec. Laboratorio USAT

**VI.) PROPORCIONES DE DISEÑO**

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	
Proporción en peso :	1.00	2.05	1.48	18.3	Lts/bol
Proporción en volumen :	1.00	1.88	1.56	18.3	Lts/pie ³

Anexo 11: Informe Diseño de Mezcla – Muestra 3% de Adición de Celulosa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI - 3% DE CELULOSA DE CARTÓN

ENSAYO : Diseño de Mezcla de Concreto $f_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ - Adición 3%
REFERENCIA : Método del Comité 211 del ACI
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante

Resistencia del Diseño : $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DE LOS MATERIALES:

01. AGREGADOS	GRUESO	FINO
01.- Cantera	Tres tomas - Ferreñafe	La Victoria - Pátapo
02.- Tamaño máximo nominal	3/8"	-
03.- Peso Unitario suelto seco	1426 Kg/m ³	1630 Kg/m ³
04.- Peso Unitario compactado seco	1504 Kg/m ³	1728 Kg/m ³
05.- Peso específico de masa seco	2644 Kg/m ³	2501 Kg/m ³
06.- Contenido de humedad	0.64 %	1.13 %
07.- Contenido de absorción	1.32 %	0.83 %
08.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.95

02. CEMENTO

Tipo : Cemento Pacasmayo Tipo MS

P. Específico : 2900 Kg/m³

03. AGUA : Potable (Red pública)

04. CELULOSA DE CARTÓN

P. Específico : 870 Kg/m³

II.) PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

01. Cálculo de Resist. De diseño requerida f'_{cr}

$$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

f_c	f'_{cr}
<210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
>350	$f_c + 98$



02. Contenido de aire atrapado

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$\% \text{ Aire} = 3 \%$$

03. Contenido de agua

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$\text{Asentamiento} = 0 \text{ Pulg.}$$

$$\text{Vol. de agua} = 193.35 \text{ l/m}^3$$

Henry Rivadeneira Colitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo

04.- Relación agua cemento

$$f'_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{a/c} = 0.426$$



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

05.- Contenido de cemento

Vol. de agua =	193.35 L/m ³
R _{a/c} =	0.426
c =	453.87 Kg

07.- Factor Cemento

1 bls =	42.5 Kg/bls
c =	453.87 Kg
F.C. =	10.68 bls/m ³

06.- Volumen del agregado grueso

T.M.N. =	3/8
b/br =	0.445 m ³

III.) CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

a) Cemento	453.87 Kg/m ³	→	0.157	m ³
b) Agua	193.35 Lt/m ³	→	0.193	m ³
c) Aire	3 %	→	0.030	m ³
d) Ag. Fino	918.22 Kg/m ³	→	0.367	m ³
e) Ag. Grueso	668.97 Lt/m ³	→	0.253	m ³
	2237		1.000	m ³

IV.) CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APOORTE DE AGUA


Pesos Húmedos		→	Aporte de agua a la mezcla
a) A.Fino Húmedo	928.59 Kg/m ³	→	2.77
b) A.Grueso Húmedo	673.22 Kg/m ³	→	-4.59
			-1.81

V.) AGUA EFECTIVA

Agua	193.35 Lt
Aporte	-1.81 Lt
A.E.	195.16 Lt

VI.) RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a) Cemento	453.87 Kg/m ³
b) Agua	195.16 Lt
c) Ag. Fino	928.59 Kg/m ³
d) Ag. Grueso	673.22 Kg/m ³
e) Celulosa de cartón	13.62 Kg/m ³
	2264.46


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



VI.) PROPORCIONES DE DISEÑO

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	CELULOSA	AGUA	
Proporción en peso :	1.00	2.05	1.48	0.03	18.3	Lts/bol
Proporción en volumen :	1.00	1.88	1.56	-	18.3	Lts/pie ³

Anexo 12: Informe Diseño de Mezcla – Muestra 6% de Adición de Celulosa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI - 6% DE CELULOSA DE CARTÓN

ENSAYO : Diseño de Mezcla de Concreto $f_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ - Adición 6%
REFERENCIA : Método del Comité 211 del ACI
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante

Resistencia del Diseño : $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DE LOS MATERIALES:

01. AGREGADOS	GRUESO	FINO
01.- Cantera	Tres tomas - Ferreñafe	La Victoria - Pátapo
02.- Tamaño máximo nominal	3/8"	-
03.- Peso Unitario suelto seco	1426 Kg/m ³	1630 Kg/m ³
04.- Peso Unitario compactado seco	1504 Kg/m ³	1728 Kg/m ³
05.- Peso específico de masa seco	2644 Kg/m ³	2501 Kg/m ³
06.- Contenido de humedad	0.64 %	1.13 %
07.- Contenido de absorción	1.32 %	0.83 %
08.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.95

02. CEMENTO

Tipo : Cemento Pacasmayo Tipo MS

P. Especifico : 2900 Kg/m³

03. AGUA : Potable (Red pública)

04. CELULOSA DE CARTÓN

P. Especifico : 870 Kg/m³

II.) PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

01. Cálculo de Resist. De diseño requerida f_{cr}

$$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

f_c	f_{cr}
<210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
>350	$f_c + 98$



TÉCNICO DE LABORATORIO

02. Contenido de aire atrapado

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$\% \text{ Aire} = 3 \%$$

03. Contenido de agua

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$\text{Asentamiento} = 0 \text{ Pulg.}$$

$$\text{Vol. de agua} = 193.35 \text{ l/m}^3$$

Henry Rivadeneira Colitas
Tec. Laboratorio USAT

04.- Relación agua cemento

$$f_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{a/c} = 0.426$$



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

05.- Contenido de cemento

Vol. de agua =	193.35 L/m ³
R _{w/c} =	0.426
c =	453.87 Kg

07.- Factor Cemento

1 bls =	42.5 Kg/bls
c =	453.87 Kg
F.C. =	10.68 bls/m ³

06.- Volumen del agregado grueso

T.M.N. =	3/8
b/br =	0.445 m ³

III.) CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

a) Cemento	453.87 Kg/m ³	→	0.157	m ³
b) Agua	193.35 Lt/m ³	→	0.193	m ³
c) Aire	3 %	→	0.030	m ³
d) Ag. Fino	918.22 Kg/m ³	→	0.367	m ³
e) Ag. Grueso	668.97 Lt/m ³	→	0.253	m ³
	2237		1.000	m ³

IV.) CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APOORTE DE AGUA

	Pesos Húmedos		Aporte de agua a la mezcla
a) A.Fino Húmedo	928.59 Kg/m ³	→	2.77
b) A.Grueso Húmedo	673.22 Kg/m ³	→	-4.59
			-1.81

