

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA PET EN UN
CONCRETO $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

ORDÓÑEZ BRINGAS, DORELLY ALEJANDRA

ASESOR:

Dr. Ing. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: ORDÓÑEZ BRINGAS, DORELLY ALEJANDRA
DNI: 71821765
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
Facultad: Ingeniería Civil
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA PET EN UN CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"
6. Fecha de evaluación: 3 de Enero 2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 14%
9. Código Documento: trn:oid::3117:544123010
10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 14%
☐ X APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 4 de Enero 2026



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Hermes Roberto Mosqueira Ramirez
DNI No 26673916



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258001 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 04/01/2026 10:23:23-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA PET EN UN CONCRETO $f'c= 210$ kg/cm² EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2024.*

ASESOR : *Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0009-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 06 de enero de 2026, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **nueve días del mes de enero de 2026**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA PET EN UN CONCRETO $f'c= 210$ kg/cm² EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2024*; presentado por la Bachiller Ingeniería Civil *DORELLY ALEJANDRA ORDÓÑEZ BRINGAS*, asesorada por el Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, para la obtención del Título Profesional

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

EVALUACIÓN PRIVADA : 6 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS. DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se la declara APROBADA con el calificativo de 17 (DIECISIETE).
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 11:30 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Presidente

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: DORELLY ALEJANDRA ORDÓÑEZ BRINGAS.

RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	2
2.2. Dominio del tema	3
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	3
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	3
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 09 de enero de 2026

Dra. Ing. Rosa Haydee Zúñiga Mondragón.
Presidente

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Dr. Ing. Hernán Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 - Anexo N° 1129-1130




EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

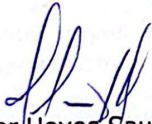
Bachiller en Ingeniería Civil: DORELLY ALEJANDRA ORDÓÑEZ BRINGAS.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	6
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	17
EN LETRAS (A + B)	DIECISIETE
- Excelente 20 - 19	MUY BUENO
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 09 de enero de 2026


Dra. Ing. Rosa Haydee Lirio Mondragón.
Presidente


Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal


Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario


Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Asesor

DEDICATORIA

A Dios y a San Francisco de Asís, por las innumerables bendiciones que han derramado en mi vida, otorgándome fortaleza y guía en cada paso de mi camino. A mi querida familia, compuesta por mis padres, Marcela y Alejandro, y mis hermanos, David e Isaac, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida. Su amor incondicional, su constante apoyo y su ejemplo de dedicación y perseverancia me han inspirado profundamente a esforzarme y perseguir mis objetivos con determinación. Cada meta alcanzada ha sido posible gracias a su presencia, su aliento y su confianza en mí.

Asimismo, dedico el presente trabajo a mis amigos, quienes con sus palabras de ánimo y su compañía inquebrantable me han sostenido en los momentos más desafiantes de este proceso. Este logro que celebro no es únicamente mío, sino también de todas las personas que han estado a mi lado, brindándome su apoyo, motivación y fe en cada etapa de esta travesía. A todos ellos, les dedico este trabajo como un reflejo del impacto positivo que han tenido en mi vida y como un testimonio de mi profundo agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, Marcela y Alejandro, quienes, con su apoyo incondicional y constante motivación, han sido fundamentales a lo largo de toda mi vida, impulsándome en la búsqueda y cumplimiento de mis objetivos. Su guía, respaldo y conocimientos han sido esenciales para alcanzar cada meta trazada.

Agradezco a mis hermanos, el Mc. Cs. Ing. David Eloy Ordóñez Bringas y al Dr. Isaac Ricardo Ordóñez Bringas, por el apoyo y conocimiento brindados a lo largo de mi carrera profesional.

Así también, agradezco al Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, quien asumió con responsabilidad y compromiso la labor de asesorar esta investigación.

De igual manera, extendiendo mi gratitud al Ing. Eloy Tapia Rojas, el cual me brindó la motivación y confianza para que pudiera iniciar este proyecto, marcando un avance significativo en mi trayectoria profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	2
RESUMEN	6
<i>ABSTRACT</i>	7
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	8
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	9
1.3 HIPÓTESIS	9
1.4 VARIABLES	10
1.5 OBJETIVOS	10
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	10
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	13
2.1.1 INTERNACIONALES	13
2.1.2 NACIONALES	16
2.1.3 LOCALES	18
2.2 BASES TEORICAS	20
2.3 DEFINICIÓN DE TERMINOS BÁSICOS	27
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 UBICACIÓN	28
3.2 TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN	31
3.3 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	32
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.5 UNIDAD DE ANÁLISIS	36
3.6 PROTOCOLOS DE ENSAYO	36
3.7 PROCEDIMIENTO	38
3.8 DIAGRAMA RESUMEN PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN	46
3.9 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
3.10 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	49
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ...	50

4.1 Ensayo de resistencia a la compresión	50
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1 CONCLUSIONES	57
5.2. RECOMENDACIONES	58
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades químicas del PET.....	24
Tabla 2: Coordenadas UTM de la cantera Bazán Contratistas Generales S.R.L.....	29
Tabla 3:Coordenadas UTM de la Univerdidad Nacional de Cajamarca	29
Tabla 4: Coordenadas UTM del Laboratorio “URTECO”	31
Tabla 5: Periodo de ejecución de la investigación.....	31
Tabla 6: Tipo y Nivel de la Investigación.....	34
Tabla 7:Número de probetas por tipo de mezcla y edad	35
Tabla 8:Normas de ensayos.....	37
Tabla 9: Resistencia a la compresión promedio del concretocon adición de dibra PET a los 7, 14 y 28 días	53
Tabla 10: Ecuaciones del análisis de la curva de ajuste logarítmica	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la cantera Bazán Contratistas Generales S.R.L	28
Figura 2: Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca	29
Figura 3: Punto de reciclaje de botellas de plástico PET en el campus universitario	30
Figura 4: Ubicación del laboratorio URTECO	30
Figura 5: Diagrama de procedimientos para la obtención de datos.....	46
Figura 6:Variación de la resistencia a la compresión promedio a los 7, 14 y 28 días de curado.....	53
Figura 7: Tendencia logarítmica de la resistencia a la compresión del concreto con adición de PET.....	55

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la influencia de la adición de fibra de plástico PET en la resistencia a la compresión del concreto con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Se desarrolló un estudio de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, incorporando fibras PET en proporciones de 1.5%, 2% y 5% respecto al peso del cemento. Para ello se fabricaron 60 probetas cilíndricas, se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de los agregados y se realizó el diseño de mezcla siguiendo el método del ACI. Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de curado. El concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 214.54 kg/cm^2 , superando en 2.16% el valor de diseño, mientras que las mezclas con adición de fibra PET obtuvieron resistencias promedio de 194.14 kg/cm^2 (1.5%), 186.20 kg/cm^2 (2%) y 169.28 kg/cm^2 (5%), lo que representa reducciones del 9.51%, 13.21% y 21.10%, respectivamente, en comparación con el patrón. En cuanto al tipo de falla, las muestras con 1.5% y 5% de fibra presentaron fallas tipo 2, mientras que las de 2% mostraron fallas tipo 5, caracterizadas por fracturas en forma de cono y diagonales. Se concluyó que, en las proporciones evaluadas, la adición de fibra PET no mejora la resistencia a la compresión del concreto.

Palabras clave: Concreto, PET, resistencia a compresión, tipo de falla, muestras.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the influence of the addition of PET plastic fibers on the compressive strength of concrete with a design strength of $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. An applied research study was conducted using a quantitative approach and an experimental design, incorporating PET fibers in proportions of 1.5%, 2%, and 5% by weight of cement. For this purpose, 60 cylindrical specimens were manufactured, the physical and mechanical properties of the aggregates were evaluated, and the mix design was carried out following the ACI method. Compressive strength tests were performed at curing ages of 7, 14, and 28 days. The control concrete achieved an average compressive strength of 214.54 kg/cm^2 , exceeding the design value by 2.16%, while the mixtures with PET fiber addition reached average strengths of 194.14 kg/cm^2 (1.5%), 186.20 kg/cm^2 (2%), and 169.28 kg/cm^2 (5%), representing reductions of 9.51%, 13.21%, and 21.10%, respectively, compared to the control mix. Regarding the failure mode, specimens with 1.5% and 5% fiber exhibited Type 2 failures, whereas those with 2% fiber showed Type 5 failures, characterized by conical and diagonal fractures. It was concluded that, at the evaluated proportions, the addition of PET fiber does not improve the compressive strength of concrete.

Keywords: Concrete, PET, compressive strength, failure type, specimens.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El concreto es el material de construcción más utilizado a nivel mundial, debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad, siendo la resistencia a la compresión el principal parámetro que define su comportamiento estructural. Por ello, cualquier modificación en su composición debe ser evaluada cuidadosamente para garantizar que sus propiedades mecánicas no se vean afectadas negativamente (Al-Hadithi & Hilal, 2020).

En el Perú, los concretos de resistencia media, como el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, son ampliamente empleados en elementos estructurales de edificaciones y obras civiles. En este contexto, la incorporación de materiales alternativos en la mezcla de concreto ha sido objeto de investigación en los últimos años, destacando el uso de fibras plásticas recicladas, particularmente fibras de tereftalato de polietileno (PET), como material de refuerzo (Yap et al., 2021).

Diversos estudios recientes han evaluado la incorporación de fibras de PET en el concreto, evidenciando que su efecto sobre la resistencia a la compresión depende del porcentaje de adición y del control del diseño de mezcla, reportándose resultados variables respecto a dicha propiedad mecánica (Siddique & Naik, 2021; Hossain et al., 2023).

A nivel nacional y local, las investigaciones experimentales orientadas a analizar la adición de fibras de PET reciclado en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ son escasas, particularmente cuando se consideran materiales y condiciones propias de la ciudad de Cajamarca. Esta limitada disponibilidad de estudios genera incertidumbre respecto al comportamiento mecánico del concreto modificado, así como sobre la variación de su resistencia a la compresión al incorporar fibras de PET en diferentes porcentajes, lo cual dificulta contar con información técnica suficiente que permita comprender su desempeño en aplicaciones y su control en obras civiles locales.

En ese contexto, resulta pertinente analizar cómo varía la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al incorporar fibras de plástico, considerando diferentes porcentajes de adición.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En cuánto aumenta la resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ al incorporar fibras de plástico Tereftalato de Polietileno (PET) en la ciudad de Cajamarca?

1.3 HIPÓTESIS

La adición de fibras de plástico Tereftalato de Polietileno (PET) incrementan la resistencia a compresión de un concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ en un 5%.

1.4 VARIABLES

1.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

X: Fibra de Tereftalato de Polietileno (PET)

1.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Y: Resistencia a compresión del concreto

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la adición de fibra de PET en un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Cajamarca.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
- b) Determinar la resistencia a compresión de concretos con diferentes porcentajes de fibra PET (0%, 1.5%, 2% y 5%) a distintas edades (7, 14 y 28 días).

1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El concreto con una resistencia característica de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es el más utilizado en las edificaciones de la ciudad de Cajamarca; sin embargo, su desempeño puede optimizarse mediante la incorporación de refuerzos internos que contribuyan a incrementar su resistencia a la compresión. En este contexto, la transformación del PET disponible localmente en fibras para su adición al concreto constituye una alternativa técnica que permite evaluar posibles mejoras mecánicas sin necesidad de modificar los equipos ni los procedimientos constructivos tradicionales.

Aunque en el Perú se ha documentado que la incorporación de fibras de PET influye en la resistencia del concreto, aún no se ha determinado de manera sistemática cómo la geometría y la dosificación de dichas fibras afectan la resistencia a la compresión bajo las condiciones particulares de Cajamarca. En ese sentido, la presente investigación busca cuantificar esta relación y aportar un modelo experimental que sirva de referencia tanto para el ámbito académico como para el desarrollo de futuras normativas técnicas en la tecnología del concreto.

1.7 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Espacial

La investigación se desarrolló en la ciudad de Cajamarca. Para la elaboración del concreto se utilizaron agregados provenientes de la cantera Bazán Contratistas Generales S.R.L., y fibras de tereftalato de polietileno (PET), obtenidas a partir de botellas descartables recolectadas en el campus de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.7.2 Temporal

La investigación se desarrolló entre agosto de 2024 y enero de 2025, periodo en el cual se realizaron los ensayos experimentales, el análisis de resultados y la redacción del informe final.

1.7.3 Metodológica

Desde el enfoque metrológico, la investigación se delimitó a la medición de la resistencia a la compresión del concreto de $f'_c = 210$ kg/cm² a los 28 días de curado, bajo condiciones controladas de ensayo; la evaluación consideró únicamente tres dosificaciones de fibras de PET reciclado (1.5 %, 2 % y 5 % respecto al peso del cemento), empleando fibras con una geometría definida de 30 mm de longitud y 5 mm de ancho, con espesor variable entre 0.22 mm y 0.87 mm, de sección rectangular,

1.8 LIMITACIONES

No se evaluaron diferentes geometrías de fibras de PET, debido a la disponibilidad limitada del material reciclado y a las restricciones operativas del proceso de preparación de la fibra.

Las mediciones se realizaron conforme a procedimientos estandarizados de ensayo, limitándose al análisis de la variación de la resistencia a la compresión, sin incluir otras propiedades mecánicas, edades de curado distintas ni variaciones en el tipo o geometría de las fibras.

Asimismo, no se realizó un análisis químico del PET ni de su interacción con los compuestos del cemento.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 INTERNACIONALES

Hossain et al. (2018), en su investigación realizada en el país de Bangladesh, y se titula *Use of waste plastic aggregation in concrete as a constituent* [“Uso de residuos plásticos como agregado constituyente del concreto”], evaluaron el posible aprovechamiento de residuos plásticos de PET triturado (agregado plástico), con tamaños entre 4.75 y 9.5 mm, en aplicaciones de hormigón. Para ello, emplearon un concreto de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el que el agregado grueso fue reemplazado en proporciones de 5%, 10% y 20% en volumen de mezcla, determinando la resistencia a compresión a los 28 días. Los resultados obtenidos fueron: 154.68 kg/cm^2 para la muestra patrón, 140.61 kg/cm^2 para 5%, 168.73 kg/cm^2 para 10% y 91.4 kg/cm^2 para 20%. Se concluyó que, si bien el reemplazo del 10% del agregado grueso por PET triturado produjo una variación del 9.09% en la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón, ninguna de las dosificaciones evaluadas alcanzó la resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, manteniéndose todos los valores por debajo de dicho parámetro.

Sudip et al. (2020) en su investigación realizada en Nepal titulada “Experimental Study on the Properties of Concrete with Partial Replacement of Sand by Plastic PET Bottle Fiber” [Estudio experimental sobre las propiedades del concreto con reemplazo parcial de arena por fibras de botellas plásticas PET], evaluaron la

resistencia a la compresión a los 28 días en un concreto de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando el reemplazo del agregado fino por un material denominado como “fibra” PET, el cual correspondió en realidad a partículas finas obtenidas por trituración de botellas plásticas, con un tamaño promedio cercano a 3 mm, en proporciones de 0%, 1%, 2%, 2.5%, 3% y 5%. Los resultados obtenidos fueron: 258.3 kg/cm^2 para la muestra patrón, 287.8 kg/cm^2 con 1%, 296.9 kg/cm^2 con 2%, 283.1 kg/cm^2 con 2.5%, 240.1 kg/cm^2 con 3% y 219.9 kg/cm^2 con 5%. Se concluyó que la resistencia a la compresión presentó incrementos de 37% con 1% de reemplazo, 41.4% con 2%, 34.8% con 2.5%, 14.3% con 3% y 4.7% con 5% de reemplazo de PET respecto a la muestra patrón.

Vukicea et al. (2021), en su investigación realizada en el país de Fiji, titulado "Experimental investigation on the strength behavior of PET fiber reinforced concrete in Fiji" ["Investigación experimental sobre el comportamiento de resistencia del concreto reforzado con fibras PET en Fiji"], evaluaron la resistencia del concreto con fibras de PET con el fin de determinar la viabilidad del uso de residuos plásticos en aplicaciones constructivas, empleando un concreto de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La resistencia a compresión fue analizada a los 28 días, reemplazando el agregado fino por fibras PET en proporciones de 0%, 1%, 2% y 3%. Los resultados obtenidos fueron: 210 kg/cm^2 para la muestra patrón, 185.7 kg/cm^2 para 1%, 199.9 kg/cm^2 para 2% y 226.9 kg/cm^2 para 3%. Se concluyó que la resistencia a compresión

disminuye en 11.6% con 1% de reemplazo y en 4.8% con 2%, mientras que aumenta en 8% con 3% de reemplazo de PET.

Farah et al. (2024), en su investigación realizada en el Líbano titulada *"Assessing the Impact of Shredded Polyethylene Terephthalate (PET) on Unreinforced Concrete Properties"* ["Evaluación del impacto del tereftalato de polietileno (PET) triturado en las propiedades del concreto no reforzado"], analizaron la viabilidad de incorporar residuos plásticos PET triturados como reemplazo parcial del agregado grueso en un concreto de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La resistencia a compresión fue evaluada a los 28 días, considerando reemplazos de 0%, 5%, 25%, 35% y 50%. Los resultados obtenidos fueron: 216 kg/cm^2 para la muestra patrón, 106 kg/cm^2 con 5%, 72 kg/cm^2 con 25%, 35 kg/cm^2 con 35% y 20 kg/cm^2 con 50%. Se concluyó que la resistencia a compresión mostró reducciones en todos los casos del 50.9% con 5% de reemplazo, 66.7% con 25%, 83.8% con 35% y 90.7% con 50%, respecto al concreto patrón.

2.1.2 NACIONALES

Pinedo (2018), en su tesis denominada “Estudio de resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ Kg/cm², con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018”, evaluó la incorporación de plástico reciclado PET triturado en proporciones de 5%, 10% y 15% con el objetivo de determinar su efecto en la resistencia a compresión del concreto a los 28 días. Los resultados obtenidos fueron: 220 kg/cm² para la muestra patrón, 191 kg/cm² con 5% de adición, 168.25 kg/cm² con 10% y 151.21 kg/cm² con 15%. Se concluyó que la resistencia a compresión disminuyó en 13% con 5% de PET, en 24% con 10% y en 31% con 15%, en comparación con la muestra patrón.