V.) AGUA EFECTIVA

Agua	193.35	Lt
Aporte	-1.81	Lt
A.E.	195.16	Lt

VI.) RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a) Cemento	453.87 Kg/m ³
b) Agua	195.16 Lt
c) Ag. Fino	928.59 Kg/m ³
d) Ag. Grueso	673.22 Kg/m ³
e) Celulosa de cartón	27.23 Kg/m ³
	2278.08

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

**VI.) PROPORCIONES DE DISEÑO**

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	CELULOSA	AGUA	
Proporción en peso :	1.00	2.05	1.48	0.06	18.3	Lts/bol
Proporción en volumen :	1.00	1.88	1.56	-	18.3	Lts/pie ³

Anexo 13: Informe Diseño de Mezcla – Muestra 9% de Adición de Celulosa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA TEÓRICO SEGÚN EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 ACI - 9% DE CELULOSA DE CARTÓN

ENSAYO : Diseño de Mezcla de Concreto $f_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ - Adición 9%
REFERENCIA : Método del Comité 211 del ACI
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante

Resistencia del Diseño : $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DE LOS MATERIALES:

01. AGREGADOS	GRUESO	FINO
01.- Cantera	Tres tomas - Ferreñafe	La Victoria - Pátapo
02.- Tamaño máximo nominal	3/8"	-
03.- Peso Unitario suelto seco	1426 Kg/m ³	1630 Kg/m ³
04.- Peso Unitario compactado seco	1504 Kg/m ³	1728 Kg/m ³
05.- Peso específico de masa seco	2644 Kg/m ³	2501 Kg/m ³
06.- Contenido de humedad	0.64 %	1.13 %
07.- Contenido de absorción	1.32 %	0.83 %
08.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.95

02. CEMENTO

Tipo : Cemento Pacasmayo Tipo MS

P. Específico : 2900 Kg/m³

03. AGUA : Potable (Red pública)

04. CELULOSA DE CARTÓN

P. Específico : 870 Kg/m³

II.) PARÁMETROS DE DISEÑO (ACI)

01. Cálculo de Resist. De diseño requerida f_{cr}

$$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

f_c	f_{cr}
<210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
>350	$f_c + 98$

02. Contenido de aire atrapado

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$\% \text{ Aire} = 3 \%$$

03. Contenido de agua

$$\text{T.M.N.} = 3/8$$

$$\text{Asentamiento} = 0 \text{ Pulg.}$$

$$\text{Vol. de agua} = 193.35 \text{ l/m}^3$$

04.- Relación agua cemento

$$f_{cr} = 404 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{a/c} = 0.426$$

Henry Rivadeneira Obilitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

05.- Contenido de cemento

Vol. de agua =	193.35 L/m ³
R _{w/c} =	0.426
c =	453.87 Kg

07.- Factor Cemento

1 bls =	42.5 Kg/bls
c =	453.87 Kg
F.C. =	10.68 bls/m ³

06.- Volumen del agregado grueso

T.M.N. =	3/8
b/br=	0.445 m ³

III.) CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

a) Cemento	453.87 Kg/m ³	→	0.157	m ³
b) Agua	193.35 Lt/m ³	→	0.193	m ³
c) Aire	3 %	→	0.030	m ³
d) Ag. Fino	918.22 Kg/m ³	→	0.367	m ³
e) Ag. Grueso	668.97 Lt/m ³	→	0.253	m ³
	2237		1.000	m ³

IV.) CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y APOORTE DE AGUA

Pesos Húmedos		→	Aporte de agua a la mezcla	
a) A.Fino Húmedo	928.59 Kg/m ³	→	2.77	
b) A.Grueso Húmedo	673.22 Kg/m ³	→	-4.59	
			-1.81	

V.) AGUA EFECTIVA

Agua	193.35	Lt
Aporte	-1.81	Lt
A.E.	195.16	Lt

VI.) RESULTADO FINAL DE DISEÑO (HÚMEDO)

a) Cemento	453.87 Kg/m ³
b) Agua	195.16 Lt
c) Ag. Fino	928.59 Kg/m ³
d) Ag. Grueso	673.22 Kg/m ³
e) Celulosa de cartón	40.85 Kg/m ³
	2291.70

Henry Rivadeneira
 Cobitas
 Tec. Laboratorio USAT

**VI.) PROPORCIONES DE DISEÑO**

	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	CELULOSA	AGUA	
Proporción en peso :	1.00	2.05	1.48	0.09	18.3	Lts/bol
Proporción en volumen :	1.00	1.88	1.56	-	18.3	Lts/pie ³

Anexo 14: Informes de Ensayos de Tolerancia dimensional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
Tolerancia dimensional de adoquines - Muestra Patrón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	MP -1	201.00	100.94	62.03	200.00	100.00	60.00	-1.00	-0.94	-2.03	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	MP -2	199.00	101.52	61.80	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.52	-1.80	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	MP -3	198.70	99.95	63.10	200.00	100.00	60.00	1.30	0.05	-3.10	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
4	MP -4	199.50	101.21	61.87	200.00	100.00	60.00	0.50	-1.21	-1.87	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	MP -5	198.50	99.86	62.50	200.00	100.00	60.00	1.50	0.14	-2.50	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	MP -6	201.15	101.24	63.15	200.00	100.00	60.00	-1.15	-1.24	-3.15	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Henry Pivadeneira
Oñlitas
Téc. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2023



Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Tolerancia dimensional de adoquines - Muestra Patrón +3% de Celulosa de Cartón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	M1 - 3% de celulosa	198.50	100.25	61.95	200.00	100.00	60.00	1.50	-0.25	-1.95	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 3% de celulosa	197.50	99.83	62.58	200.00	100.00	60.00	2.50	0.17	-2.58	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 3% de celulosa	199.00	101.5	63.28	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.50	-3.28	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
4	M4 - 3% de celulosa	198.00	100.11	62.64	200.00	100.00	60.00	2.00	-0.11	-2.64	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 3% de celulosa	201.50	100.85	63.24	200.00	100.00	60.00	-1.50	-0.85	-3.24	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
6	M6 - 3% de celulosa	199.50	98.64	61.85	200.00	100.00	60.00	0.50	1.36	-1.85	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionados con celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2023



Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Tolerancia dimensional de adoquines - Muestra Patrón +6% de Celulosa de Cartón
Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	M1 - 6% de celulosa	199.00	101.52	63.58	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.52	-3.58	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
2	M2 - 6% de celulosa	198.50	99.26	61.58	200.00	100.00	60.00	1.50	0.74	-1.58	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 6% de celulosa	199.00	101.94	62.45	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.94	-2.45	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 6% de celulosa	197.50	99.91	63.23	200.00	100.00	60.00	2.50	0.09	-3.23	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
5	M5 - 6% de celulosa	201.50	101.18	62.89	200.00	100.00	60.00	-1.50	-1.18	-2.89	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 6% de celulosa	198.50	101.19	61.78	200.00	100.00	60.00	1.50	-1.19	-1.78	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto
 Tolerancia dimensional de adoquines - Muestra Patrón +9% de Celulosa de Cartón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002



Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	DIMENSIONES REALES			DIMENSIONES ESTÁNDAR			TOLERANCIA DIMENSIONAL			VERIFICACIÓN NTP 399.611		
		Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Longitud ± 1.6 (mm)	Ancho ± 1.6 (mm)	Espesor ± 3.2 (mm)
1	M1 - 9% de celulosa	197.50	99.19	61.87	200.00	100.00	60.00	2.50	0.81	-1.87	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 9% de celulosa	199.00	101.16	63.56	200.00	100.00	60.00	1.00	-1.16	-3.56	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
3	M3 - 9% de celulosa	198.50	101.97	59.80	200.00	100.00	60.00	1.50	-1.97	0.20	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 9% de celulosa	200.50	99.38	60.35	200.00	100.00	60.00	-0.50	0.62	-0.35	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 9% de celulosa	199.50	101.52	61.95	200.00	100.00	60.00	0.50	-1.52	-1.95	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 9% de celulosa	201.00	99.80	63.85	200.00	100.00	60.00	-1.00	0.20	-3.85	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE



Anexo 15: Informes de Ensayos de Absorción de los adoquines



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal acondicionado con celulosas obtenidas de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023



Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

Absorción - Muestra Patrón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	Absorción individual (kg/m³)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades(%)	Absorción promedio general (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	MP -1	3.12	1.76	3.06	44.12	1.96	2.40	3.41	CUMPLE	CUMPLE
2	MP -2	2.88	1.55	2.78	75.19	3.60			CUMPLE	CUMPLE
3	MP -3	3.12	1.77	3.07	37.04	1.63			CUMPLE	CUMPLE
4	MP -4	2.95	1.56	2.79	115.11	5.73	4.42		CUMPLE	CUMPLE
5	MP -5	2.90	1.66	2.83	56.45	2.47			CUMPLE	CUMPLE
6	MP -6	2.91	1.56	2.77	103.70	5.05			CUMPLE	CUMPLE





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Absorción - Muestra Patrón + 3% de Celulosa de Cartón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	Absorción individual (kg/m³)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades(%)	Absorción promedio general (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	M1 - 3% de celulosa	3.07	1.71	2.99	58.82	2.68	3.96	4.61	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 3% de celulosa	3.03	1.67	2.91	88.24	4.12			CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 3% de celulosa	3.11	1.75	2.96	110.29	5.07			CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 3% de celulosa	3.02	1.67	2.88	103.70	4.86	5.27		CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 3% de celulosa	3.05	1.72	2.89	120.30	5.54			CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 3% de celulosa	3.12	1.71	2.96	113.48	5.41			CUMPLE	CUMPLE


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Absorción - Muestra Patrón + 6% de Celulosa de Cartón
Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	Absorción individual (kg/m ²)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades(%)	Absorción promedio general (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	M1 - 6% de celulosa	2.98	1.63	2.86	88.89	4.20	4.42	4.77	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 6% de celulosa	3.01	1.65	2.88	95.59	4.51			CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 6% de celulosa	2.99	1.63	2.86	95.59	4.55			CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 6% de celulosa	2.96	1.60	2.82	102.94	4.96	5.12		CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 6% de celulosa	3.05	1.67	2.88	123.19	5.90			CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 6% de celulosa	3.03	1.61	2.90	91.55	4.48			CUMPLE	CUMPLE

Henry Obilias
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Absorción - Muestra Patrón + 9% de Celulosa de Cartón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

N°	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	Absorción individual (kg/m ²)	Absorción individual (%)	Absorción promedio 3 unidades(%)	Absorción promedio general (%)	ACEPTACIÓN NTP 399.611	
									Absorción máx. individual (7.5 %)	Absorción máx. promedio (6 %)
1	M1 - 9% de celulosa	2.98	1.61	2.80	131.39	6.43	5.84	5.72	CUMPLE	CUMPLE
2	M2 - 9% de celulosa	2.92	1.58	2.76	119.40	5.80			CUMPLE	CUMPLE
3	M3 - 9% de celulosa	2.99	1.60	2.84	107.91	5.28			CUMPLE	CUMPLE
4	M4 - 9% de celulosa	2.93	1.58	2.78	111.11	5.40	5.61	5.72	CUMPLE	CUMPLE
5	M5 - 9% de celulosa	2.95	1.50	2.80	103.45	5.36			CUMPLE	CUMPLE
6	M6 - 9% de celulosa	2.97	1.61	2.80	125.00	6.07			CUMPLE	CUMPLE



Anexo 16: Informes de Ensayos de Densidad de los adoquines



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Densidad - Muestra Patrón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio (Kg/m³)
1	MP -1	3.12	1.76	3.06	2250.00	2204.77	2159.27
2	MP -2	2.88	1.55	2.78	2090.23		
3	MP -3	3.12	1.77	3.07	2274.07		
4	MP -4	2.95	1.56	2.79	2007.19	2113.77	
5	MP -5	2.90	1.66	2.83	2282.26		
6	MP -6	2.91	1.56	2.77	2051.85		





**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES**

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Densidad - Muestra Patrón + 3% de Celulosa de Cartón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio
1	M1 - 3% de celulosa	3.07	1.71	2.99	2198.53	2171.57	2153.38
2	M2 - 3% de celulosa	3.03	1.67	2.91	2139.71		
3	M3 - 3% de celulosa	3.11	1.75	2.96	2176.47		
4	M4 - 3% de celulosa	3.02	1.67	2.88	2133.33	2135.19	
5	M5 - 3% de celulosa	3.05	1.72	2.89	2172.93		
6	M6 - 3% de celulosa	3.12	1.71	2.96	2099.29		




 Henry Rivadeneyra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT




UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Densidad - Muestra Patrón + 6% de Celulosa de Cartón

Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio
1	M1 - 6% de celulosa	2.98	1.63	2.86	2118.52	2113.04	2090.31
2	M2 - 6% de celulosa	3.01	1.65	2.88	2117.65		
3	M3 - 6% de celulosa	2.99	1.63	2.86	2102.94		
4	M4 - 6% de celulosa	2.96	1.60	2.82	2073.53	2067.58	
5	M5 - 6% de celulosa	3.05	1.67	2.88	2086.96		
6	M6 - 6% de celulosa	3.03	1.61	2.90	2042.25		







UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : Zully Lizette Vasquez Bustamante
TESIS : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas para adoquines de concreto de tránsito peatonal adicionando celulosa obtenida de cartón reciclado
LUGAR : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
FECHA DE EMISIÓN : Chiclayo, 15 de Noviembre del 2023

Ensayo : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
 Densidad - Muestra Patrón + 9% de Celulosa de Cartón
Referencia : N.T.P. 399.604 . 2002

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	Peso saturado (kg)	Peso sumergido (kg)	Peso seco(kg)	DENSIDAD (kg/m³)		
					Densidad Individual	Promedio de 3 unidades	Promedio
1	M1 - 9% de celulosa	2.98	1.61	2.80	2043.80	2048.89	2032.63
2	M2 - 9% de celulosa	2.92	1.58	2.76	2059.70		
3	M3 - 9% de celulosa	2.99	1.60	2.84	2043.17		
4	M4 - 9% de celulosa	2.93	1.58	2.78	2059.26	2016.37	
5	M5 - 9% de celulosa	2.95	1.50	2.80	1931.03		
6	M6 - 9% de celulosa	2.97	1.61	2.80	2058.82		


 Henry Rivadeneira Obilias
 Tac. Laboratorio USAT




Anexo 17: Informes de Ensayos de Resistencia a la compresión

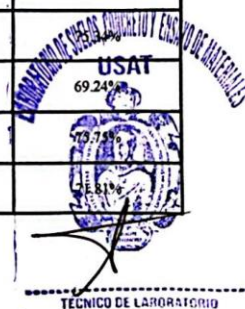


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399.604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 14 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023-GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f' _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3066	20.05	9.95	199.50	48520	243.21	76.00%
M-02	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3130	20.10	10.10	203.01	53330	262.70	82.09%
M-03	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3115	19.95	10.15	202.49	48820	241.10	75.34%
M-04	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3001	20.05	10.10	202.51	44870	221.57	69.24%
M-05	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3054	19.95	9.95	198.50	48120	242.42	75.74%
M-06	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3038	19.90	9.95	198.01	45500	229.79	71.81%



TECNICO DE LABORATORIO

ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246800

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneira
Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Una Tercera Forma de Lograrlo

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399 604 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 21 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHUR (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3092	20.05	10.05	201.50	68230	338.61	105.81%
M-02	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3087	19.95	9.90	197.51	65490	331.59	103.62%
M-03	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3089	19.90	9.95	198.01	66670	336.71	105.22%
M-04	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3145	20.10	10.05	202.01	71470	353.80	110.56%
M-05	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3088	20.05	9.95	199.50	66240	332.03	103.76%
M-06	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3126	20.05	10.05	201.50	69760	346.20	108.19%



TECNICO DE LABORATORIO

Orlando Alva Vasquez Cerquera
ORLANDO ALVA VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

Jorge Luis Sanjsteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Lima - Escuela de Topografía

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399 604 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3091	19.90	10.05	200.00	72200	361.01	112.82%
M-02	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3060	20.10	9.95	200.00	71530	357.66	111.77%
M-03	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2975	19.95	9.95	198.50	71220	358.79	112.02%
M-04	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3082	19.95	10.05	200.50	71970	358.96	112.17%
M-05	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3038	19.95	10.05	200.50	71510	356.66	111.46%
M-06	MUESTRA PATRÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3062	20.10	9.95	200.00	71780	358.91	112.14%



Orlando Alva Vasquez Cerquera
ORLANDO ALVA VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246809

Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneyra Oblitas
Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Niña

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 3% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399 604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 14 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f' _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3057	19.90	9.85	196.02	44820	228.66	71.43%
M-02	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3098	20.15	10.10	203.52	50720	249.22	77.88%
M-03	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3076	20.15	10.20	205.53	50400	245.22	76.63%
M-04	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3066	19.95	10.10	201.50	48300	239.71	74.91%
M-05	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3008	20.05	9.85	197.49	44400	224.82	70.56%
M-06	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3022	19.95	9.95	198.50	44520	224.28	70.09%



TÉCNICO DE LABORATORIO

ORLANDO ALDO VÁSQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Lima - Perú

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

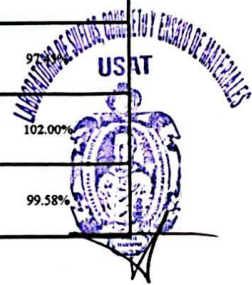


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 3% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto	NORMATIVA:	NTP 399.604. 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 21 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023-GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2979	19.85	9.95	197.51	58270	295.03	92.20%
M-02	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2989	19.95	9.90	197.51	59780	302.68	94.59%
M-03	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2991	20.05	10.05	201.50	61450	304.96	95.30%
M-04	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2995	20.05	10.15	203.51	63460	311.83	96.82%
M-05	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3087	20.10	10.10	203.01	66260	326.39	102.00%
M-06	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3068	20.05	10.05	201.50	64210	318.66	99.58%



TÉCNICO DE LABORATORIO


ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248900


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA


Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Lambayeque

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 3% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399 604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2933	19.90	10.50	208.95	65600	313.95	98.11%
M-02	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2987	19.90	9.90	197.01	66950	339.83	106.20%
M-03	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3017	20.05	10.05	201.50	68820	341.53	106.73%
M-04	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3004	19.90	10.05	200.00	67920	339.61	106.43%
M-05	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3036	20.00	9.95	199.00	69710	350.30	109.47%
M-06	MUESTRA PATRÓN+3% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	3003	19.95	9.95	198.50	67190	338.48	105.78%



ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246900

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivas de la Cruz
Colitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de la Huancayo

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tabuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 6% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399.604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 14 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3022	19.90	10.10	200.99	43830	218.07	68.15%
M-02	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3037	19.85	10.05	199.49	44700	224.07	70.02%
M-03	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2931	19.90	9.95	198.01	42210	213.18	66.62%
M-04	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2957	20.05	9.95	199.50	42890	214.99	67.18%
M-05	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2971	19.95	10.00	199.50	43200	216.54	67.67%
M-06	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2964	20.05	9.90	198.50	42930	216.28	67.89%

ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP/ 248900

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Luzern, Suiza

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 6% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VÁSQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399 604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 21 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2956	19.95	10.05	200.50	57320	285.89	89.34%
M-02	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2914	19.90	10.05	200.00	56280	281.41	87.94%
M-03	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	3004	19.95	9.95	198.50	58130	292.84	91.51%
M-04	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2941	19.95	9.90	197.51	56890	288.04	90.01%
M-05	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2956	19.85	9.90	196.52	58070	295.50	92.34%
M-06	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2901	19.85	9.85	195.52	55760	285.18	89.41%

Orlando Aldo Vásquez Cerquera
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248900

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Cólitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Lambayeque

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tabuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 6% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399.604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023-GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2889	19.85	9.95	197.51	63560	321.81	100.57%
M-02	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2915	19.90	10.10	200.99	65500	325.89	101.84%
M-03	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2876	19.95	10.05	200.50	63280	315.61	98.63%
M-04	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2856	19.90	9.90	197.01	62330	316.38	98.87%
M-05	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2893	20.05	9.95	199.50	64590	323.76	101.18%
M-06	MUESTRA PATRÓN + 6% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2909	19.95	9.95	198.50	65010	327.50	102.54%

ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 240806

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisheban Alejandro
LABORATORISTA

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Cruz de Arequipa

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tabuaintinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 9% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN REICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399.604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 14 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA					DATOS DE ENSAYO	
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2863	19.90	9.95	198.01	40770	205.90	64.34%
M-02	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2838	19.85	9.90	196.52	40740	207.31	64.79%
M-03	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	3005	20.05	10.10	202.51	42930	211.99	66.25%
M-04	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2919	19.90	10.05	200.00	40840	204.21	63.81%
M-05	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2938	19.85	9.90	196.52	40900	208.13	65.04%
M-06	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	14/10/2023	7	2973	19.90	10.05	200.00	41650	208.26	65.08%



TÉCNICO DE LABORATORIO

ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP 248900

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santibañán Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneira Obilitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Niágara

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

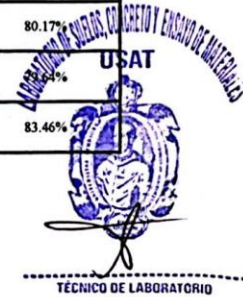


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 9% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399.604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 21 de octubre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023-GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2983	19.85	9.85	195.52	54050	276.44	86.39%
M-02	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2837	19.90	10.05	200.00	50530	252.66	78.96%
M-03	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2887	20.05	10.05	201.50	52200	259.05	80.95%
M-04	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2888	20.10	10.15	204.02	52340	256.55	80.17%
M-05	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2881	20.05	10.05	201.50	51350	254.84	79.63%
M-06	MUESTRA PATRÓN +9 % CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	21/10/2023	14	2905	19.95	9.85	196.51	52480	267.06	83.46%



ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248908

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Santa Cruz de Arequipa

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO + 9% DE CELULOSA DE CARTÓN			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
TÍTULO:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.	NORMATIVA:	NTP 399.604: 2002
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	f _c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHAS		E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE ENSAYO		
			ELABORACIÓN	ENSAYO		PESO (gr)	LARGO (cm)	ANCHURO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kg)	Resistencia a la Compresión f _c	
											(kg/cm ²)	(%)
M-01	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2884	20.00	9.95	199.00	57380	288.34	90.11%
M-02	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2908	19.95	10.05	200.50	57510	286.84	89.64%
M-03	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2938	20.05	10.00	200.50	58910	293.82	91.82%
M-04	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2814	19.95	10.05	200.50	56710	282.85	88.39%
M-05	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2789	20.05	9.95	199.50	55920	280.30	87.60%
M-06	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA DE CARTÓN	320	07/10/2023	04/11/2023	28	2926	20.10	9.90	198.99	58240	292.68	91.46%




ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248900


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA


Henry Rivadeneira Obitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Lima - Perú del Grupo

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 1016493473
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 18: Informes de Ensayos de Resistencia a la Tracción por Flexión



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN - MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA FLEXIÓN
TÍTULO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN	NORMATIVA:	ITINTEC 339.124-1988
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

Nº MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	Luz (mm)	DIMENSIONES		Carga Máxima		Resistencia a la Tracción por Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción por Flexión promedio (Mpa)
		ELABORACIÓN	ROTURA			Espesor (mm)	Ancho (mm)	(Kg)	(N)		
M-1	MUESTRA PATRÓN	07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.90	100.10	920	9025.2	5.654	5.31
M-2		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.95	101.30	870	8534.7	5.275	
M-3		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.90	99.50	840	8240.4	5.193	
M-4		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.50	100.50	860	8436.6	4.994	
M-5		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.95	99.65	850	8338.5	5.239	
M-6		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.85	98.60	880	8632.8	5.500	



ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246909



Jorge Luis Santisfeban Alejandro
LABORATORISTA

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



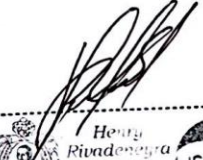
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN - MUESTRA PATRÓN +3% DE CELULOSA EN ADOQUINES DE CONCRETO ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA FLEXIÓN
TÍTULO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN	NORMATIVA:	ITINTEC 339.124:1988
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

Nº MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	Luz (mm)	DIMENSIONES		Carga Máxima		Resistencia a la Tracción por Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción por Flexión promedio (Mpa)
		ELABORACIÓN	ROTURA			Espesor (mm)	Ancho (mm)	(Kg)	(N)		
M - 1	MUESTRA PATRÓN + 3% DE CELULOSA	07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	60.10	100.50	900	8829	5.472	5.55
M - 2		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.85	100.05	950	9319.5	5.851	
M - 3		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.40	100.45	920	9025.2	5.362	
M - 4		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.90	99.30	960	9417.6	5.947	
M - 5		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	62.30	101.00	930	9123.3	5.236	
M - 6		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.50	100.80	940	9221.4	5.442	


ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 REG. CIP. 246909


Henry Rivadeneira Colitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Lima Facultad de Ingeniería


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
 INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
Jorge Luis Santisteban Alejandro
 LABORATORISTA



TÉCNICO DE LABORATORIO

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
 DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
 Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
 CELULAR: 927569182
 CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN - MUESTRA PATRÓN + 6% DE CELULOSA EN ADOQUINES DE CONCRETO ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA FLEXIÓN
TÍTULO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN	NORMATIVA:	ITINTEC 339.124:1988
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

Nº MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	Luz (mm)	DIMENSIONES		Carga Máxima		Resistencia a la Tracción por Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción por Flexión promedio (Mpa)
		ELABORACIÓN	ROTURA			Espesor (mm)	Ancho (mm)	(Kg)	(N)		
M - 1	MUESTRA PATRÓN + 6% DE CELULOSA	07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.10	100.40	990	9711.9	5.830	5.71
M - 2		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	60.05	101.50	980	9613.8	5.910	
M - 3		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	62.25	100.00	950	9319.5	5.411	
M - 4		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.50	100.55	970	9515.7	5.630	
M - 5		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.10	98.90	1010	9908.1	6.038	
M - 6		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	62.50	100.15	960	9417.6	5.416	


ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
 INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
 REG. CIP. 248909


 Henry Pivado Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT


 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
 INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
 GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
 LABORATORISTA



GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
 DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
 Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
 CELULAR: 927569182
 CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN - MUESTRA PATRÓN + 9% DE CELULOSA EN ADOQUINES DE CONCRETO ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA FLEXIÓN
TÍTULO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN	NORMATIVA:	ITINTEC 339.124.1988
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

Nº MUESTRA	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD	FECHA		EDAD (días)	Luz (mm)	DIMENSIONES		Carga Máxima		Resistencia a la Tracción por Flexión (Mpa)	Resistencia a la Tracción por Flexión promedio (Mpa)
		ELABORACIÓN	ROTURA			Espesor (mm)	Ancho (mm)	(Kg)	(N)		
M - 1	MUESTRA PATRÓN + 9% DE CELULOSA	07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.85	101.15	1010	9908.1	5.761	5.84
M - 2		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	62.55	101.10	990	9711.9	5.524	
M - 3		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	59.80	101.60	1000	9810	6.075	
M - 4		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	60.35	100.70	1030	10104.3	6.199	
M - 5		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	61.95	101.50	1020	10006.2	5.780	
M - 6		07/10/2023	04/11/2023	28	150.00	63.85	100.85	1060	10398.6	5.691	

ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246900

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santa Teresita de Lima

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA, INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA



TECNICO DE LABORATORIO

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 19: Informes de Ensayos de Resistencia a la abrasión



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
ABRASIÓN MUESTRA PATRÓN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio)	NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	E D A D	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTI (%)
			PESO INICIAL	PESO DEL PRIMER CICLO	PESO DEL SEGUNDO CICLO	PESO DEL TERCER CICLO	
			(días)	(gr)	gr	gr	
M-01	MUESTRA PATRÓN	28	3054	3050.00	3047.00	3046.00	0.26%
M-02	MUESTRA PATRÓN	28	3091	3084.00	3081.00	3079.00	0.39%
M-03	MUESTRA PATRÓN	28	2966	2960.00	2957.00	2955.00	0.37%
M-04	MUESTRA PATRÓN	28	2707	2702.00	2699.00	2696.00	0.41%
M-05	MUESTRA PATRÓN	28	3159	3154.00	3149.00	3147.00	0.38%
M-06	MUESTRA PATRÓN	28	3058	3052.00	3044.00	3046.00	0.39%



ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248900



Henry
Rivadeneira
Colitas



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Sanjiban Alejandro
LABORATORISTA

GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

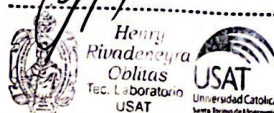
CERTIFICADO DE ENSAYO:			
ABRASIÓN MUESTRA PATRÓN + 3% DE CELULOSA EN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).	NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)
			PESO INICIAL (gr)	PESO DEL PRIMER CICLO (gr)	PESO DEL SEGUNDO CICLO (gr)	PESO DEL TERCER CICLO (gr)	
M-01	MUESTRA PATRÓN +3% CELULOSA	28	3007	3002.00	2999.00	2995.00	0.40%
M-02	MUESTRA PATRÓN +3% CELULOSA	28	2980	2978.00	2974.00	2966.00	0.47%
M-03	MUESTRA PATRÓN +3% CELULOSA	28	2962	2958.00	2955.00	2952.00	0.34%
M-04	MUESTRA PATRÓN +3% CELULOSA	28	2996	2990.00	2988.00	2985.00	0.37%
M-05	MUESTRA PATRÓN +3% CELULOSA	28	3056	3050.00	3049.00	3040.00	0.52%
M-06	MUESTRA PATRÓN +3% CELULOSA	28	3030	3025.00	3023.00	3023.00	0.23%



ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248909

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES
GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA



GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
ABRASIÓN MUESTRA PATRÓN + 6% DE CELULOSA EN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).	NORMATIVA:	ASTM C994/C944M-12
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CÓDIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023/GEOHESA

MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESCASTE (%)
			PESO INICIAL	PESO DEL PRIMER CICLO	PESO DEL SEGUNDO CICLO	PESO DEL TERCER CICLO	
			(gr)	gr	gr	gr	
M-01	MUESTRA PATRÓN +6% CELULOSA	28	2839	2835.00	2826.00	2822.00	0.60%
M-02	MUESTRA PATRÓN +6% CELULOSA	28	2904	2899.00	2896.00	2893.00	0.38%
M-03	MUESTRA PATRÓN +6% CELULOSA	28	2957	2952.00	2948.00	2944.00	0.44%
M-04	MUESTRA PATRÓN +6% CELULOSA	28	2933	2930.00	2927.00	2925.00	0.27%
M-05	MUESTRA PATRÓN +6% CELULOSA	28	3006	3003.00	2999.00	2996.00	0.33%
M-06	MUESTRA PATRÓN +6% CELULOSA	28	2926	2922.00	2918.00	2915.00	0.38%

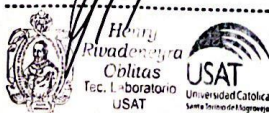


ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 248909

TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA



GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO & MATERIALES, ARQUITECTURA,
INGENIERÍA, TOPOGRAFÍA Y SERVICIOS GENERALES

GRUPO GEOHESA

CERTIFICADO DE ENSAYO:			
ABRASIÓN MUESTRA PATRÓN + 9% DE CELULOSA EN ADOQUINES DE CONCRETO			
TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS PARA ADOQUINES DE CONCRETO DE TRÁNSITO PEATONAL ADICIONANDO CELULOSA OBTENIDA DE CARTÓN RECICLADO		
UBICACIÓN:	CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
SOLICITANTE:	ZULLY LIZETTE VASQUEZ BUSTAMANTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
TÍTULO:	STANDARD TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACE BY THE ROTATING-CUTTER METHOD (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).	NORMATIVA:	ASTM C994/C94-04-12
FECHA ENSAYO:	sábado, 4 de noviembre de 2023	CODIGO DE EXPEDIENTE:	007-2023-GEOHESA

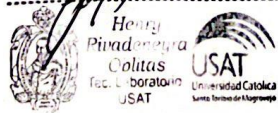
MUESTRA	DENOMINACIÓN/ CODIFICACIÓN	E D A D (días)	DATOS DE LA MUESTRA				DESGASTE (%)
			PESO INICIAL	PESO DEL PRIMER CICLO	PESO DEL SEGUNDO CICLO	PESO DEL TERCER CICLO	
			(gr)	gr	gr	gr	
M-01	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA	28	2872	2870.00	2867.00	2865.00	0.24%
M-02	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA	28	2947	2943.00	2938.00	2936.00	0.37%
M-03	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA	28	2898	2894.00	2891.00	2887.00	0.38%
M-04	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA	28	2880	2876.00	2871.00	2864.00	0.56%
M-05	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA	28	2905	2902.00	2897.00	2891.00	0.48%
M-06	MUESTRA PATRÓN +9% CELULOSA	28	2868	2865.00	2859.00	2853.00	0.52%