Ccaccro Lapa (2022), en su trabajo de investigación titulado “Análisis de influencia de las fibras PET de botellas recicladas sobre las principales propiedades de concreto en Lima, 2022”, evaluó el uso de fibras PET provenientes de botellas plásticas recicladas con dimensiones de 0.2 x 20 mm, 2 x 35 mm y 2 x 50 mm, empleando un concreto de diseño con una resistencia $f'c = 210$ kg/cm². En el estudio se determinó la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días, considerando la adición de fibras PET en proporciones de 0.5 %, 1 % y 1.5 % respecto al peso del cemento. Los resultados obtenidos mostraron una resistencia a la compresión de 242.21 kg/cm² para la muestra patrón; 251.96 kg/cm² (fibra 0.2 x 20 mm, 0.5 % PET); 259.67 kg/cm² (0.2 x 20 mm, 1 % PET); 265.83 kg/cm² (0.2 x 20 mm, 1.5 % PET); 265.83 kg/cm² (2 x 35 mm, 0.5 % PET); 262.19 kg/cm² (2 x 35

mm, 1 % PET); 271.79 kg/cm² (2 × 35 mm, 1.5 % PET); 259.45 kg/cm² (2 × 50 mm, 0.5 % PET) y 278.32 kg/cm² (2 × 50 mm, 1 % PET). Se concluyó que la resistencia a la compresión del concreto aumentó con la incorporación de fibras PET, identificándose como dosificaciones óptimas: 1.5 % de fibra PET con dimensiones de 0.2 × 20 mm, alcanzando 265.83 kg/cm²; 1.5 % de fibra PET de 2 × 35 mm, con una resistencia de 271.79 kg/cm²; y 1 % de fibra PET de 2 × 50 mm, logrando 278.32 kg/cm². Estos valores representan incrementos del 9.75 %, 12.21 % y 14.91 %, respectivamente, en comparación con la muestra patrón.

De La Cruz Vega et al. (2024), en su tesis titulada "Análisis de incorporación de plástico PET reciclado en la resistencia de un concreto $f'_c = 210$ kg/cm², Moyobamba, 2024", analizaron la incorporación de plástico PET reciclado en proporciones de 0%, 2%, 5% y 8% en un concreto de diseño $f'_c = 210$ kg/cm², evaluando sus efectos en la resistencia a compresión a los 28 días. Los resultados obtenidos fueron: 244.76 kg/cm² para la muestra patrón, 270.05 kg/cm² con 2% de adición, 219.55 kg/cm² con 5% y 205.16 kg/cm² con 8%. Se concluyó que la resistencia a compresión aumentó en 28.6% con 2% de PET y en 4.6% con 5%, mientras que se redujo en 2.3% con 8% de adición de PET.

2.1.3 LOCALES

Peralta Guevara (2014), en su investigación de tesis titulada “Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto convencional $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y el concreto con material reciclado Polietileno Terfeftalato (PET) en la ciudad de Jaén, Cajamarca” analizó el reemplazo parcial del agregado fino por PET triturado en proporciones de 15%, 30% y 45%, con el propósito de evaluar posibles mejoras en la resistencia a compresión del concreto, ensayada a los 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos a los 28 días fueron: 282.32 kg/cm^2 para la muestra patrón, 242.52 kg/cm^2 con 15% de reemplazo, 196.54 kg/cm^2 con 30% y 162.74 kg/cm^2 con 45%. Se concluyó que la resistencia a compresión se redujo en 14.09%, 30.38% y 42.33% para los porcentajes de reemplazo de 15%, 30% y 45% de PET, respectivamente, en comparación con la muestra patrón.

Cholán (2017), en su tesis titulada “Efecto de tres niveles de PET reciclado como reemplazo de agregado fino en la resistencia a compresión axial del concreto convencional $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ ”, estudió la incorporación de PET reciclado (procedente de botellas plásticas) como reemplazo parcial del agregado fino en proporciones de 5%, 10% y 15%, con el objetivo de evaluar su influencia en la resistencia a compresión a los 28 días. Los resultados obtenidos fueron: 211.21 kg/cm^2 para la muestra patrón, 204.72 kg/cm^2 con 5% de reemplazo, 195.31 kg/cm^2 con 10% y 187.20 kg/cm^2 con 15%. Se concluyó que la resistencia a compresión disminuyó en todos los casos, registrándose

reducciones de 2.5%, 7.0% y 10.9% para los reemplazos de 5%, 10% y 15% de PET, respectivamente, en comparación con la muestra patrón.

Bustamante (2024), en su investigación denominada “Resistencia a la compresión y flexión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² con adición de fibra de botella reciclada con diferentes proporciones” evaluó el efecto de incorporar fibras PET en proporciones de 2%, 4% y 6% sobre la resistencia a compresión de un concreto de diseño $f'_c = 210$ kg/cm², mediante ensayos realizados a los 28 días de curado. Los resultados obtenidos fueron: 44.61 kg/cm² para la muestra patrón, 48.65 kg/cm² con 2% de PET, 41.08 kg/cm² con 4% y 33.94 kg/cm² con 6%. Se concluyó que la resistencia a compresión presentó un incremento de 9.07% con 2% de adición de PET, mientras que se registraron disminuciones de 7.92% y 23.91% con 4% y 6% de adición, respectivamente, en comparación con el concreto patrón.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 Agregados

Los agregados son materiales granulares inertes utilizados en la elaboración del concreto, tales como la arena, la grava y la piedra triturada. Se clasifican en función de su tamaño: el agregado grueso corresponde a la fracción que queda retenida en el tamiz N.º 4 (4.75 mm), mientras que el agregado fino es aquel que pasa por dicho tamiz y se retiene parcialmente en el tamiz N.º 200 (0.075 mm).

La selección de los agregados depende de las propiedades requeridas en el concreto, ya que estos constituyen entre el 60 % y el 75 % del volumen total de la mezcla. Por lo tanto, sus características físicas y mecánicas influyen significativamente en la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y comportamiento general del concreto (Parrales et al., 2023).

2.2.2 Concreto

El concreto es un material compuesto utilizado ampliamente en la industria de la construcción. Está conformado principalmente por una mezcla de cemento, agua, agregados finos (arena) y agregados gruesos (grava o piedra triturada), los cuales forman una masa sólida una vez que ocurre el proceso de fraguado y endurecimiento. Estos agregados pueden ser de origen natural o triturados, y constituyen la mayor parte del volumen del concreto.

El tipo de cemento más empleado en la fabricación de concreto es el cemento Portland, aunque también se pueden utilizar materiales cementantes suplementarios que presentan propiedades similares,

como la puzolana o la escoria granulada de alto horno. Actualmente, el concreto elaborado con cemento Portland representa aproximadamente el 95 % de las aplicaciones en construcción civil a nivel mundial.

Gracias al avance tecnológico, se han incorporado aditivos especiales al diseño de mezclas, tales como los superfluidificantes (también conocidos como reductores de agua de alto rango), que permiten mejorar la trabajabilidad, aumentar la compacidad y facilitar la colocación del concreto sin comprometer su resistencia ni su durabilidad (Gonzales et al., 2022).

2.2.3 Tereftalato de Polietileno (PET)

El tereftalato de polietileno (PET) es un polímero termoplástico lineal, perteneciente al grupo de los poliésteres, que se obtiene mediante la reacción de polimerización por condensación entre el ácido tereftálico (TPA) y el etilenglicol (EG). Debido a sus propiedades fisicoquímicas, como alta resistencia mecánica, transparencia, estabilidad térmica y facilidad de procesamiento, el PET se ha consolidado como uno de los plásticos más producidos y comercializados a nivel mundial.

En función de sus propiedades, el PET se utiliza principalmente en la fabricación de fibras textiles, películas plásticas, y en procesos de moldeo por inyección y soplado para la producción de envases, especialmente botellas y frascos. Desde que Nathaniel Wyeth patentó la primera botella de PET en 1973, este material ha ganado una

amplia aceptación en el mercado global como una alternativa versátil, liviana y resistente para el envasado de bebidas (Soong et al., 2022).

En 2021 los envases de PET representaron el 44.7 % de los envases de bebidas de una porción en Estados Unidos, y aproximadamente el 12 % de los residuos sólidos globales. La gestión de residuos plásticos, y en particular de envases de PET, se ha convertido en un tema relevante debido a los desafíos asociados con su disposición final. No obstante, el PET se considera una opción sostenible por su capacidad de reciclaje, sus propiedades de barrera y su menor huella de carbono en comparación con otros materiales como el vidrio. Gracias a los avances en tecnologías de reciclaje, el uso de PET posconsumo ha sido aprobado por la Food and Drug Administration (FDA) para aplicaciones en contacto con alimentos y bebidas desde hace más de 30 años (Benyathiar et al., 2022).

Según, (Maldonado, 2023) el PET presenta las siguientes características:

- a) Transparencia:** Esta propiedad permite el uso del PET en envases de alimentos y bebidas, como botellas de agua, ya que posibilita la visualización del contenido por parte del consumidor.
- b) Resistencia mecánica:** El PET es capaz de soportar el manejo y el transporte sin deformarse ni romperse con facilidad, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren alta resistencia al impacto.
- c) Resistencia térmica:** El material puede resistir temperaturas moderadas sin experimentar deformaciones significativas, lo cual es

crucial en aplicaciones donde el PET interactúa con alimentos calientes o se somete a procesos térmicos.

d) Resistencia química: Esta propiedad permite su uso en productos de limpieza y otras sustancias químicas, ya que el PET no se degrada fácilmente al entrar en contacto con ciertos compuestos.

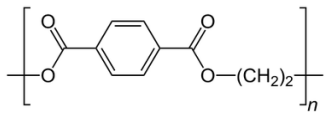
e) Estabilidad dimensional: El PET mantiene su forma y dimensiones bajo diferentes condiciones ambientales, lo cual es esencial en aplicaciones que requieren precisión, como en componentes industriales.

f) Barrera a la humedad: Esta característica protege el contenido envasado de la penetración de humedad, lo que es fundamental para productos sensibles a la misma.

g) Reciclabilidad: El PET puede ser recolectado, procesado y reutilizado en la fabricación de nuevos productos, contribuyendo a reducir la acumulación de residuos plásticos.

Asimismo, según (Dhaka y otros, 2022) el PET presenta la siguiente composición química:

Tabla 1*Propiedades químicas del PET*

Propiedades químicas del PET	
Nombre	Tereftalato de polietileno (C ₁₀ H ₈ O ₄) _n
Formula molecular	
Densidad	1,38 g/cm ³
Punto de fusión	255–265 °C
Coefficiente de dilatación lineal (α)	7x10 ⁻⁵ / K
Módulo de Young (E)	2800-3100 MPa
Calor específico	1,0 kJ/(kg·K)
Prueba de fractura y ruptura	14.89 N/m ²
Conductividad térmica	0,24 W/(m·K)

Nota. La tabla 1 presenta las propiedades químicas del Tereftalato de Polietileno (PET), tomadas de Dhaka et al., (2022). Environmental Chemistry Letters. Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Concreto con adición de PET

El concreto reforzado con PET consiste en incorporar fibras o partículas recicladas de tereftalato de polietileno (plástico habitual en botellas y envases), con el fin de optimizar determinadas propiedades del material, entre ellas la resistencia a compresión (Hasan-Ghasemi & Nematzadeh, 2021).

Según Qahar & Ha (2022), las fibras de PET presentan las siguientes características relevantes para su incorporación al concreto:

a) Humectabilidad (tensión superficial): Esta propiedad mide la capacidad de un líquido para mojar la superficie de una fibra, lo cual es clave para asegurar una buena adherencia entre el refuerzo y la matriz cementicia. En el caso del PET, se registró una tensión superficial de aproximadamente 40 mN/m, valor que indica una compatibilidad adecuada con la pasta de cemento, permitiendo un anclaje eficiente sin comprometer la trabajabilidad durante la mezcla. Por esta razón, el PET se considera apto como refuerzo en concretos estructurales.

b) Resistencia a álcalis: Dado que el ambiente interno del concreto es altamente alcalino, se evaluó la durabilidad del PET mediante su inmersión durante 120 horas en una solución de hidróxido de sodio a 60 °C. Finalizado el ensayo, la resistencia a tracción del PET mostró una disminución de apenas el 1 %, lo que evidencia una degradación mínima. En comparación, otros polímeros como el polipropileno (PP) y el alcohol polivinílico (PVA) registraron pérdidas mayores, lo que confirma que el PET presenta una resistencia química superior.

c) Mezclabilidad de la fibra PET: La dispersión homogénea de las fibras en la mezcla es fundamental para evitar aglomeraciones y garantizar un refuerzo uniforme. Para comprobarlo, se realizaron dos ensayos:

c.1) Mezcla Manual: Se adicionó un 0.76 % de fibra PET al concreto fresco, mezclando manualmente con pala durante 16 minutos. El agua fue incorporada de forma gradual, seguida de la fibra en tres a cuatro cargas. No se observaron bolas ni segregación, y la mezcla mantuvo una fluidez adecuada durante la compactación, sin levantamiento de fibras.

c.2) Mezcla en maquina: En una mezcladora de volteo se homogenizaron los materiales (cemento, agregados y agua), tras lo cual se añadió la fibra PET y se mezcló durante 45 segundos adicionales. El concreto resultante fue vaciado en moldes para ensayos sin presentar grumos ni pérdida de trabajabilidad, cumpliendo con las condiciones técnicas requeridas.

2.2.5 Resistencia a compresión

La resistencia a la compresión es la principal propiedad mecánica del concreto, y se define como su capacidad para soportar cargas aplicadas axialmente por unidad de área. Este parámetro se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en megapascuales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²), y es utilizado como criterio estándar para clasificar la calidad del concreto.

Cabe destacar que esta propiedad no puede evaluarse en estado fresco, sino que requiere la elaboración de especímenes normalizados durante la etapa de mezclado. Estos especímenes son curados en condiciones controladas antes de someterse a ensayos destructivos, comúnmente realizados en prensas hidráulicas. La

norma ASTM C39 (o su equivalente NTP 339.034 en el Perú) regula el procedimiento de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión en cilindros de concreto (Jefferson y otros, 2022).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 Concreto

El concreto es un material compuesto de origen artificial, obtenido al mezclar agregados gruesos y finos con un aglomerante hidráulico (Li et al., 2022).

2.3.2 Resistencia a compresión

Es una propiedad mecánica fundamental del concreto que permite evaluar su capacidad para soportar cargas axiales (ASTMC39, 2018).

2.2.4 Fibras de Tereftalato de Polietileno (PET)

Filamento elaborado con tereftalato de polietileno, generalmente a partir de material reciclado, que se utiliza como refuerzo en concretos y otros materiales para mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad (Energycycle, 2025).

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

La investigación se desarrolló íntegramente en la ciudad de Cajamarca, Perú. Los agregados pétreos utilizados se obtuvieron de la cantera Bazán Contratistas Generales S.R.L., ubicada en la Av. Miguel Carducci N.º 696, barrio Samanacruz. Las botellas de plástico PET fueron recolectadas en los puntos de acopio del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, y posteriormente transformadas en fibras mediante el uso de dos prototipos de corte diseñados y fabricados por la investigadora.

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron en el laboratorio de Hnos. Urteaga Contratistas S.R.L. (URTECO), ubicado en el Jr. La Mar N.º 224. La obtención de los materiales y la ejecución de las pruebas dentro de la misma ciudad permiten garantizar que los resultados obtenidos sean representativos de las condiciones constructivas locales de Cajamarca.

Figura 1

Ubicación de la cantera Bazán Contratistas Generales S.R.L



Nota. La figura 1 muestra la ubicación de la cantera, situada a 15 minutos de la ciudad de Cajamarca, junto al río Mashcón. Fuente: Extraído de Google Earth Pro (2024).

Tabla 2

Coordenadas UTM de la cantera Bazán Contratistas Generales S.R.L

COORDENADAS UTM	
Norte	9210567.32 m
Este	773440.31 m
Elevación	2735.00 m.s.n.m.

Nota. La tabla 3 muestra las coordenadas del punto geográfico donde se obtuvo el material utilizado en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2

Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca



Nota. La figura 2 muestra el lugar donde se llevó a cabo la recolección de botellas PET empleadas como materia prima en la investigación. Fuente: Extraído de Google Earth Pro (2024).

Tabla 3

Coordenadas UTM de la Universidad Nacional de Cajamarca

COORDENADAS UTM	
Norte	9207313.81 m
Este	776323.07 m
Elevación	2684.00 m.s.n.m.

Nota. Las coordenadas corresponden al punto geográfico donde se realizó la recolección de botellas PET utilizadas en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3

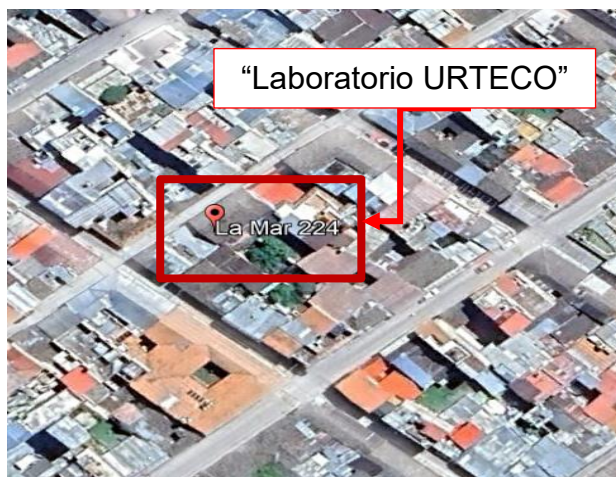
Punto de reciclaje de botellas de plástico PET en el campus universitario



Nota. La figura 3 muestra punto del campus universitario se recolectaron las botellas PET empleadas en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

Ubicación del laboratorio URTECO



Nota. La figura 4 muestra el laboratorio donde se efectuaron los ensayos de las muestras de concreto correspondientes al estudio. Fuente: Extraído de Google Earth Pro (2024).

Tabla 4

Coordenadas UTM de laboratorio “URTECO”

COORDENADAS UTM	
Norte	9207956.30 m
Este	773712.90 m
Elevación	2761.00 m.s.n.m.

Nota. La tabla 4 muestra coordenadas del emplazamiento donde se efectuaron los ensayos de laboratorio del estudio. Fuente: Elaboración propia.

3.2 TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló entre los meses de agosto de 2024 y enero de 2025.

Tabla 5

Periodo de ejecución de la investigación

Fase de la investigación	Periodo
Elaboración del proyecto de tesis	Agosto – septiembre 2024
Muestreo y caracterización de materiales	Octubre 2024
Diseño de mezcla y preparación de fibras PET	Octubre 2024
Elaboración y curado de probetas	Octubre – noviembre 2024
Ensayos de resistencia a la compresión	Noviembre – diciembre 2024
Análisis de resultados	Diciembre 2024
Elaboración del informe final	Diciembre 2024 – enero 2025

Nota: La tabla presenta los periodos en los que se desarrollaron las principales actividades de la investigación, comprendidas entre agosto de 2024 y enero de 2025. Fuente: Elaboración propia.

3.3 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca dar una solución práctica a un problema real vinculado al aprovechamiento de residuos plásticos en la industria de la construcción. Su finalidad no se limita a generar conocimiento teórico, sino a comprobar los efectos concretos de la adición de fibra PET reciclada en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con el propósito de mejorar su desempeño y promover prácticas sostenibles en el ámbito constructivo de la ciudad de Cajamarca.

3.3.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental, porque se manipularon deliberadamente las variables independientes, en este caso, los porcentajes de adición de fibra PET (1 %, 2 % y 5 %), para observar su efecto sobre la variable dependiente, que es la resistencia a la compresión del concreto. Este diseño permitió comparar los resultados con un concreto patrón (sin PET) y determinar cuantitativamente la influencia de cada dosificación bajo condiciones controladas de laboratorio, garantizando la validez del experimento.

3.3.3 Enfoque

El estudio presenta un enfoque cuantitativo, ya que se sustenta en la recolección y análisis numérico de datos obtenidos a partir de los ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7, 14 y 28 días. Los resultados fueron expresados en valores medibles (kg/cm^2) y tratados estadísticamente para identificar tendencias, variaciones y relaciones entre las proporciones de PET y la resistencia del concreto. Este enfoque permitió obtener evidencias objetivas que respaldan las conclusiones de la investigación.

3.3.4 Temporalidad

La investigación es de temporalidad transversal, debido a que la recolección de datos y las mediciones se realizaron en un único periodo de ejecución experimental, comprendido entre agosto de 2024 y enero de 2025. Durante dicho periodo, el estudio se desarrolló una sola vez, sin repetirse en diferentes etapas o ciclos temporales. En consecuencia, los resultados obtenidos reflejan el comportamiento del concreto bajo condiciones experimentales específicas, establecidas en el presente estudio.

Tabla 6

Tipo y Nivel de la investigación

CRITERIO	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Tipo	APLICADA
Diseño	EXPERIMENTAL
Enfoque	CUANTITATIVO
Temporalidad	TRANSVERSAL

Nota. La tabla 6 presenta la clasificación de la investigación según tipo, diseño, enfoque y temporalidad. Fuente: Elaboración propia.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 Población

La población de la investigación estuvo conformada por todas las probetas de concreto elaboradas con y sin adición de fibra PET, diseñadas para alcanzar una resistencia nominal de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Esta población incluyó tanto la mezcla patrón como aquellas que incorporaron diferentes porcentajes de fibra PET reciclada (1 %, 1.5 % y 2 % respecto al peso del cemento), considerando los especímenes producidos y ensayados a las edades de 7, 14 y 28 días de curado.

3.4.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por un total de 60 probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron elaboradas de manera intencional, considerando el número mínimo de especímenes recomendado para ensayos de resistencia a la compresión y la necesidad de asegurar la comparabilidad de resultados entre las distintas mezclas y edades de ensayo.

Para cada tipo de mezcla se fabricaron 15 probetas, las cuales se distribuyeron equitativamente para las edades de 7, 14 y 28 días, asignándose cinco probetas por edad, conforme al diseño experimental establecido. Las mezclas evaluadas correspondieron a una mezcla patrón y a tres dosificaciones con adición de fibra PET (1 %, 1.5 % y 2 %), tal como se presenta en la Tabla 7.

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

Tabla 7

Número de probetas por tipo de mezcla y edad

TIPO DE PROBETA	EDADES			TOTAL
	7 días	14 días	28 días	
Probeta patrón	5	5	5	15
Probeta con Adición de 1% de PET	5	5	5	15
Probeta con Adición de 1.5% de PET	5	5	5	15
Probeta con Adición de 2% de PET	5	5	5	15
TOTAL DE MUESTRAS				60

Nota. La tabla 7 presenta la distribución de las probetas elaboradas y ensayadas según edad y tipo de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

3.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

La influencia de la adición de fibra PET reciclado en un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ se analizó a través de probetas cilíndricas de concreto, sobre las cuales se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, permitiendo evaluar el comportamiento del concreto con incorporación de fibra PET en la ciudad de Cajamarca.

3.6 PROTOCOLOS DE ENSAYO

Con la finalidad de garantizar la confiabilidad, validez y reproducibilidad de los resultados obtenidos, los ensayos realizados en la presente investigación se ejecutaron de acuerdo con las normas técnicas vigentes, tanto para la caracterización de los materiales como para la elaboración, curado y ensayo del concreto. En la Tabla 8 se presentan las normas empleadas como protocolos de ensayo durante el desarrollo experimental del estudio.

Tabla 8*Normas de ensayos*

ENSAYO	NORMATIVA
Contenido de humedad de los agregados finos y gruesos	MTC E108-ASTMD2216-NTP 339.127
Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos	MTC E204-ASTM C136-NTP 400.012
Peso específico y absorción de agregados finos	MTC E205-ASTM C 128-NTP 400.022
Peso específico y absorción de agregados gruesos	MTC E206-ASTM C 127-NTP 400.021
Peso unitario de los agregados	MTC E 203-ASTM C29-NTP 400.017
Elaboración de Concreto Método ACI 211	ASTM C172
Elaboración de muestras de concreto	ASTM C192 - NTP 3339.183
Curado de probetas	ASTM C192 - NTP 3339.183
Peso unitario del concreto	NTP 339.046
Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas	MTC E704-ASTM C39-NTP 339.034

Nota: La tabla 8 presenta las normas que establecen los protocolos de ensayo empleados en la caracterización de materiales y en los ensayos del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 PROCEDIMIENTO

3.7.1 Determinación del contenido de humedad del agregado

fino y grueso

Normativa: MTC MTC E108 / ASTM D2216 / NTP 339.127

Equipos: balanza, horno (110 ± 5 °C), taras metálicas.

Procedimiento:

1. Se pesó la tara (W_t).
2. Se colocó una muestra de agregado (~500 g) y se registró el peso húmedo ($W_{mh} + t$).
3. Se secó la muestra en horno a 110 ± 5 °C durante 24 h.
4. Se registró el peso seco (W_s).

Cálculo

$$W\% = \left(\frac{W_{mh} - W_s}{W_s} \right) * 100$$

Donde: **W%**= Contenido de humedad del agregado, **W_{mh}**=Peso del material húmedo (sin tara), **W_s**= Peso del material seco (sin tara).

3.7.2 Análisis granulométrico del agregado fino y grueso

Normativa: MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012

Equipos: Juego de tamices normalizados (NTP 350.001), balanza, bandejas.

a) Agregado Fino

Procedimiento

1. Se pesó la muestra de agregado fino (masa inicial).
2. Se tamizó a través de la serie estándar (N° 4, 8, 10, 16, 30, 50, 100, 200 y bandeja).
3. Se registró la masa retenida en cada tamiz.
4. Se determinó: % retenido parcial, % retenido acumulado y % que pasa.
5. Se elaboró la curva granulométrica (% que pasa vs abertura de tamiz).

b) Agregado Grueso

Procedimiento

1. Se pesó la muestra de agregado grueso (masa inicial).
2. Se tamizó a través de la serie estándar ($2\frac{1}{2}$ ", 2", $1\frac{1}{2}$ ", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4 y bandeja).
3. Se registró la masa retenida en cada tamiz.
4. Se determinó: % retenido parcial, % retenido acumulado y % que pasa.
5. Se elaboró la curva granulométrica.

Determinaciones complementarias

Se elaboró la curva granulométrica.

Se calculó el módulo de finura (MF) mediante:

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

3.7.3 Peso específico y absorción de agregados finos

Normativa: MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022

Equipos: balanza, horno (110 ± 5 °C), picnómetro/frasco volumétrico ($\sim 500 \text{ cm}^3$), molde cónico y barra compactadora.

Procedimiento:

1. Se preparó la muestra limpia y se llevó a condición SSS (saturada superficialmente seca) usando el molde cónico como verificación.
2. Se registró la masa S: agregado fino en condición SSS.
3. Se colocó el agregado en el picnómetro, se completó con agua y se eliminó el aire atrapado; se registró la masa C (picnómetro + muestra + agua).
4. Se retiró la muestra, se secó en horno a 110 ± 5 °C hasta masa constante y se registró la masa A (seca al horno).
5. Se registró la masa B: picnómetro lleno solo con agua.

Cálculos

Peso específico aparente (seco)

$$P. e. a(seco) = \frac{A}{B + D - C}$$

Peso específico aparente (SSS):

$$P. e. a(SSS) = \frac{S}{B + D - C}$$

Peso específico nominal (seco):

$$P. e. n(seco) = \frac{A}{B + A - C}$$

Absorción (%):

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

3.7.4 Peso específico y absorción del agregado grueso

Normativa: MTC E206 / ASTM C127 / NTP 400.021

Materiales y Equipo: balanza, horno (110 ± 5 °C), canastilla, depósito de agua, tamiz N°4.

Procedimiento:

1. Se lavó la muestra para remover impurezas y se secó a 110 ± 5 °C.
2. Se sumergió en agua por 24 ± 4 h.
3. Se llevó a condición SSS (superficie seca) y se registró la masa B (SSS en aire).
4. Se determinó la masa sumergida en agua usando canastilla y se registró la masa C.
5. Se secó nuevamente a masa constante y se registró la masa A (seca al horno).

Cálculos

Peso específico aparente (seco):

$$P. e. a. (seco) = \frac{A}{B - C}$$

Peso específico aparente (SSS):

$$P. e. a. (SSS) = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico nominal (seco):

$$P. e. n. (seco) = \frac{A}{A - C}$$

Absorción (%):

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

3.7.5 Peso unitario de los agregados (finos y gruesos)

Normativa: MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017

Equipos: recipiente metálico de volumen conocido, varilla de apisonado, balanza, pala/cucharón.

a) Peso unitario compactado

Procedimiento:

1. Se llenó el recipiente en tres capas de volumen similar.
2. Cada capa se apisonó 25 veces con varilla (patrón uniforme).
3. Se niveló la superficie y se registró la masa total (recipiente + agregado).

b) Peso unitario suelto

Procedimiento:

1. Se vertió el material hasta desbordar evitando segregación.
2. Se niveló sin compactar y se registró la masa total (recipiente + agregado).

Calculo general

$$PU = \frac{M_{agregado}}{V_{recipiente}}$$

3.7.6 Diseño de mezcla del concreto (método ACI 211)

Normativa: método ACI 211 (diseño para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$).

Criterio: El diseño de mezcla se determinó considerando resistencia objetivo, asentamiento requerido, relación a/c, contenido de agua, volumen de agregado grueso y correcciones por humedad y absorción

3.6.7 Elaboración de mezclas y moldeo de probetas

Normativa: ASTM C192 / NTP 339.183.

Procedimiento:

1. ASTM C192 / NTP 339.183.
2. Se mezclaron los componentes en mezcladora, siguiendo una secuencia controlada (agregado grueso, parte del agua, agregado fino, cemento y agua restante).
3. Se moldearon probetas cilíndricas en moldes estándar, compactando por capas (varillado y/o vibrado según corresponda).
4. Se identificaron las probetas por tipo de mezcla y edad de ensayo.

3.6.8 Consistencia del concreto fresco (Asentamiento – Slump)

Normativa: ASTM C143 / NTP 339.033.

Procedimiento:

1. Se llenó el cono de Abrams en tres capas.
2. Se varilló 25 veces por capa.
3. Se retiró el cono verticalmente y se midió el asentamiento (cm o pulgadas).

3.6.9 Curado de probetas

Normativa: ASTM C192 / NTP 339.183.

Procedimiento:

1. Luego de 24 h, se desmoldaron las probetas.
2. Se realizó curado húmedo por inmersión en agua, asegurando cobertura total durante el periodo de curado.
3. Se conservaron las probetas hasta las edades de ensayo: 7, 14 y 28 días.

3.6.10 Peso unitario del concreto fresco

Normativa: NTP 339.046.

Procedimiento:

1. Se llenó el recipiente de medición en tres capas.
2. Se aplicaron 25 golpes por capa con barra compactadora.
3. Se golpearon los costados del recipiente 10–15 veces con martillo de goma.
4. Se determinó el peso unitario según la norma (masa/volumen).

3.7.11 Ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas

Normativa: MTC E704 / ASTM C39 / NTP 339.034.

Procedimiento:

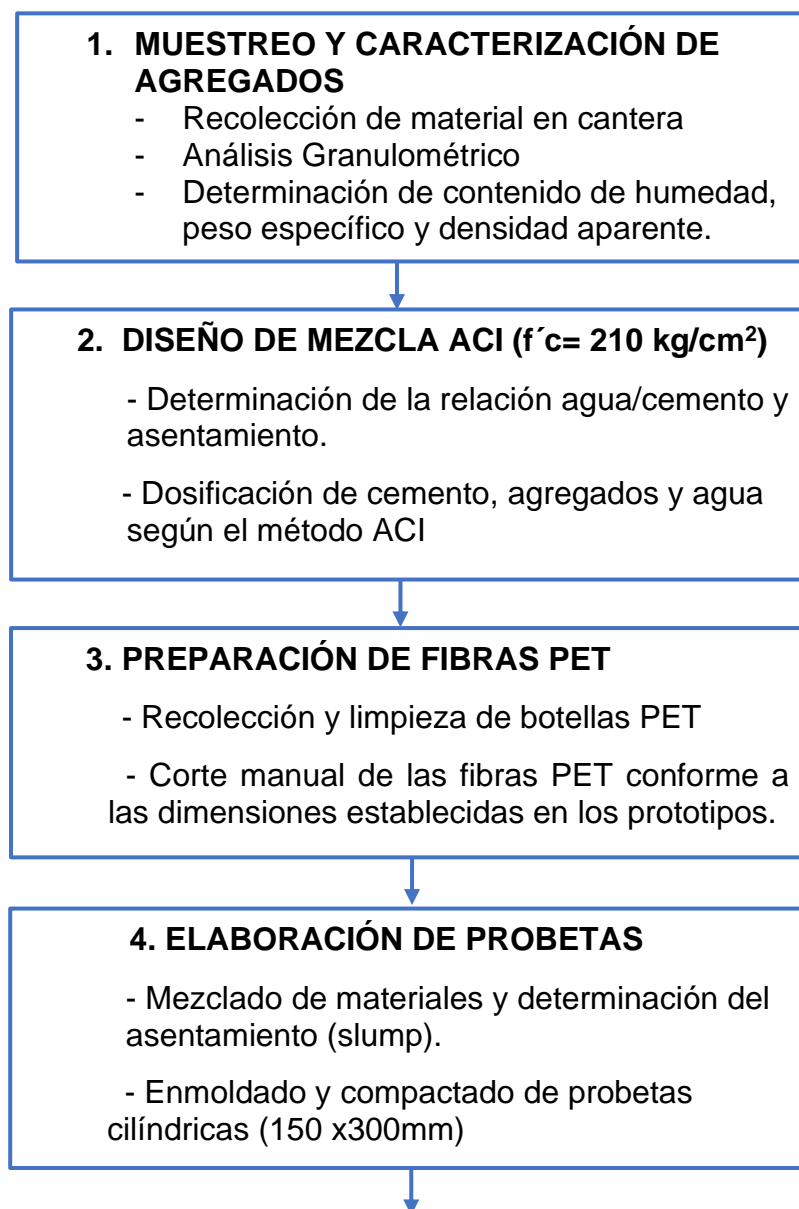
1. Las probetas se ensayaron a los 7, 14 y 28 días.
2. Se retiraron del curado, se limpiaron las caras de contacto y se verificó la alineación.
3. Se colocaron los elementos de apoyo (p. ej., neopreno/cabezales según el equipo del laboratorio) y se centró la probeta.
4. Se aplicó carga de manera continua y constante hasta la falla, registrando la carga máxima.
5. Se calculó la resistencia a compresión para cada probeta y se procesaron los resultados por mezcla y edad.

3.8 DIAGRAMA RESUMEN PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS EN LA INVESTIGACIÓN

A continuación, en la Figura 5, se presenta un diagrama de flujo que sintetiza las siete etapas principales de la técnica experimental.

Figura 5

Diagrama de procedimientos para la obtención de datos.



5. CURADO DE PROBETAS

- Curado de probetas en agua durante 7,14 y 28 días bajo condiciones controladas de laboratorio.



6. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- Ensayo de resistencia a la compresión según ASTM C39 / NTP 339.034
- Registro de carga máxima aplicada a cada probeta.



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Cálculo de la resistencia promedio para cada porcentaje de fibra PET.
- Comparación con la mezcla patrón y análisis del comportamiento.
- Elaboración del informe final.

Nota. La figura 5 muestra el diagrama resumen del procedimiento seguido para la obtención de datos. Fuente: Elaboración propia.

3.9 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.9.1 Técnicas

Al tratarse de una investigación de tipo experimental, se empleó la técnica de la observación directa durante las distintas etapas del proceso, que incluyeron la caracterización de los materiales utilizados (cemento, agregados y fibras de PET), la elaboración de las mezclas de concreto y la ejecución de los ensayos de laboratorio. Esta técnica permitió verificar de manera visual la homogeneidad del concreto, el cumplimiento de las dimensiones establecidas para las probetas cilíndricas y el comportamiento físico del material a lo largo de cada fase del proceso experimental.

3.9.2 Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo mediante el uso de formatos de registro y protocolos de ensayo, en los cuales se consignaron los resultados obtenidos durante los ensayos de laboratorio. En dichos formatos se registraron los valores de resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas a las edades de 7, 14 y 28 días de curado, así como la información correspondiente a las proporciones de mezcla y las condiciones de curado empleadas. Posteriormente, los datos obtenidos fueron organizados y sistematizados para su análisis y presentación de resultados.