[Handwritten Signature]
TÉCNICO DE LABORATORIO

[Handwritten Signature]
ORLANDO ALDO VASQUEZ CERQUERA
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL
REG. CIP. 246900

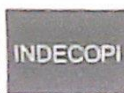
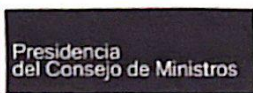
[Handwritten Signature]
Jorge Luis Santisteban Alejandro
LABORATORISTA



GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
DIRECCIÓN: Tahuantinsuyo N°1570
Distrito de Chiclayo-Lambayeque

RUC: 10164934743
CELULAR: 927569182
CORREO: Geohesa@grupo.com

Anexo 20: Informes de calibración de equipos



Firmado digitalmente por
D.R.ESPI SAUACAO Targui Jean Ponce FAJ
20133349233 Nord
Fecha: 05/03/2023 17:15:01-0500

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00145569

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° 005067-2023/DSD - INDECOPI de fecha 01 de marzo de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : GEOHESA

Clase : 42 de la clasificación Internacional.

Solicitud : 0000147-2023

Titular : HESANT CONSULTORES E.I.R.L.

País : Perú

Vigencia : 01 de marzo de 2033

Distingue : Servicio de ensayo de materiales, suelos y asfaltos


Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT




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:18322g0xq6

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



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración

TC - 03746 - 2023

Proforma : 8768A Fecha de emisión : 2023-09-08

SOLICITANTE : GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
Dirección : CAL.TAHUANTINSUYO NRO. 1570 DISTRITO DE CHICLAYO - CHICLAYO
: -LAMBAYEQUE.

Instrumento de medición : Balanza
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
N° de Serie : 8335410495
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 10 g
División de Verificación : 10 g
Clase de Exactitud : III
Capacidad Mínima : 200 g
Procedencia : CHINA
Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio suelos
Variación de ΔT Local : 3 °C
Fecha de Calibración : 2023-09-04

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración
Instalaciones de GRUPO GEOHESA
E.I.R.L.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM -

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica
Lima - Instituto de Ingeniería

Lc. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

PGC-16-r09/SETIEMBRE 2023/Rev.05

Página : 1 de 3



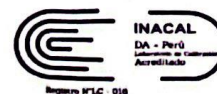
Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración
TC - 03746 - 2023

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC-07157-2022 Mayo 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC-07381-2022 Mayo 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC-08046-2022 Mayo 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC-08047-2022 Mayo 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC-06807-2022 Julio 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

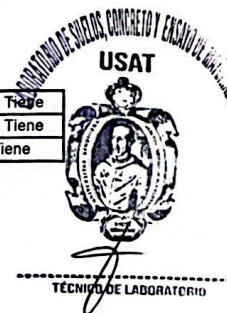
Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene
Oscilación Libre	Tiene
Plataforma	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene

Escala	No Tiene
Cursor	No Tiene
Nivelación	Tiene

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,3 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	75 %	76 %



Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	15 000	6	-1	1	30000	30 000	6	-1
2		15 000	6	-1	2		30 000	6	-1
3		15 000	6	-1	3		30 000	6	-1
4		15 000	6	-1	4		30 000	7	-2
5		15 000	6	-1	5		30 000	7	-2
6		15 000	5	0	6		30 000	7	-2
7		15 000	5	0	7		30 000	7	-2
8		15 000	5	0	8		30 000	7	-2
9		15 000	6	-1	9		30 000	6	-1
10		15 000	6	-1	10		30 000	6	-1
Emax - Emin (g)				1	Emax - Emin (g)				30
e.m.p. ± (g)				20	e.m.p. ± (g)				

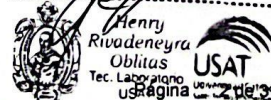
PGC-16-r09/SEPTIEMBRE 2023/Rev.05



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

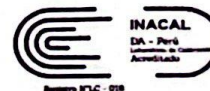
(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

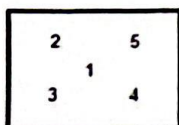




LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración
TC - 03746 - 2023



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,5 °C	23,6 °C
Humedad Relativa	75 %	75 %

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec				e.m.p. ± (g)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
1	100	100	4	1	10000	10 000	5	0	-1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	-1	
3		100	5	0		10 000	6	-1	-1	
4		100	5	0		10 000	6	-1	-1	
5		100	4	1		10 000	7	-2	-3	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,6 °C	23,6 °C
Humedad Relativa	75 %	75 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	-1						
200	200	6	-1	0	200	6	-1	0	10
2 000	2 000	6	-1	0	2 000	7	-2	-1	10
6 000	6 000	6	-1	0	6 000	7	-2	-1	20
8 000	8 000	6	-1	0	8 000	6	-1	0	20
10 000	10 000	5	0	1	10 000	6	-1	0	20
12 000	12 000	5	0	1	12 000	6	-1	0	20
15 000	15 000	5	0	1	15 000	6	-1	0	20
20 001	20 000	6	-2	-1	20 000	5	-1	0	20
25 001	25 000	6	-2	-1	25 000	5	-1	0	30
30 001	30 000	6	-2	-1	30 000	5	-1	0	30

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga incrementada

Eo : Error en cero

e.m.p. : Error máximo permitido

E : Error encontrado

Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

$$\text{Lectura Corregida} = R - 3,97 \times 10^{-6} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{7,63 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 29 990 g para una carga de valor nominal 30000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que equivale a una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.



Fin del documento



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica
Lima - Perú

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración

TC - 03747 - 2023

Proforma : 8768A Fecha de emisión : 2023-09-06

SOLICITANTE : GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
Dirección : CAL.TAHUANTINSUYO NRO. 1570 DISTRITO DE CHICLAYO - CHICLAYO
: -LAMBAYEQUE.