3.10 TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En esta sección se detalla el procedimiento seguido para el procesamiento de los datos experimentales obtenidos en laboratorio, así como los métodos estadísticos empleados para el análisis de los resultados y su organización y presentación; el análisis estadístico se realizó con el propósito de interpretar los valores de resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de adición de fibra PET, considerando las dosificaciones de 0 %, 1.5 %, 2 % y 5 % y las edades de curado de 7, 14 y 28 días. Para cada combinación de dosificación y edad de curado se calcularon los valores promedio y la desviación estándar, lo que permitió evaluar la tendencia y la variabilidad de los resultados; los datos obtenidos fueron organizados en tablas y gráficos elaborados en Microsoft Excel, facilitando la comparación de la resistencia promedio y la dispersión de los valores entre los distintos grupos de probetas, con y sin adición de fibras PET.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

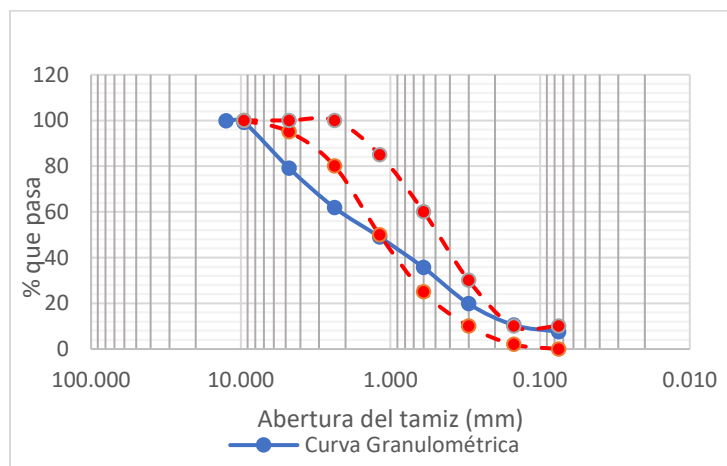
En el presente capítulo se exponen y analizan los resultados obtenidos a partir de los ensayos experimentales realizados, los resultados se presentan de manera ordenada y sistemática, iniciando con la caracterización de los agregados empleados y continuando con el análisis de la resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosificaciones de fibra PET, con la finalidad de facilitar su interpretación y discusión conforme a los objetivos planteados.

4.1 Propiedades de los agregados

En esta sección se presentan y analizan los resultados correspondientes a las propiedades de los agregados utilizados en la presente investigación, los cuales constituyen un componente fundamental en el comportamiento mecánico del concreto. La caracterización de los agregados se realizó con el propósito de verificar su cumplimiento con las especificaciones técnicas establecidas en la normativa vigente y asegurar su idoneidad para la elaboración del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 6

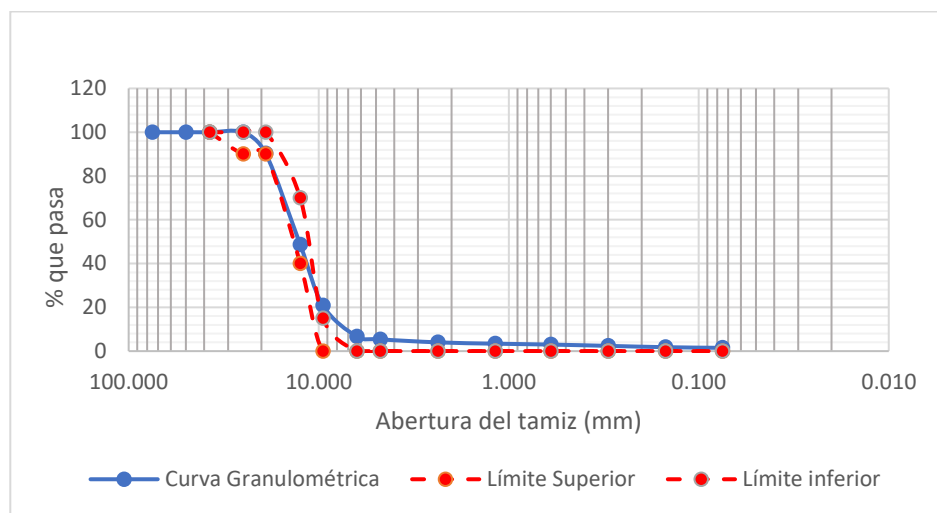
Curva granulométrica del agregado fino



Nota: La Figura 6 muestra la curva granulométrica del agregado fino obtenida a partir del ensayo de análisis granulométrico, en la cual se representa el porcentaje que pasa en función de la abertura de los tamices. Asimismo, se incluyen los límites superior e inferior establecidos por la NTP 400.012 (2018), permitiendo evaluar la distribución de tamaños de partículas y verificar su conformidad con los rangos normativos. La curva obtenida evidencia que el agregado fino empleado presenta una granulometría adecuada para su uso en la elaboración de concreto, contribuyendo a una correcta trabajabilidad y compactación de la mezcla.

Figura 7

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: La figura 9 muestra la curva granulométrica del agregado grueso obtenida a partir del ensayo de análisis granulométrico, junto con los límites establecidos por la NTP 400.012 (2018). Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la figura se observa que la curva granulométrica del agregado grueso presenta desviaciones respecto a los rangos normativos en determinados tamices, lo que indica que el material no cumple estrictamente con las especificaciones granulométricas establecidas por la normativa vigente. Sin embargo, esta condición no afecta el desarrollo ni el objetivo central de la investigación, dado que el estudio se orienta a evaluar la influencia de la adición de fibras de PET en la resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, manteniendo constantes las demás variables del diseño experimental. En ese sentido, el uso del agregado grueso con la granulometría

obtenida permite analizar de manera consistente el efecto de la incorporación de fibras de PET, sin que la no conformidad granulométrica distorsione la comparación entre las diferentes dosificaciones evaluadas.

Respecto a las propiedades físicas del agregado fino y grueso se tiene la siguiente tabla resumen.

Tabla 9

Resumen de propiedades físicas del agregado fino y agregado grueso

Propiedad	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso
Gravedad específica seca (OD)	—	2.405	2.459
Gravedad específica saturada superficie seca (SSS)	—	2.521	2.533
Gravedad específica aparente	—	2.721	2.654
Absorción	%	4.8	3
Peso unitario suelto	g/cm ³	0.87	0.92
Peso unitario suelto	kg/m ³	870	920
Peso unitario compactado	g/cm ³	1	1.03
Peso unitario compactado	kg/m ³	1000	1030

Nota: Los valores corresponden a los promedios obtenidos a partir de los ensayos de gravedad específica, absorción y peso unitario realizados sobre los agregados fino y grueso utilizados en la investigación, estos se muestran en el Anexo E. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 presenta un resumen de las principales propiedades físicas del agregado fino y del agregado grueso empleados en la investigación, los resultados incluyen la gravedad específica en condición seca, saturada superficie seca y aparente, así como la absorción y los pesos unitarios suelto y compactado, estos valores permiten caracterizar adecuadamente los materiales utilizados y sirven como referencia para el análisis del

comportamiento del concreto con adición de fibras de PET, manteniendo consistencia en el diseño experimental.

4.2 Ensayo de resistencia a la compresión

Tabla 10

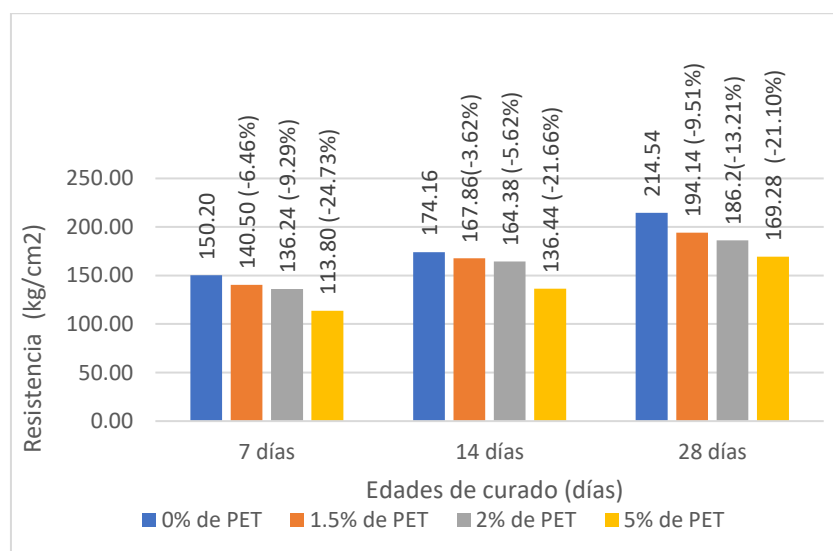
Resistencia a la compresión promedio del concreto con adición de fibra PET a los 7, 14 y 28 días

Resultados				
% PET	7 días	14 días	28 días	Unidad
0% de PET	150.20	174.16	214.54	Kg/cm ²
1.5% de PET	140.50	167.86	194.14	Kg/cm ²
2% de PET	136.24	164.38	186.2	Kg/cm ²
5% de PET	113.80	136.44	169.28	Kg/cm ²

Nota: Los valores muestran el promedio de resistencia a la compresión de probetas con distintos porcentajes de fibra PET, ensayadas a las distintas edades de curado. Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

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



Nota: La figura 8 resume la resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra PET evaluada a diferentes edades de curado. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 muestra el comportamiento comparativo de la resistencia a la compresión del concreto con distintos porcentajes de adición de fibra PET a las edades de 7, 14 y 28 días, evidenciándose una disminución progresiva de la resistencia conforme se incrementa el contenido de PET, tendencia que se mantiene en todas las edades de curado evaluadas. Este comportamiento es consistente con los valores presentados en la Tabla 9, donde la mezcla patrón registra las mayores resistencias en comparación con las mezclas con adición de fibra PET.

La disminución de la resistencia a la compresión se atribuye al uso de una geometría específica de fibra PET, la cual, en combinación con los porcentajes de adición evaluados, no resulta favorable para la resistencia del concreto. Al incrementarse el contenido de fibra PET, se observa una reducción de la capacidad resistente global del concreto, comportamiento que se mantiene en todas las edades de curado analizadas.

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.034 y la E.060 Concreto Armado, el concreto debe alcanzar su resistencia de diseño ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) a los 28 días para ser considerado estructuralmente apto. En este estudio, solo la mezcla patrón cumplió con dicho requisito, mientras que las mezclas con PET no alcanzaron el valor especificado. Por ello, las dosificaciones evaluadas no serían recomendables para elementos estructurales, aunque podrían emplearse en componentes no estructurales. Los ensayos realizados

conforme a las normas NTP 339.033 y NTP 339.034 garantizan la validez técnica de los resultados obtenidos.

Tabla 11

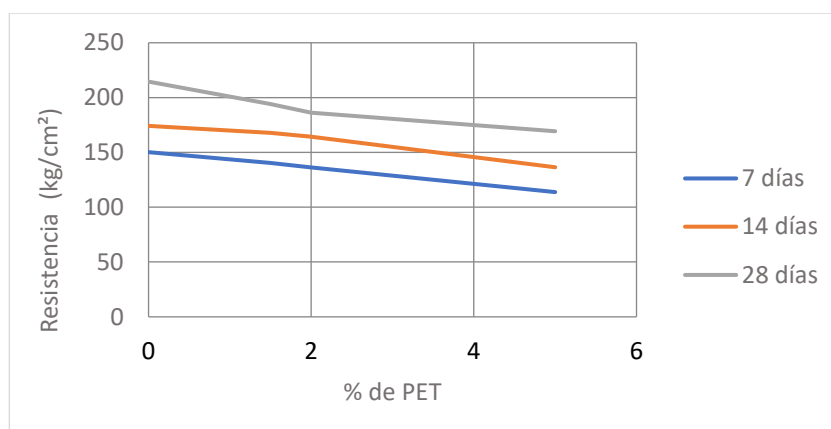
Ecuaciones del análisis de la curva de ajuste logarítmica

Edad del concreto	Ecuación logarítmica	R ²
7 días	$y = -10.38 \ln(x) + 148.82$	0.975
14 días	$y = -7.81 \ln(x) + 172.29$	0.982
28 días	$y = -8.16 \ln(x) + 209.36$	0.989

Nota: La tabla 10 presenta las ecuaciones del ajuste logarítmico de la resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra PET.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 9

Tendencia logarítmica de la resistencia a la compresión del concreto con adición de PET



Nota: La figura 10 muestra la correlación logarítmica entre el porcentaje de PET y la resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 11 y Figura 9 presentan las ecuaciones del análisis y la curva de ajuste logarítmica correspondientes a cada edad de curado, donde los valores de R² (≈ 0.98 – 0.99) evidencian una relación negativa y no lineal entre el contenido de PET y la resistencia a la compresión. En el presente estudio se emplearon fibras PET de 3 cm de largo, 0.5 cm de ancho y un espesor variable entre 0.22 y 0.87 mm, incorporadas en proporciones de 1.5%, 2% y 5% respecto al peso del

cemento. Los resultados muestran que la resistencia disminuyó progresivamente conforme aumentó el porcentaje de adición, indicando que incluso pequeñas variaciones en el contenido de PET pueden generar reducciones significativas en la capacidad resistente del concreto. Este comportamiento coincide con diversas investigaciones nacionales e internacionales que también evidencian una pérdida de resistencia al incrementar el contenido de plástico reciclado. Pinedo (2018), Peralta (2014) y Cholán (2017) reportaron disminuciones entre 10% y 40%, mientras que Farah et al. (2024) y Vukicea et al. (2021) señalaron que altos porcentajes de PET provocan discontinuidades, es decir, vacíos o zonas débiles dentro de la mezcla que reducen la adherencia entre los componentes del concreto. En conjunto, estos resultados confirman que el exceso de PET deteriora la resistencia mecánica del material.

Investigaciones como las de Sudip et al. (2020), Ccaccro Lapa (2022) y De La Cruz Vega (2024) reportaron incrementos de resistencia con bajas dosificaciones ($\leq 2\%$) de PET. En comparación, en este estudio aun con porcentajes relativamente bajos de 1.5% y 2%; se observó una reducción en la resistencia a la compresión, lo cual podría atribuirse a las dimensiones y forma de las fibras utilizadas, que, al ser planas y alargadas, no favorecieron una adecuada adherencia con la pasta cementicia. Esto sugiere que el efecto del PET sobre la resistencia depende no solo del porcentaje de adición, sino también de las características geométricas del material y su interacción dentro de la matriz del concreto.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Si bien el análisis granulométrico evidenció ciertas desviaciones respecto a la normativa vigente, estas no afectaron el desarrollo del programa experimental ni la confiabilidad de los resultados; al mantenerse constantes los agregados y las condiciones de mezcla, las variaciones de resistencia se atribuyen principalmente a la incorporación de fibras PET.

-La resistencia a la compresión del concreto disminuyó progresivamente al incrementar el contenido de fibra PET (1.5 %, 2 % y 5 %) en todas las edades de curado, evidenciando que, bajo las condiciones evaluadas, este material no mejora las propiedades mecánicas, debido a la geometría de la fibra utilizada (3 cm de longitud, 0.5 cm de ancho y espesor entre 0.22 y 0.87 mm), cuya interacción con la matriz cementicia no fue favorable.

- La hipótesis se refuta, ya que la incorporación de fibras PET al concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ no incrementó la resistencia a la compresión; a los 28 días, el concreto patrón alcanzó 214.54 kg/cm^2 , mientras que las mezclas con 1.5 %, 2 % y 5 % de PET registraron resistencias de 194.14, 186.20 y 169.28 kg/cm^2 , lo que representa disminuciones de 9.5 %, 13.2 % y 21.1 %, respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda profundizar en el estudio de distintos porcentajes de adición de fibra PET, especialmente en valores inferiores a los evaluados en la presente investigación, con el fin de identificar con mayor precisión el umbral a partir del cual la incorporación de este material comienza a influir en la resistencia a la compresión del concreto. Asimismo, resulta pertinente evaluar porcentajes superiores de adición, a fin de determinar el límite máximo de incorporación admisible, considerando el comportamiento mecánico del concreto bajo dichas condiciones.

- Se sugiere analizar el efecto de las dimensiones y la geometría de las fibras de PET sobre las propiedades mecánicas del concreto, evaluando fibras con longitudes, anchos y espesores distintos a los utilizados en la presente investigación, a fin de determinar su influencia en el comportamiento del material y establecer configuraciones geométricas más favorables.

- Se recomienda ampliar el alcance del estudio hacia la evaluación de otras propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a tracción indirecta, la resistencia a flexión y el módulo de elasticidad, con el propósito de comprender de manera integral la influencia de la adición de fibras de PET en el comportamiento estructural del concreto.

- Se considera pertinente analizar previamente las propiedades físicas y químicas del PET reciclado antes de su incorporación al concreto, evaluando aspectos como su densidad, textura superficial,

composición y la posible interacción con los componentes de la mezcla, a fin de comprender su influencia en el comportamiento del material.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI. (2016). Aggregates for Concrete. *ACI Education Bulletin*.

<http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1185714.pdf>

ACI211. (s.f.). *Diseño de mezclas*.

Ahdal, A. Q., Amrani, M. A., Ghaleb, A. A., Abadel, A. A., Alghamdi, H., Alamri, M., Wasim, M., & Shameeri, M. (2022).

Mechanical performance and feasibility analysis of green concrete prepared with local natural zeolite and waste PET plastic fibers as cement replacements. *Case Studies in Construction Materials*, 17(e01256).

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01256>

Al-hadithi, A. I., & Abbas, M. A. (2018). The Effects of adding Waste Plastic Fibers on the Mechanical Properties and Shear Strenght of Reinforced Concrete Beams. *Iraqi Journal of Civil Engineering*, 12(1), 110-124.

<https://www.iasj.net/iasj/download/8b3a04e3f86742dc>

Al-Hadithi, A. I., Abdulrahman, M. B., & Al-Rawi, M. I. (2020).

Flexural behaviour of reinforced concrete beams containing waste plastic fibers. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*(012173), 1-12.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1757-899x/737/1/012173>

- Almeshal, I., Tayeh, B. A., Alyousef, R., Alabduljabbar, H., Mustafa Mohamed, A., & Alaskar, A. . (2020). Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: A review. *Construction and Building Materials*, 253(119146).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119146>
- Askar, M. K., Al-Kamaki, Y. S., & Hassan, A. (2023). Utilizing polyethylene terephthalate PET in concrete: A review. *Polymers*, 15(3320).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym15153320>
- Askar, M. K., Selman, M. H., & Mohammed, S. I. (2020). Mechanical properties of concrete reinforced with alternative fibers. *Journal of Unibersity of Duhok*, 23(1), 149-158.
https://www.researchgate.net/profile/Mand-Askar/publication/349611655_Mechanical_Properties_of_Concrete_Reinforced_with_Alternative_Fibers/links/6076914aa5c0b34b72ad26bf/Mechanical-Properties-of-Concrete-Reinforced-with-Alternative-Fibers.pdf
- Assaad, J. J., Khalil, M., & Khatib, J. (2022). Alternatives to enhance the structural performance of PET-modified reinforced concrete beams. *Environments*, 9(37).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/environments9030037>
- ASTMC125. (2021).

- ASTMC125. (2021). *Terminología referente al concreto y agregados para concreto.*
- ASTMC33. (2018). *Especificación estándar para agregados para concreto.*
- ASTMC39. (2018).
- Awoyera, P., & Adesina, A. (2020). Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. *Case Studies in Construction Materials*, 12(e00330).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00330>
- Awoyera, P., & Adesina, A. (2020). Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. *Case Studies in Construction Materials*(e00330).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00330>
- Baldenebro-Lopez, F., Castorena-Gonzalez, J., Velazquez-Dimas, J., Ledezma-Sillas, J., Gómez-Esparza, C., Martinez-Sanchez, R., & Herrera-Ramirez, J. (2014). Influence of continuous plastic fibers reinforcement arrangement in concrete strengthened. *OSR Journal of Engineering*, 4, 15-23 . <https://doi.org/https://doi.org/10.9790/3021-04411523>
- Ccaccro Lapa, J. C. (2022). *Análisis de influencia de las fibras PET de botellas recicladas sobre las principales propiedades de conrcero en Lima, 2022.* Universidad San Ignacio de Loyola.

- Dawood, A. O., al-Khazraji, H., & S., F. R. (2021). Physical and mechanical properties of concrete containing PET wastes as a partial replacement for fine aggregates. *Case Studies in Construction Materials*, 14(e00482.).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00482>
- Dhaka, V., Singh, ., Anil, A., Naik, T., Shashank, G., Samuel, J., Kumar, M., Ramamurthy, P., & Singh, J. (2022). Presencia, toxicidad y remediación de plásticos de tereftalato de polietileno. Una revisión. *Environmental Chemistry Letters. Environ Chem Lett*, 20, 1777-1800.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10311-021-01384-8>
- Hossain, H., Bhowmik, P., & Shaad, K. (2016). Use of waste plastic aggregation in concrete as a constituent material . *Progressive Agriculture*, 3, 383-391.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3329/pa.v27i3.30835>
- Idumah, C. I. (2019). Novel trends in plastic waste management. *SN Applied Sciences*, 1402.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42452-019-1468-2>
- Jankauskaitė, V., Macijauskas, G., & Lygaitis, R. (2008). Polyethylene Terephthalate Waste Recycling and. *MATERIALS SCIENCE*, 14(2), 1312-1320.
<file:///C:/Users/ricar/Downloads/26243-Article%20Text-85771-1-10-20200520.pdf>

- Jefferson, R., Zambrano, L., Santos, A., Enrique, W., & Ruiz, W. (2022). APPLICATION OF CURING METHODS AND THEIR. *Gaceta Tecnica*, 35-47.
<https://doi.org/https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.4>
- Kesikidou, F., & Stefanidou, M. (2019). Natural fiber-reinforced mortars. *Journal of Building Engineering*, 25(100786).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100786>
- Kiyanets, A. (2018). Concrete with recycled polyethylene terephthalate fiber. *Magazine of Enginnering*, 8, 119-118.
<https://doi.org/doi:10.18720/MCE.84.11>
- Krenchel, H. (1964). Fibre Reinforcement. *Akademick Forlag, Copenhagen, Denmark, English*, 159.
<https://bccm4.com.br/proceedings/fullpapers/p005.pdf>
- Kumartasli, S., & Avinc, O. (2020). Important step in sustainability: Polyethylene terephthalate recycling and the recent developments. In *Sustainable Textiles: Production, Processing, Manufacturing & Chemistry. Springer International Publishing.*, 1-19.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-38013-7_1
- Lee, Z. H., Paul, S. C., Kong, S. Y., Susilawati, S., & Yang, X. (2019). Modification of waste aggregate PET for improving the concrete properties. *Advances in Civil Engineering*, 1.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/6942052>

Li, Z., Zhou, X., Ma, H., & Hou, D. (2022). *Advanced Concrete Technology*.

Li, Z., Zhou, X., Ma, H., & Hou, D. (2022). *Advanced concrete technology (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.

Li, Z., Zhou, X., Ma, H., & Hou, D. (2022). *Tecnología avanzada del hormigón*. John Wiley & Sons.

Maldonado, S. (2023). Guía sobre el PET: propiedades, producción y aplicaciones. *Tecnología del Plástico*.

<https://www.plastico.com/es/noticias/guia-sobre-el-pet-propiedades-produccion-y-aplicaciones>

Marquez Herra, P. E. (2019). *Estudio del comportamiento del concreto con adición de plástico reciclado en la ciudad de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

ANEXOS

ANEXO A

Panel fotográfico de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados (fino y grueso)

Figura A 1

Tesista en la Cantera Bazán



Nota. La figura A1 muestra a la tesista Alejandra Ordóñez en la cantera Bazán.
Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura A 2

Ensayo contenido de Humedad



Nota. La figura A2 muestra el pesaje de taras con agregado grueso como parte del procedimiento para determinar el contenido de humedad. Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura A 3

Ensayo de Análisis Granulométrico



Nota. La figura A3 muestra el tamizado de agregados para el ensayo de análisis granulométrico. Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura A 4

Ensayo de Peso Unitario de agregados



Nota. La figura A4 muestra el enrasado del material fino para el ensayo de peso unitario compactado del agregado fino. Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura A 5

Ensayo de Peso específico y Adsorción de agregado grueso



Nota. La Figura A5 muestra el material sumergido en agua para el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso. Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura A 6

Ensayo de Gravedad específica y absorción de Agregado fino



Nota. La figura A6 muestra el material en el picnómetro para el ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino. Fuente: Elaboración Propia (2024)

ANEXO B

PET Proceso de Obtención

Se presenta el registro visual del proceso de obtención del PET, desde el acopio hasta el acondicionamiento previo a su uso en el concreto.

Figura B 1

Punto de reciclaje y recolección de botellas de plástico PET



Nota. La figura B1 muestra uno de los puntos de reciclaje y recolección de botellas de plástico PET ubicados en el campus de la “Universidad Nacional de Cajamarca”. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 2

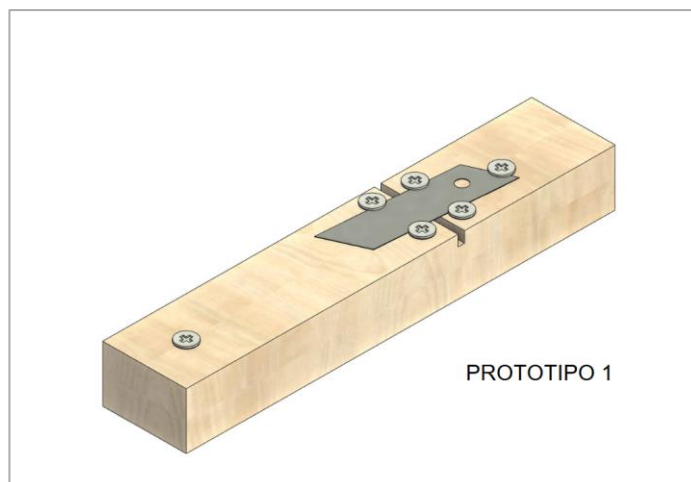
Acopio para retiro de etiquetas y lavado



Nota. La figura B2 muestra el punto de acopio de botellas de plástico PET para retiro de etiquetas y lavado. Fuente: Elaboración propia (2024)

Figura B 3

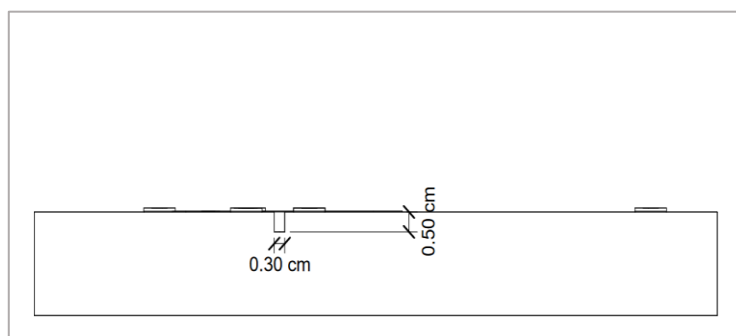
Vista isométrica del primer prototipo



Nota: La figura B3 muestra la vista isométrica del primer prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un ancho de 0.5 cm. Fuente: Elaboración propia (Revit, 2024).

Figura B 4

Vista en alzado del primer prototipo



Nota. La figura B4 muestra la vista en alzado del primer prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un ancho de 0.5 cm. Fuente: Elaboración propia (Revit, 2024).

Figura B 5

Vista en planta del primer prototipo



Nota. La figura B5 muestra la vista en planta del primer prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un ancho de 0.5 cm. También se muestran los materiales utilizados para su elaboración y obtención. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 6

Vista en Alzado del primer prototipo



Nota. La figura B6 muestra la vista en planta del primer prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un ancho de 0.5 cm. También se muestran los materiales utilizados para su elaboración y obtención. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 7

Corte funcional utilizando el primer prototipo



Nota. La figura B7 muestra el corte funcional realizado para obtener un ancho de 0.5 cm, utilizando el primer prototipo. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 8

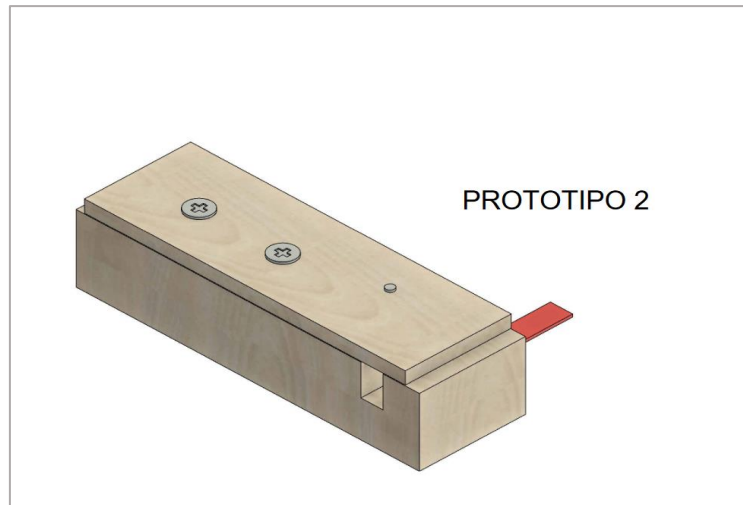
Fibra de plástico PET con el ancho establecido



Nota. La figura B8 muestra la fibra de plástico PET obtenida, con un ancho de 0.5 cm. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 9

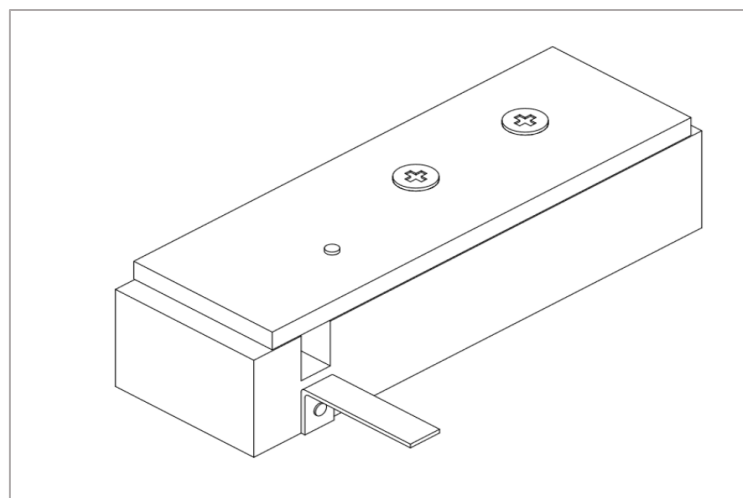
Vista isométrica 1 del segundo prototipo



Nota. La figura B9 muestra la vista isométrica del segundo prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un largo de 3 cm. Fuente: Elaboración propia (Revit, 2024).

Figura B 10

Vista isométrica 2 del segundo prototipo



Nota. La figura B 10 muestra la vista isométrica del segundo prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un largo de 3 cm. Fuente: Elaboración propia (Revit, 2024).

Figura B 11

Vista en alzado del segundo prototipo



Nota. La figura B11 muestra la vista en alzado del segundo prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un largo de 3 cm. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 12

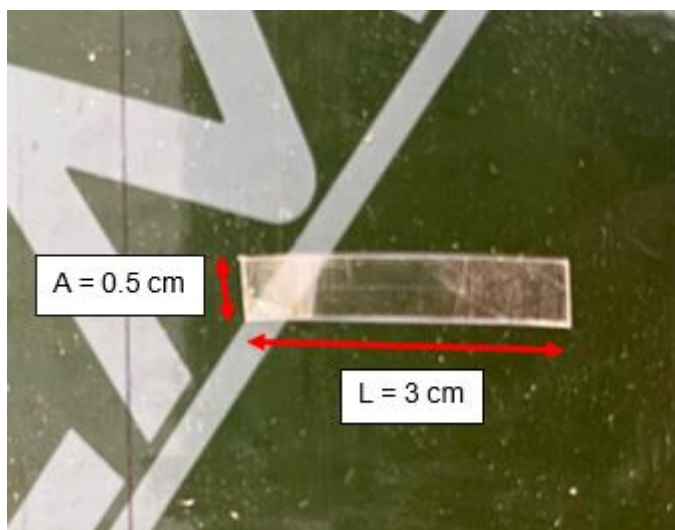
Vista en planta del segundo prototipo



Nota. La figura B12 muestra la vista en planta del segundo prototipo de corte de fibra de plástico PET, diseñado para obtener un largo de 3 cm. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 13

Fibra de Plástico PET



Nota. La figura B13 muestra el resultado final de la fibra de plástico PET con las dimensiones de 0.5 cm de ancho y 3 cm de largo. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura B 14

Cantidad de fibras de plástico PET



Nota. La figura B14 muestra la Cantidad de fibra de plástico PET utilizada en el diseño de mezcla, con un total de 2.72 kg, considerando un 10 % de desperdicio. Fuente: Elaboración propia (2024)

ANEXO C

Panel fotográfico del proceso de Elaboración y Rotura de Probetas

Figura C 1

Mezcla de material



Nota. La figura C1 muestra el material agregado a la mezcladora para la elaboración de las probetas con mezcla de concreto. Fuente: Elaboración propia (2024)

Figura C 2

Incorporación de fibra PET



Nota. La figura C2 muestra la cantidad de fibra de plástico PET añadida a la mezcla en proporción al peso del cemento. Fuente: Elaboración propia (2024).

Figura C 1

Medición del slump



Nota. La figura C3 muestra el momento en que se realiza la medición del asentamiento (slump) del concreto fresco para evaluar su trabajabilidad. Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura C 2

Medición de la temperatura de la mezcla



Nota. La figura C4 muestra el registro de la temperatura del concreto fresco durante su elaboración, utilizando un termómetro digital. Fuente: Elaboración Propia (2024)

Figura C 3

Probetas con la mezcla de concreto



Nota. La figura C5 muestra las probetas recién moldeadas que contienen la mezcla de concreto, listas para el proceso de curado.
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Figura C 4

Curado de probetas



Nota. La figura C6 muestra el procedimiento de curado de probetas. Fuente: Elaboración Propia (2024).

Figura C 5

Rotura de probetas



Nota. La figura C7 muestra el procedimiento de rotura de probetas. Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo D

Ficha técnica del cemento Portland Pacasmayo Tipo I

Figura D 1

Certificado de conformidad del cemento Portland Pacasmayo Tipo I



The image shows a certificate of conformity for Portland Cement Type I from Pacasmayo, issued by ICONTEC. The certificate is titled 'Certificado de conformidad del cemento Portland Pacasmayo Tipo I'. It features the ICONTEC logo at the top, which includes the text 'icontec' and 'Sello de Calidad'. Below the logo, it states 'Esquema de certificación 5' and 'Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para: It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:'. The product is identified as 'CEMENTO PORTLAND'. The manufacturer is 'CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.' located in 'Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú'. The certificate number is 'NTP 334.009:2022'. The product is 'Cementos Portland' and 'Portland cement'. The sector is 'SECTOR ICS 91.100.10'. The certificate is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the 'R-PS-014 Reglamento para la Certificación de producto tangible' document, which will be verified by ICONTEC. The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate. The certificate is issued by 'Certificado: CSC - CER1016270'. The approval date is '2023-08-18' and the last modification date is '2023-08-17'. The renewal date is '2029-08-17'. The certificate is signed by 'Roberto Enrique Montoya Villa, Director Ejecutivo'. The certificate is issued by 'ANAB' (Asociación Nacional de Aseguramiento por Normas). The certificate is issued by 'ICONTEC' (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). The certificate is issued by 'ICONTEC' (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación).

icontec
Sello de Calidad

Esquema de certificación 5

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

CEMENTO PORTLAND

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

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

NTP 334.009:2022

Cementos Portland
Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-014 Reglamento para la Certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC.

This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-014 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado.

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

Certificado: CSC - CER1016270
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18
Approval Date:

Fecha de Renovación: 2029-08-17
Renewal Date:

Fecha Última Modificación: 2023-08-17
Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento: 2029-08-17
Expiration Date:

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

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

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

ANAB
ASOCIACIÓN NACIONAL DE ASEGURAMIENTO POR NORMAS
NATIONAL ASSOCIATION OF PRODUCT CERTIFICATION
PRODUCT CERTIFICATION
2017

Participantes en la certificación de ICONTEC y distribuidores autorizados de ICONTEC
ICONTEC: carrera 37 número 52 - 95 Bogotá D.C., Colombia

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

1-PS-004
Versión 00

Nota. La figura D1 Muestra el certificado de conformidad del cemento Portland Pacasmayo Tipo I, emitido por ICONTEC según la norma NTP 334.009:2022. Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2024).

Figura D 2

Ficha técnica del cemento Portland Pacasmayo Tipo I

Octubre 2023 V1

CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”

DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de uso general Tipo I. Gracias a su diseño de clinker, se logra una mayor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

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

PRESENTACIONES



Saco regular
42.5 kg



Eco saco
42.5 kg



Agrial



Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metrología Peruana (NMP 002-2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.

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

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Autoclave	Resistencia (f'c)	Cemento	Agua (litros)	Relación cemento agregado en vol	Agua
Lotes especiales, puentes y otros	175	1	2	3	0.4 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.4 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (plum de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy suelta, debe poder levantarse con un badillo sin acumularse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos al agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO


- Los primeros cementos que entran, deben ser los primeros en salir.
- Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 50 cms de otras pilas.
- Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- Colocar pañuelos de madera para evitar la humedad del suelo.
- Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.

Pacasmayo

Nota: La figura D2 Muestra las características técnicas, recomendaciones de uso y especificaciones del cemento Portland Tipo I fabricado por Cementos Pacasmayo. Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023).