Instrumento de medición : Balanza
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : TA302
N° de Serie : B403227593
Capacidad Máxima : 300 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,01 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 0,2 g
Procedencia : No indica
N° de Parte : No indica
Identificación : No indica
Ubicación : Laboratorio suelos - asfaltos
Variación de ΔT Local : 8 °C
Fecha de Calibración : 2023-09-04

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración
Instalaciones de GRUPO GEOHESA E.I.R.L.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con un producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la manipulación de este instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica
Lima - Perú

L. Nicolás Ramos Paucar

INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC - 016

PGC-16-r08/ SETIEMBRE 2023/Rev.04

Página : 1 de 3



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

Certificado de Calibración
 TC - 03747 - 2023

Gerente Técnico

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de KOSSOMET	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	PE21A-C-1070 Agosto 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,8 °C	23,7 °C
Humedad Relativa	74 %	74 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	150,00	150,01	6	9	1	300,00	300,00	6	-1
2		150,00	5	0	2		300,00	6	-1
3		150,00	5	0	3		300,01	7	8
4		150,01	5	10	4		300,01	7	8
5		150,00	5	0	5		300,01	7	8
6		150,00	5	0	6		300,01	7	8
7		150,01	6	9	7		300,01	7	8
8		150,01	6	9	8		300,01	7	8
9		150,01	7	8	9		300,01		
10		150,01	7	8	10		300,01		
Emáx - Emín (mg)				10	Emáx - Emín (mg)				3
error máximo permitido (±mg)				20	error máximo permitido (±mg)				30



 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



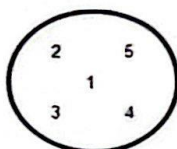
 TÉCNICO DE LABORATORIO




LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración
TC - 03747 - 2023



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,7 °C	23,7 °C
Humedad Relativa	74 %	74 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	0,10	0,10	5	0	100,00	100,00	5	0	0	20
2		0,10	5	0		100,00	5	0	0	
3		0,10	5	0		100,00	5	0	0	
4		0,10	5	0		99,99	3	-8	-8	
5		0,10	5	0		99,99	3	-8	-8	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	23,7 °C	23,7 °C
Humedad Relativa	74 %	74 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,20	0,20	5	0	0	0,20	5	0	0	10
20,00	20,00	5	0	0	20,00	5	0	0	10
80,00	80,00	6	-1	-1	60,00	5	0	0	20
80,00	80,00	6	-1	-1	80,00	5	0	0	20
100,00	100,00	6	-1	-1	100,00	6	-1	-1	20
120,00	120,01	7	8	8	120,00	6	-1	-1	20
150,00	150,01	7	8	8	150,01	7	8	8	20
200,00	200,01	7	8	8	200,01	7	8	8	20
250,00	250,01	7	8	8	250,00	6	-1	-1	30
300,00	300,01	7	8	8	300,00	6	-1	-1	30

Donde:

I : Indicación de la balanza

ΔL : Carga adicional

Eo : Error en cero

R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)

E : Error del instrumento

Ec : Error corregido

Lectura corregida e Incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	:	$R_{correctada} = R - 3,16 \times 10^{-6} \times R$
Incertidumbre Expandida	:	$U_R = 2 \times \sqrt{5,26 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 5,35 \times 10^{-10} \times R^2}$

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 300,02 g para una carga de valor nominal 300 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento

PGC-16-r08/ SETIEMBRE 2023/Rev.04

Página : 3 de 3



Jr. Condesa de Lemos 117
San Miguel, Lima

(01) 262 9536

informes@testcontrol.com.pe

(54) 988 901 065

www.testcontrol.com.pe



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-03745-2023

PROFORMA : 8768A

Fecha de emisión : 2023 - 09 - 06

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : GRUPO GEOHESA E.I.R.L.
 Dirección : CAL.TAHUANTINSUYO NRO. 1570 DISTRITO DE CHICLAYO - CHICLAYO
 : -LAMBAYEQUE.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRESA DE CONCRETO
 Marca : TAMIEQUIPOS
 Modelo : TM 12
 N° Serie : M141104123
 Intervalo de indicación : 120 000 kgf
 Resolución : 10 kgf
 Ubicación : Laboratorio suelos - asfaltos

Fecha de Calibración : 2023 - 09 - 04

LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en las instalaciones de GRUPO GEOHESA E.I.R.L.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación indirecta tomando como referencia la norma ISO 7500-1:2018 Calibración y verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18,0°C	18,0°C
HUMEDAD RELATIVA	66,0%	66,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.


 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



 TÉCNICO DE LABORATORIO


 Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 C.F.P. N° 0316

Certificado : TC-03745-2023
 Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-065-2022 Julio 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

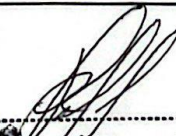
Indicación del Equipo (kgf)	Lectura del equipo Patrón (kgf)	Error (kgf)	Incertidumbre (kgf)
1000	991,2	-8,8	0,50
2000	1989,9	-10,1	0,50
5000	4992,1	-7,9	0,50
10000	9991,0	-9,0	0,50
15000	14989,7	-10,3	0,50
20000	19979,9	-20,1	0,50
30000	29989,7	-10,3	0,50
50000	49991,2	-8,8	0,50
60010	59978,6	-31,4	0,50
70010	69988,9	-21,1	0,50
80010	79983,1	-26,9	0,50
100020	100043,3	23,3	0,50


OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO


 Henry
 Ribadeneyra
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 


USAT
 Laboratorio de Sucesos, Construcción y Ensayo de Materiales


 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 21: Panel fotográfico***Fotografía 1**

Recolección del cartón reciclado

Fotografía 2

Remojo del cartón

Fotografía 3

Trituración del cartón

Fotografía 4

Extracción del agua

Fotografía 5

Secado de la pulpa

Fotografía 6

Molienda de la celulosa

Fotografía 7

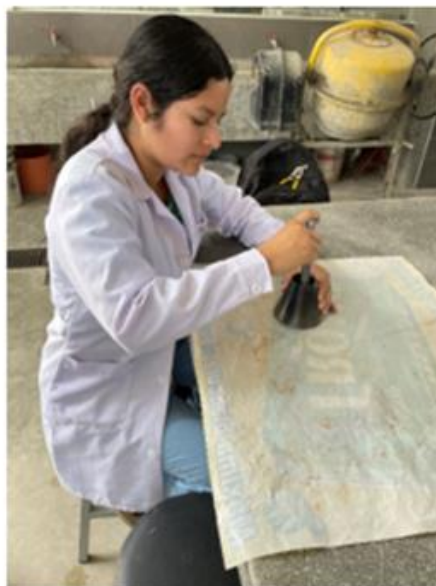
Resultado final de la adición a emplear

Fotografía 8

Ensayo de contenido de humedad

Fotografía 9

Análisis granulométrico de los agregados

Fotografía 10

Comprobar humedad superficial

Fotografía 11

Compactación del agregado fino

Fotografía 12Desgaste de abrasión – Máquina de los
Ángeles

Fotografía 13

Elaboración de adoquines

Fotografía 14

Tolerancia dimensional

Fotografía 15

Ensayo de absorción de adoquines

Fotografía 16

Resistencia a la compresión – 7 días

Fotografía 17



Resistencia a la compresión –14 días

Fotografía 18



Resistencia a la compresión – 28 días

Fotografía 19



Resistencia a la tracción por flexión

Fotografía 20



Resistencia a la abrasión