Figura D 3

Guía de uso y certificaciones del cemento Portland Pacasmayo Tipo I



¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se desgraga con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco genera cero desperdicios, con la acción de la piedra al empuje se desgraga en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- 1. AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el Ecosaco del bote directo a un trompo de al menos 500 litros.
- 2. AÑADE** el resto de los demás pedros (B) y arena (C) en el trompo según el diseño de concreto.
- 3. AJUSTA** la mezcla atendiendo al nivel de la proporción de agua y aseguras que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- 4. MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fuerza buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO



	Factor clínker	Emisiones
Bajo	Hasta 70%	500 a 700 Kg CO2 eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO2 eq
Alta	89% a 100%	801 Kg CO2 eq o más

*Tipo I se encuentra en el rango alto en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamei 2022.
*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPLENTO Nº 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General.

Empresa Certificadora:
iCONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.

ISO 9001:2015
Certificación de Gestión de Calidad

ISO 14001:2015
Certificación de Gestión Ambiental

Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.

1

2

3


4

5

*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **abc**

Nota: La figura D3 presenta las instrucciones para el uso del escarificador en sacos de cemento Pacasmayo, así como las certificaciones de calidad y sostenibilidad que respaldan el producto. Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023).

83

Figura D 4

Propiedades químicas y físicas del cemento Portland Pacasmayo Tipo I



Cemento Tipo I
Cemento Portland de uso general Tipo I

Requisitos normalizados - NTP 334.009 / ASTM C150

REQUISITOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	1.7
SO ₂	Máximo	3.00	%	NTP 334.086	2.82
Alcalí equivalente	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.8
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4100
Expansión en autoclave	Máximo	0.00	%	NTP 334.004	0.00
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.046	7
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	27.6 (4000)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	33.3 (4830)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	40.5 (5870)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	148
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	274
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.008

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

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

Pacasmayo

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



Nota: Se detallan los requisitos químicos y físicos del cemento Portland Tipo I conforme a las normas NTP 334.009 y ASTM C150. Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A. (2023).

ANEXO E

Análisis granulométrico de los agregados

Se presentan los cuadros con los datos obtenidos en los ensayos de granulometría para los agregados fino y grueso.

Tabla E 1

Contenido de humedad del agregado fino

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Muestra N°	1
Identificación del recipiente o tara	R.MA-01
Wt (g)	190.78
Wmh+t	3910.19
Wms+t	3545.87
Wms (Ws)	3355.09
Ww	10.86
Porcentaje de Humedad (W%)	11

Nota. La tabla E1 muestra los resultados del ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado fino, expresado en porcentaje
Fuente: Elaboración propia

Tabla E 2

Contenido de humedad del agregado grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Muestra N°	1
Identificación del recipiente o tara	RM-K-05
Wt (g)	520
Wmh+t	6718
Wms+t	6533
Wms (Ws)	6013
Ww	3.08
Porcentaje de Humedad (W%)	11

Nota. La tabla E2 muestra los resultados del ensayo para determinar el contenido de humedad del agregado grueso, expresado en porcentaje.
Fuente: Elaboración propia

Tabla E 3

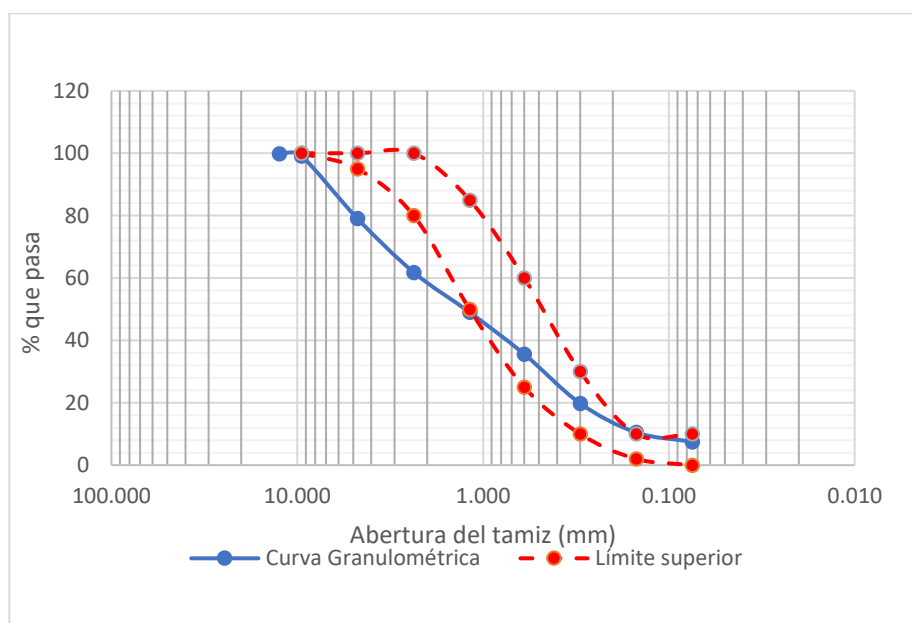
Análisis granulométrico del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
N°	ABERT. (mm)	PR (gr)	%PR	%PAR	%PASA
N°4	4.750	671	21.62	21.62	78.38
N°8	2.360	580	18.69	40.30	59.70
N°16	1.180	429.65	13.84	54.14	45.86
N°30	0.600	449.85	14.49	68.64	31.36
N°50	0.300	530.85	17.10	85.74	14.26
N°100	0.150	312.05	10.05	95.79	4.21
N°200	0.075	100.06	3.22	99.02	0.98
Cazoleta	-	30.56	0.98	100	0

Nota. La tabla E3 resume la distribución de tamaños de partícula obtenida en el ensayo. Elaboración propia.

Figura 10

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: La figura 8 muestra la curva granulométrica del agregado fino obtenida a partir del ensayo de análisis granulométrico, junto con los límites establecidos por la NTP 400.012 (2018). Fuente: Elaboración propia.

Tabla E 4

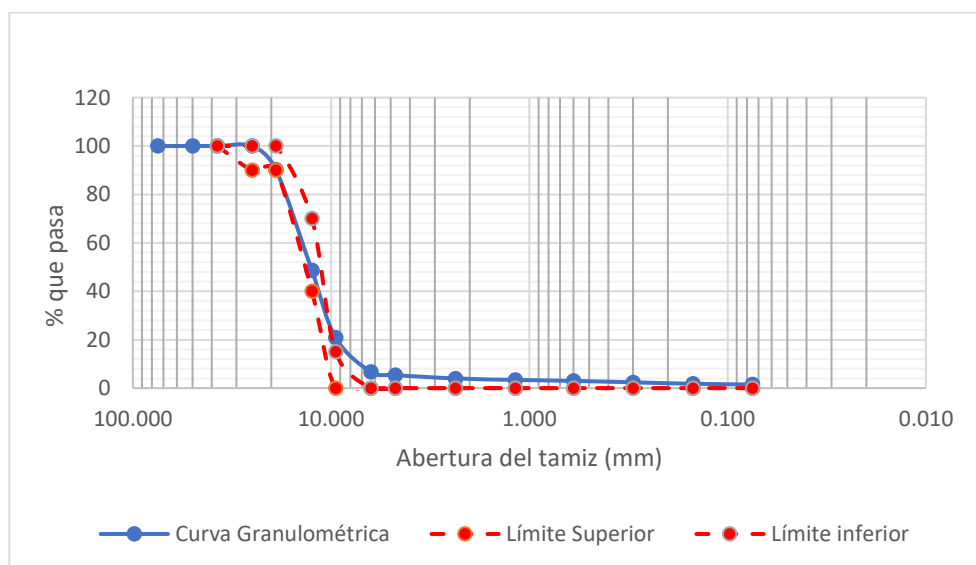
Análisis granulométrico del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMETRICO					
N°	ABERT. (mm)	PR (gr)	%PR	%PAR	%PASA
3 in	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 in	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 in	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1 in	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 in	19.000	585.00	9.87	9.87	90.13
1/2 in	12.500	2510.00	42.33	52.20	47.80
3/8 in	9.500	1668.00	28.13	80.33	19.67
1/4 in	6.300	854.00	14.40	94.74	5.26
N°4	4.750	81.00	1.37	96.10	3.90
N°8	2.360	83.00	1.40	97.50	2.50
N°16	1.180	33.50	0.57	98.07	1.93
N°30	0.600	24.72	0.42	98.49	1.51
N° 50	0.300	33.94	0.57	99.06	0.94
N° 100	0.150	35.63	0.60	99.66	0.34
N°200	0.075	17.52	0.30	99.95	0.05
Cazoleta	-	1.50	0.03	100	0.00

Nota. La tabla E4 resume la distribución de tamaños de partícula obtenida en el ensayo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: La figura 9 muestra la curva granulométrica del agregado grueso obtenida a partir del ensayo de análisis granulométrico, junto con los límites establecidos por la NTP 400.012 (2018). Fuente: Elaboración propia.

Tabla E 5*Gravedad específica y absorción del agregado fino*

Gravedad Específica y Absorción				
ID	Espécimen de ensayo	E-1	E-2	E-3
	N° Fiola	44	45	-
A	Masa de Muestra S.S.S (en aire) (g)	500.140	500.590	-
C	Masa de la fiola + Agua+ Muestra S.S.S (g)	1608.740	1610.990	-
S	Masa de Muestra Seca en Horno (g)	477.250	477.410	-
	Temperatura (°C)	24.000	24.100	-
B	Masa de la Fiola + Agua a temperatura de Ensayo (g)	1306.990	1308.950	-
	Densidad del Agua (g/cm3)	0.997	0.997	-
E	Gravedad Específica Seca (OD) o Peso específico aparente seco $=A/(B+D-C)$	2.406	2.404	-
G	Gravedad Específica SSS (SSD) o Peso específico nominal seco $=A/(B+A-C)$	2.521	2.521	-
F	Gravedad Específica Aparente o Peso Específico Aparente $=S/(B+A-C)$	2.719	2.722	-
H	Absorción (%)	4.800	4.860	-
Absorción Promedio (%)		4.8		

Nota. La tabla E5 muestra los valores obtenidos de densidad y absorción del agregado fino tras el ensayo. Fuente: Elaboración propia

Tabla E 6*Gravedad específica y absorción del agregado grueso*

Gravedad Específica y Absorción				
Espécimen de ensayo		E-1	E-2	E-3
Tamaño de partículas		Nº 4 a 1/2 in.	Nº 4 a 1/2 in.	Nº 4 a 1/2 in.
B	Masa de Muestra Seca en Horno (g)	3030.8	3020.76	3016.78
A	Masa de Muestra Seca S.S.S (en aire) (g)	3123.49	3112.16	3104.37
C	Masa de Muestra S.S.S (en agua) (g)	1888.2	1883	1880.6
	Temperatura del agua (°C)	22.36	22.6	22.6
	Porcentaje de cada fracción de Tamaño (%)	33.4	33.3	33.3
	Densidad del agua (g/cm ³)	0.99764	0.997467	0.997764
D	Gravedad Específica Seca (OD) o Peso específico aparente seco = $A/(B-C)$	2.453	2.458	2.465
F	Gravedad Específica SSS (SSD) o Peso específico nominal seco = $A/(A-C)$	2.529	2.532	2.537
E	Gravedad Específica Aparente o Peso Específico Aparente = $B/(B-C)$	2.653	2.655	2.655
G	Absorción	3.1	3	2.9
	Absorción Promedio (%)		3	

Nota. La tabla E6 muestra los valores obtenidos de densidad y absorción del agregado grueso tras el ensayo. Fuente: Elaboración propia

Tabla E 7*Peso unitario del agregado fino*

PESO UNITARIO				
	Ensayo N°	1	2	3
ID	Molde N°	LH-EQ-RC-002		
	Volumen del Molde (cm ³)	4732	4732	4732
A	Masa de la Muestra Compactada + Molde (g)	6711	6712	6711
B	Masa del molde (g)	1973	1973	1973
C	Masa de la Muestra Compactada (g) =A-B	4738	4739	4738
D	Peso Unitario Compactado (g/cm ³) =C / Vol.Molde	1	1	1
E	Masa de la Muestra Suelta + Molde (g)	6097	6096	6097
F	Masa de la muestra Suelta (g) =E-F	4124	4123	4124
G	Peso Unitario Suelto (g/cm ³)= F / Vol.Molde	0.87	0.87	0.87
	Peso Unitario Suelto Promedio (g/cm³)	0.87		
	Peso Unitario Suelto Promedio (kg/cm³)	870		
	Peso Unitario Compactado Promedio (g/cm³)	1		
	Peso Unitario Compactado Promedio (kg/cm³)	1000		

Nota. La tabla E7 muestra los valores promedio de peso suelto y compactado obtenidos durante el ensayo Fuente: Elaboración propia

Tabla E 8*Peso unitario del agregado grueso*

PESO UNITARIO				
	Ensayo N°	1	2	3
ID	Molde N°	LH-EQ-RC-002		
	Volumen del Molde (cm ³)	14043	14043	14043
A	Masa de la Muestra Compactada + Molde (g)	18953	19053	18952
B	Masa del molde (g)	4422	4422	4422
C	Masa de la Muestra Compactada (g) =A-B	14531	14631	14530
D	Peso Unitario Compactado (g/cm ³) =C / Vol.Molde	1.03	1.04	1.03
E	Masa de la Muestra Suelta + Molde (g)	17271	17290	17281
F	Masa de la muestra Suelta (g) =E-F	12849	12868	12859
G	Peso Unitario Suelto (g/cm ³)= F / Vol.Molde	0.91	0.92	0.92
	Peso Unitario Suelto Promedio (g/cm³)	0.92		
	Peso Unitario Suelto Promedio (kg/cm³)	920		
	Peso Unitario Compactado Promedio (g/cm³)	1.03		
	Peso Unitario Compactado Promedio (kg/cm³)	1030		

Nota. La tabla E8 muestra los valores promedio de peso suelto y compactado obtenidos durante el ensayo. Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Diseño de mezcla de concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$

Se detallan los cuadros con las proporciones, pesos y volúmenes utilizados en el diseño de mezcla.

Tabla F 1

Datos del diseño de mezcla de concreto

DATOS	
Elemento	Detalle
Cantera	Bazán Contratistas Generales S.R.L
Ubicación	Cajamarca
Fecha de muestra	07/10/2024
Fecha de Revisión	24/10/2024
Tipo de Cantera	Cantera de Río
Tipo de Material	Agregado Fino/ Agregado Grueso
Responsable	Bach. Ordóñez Bringas Dorelly Alejandra
Revisado por	Ing. Marín Adriana

Nota: La tabla F1 resume la información básica del diseño y muestreo de los agregados utilizados Fuente: Elaboración propia

Tabla F 2:

Resistencia de diseño del concreto

Resistencia de Diseño	
Cantera	Bazán Contratistas Generales S.R.L
Resistencia (f'_c) (kg/cm ²)	210

Nota: La tabla F2 muestra el valor de resistencia de diseño adoptado para el concreto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 3*Dosificación de fibra PET en el diseño experimental*

Porcentajes de Adición de fibra PET	
N°	Porcentaje (%)
N°1	0
N°2	1.5
N°3	2
N°4	5

Nota. La tabla F3 muestra los porcentajes de fibra PET incorporados en las diferentes mezclas de concreto evaluadas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 4*Propiedades físicas de los materiales utilizados*

Propiedades físicas	
Parámetro	Valor
Peso específico (Agregado fino) (Kg/m3)	2521.00
Absorción (Agregado fino)	4.80
Contenido de Humedad (Agregado fino)	10.90
Módulo de finura (Agregado fino)	3.44
Tamaño máximo nominal (Agregado grueso)	3/4''
Peso específico (Agregado grueso) (Kg/m3)	2533.00
Peso seco compactado (Agregado grueso) (Kg/m3)	1030.00
Absorción (agregado grueso)	3.00
Contenido de Humedad (Agregado grueso)	3.10

Nota. La tabla F4 resume las principales propiedades físicas del agregado fino y grueso empleados en el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia

Tabla F 5*Propiedades del agua y cemento utilizados en la mezcla*

Datos	
Parámetro	Valor
Fuente del agua	Potable del Laboratorio URTECO, suministrada por la EPS SEDACAJ
Tipo de cemento Portland	ASTM Tipo I-Pacasmayo
Peso específico (Cemento, g/cm3)	3.11
Peso específico (Cemento, kg/cm3)	3110

Nota. La tabla F5 resume las características del agua y del cemento empleados en la elaboración del concreto. Fuente: Elaboración propia

Tabla F 6*Dimensiones de las probetas*

Geometría de las probetas	
Altura (h) (m)	0.33
Diámetro (d) (m)	0.15

Nota. La tabla F6 detalla las características geométricas de las probetas empleadas en el presente estudio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 7*Resistencia promedio (f'_{cr})*

Resistencia Promedio (f'_{cr})	
Intervalo de f'_c (kg/cm ²)	Fórmula de f'_{cr}
Menos de 210	$f'_{cr} = f'_c + 70$
210 – 350	$f'_{cr} = f'_c + 84$
Mayor a 350	$f'_{cr} = f'_c + 98$

Nota. La tabla F7 muestra las expresiones utilizadas para obtener la resistencia promedio del concreto a partir de la resistencia especificada. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 8*Resistencia promedio obtenida del concreto f'_{cr}*

Resistencia Promedio (f'_{cr})	
Parámetro	Valor
f'_c	210 kg/cm ²
Fórmula aplicada	$f'_{cr} = f'_c + 84$
Cálculo final	$f'_{cr} = 210 + 84 = 294$ kg/cm ²

Nota. La tabla La Tabla F8 presenta el valor de la resistencia promedio del concreto obtenido a partir de la resistencia especificada. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 9*Tamaño máximo nominal del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal	
TMN (agregado grueso)	3/4"

Nota: La tabla F9 muestra el valor seleccionado del tamaño máximo nominal correspondiente al agregado grueso utilizado en la mezcla. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 10*Asentamiento del concreto según su consistencia*

Selección del Asentamiento			
Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera / Chuseado
Fluida	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Nota. La Tabla F10 indica el rango de asentamiento y el método de compactación asociados a cada tipo de consistencia del concreto.. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 11*Volumen unitario de agua según el asentamiento y tamaño del agregado*

Agua, en 1/m³, para los tamaños máx nominales de agregado grueso y consistencia indicados									
Concreto sin aire incorporado									
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113	
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124	
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...	

Nota. La tabla F11 muestra los valores de volumen unitario de agua empleados según la consistencia y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, que en este caso corresponde a 205 lt/m³. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 12

Contenido de aire según el tamaño máximo nominal

Contenido de Aire	
Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.00 %
1/2"	2.50 %
3/4"	2.00 %
1"	1.50 %
1 1/2"	1.00 %
2"	0.50 %
3"	0.30 %
6"	0.20 %
Contenido de Aire TMN 3/4"	2.00 %

Nota. La Tabla F12 muestra el contenido de aire, el cual corresponde a 2 % para un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/4" Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 13

Relación agua-cemento (A/C)

Relación A/C		
f'cr 28 días	Concreto sin Aire Incorporado	
		0.71
150	0.8	0.61
200	0.7	0.53
250	0.62	0.46
300	0.55	0.40
350	0.48	...
400	0.43	...
450	0.38	...
294	Interpolando	0.56

Nota. La tabla F13 presenta el cuadro utilizado para determinar la relación agua-cemento (A/C), que en este caso es 0.56. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 14*Factor cemento*

Resumen de datos	
Parámetro	Valor
Volumen unitario de agua (L/m³)	205
Relación agua/cemento	0.56
Factor cemento (kg/m³)	366.07
Peso de una bolsa de cemento (kg)	42.5
Factor cemento (bolsas/m³)	8.61

Nota. La tabla F14 presenta los valores considerados para el cálculo del factor cemento en el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 15

Contenido de agregado grueso según el módulo de fineza del agregado fino

Contenido de Agregado Grueso				
Volumen de agregado grueso y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza de fino				
Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.5	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.6	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.6	0.62	0.6
1"	0.71	0.7	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.7	0.72	0.7
2"	0.78	0.8	0.74	0.72
3"	0.81	0.8	0.77	0.75
6"	0.87	0.9	0.83	0.81
MF	3.44		0.556	
Peso seco compactado (Kg/m³)				1030
Peso del agregado grueso seco (Kg/m³)				572.68

Nota. La tabla F15 muestra los valores empleados para determinar el volumen y peso del agregado grueso en función del tamaño máximo nominal y el módulo de fineza del agregado fino Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 16

Volúmenes absolutos de los materiales componentes del concreto

Cálculo Total de Volúmenes Absolutos				
Variables	Cemento (Kg/m ³)	Agua (L/m ³)	Aire (%)	Agregado Grueso (Kg/m ³)
Volúmen	366.07	205		572.68
Peso Específico	3110	1000		2533
Porcentaje			2	
Volúmenes Absolutos (m ³)	0.118	0.21	0.02	0.226
Σ Total Volúmenes Absolutos (m ³)		0.569		

Nota. La tabla F16 muestra los volúmenes absolutos calculados para cada material que compone la mezcla de concreto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 17

Volumen absoluto del agregado fino

Volumen Absoluto del Agregado Fino	
1 metro cúbico (m ³)	1
Σ Total volúmenes absolutos (m ³)	0.569
Volumen absoluto de agregado fino (m ³)	0.431

Nota. La tabla F17 muestra el valor obtenido del volumen absoluto correspondiente al agregado fino dentro del diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 18

Peso del agregado fino en estado seco

Peso del agregado fino en estado seco	
Volumen absoluto de agregado fino (m ³)	0.431
Peso específico (kg/m ³)	2521
Peso del agregado fino en estado seco (kg/m ³)	1087.07

Nota. La tabla F18 muestra el valor obtenido del peso del agregado fino en estado seco, calculado a partir de su volumen absoluto y peso específico. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 19*Valores de diseño de mezcla de concreto*

Valores de diseño			
Cemento	Agua de diseño	Agregado fino seco	Agregado grueso seco
(factor cemento)	(volumen unitario del agua)	(peso del agregado fino seco)	(peso del agregado grueso seco)
366.07 Kg/m ³	205 L/m ³	1087.07 kg/m ³	572.68 kg/m ³

Nota. La tabla F19 resume los valores finales empleados en el diseño de mezcla, correspondientes al cemento, agua y agregados en estado seco. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 20:*Ajuste del peso del agregado fino en función a la humedad*

Corrección por humedad agregado fino	
Contenido de humedad (%)	10.9
Peso del agregado fino en estado seco (kg/m ³)	1087.07
Ajuste por humedad (kg/m ³)	118.49
Peso húmedo del agregado fino (kg/m ³)	1205.56

Nota. La tabla F20 muestra el ajuste del peso del agregado fino considerando el contenido de humedad determinado en laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 21*Ajuste del peso del agregado grueso en función a la humedad*

Corrección por humedad agregado grueso	
Contenido de humedad (%)	3.1
Peso del agregado grueso en estado seco (kg/m ³)	572.68
Ajuste por humedad (kg/m ³)	17.75
Peso húmedo del agregado grueso (kg/m ³)	590.43

Nota. La tabla F21 muestra el ajuste del peso del agregado grueso considerando el contenido de humedad determinado en laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 22*Humedad superficial del agregado fino*

Humedad superficial del agregado fino	
Contenido de humedad (%)	10.9
Absorción (%)	4.80
Humedad superficial del agregado fino (%)	6.10

Nota. La tabla F22 muestra el valor de la humedad superficial del agregado fino, obtenido a partir de la diferencia entre su contenido de humedad y su absorción. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 23*Humedad superficial del agregado grueso*

Humedad superficial del agregado grueso	
Contenido de humedad (%)	3.1
Absorción (%)	3.00
Humedad superficial del agregado fino (%)	0.10

Nota. La tabla F23 muestra el valor de la humedad superficial del agregado grueso, calculado a partir de su contenido de humedad y absorción. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 24*Aporte de humedad de los agregados*

Aporte de humedad de los agregados		
Variables	Agregado fino	Agregado Grueso
Peso seco (kg/m ³)	1087.07	572.68
Humedad superficial (%)	6.1	0.1
Aporte de humedad (L/m ³)	66.31	0.57
Aporte de humedad total (L/m ³)	66.88	

Nota. La tabla F24 muestra el aporte total de humedad proveniente del agregado fino y grueso, calculado en función de su peso seco y humedad superficial. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 25*Agua efectiva en la mezcla de concreto*

Cantidad de agua efectiva	
Volumen unitario de agua (L/m ³)	3.1
Aporte de humedad de los agregados (L/m ³)	66.88
Agua efectiva L/m ³	138.12

Nota. La tabla F25 muestra la cantidad de agua efectiva considerada en el diseño de mezcla, obtenida a partir del volumen unitario de agua y el aporte de humedad de los agregados. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 26*Valores Corregidos por humedad para el diseño de mezcla*

Corrección por humedad de los agregados			
Cemento	Agua efectiva	Agregado fino húmedo	Agregado grueso húmedo
366.07 kg/m ³	138.12 L/m ³	1205.56 kg/m ³	590.43 kg/m ³

Nota. La tabla F26 muestra los valores finales empleados en el diseño de mezcla, ajustados por el contenido de humedad del agua y de los agregados. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 27*Proporciones en peso de los materiales del concreto*

Datos para el cálculo de proporciones en peso		
Componente	Peso (kg)	Proporción
Cemento	366.07	1
Agregado Fino	1205.56	3.29
Agregado Grueso	590.43	1.61
Agua	138.12	0.38
Cemento (bolsas)	8.61	16.03 L/bolsa

Nota. La tabla F27 muestra los valores empleados para establecer las proporciones en peso de los materiales que conforman la mezcla de concreto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 28*Relación agua-cemento en función del peso*

Cálculo de proporciones en peso		
Descripción	Cálculo	Resultado
Relación A/C de diseño	205 / 366.07	0.56
Relación A/C efectiva (corregida)	138.12 / 366.07	0.377

Nota. La tabla F28 muestra las relaciones agua-cemento (A/C) de diseño y efectiva, expresadas en función del peso de los materiales. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 29*Proporciones en peso por bolsa de cemento (42.5 kg)*

Proporciones en peso				
Variables	Cemento	Agua de diseño	Agregado fino húmedo	Agregado grueso húmedo
	Kg/bolsa	L/bolsa	Kg/bolsa	Kg/bolsa
Proporción	1	-	3.29	1.61
Bolsa de cemento (kg)	42.5	-	42.5	42.5
Resultado	42.5	16.03	139.96	68.55

Nota. La tabla F 29 muestra las proporciones en peso de los materiales por bolsa de cemento, considerando las correcciones por humedad aplicadas al diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 30*Volumen total de las probetas cilíndricas*

Volumen total de probetas	
Altura (m)	0.3
Diámetro (m)	0.15
Volumen de una probeta (m ³)	0.0053
Volumen total de 15 probetas (m ³)	0.0795

Nota. La tabla F30 muestra el volumen calculado para un conjunto de 15 probetas cilíndricas utilizadas en los ensayos de concreto. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 31:*Materiales requeridos para la elaboración de 15 probetas de concreto patrón*

Cantidad de materiales total				
Materiales	Cantidades (kg/m ³) o (L/m ³)	Volumen (15 probetas) (m ³)	Cantidad sin desperdicio (kg o L)	Cantidad con 10% de desperdicio (kg o L)
Cemento	366.07	0.0795	29.11	32.02
Agua	138.12	0.0795	10.98	12.08
Agregado fino	1205.56	0.0795	95.87	105.45
Agregado grueso	590.43	0.0795	46.95	51.65

Nota. La tabla F31 muestra las cantidades de materiales necesarias para elaborar 15 probetas de concreto patrón. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 32

Cantidad correspondiente al 1.5% de Adición de fibra PET

Cantidad de 1.5% de Adición de PET	
Volumen (m ³) - 15 probetas	0.0795
Cantidad total de Cemento (kg/m ³)	366.07
Peso del cemento (kg)	29.11
% de adición de PET	1.5
Cantidad de PET (1.5%) (Kg/m ³)	5.49

Nota. La tabla F 32 presenta la cantidad de fibra PET calculada para una adición del 1.5 % respecto al peso del cemento utilizado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 33

Materiales para 15 probetas con 1.5 % de adición de PET

Cantidad de Materiales (15 Probetas con 1.5% de Adición de PET)				
Materiales	Cantidad (kg/m ³ o L/m ³)	Volumen (m ³)	Cantidad sin desperdicio (kg o L)	Cantidad con 10% de desperdicio (kg o L)
Adición 1.5% PET	5.49	0.0795	0.44	0.48
Cemento	366.07	0.0795	29.11	32.02
Agua	138.12	0.0795	10.98	12.08
Agregado fino	1205.56	0.0795	95.87	105.45
Agregado grueso	590.43	0.0795	46.95	51.65

Nota. La tabla F33 muestra las cantidades de materiales necesarias para elaborar 15 probetas con una adición del 1.5 % de fibra PET, considerando un 10 % adicional por desperdicio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 34

Materiales requeridos para 15 probetas con 2 % de adición de PET

Cantidad de materiales (15 Probetas con 2% de Adición de PET)				
Materiales	Cantidad (kg/m³ o L/m³)	Volumen (m³)	Cantidad sin desperdicio (kg o L)	Cantidad con 10% de desperdicio
Adición 2% PET	7.32	0.0795	0.58	0.64
Cemento	366.07	0.0795	29.11	32.02
Agua	138.12	0.0795	10.98	12.08
Agregado fino	1205.56	0.0795	95.87	105.45
Agregado grueso	590.43	0.0795	46.95	51.65

Nota. La tabla F 34 presenta las cantidades de materiales necesarias para elaborar 15 probetas con una adición del 2 % de fibra PET, considerando un 10 % adicional por desperdicio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 35

Materiales requeridos para 15 probetas con 5 % de adición de PET

Cantidad de Materiales (15 Probetas con 5% de Adición de PET)				
Materiales	Cantidad (kg/m³ o L/m³)	Volumen (m³)	Cantidad sin desperdicio (kg o L)	Cantidad con 10% de desperdicio
Adición 5% PET	18.30	0.0795	1.46	1.60
Cemento	366.07	0.0795	29.11	32.02
Agua	138.12	0.0795	10.98	12.08
Agregado fino	1205.56	0.0795	95.87	105.45
Agregado grueso	590.43	0.0795	46.95	51.65 kg

Nota. La tabla F 35 presenta las cantidades de materiales necesarias para elaborar 15 probetas con una adición del 5 % de fibra PET, considerando un 10 % adicional por desperdicio. Fuente: Elaboración propia.

Tabla F 36

Materiales requeridos para la elaboración de 60 probetas de

concreto

Materiales para elaborar 60 probetas de concreto		
Materiales	Cantidad sin desperdicio (kg)	Cantidad más 10% de desperdicio (kg)
Fibra PET	2.47	2.72
Cemento	1165.44	1282.09
Agua	43.93	48.33
Agregado fino	383.47	421.82
Agregado grueso	187.81	206.59

Nota. La tabla F36 muestra las cantidades de materiales necesarias para producir 60 probetas de concreto, incluyendo un 10 % adicional por desperdicio. Fuente: Elaboración propia.

Rotura de probetas cilíndricas de concreto

Se presentan los cuadros con los resultados de resistencia obtenidos en los ensayos de compresión.

Tabla G 1

Diseño de mezcla del concreto patrón

Diseño de mezcla	
Variable	Valor
Resistencia de diseño (f'_c) (kg/cm ²)	210
Adición de fibra PET (%)	0

Nota. La tabla G1 muestra los valores de diseño del concreto patrón, correspondientes a la resistencia especificada y al porcentaje de adición de fibra PET. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 2

Condiciones iniciales de ensayo iniciales del concreto patrón

Condiciones de ensayo iniciales del concreto patrón				
Prueba	Fecha	Hora	Temperatura del concreto fresco (°C)	Asentamiento (ASTM C143) (")
Inicial	29/10/2024	09:00	20	3"

Nota. La tabla G2 muestra las condiciones registradas al inicio del ensayo del concreto patrón, incluyendo temperatura y asentamiento del concreto fresco. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 3

Diseño de mezcla de concreto con adición de

1.5% de fibra PET

**Diseño de mezcla del concreto con
1.5% de fibra PET**

Variable	Valor
Resistencia de diseño (f'_c) (kg/cm ²)	210
Adición de fibra PET (%)	1.5

Nota. La tabla G3 muestra los valores de diseño del concreto con una adición del 1.5 % de fibra PET, establecidos según la resistencia especificada.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 4

*Condiciones de ensayo iniciales del Concreto con
Adición de 1.5% de fibra PET*

**Condiciones de ensayo iniciales del Concreto con
Adición de 1.5% de fibra PET**

Prueba	Fecha	Hora	Temperatura del concreto fresco (°C)	Asentamiento (ASTM C143) (")
Inicial	29/10/2024	09:00	20	3"

Nota. La tabla G4 presenta los parámetros registrados al inicio del ensayo del concreto con una adición del 1.5 % de fibra PET. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 5

*Diseño de mezcla de concreto con adición de 2%
de fibra PET*

**Diseño de mezcla del concreto con
2% de fibra PET**

Variable	Valor
Resistencia de diseño (f'_c) (kg/cm ²)	210
Adición de fibra PET (%)	2

Nota. La tabla G 5 muestra los valores de diseño del concreto con una adición del 2 % de fibra PET, establecidos según la resistencia especificada.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 6

Condiciones de ensayo iniciales del concreto con

adición de 2% de fibra PET

Condiciones de ensayo iniciales del Concreto con 2% de fibra PET				
Prueba	Fecha	Hora	Temperatura del concreto fresco (°C)	Asentamiento (ASTM C143) (")
Inicial	29/10/2024	09:00	20.5	3 ½

Nota. La tabla G6 muestra los parámetros registrados al inicio del ensayo del concreto con una adición del 2 % de fibra PET . Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 7

Datos de diseño de mezcla de concreto con adición de 5% de fibra PET

Diseño de mezcla del concreto con 5% de fibra PET	
Variable	Valor
Resistencia de diseño (f'c) (kg/cm ²)	210
Adición de fibra PET (%)	5

Nota. La tabla G7 muestra los valores de diseño del concreto con una adición del 5 % de fibra PET, determinados según la resistencia especificada. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 8:

Condiciones iniciales del concreto con adición de 5% de fibra PET

Condiciones de ensayo iniciales del Concreto con Adición de 5% de fibra PET				
Prueba	Fecha	Hora	Temperatura del concreto fresco (°C)	Asentamiento (ASTM C143) (")
Inicial	06/11/2024	02:30	19.5 °C	3 ½

Nota. La tabla G8 muestra los parámetros registrados al inicio del ensayo del concreto con una adición del 5 % de fibra PET. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 9*Muestra 1 – Concreto patrón a los 7 días*

Muestra 1 – Concreto patrón a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	1
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 01
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	05/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,997
Diámetros (mm)	150.40; 150.60 305.20; 305.40;
Longitudes (mm)	305.55
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	256.2
Diámetro promedio (mm)	150.5
Área de sección transversal (mm²)	17,789.51
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	14.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	146.8
Porcentaje obtenido (%)	70

Nota. La tabla G9 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 1 – concreto patrón a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 10*Muestra 2 – Concreto patrón a los 7 días*

Muestra 2 – Concreto patrón a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	2
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 02
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	05/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,942
Diámetros (mm)	149.70; 149.80
Longitudes (mm)	305.00; 305.10; 305.40
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	264.52
Diámetro promedio (mm)	149.75
Área sección transversal (mm²)	17,612.64
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	15
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	153
Porcentaje obtenido (%)	73

Nota. La tabla G10 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 2 – concreto patrón a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 11*Muestra 3 – Concreto patrón a los 7 días*

Muestra 3 – Concreto patrón a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	3
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 03
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	05/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,893
Diámetros (mm)	151.30; 151.30 302.60; 302.75;
Longitudes (mm)	302.80
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	261.63
Diámetro promedio (mm)	151.38
Área sección transversal (mm²)	17,998.15
Relación L/D	2
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	14.5
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	147.9
Porcentaje obtenido (%)	70

Nota. La tabla G11 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 3 – concreto patrón a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 12*Muestra 4 – Concreto patrón a los 7 días*

Muestra 4 – Concreto patrón a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	4
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 04
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	05/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,906
Diámetros (mm)	148.40; 148.70
	303.40; 303.50;
Longitudes (mm)	303.60
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	260.36
Diámetro promedio (mm)	148.55
Área sección transversal (mm²)	17,351.5
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	15
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	153
Porcentaje obtenido (%)	73

Nota. La tabla G 12 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 4 – concreto patrón a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 13*Muestra 5 – Concreto patrón a los 7 días*

Muestra 5- Concreto patrón a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	5
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 05
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	05/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,959 g
Diámetros (mm)	150.35; 150.40 304.80; 304.65;
Longitudes (mm)	304.55
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	263.88
Diámetro promedio (mm)	150.38
Área sección transversal (mm²)	17,761.15
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	14.9
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	151.9
Porcentaje obtenido (%)	72

Nota. La tabla G 13 m presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 5 – concreto patrón a los 7 días. La tabla. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 14*Muestra 6 – Concreto patrón a los 14 días*

Muestra 6 – Concreto patrón a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	6
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 06
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,857
Diámetros (mm)	149.60, 149.35 303.65,
Longitudes (mm)	303.40, 303.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	296.81
Diámetro promedio (mm)	149.18
Área sección transversal (mm²)	17,478.82
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	173.4
Porcentaje obtenido (%)	83

Nota. La tabla G 14 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 6 – concreto patrón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 15*Muestra 7- Concreto patrón a los 14 días*

Muestra 7- Concreto patrón a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	7
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 07
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,931
Diámetros (mm)	149.10, 149.25 303.70, 303.80,
Longitudes (mm)	303.45
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	296.81
Diámetro promedio (mm)	149.18
Área sección transversal (mm²)	17,478.82
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	173.4
Porcentaje obtenido (%)	83

Nota. La tabla G 15 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 7 – concreto patrón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 16*Muestra 08 – Concreto patrón a los 14 días*

Muestra 08-Concreto patrón a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	8
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 09
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11878
Diámetros (mm)	149.10, 149.40
Longitudes (mm)	302.8, 302.75, 302.85
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	294.2
Diámetro promedio (mm)	149.25
Área sección transversal (mm²)	17,495.23
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.8
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	171.3
Porcentaje obtenido (%)	82

Nota. La tabla G16 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 8 – concreto patrón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 17*Muestra 9 – Concreto patrón a los 14 días*

Muestra 9 – Concreto patrón a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	9
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 09
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,997
Diámetros (mm)	149.50, 149.60 303.10, 303.25, 303.40
Longitudes (mm)	303.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	305.85
Diámetro promedio (mm)	149.55
Área sección transversal (mm²)	17,565.63
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	177.4
Porcentaje obtenido (%)	84

Nota. La tabla G17 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 9 – concreto patrón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 18*Muestra 10 – Concreto patrón a los 14 días*

Muestra 10 – Concreto patrón a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	10
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 10
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,997
Diámetros (mm)	149.5, 149.60 303.10, 303.25, 303.40
Longitudes (mm)	303.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	305.85
Diámetro promedio (mm)	149.55
Área sección transversal (mm²)	17,565.63
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	177.4
Porcentaje obtenido (%)	84

Nota. La tabla G18 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 10 – concreto patrón a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 19*Muestra 11– Concreto patrón a los 28 días*

Muestra 11 – Concreto patrón a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	11
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 11
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	26/11/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	12,021
Diámetros (mm)	150.30, 150.40 301.80, 301.70,
Longitudes (mm)	301.60
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	379.6
Diámetro promedio (mm)	150.35
Área sección transversal (mm²)	17,754.06
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	21.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	218.2
Porcentaje obtenido (%)	104

Nota. La tabla G19 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 11 – concreto patrón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 20*Muestra 12 – Concreto patrón a los 28 días*

Muestra 12 – Concreto patrón a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	12
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 12
Resistencia de diseño (28 días)	210 kg/cm ²
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	26/11/2024
Edad de la muestra	28 días
Masa	12,010 g
Diámetros (mm)	150.80, 150.70
	300.40, 300.60,
Longitudes (mm)	300.70
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	368.71
Diámetro promedio (mm)	150.7
Área sección transversal (mm ²)	17,848.66
Relación L/D	1.99
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	20.7
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	211.1
Porcentaje obtenido (%)	101

Nota. La tabla G20 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 12 – concreto patrón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 21*Muestra 13 – Concreto patrón a los 28 días*

Muestra 13 – Concreto patrón a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	13
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 13
Resistencia de diseño (28 días)	210 kg/cm ²
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	26/11/2024
Edad de la muestra	28 días
Masa	12,079 g
Diámetros (mm)	149.35, 149.60 300.80, 300.90
Longitudes (mm)	,301.00
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	368.96
Diámetro promedio (mm)	150.75
Área sección transversal (mm ²)	17,848.66
Relación L/D	1.99
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	20.7
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	211.1
Porcentaje obtenido (%)	111

Nota. La tabla G21 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 13 – concreto patrón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 22*Muestra 14 – Concreto patrón a los 28 días*

Muestra 14 – Concreto patrón a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	14
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 14
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	-
Fecha de ensayo	26/11/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	12,079
Diámetros (mm)	149.35, 149.70 301.70, 300.40, 300.70
Longitudes (mm)	300.70
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	366.39
Diámetro promedio (mm)	149.75
Área sección transversal (mm²)	17,612.64
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	20.8
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	212.1
Porcentaje obtenido (%)	101

Nota. La tabla G22 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 14 – concreto patrón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 23*Muestra 15 – Concreto patrón a los 28 días*

Muestra 15 – Concreto patrón a los 28 días	
Variable	
Muestra N.º	15
Fecha de fabricación	29/10/2024
Identificación	Muestra patrón N.º 15
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	26/11/2024
Edad de la muestra (días)	28 días
Masa(g)	12,077
Diámetros (mm)	149.80, 149.40 301.80, 301.70,
Longitudes (mm)	301.50
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	374.7
Diámetro promedio (mm)	149.6
Área sección transversal (mm²)	17,577.38
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	21.3
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	217.2
Porcentaje obtenido (%)	103

Nota. La tabla G23 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 15 – concreto patrón a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 24*Muestra 1 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días*

Muestra 1 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	1
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 01 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,849
Diámetros (mm)	149.80, 149.60 300.40, 300.70, 300.10
Longitudes (mm)	300.10
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	240.3
Diámetro promedio (mm)	149.7
Área sección transversal (mm²)	17,600.88
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.7
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	139.7
Porcentaje obtenido (%)	67

Nota. La tabla G24 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 1 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 25*Muestra 2 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días*

Muestra 2 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	2
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 02 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210 kg/cm²
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	7 días
Masa(g)	11,577 g
Diámetros (mm)	149.7, 149.60 301.80, 301.70,
Longitudes (mm)	301.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	236.44
Diámetro promedio (mm)	149.65
Área sección transversal (mm²)	17,589.13
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	136.6
Porcentaje obtenido (%)	65

Nota. La tabla G25 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 02 – Concreto con Adición de 1.5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 26*Muestra 3 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días*

Muestra 3 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	3
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 03 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	7 días
Masa(g)	11,691
Diámetros (mm)	148.70, 148.40 303.80, 302.60,
Longitudes (mm)	302.65
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	244.11
Diámetro promedio (mm)	148.55
Área sección transversal (mm²)	17,331.5
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	14.1
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	143.8
Porcentaje obtenido (%)	68

Nota. La tabla G26 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 03 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 27*Muestra 4 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días*

Muestra 4 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	4
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 04 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,735
Diámetros (mm)	149.60, 149.70
Longitudes (mm)	301.70, 301.60, 301.70
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	244.51
Diámetro promedio (mm)	149.65
Área sección transversal (mm²)	17,589.13
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	14.1
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	141.7
Porcentaje obtenido (%)	67

Nota. La tabla G27 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 04 – concreto con adición de 1.5 % de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 28*Muestra 5 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días*

Muestra 5 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	5
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 05 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210 kg/cm²
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	12/11/2024
Edad de la muestra (días)	7 días
Masa(g)	11623 g
Diámetros (mm)	148.90, 149.00 302.40, 302.60,
Longitudes (mm)	302.70
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	239.78
Diámetro promedio (mm)	148.95
Área sección transversal (mm²)	17424.96
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.8
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	140.7
Porcentaje obtenido (%)	67

Nota. La tabla G28 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 05 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 29*Muestra 6 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días*

Muestra 6 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	6
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 06 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	19/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,919
Diámetros (mm)	149.60, 149.55 300.10, 300.40,
Longitudes (mm)	300.60
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	291.93
Diámetro promedio (mm)	149.58
Área sección transversal (mm²)	17,572.68
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	169.3
Porcentaje obtenido (%)	81

Nota. La tabla G29 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 06 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 30*Muestra 7– Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días*

Muestra 7– Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	7
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 07 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	19/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa (g)	11,865
Diámetros (mm)	150.35, 150.60 302.80, 302.70,
Longitudes (mm)	302.65
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	288.28
Diámetro promedio (mm)	150.48
Área sección transversal (mm²)	17,784.78
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.2
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	165.2
Porcentaje obtenido (%)	79

Nota. La tabla G30 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 07 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 31*Muestra 8 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días*

Muestra 8 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	8
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 08 (1.5%)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	19/11/2024
Edad de la muestra (días)	14 días
Masa (g)	11,887 g
Diámetros (mm)	148.10, 148.30
Longitudes (mm)	301.70, 301.80, 301.70
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	284.88
Diámetro promedio (mm)	148.2
Área sección transversal (mm²)	17,249.93
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.5
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	168.3
Porcentaje obtenido (%)	80

Nota. La tabla G31 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 08 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 32*Muestra 9 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días*

Muestra 9 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	9
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 09 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	19/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,730
Diámetros (mm)	149.80, 150.60
Longitudes (mm)	302.00, 302.40, 302.10
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	293.76
Diámetro promedio (mm)	150.2
Área sección transversal (mm²)	17,718.66
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	169.3
Porcentaje obtenido (%)	81

Nota. La tabla G32 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 09 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 33*Muestra 10 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días*

Muestra 10 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	10
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 10 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	19/11/2024
Edad de la muestra	14
Masa	11,905
Diámetros (mm)	150.35, 150.40
Longitudes (mm)	302.40, 302.00, 302.15
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	292.13
Diámetro promedio (mm)	150.38
Área sección transversal (mm²)	17,761.15
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	167.2
Porcentaje obtenido (%)	80

Nota. La tabla G33 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 10 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 34*Muestra 11 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días*

Muestra 11 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	11
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 11 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	03/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,931
Diámetros (mm)	148.90, 149.00
Longitudes (mm)	300.70, 300.80, 300.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	326.18
Diámetro promedio (mm)	149.95
Área sección transversal (mm²)	17,424.96
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	18.7
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	190.7
Porcentaje obtenido (%)	91

Nota. La tabla G34 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 11 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 35*Muestra 12 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días*

Muestra 12 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	12
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 12 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	03/12/2024
Edad de la muestra (días)	28 días
Masa(g)	11,863 g
Diámetros (mm)	148.70, 148.60 302.30, 302.40,
Longitudes (mm)	302.25
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	338.89
Diámetro promedio (mm)	148.65
Área sección transversal (mm²)	17,354.84
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	19.5
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	198.8
Porcentaje obtenido (%)	95

Nota. La tabla G35 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 12 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 36*Muestra 13 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días*

Muestra 13 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	13
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 13 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	03/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,740
Diámetros (mm)	149.70, 149.40
Longitudes (mm)	303.10, 303.25, 303.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	339.94
Diámetro promedio (mm)	149.55
Área sección transversal (mm²)	17,565.63
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	19.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	197.8
Porcentaje obtenido (%)	94

Nota. La tabla G36 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 13 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 37*Muestra 14 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días*

Muestra 14 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	14
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 14 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	03/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,830
Diámetros (mm)	149.70, 149.60
Longitudes (mm)	302.20, 302.10, 302.40
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	327.86
Diámetro promedio (mm)	149.65
Área sección transversal (mm²)	17,589.13
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	18.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	189.7
Porcentaje obtenido (%)	0.9

Nota. La tabla G37 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 14 – concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 38*Muestra 15 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días*

Muestra 15 – Concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	15
Fecha de fabricación	05/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 15 (1.5 %)
Resistencia de diseño (28 días)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	03/12/2024
Edad de la muestra	28
Masa	11,903
Diámetros (mm)	148.90, 149.10 302.10, 302.00,
Longitudes (mm)	302.15
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	331.66
Diámetro promedio (mm)	149
Área sección transversal (mm²)	17,436.67
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	19
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	193.7
Porcentaje obtenido (%)	92

Nota. La tabla G38 presenta los resultados de la rotura de probetas de la muestra 15 - concreto con adición de 1.5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 39*Muestra 1 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días*

Muestra 1– Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	1
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 01 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2024
Edad de la muestra (días)	7 días
Masa(g)	1,849 g
Diámetros (mm)	149.80,149.60 300.40,300.70,
Longitudes (mm)	300.10
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	240.3
Diámetro promedio (mm)	149.7
Área sección transversal (mm²)	17,600.88
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.7
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	139.7
Porcentaje obtenido (%)	67

Nota. La tabla G39 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 01 – concreto con adición de 2% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 40*Muestra 2– Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días*

Muestra 2 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	2
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 02 (2%)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,915
Diámetros (mm)	150.30, 150.25
Longitudes (mm)	301.60, 301.70, 301.45
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	236.68
Diámetro promedio (mm)	150.28
Área sección transversal (mm²)	17,737.54
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.3
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	135.6
Porcentaje obtenido (%)	65

Nota. La tabla G40 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 02– concreto con adición de 2% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 41*Muestra 3 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días*

Muestra 3 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	3
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 03 (2%)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	12,031
Diámetros (mm)	149.60, 149.70
Longitudes (mm)	301.70, 301.70, 301.80
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	237.52
Diámetro promedio (mm)	149.65
Área sección transversal (mm²)	17,589.13
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.5
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	137.7
Porcentaje obtenido (%)	66

Nota. La tabla G41 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 03 – concreto con adición de 2% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 42*Muestra 4 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días*

Muestra 4 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	4
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con Adición de PET N.º 04 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,965
Diámetros (mm)	150.65, 150.70
Longitudes (mm)	300.70, 300.95, 301.00
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	252.26
Diámetro promedio (mm)	150.68
Área sección transversal (mm²)	17,832.08
Relación L/D	2
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	14.1
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	143.8
Porcentaje obtenido (%)	68

Nota. La tabla G42 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 04 – concreto con adición de 2% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 43*Muestra 5 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días*

Muestra 5 – Concreto con adición de 2% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	5
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 05 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2024
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,894
Diámetros (mm)	150.45, 150.35
Longitudes (mm)	301.80, 301.70, 301.90
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	225.96
Diámetro promedio (mm)	150.4
Área sección transversal (mm²)	17,765.87
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	12.7
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	129.5
Porcentaje obtenido (%)	62

Nota. La tabla G43 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 04 – concreto con adición de 2% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 44*Muestra 6 – Concreto con Adición de 2% de PET a los 14 días*

Muestra 6 – Concreto con Adición de 2% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	6
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 06 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,693
Diámetros (mm)	149.60, 149.70
Longitudes (mm)	301.60, 301.80, 301.70
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	278.11
Diámetro promedio (mm)	149.65
Área sección transversal (mm²)	17,589.13
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	15.8 Mpa
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	161.1
Porcentaje obtenido (%)	77

Nota. La tabla G44 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 06 – concreto con adición de 2% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 45*Muestra 7– Concreto con Adición de 2% de PET a los 14 días*

Muestra 7– Concreto con Adición de 2% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	7
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 07 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,951
Diámetros (mm)	148.60, 148.40
Longitudes (mm)	302.10, 302.40, 302.00
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	287.84
Diámetro promedio (mm)	148.5
Área sección transversal (mm²)	17,319.84
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	169.3
Porcentaje obtenido (%)	81

Nota. La tabla G45 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 07 – concreto con adición de 2% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 46*Muestra 8 – Concreto con Adición de 2% de PET a los 14 días*

Muestra 8 – Concreto con Adición de 2% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	8
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 08 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,959
Diámetros (mm)	149.10, 149.70
Longitudes (mm)	300.80, 300.70, 300.80
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	287.24
Diámetro promedio (mm)	149.4
Área sección transversal (mm²)	17,530.41
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	167.2
Porcentaje obtenido (%)	80

Nota. La tabla G46 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 08–concreto con adición de 2% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 47*Muestra 9 – Concreto con adición de 2% de PET a los 14 días*

Muestra 9 – Concreto con adición de 2% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	9
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 09 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,931
Diámetros (mm)	148.70, 148.40
Longitudes (mm)	301.60, 301.70, 301.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	281.61
Diámetro promedio (mm)	148.55
Área sección transversal (mm²)	17,331.5
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.2
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	165.2
Porcentaje obtenido (%)	79

Nota. La tabla G47 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 09 – concreto con adición de 2% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 48*Muestra 10 – Concreto con adición de 2% de PET a los 14 días*

Muestra 10 – Concreto con adición de 2% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	10
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 10 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14 días
Masa(g)	11,627 g
Diámetros (mm)	150.45, 150.35 302.10, 302.40,
Longitudes (mm)	302.15
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	270.38
Diámetro promedio (mm)	148.55
Área sección transversal (mm²)	17,331.5
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	15.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	159.1
Porcentaje obtenido (%)	76

Nota. La tabla G48 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 10 – concreto con adición de 2% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 49*Muestra 11– Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días*

Muestra 11– Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	11
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 11 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28 días
Masa(g)	11,890
Diámetros (mm)	149.65, 149.40 302.10, 302.40,
Longitudes (mm)	302.60
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	313.67
Diámetro promedio (mm)	149.53
Área sección transversal (mm²)	17,560.93
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17.9
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	182.5
Porcentaje obtenido (%)	87

Nota. La tabla G49 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 11 – concreto con adición de 2% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 50*Muestra 12 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28días*

Muestra 12 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28días	
Variable	Valor
Muestra N.º	12
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 12 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,787
Diámetros (mm)	149.10,149.25
Longitudes (mm)	301.80, 301.70,301.85
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	320.58
Diámetro promedio (mm)	149.18
Área sección transversal (mm²)	17,478.82
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	18.3
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	186.6
Porcentaje obtenido (%)	89

Nota. La tabla G50 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 12 – concreto con adición de 2% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 51*Muestra 13 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días*

Muestra 13 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	13
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 13 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra	28
Masa	11,813
Diámetros (mm)	150.00 , 150.10
Longitudes (mm)	301.7, 301.80, 301.75
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	329.68
Diámetro promedio (mm)	150.05
Área sección transversal (mm²)	17,683.28
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	18.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	189.7
Porcentaje obtenido (%)	90

Nota. La tabla G51 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 13 – concreto con adición de 2% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 52*Muestra 14 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días*

Muestra 14 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	14
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 14 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28 días
Masa(g)	11,787
Diámetros (mm)	149.55, 149.60
	301.70,
Longitudes (mm)	301.60,301.75
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	335.18
Diámetro promedio (mm)	149.58
Área sección transversal (mm²)	17,572.68
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	19.1
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	194.8
Porcentaje obtenido (%)	93

Nota. La tabla G52 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 14 – concreto con adición de 2% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 53*Muestra 15 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días*

Muestra 15 – Concreto con adición de 2% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	15
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 15 (2 %)
Resistencia de diseño (28 días)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra	28 días
Masa	11,788
Diámetros (mm)	149.70, 149.85
Longitudes (mm)	302.00, 302.40, 302.35
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	305.96
Diámetro promedio (mm)	149.78
Área sección transversal (mm²)	17,619.7
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	177.4
Porcentaje obtenido (%)	84

Nota. La tabla G53 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 15 – concreto con adición de 2% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 54*Muestra 1– Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días*

Muestra 1– Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	1
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 01 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2025
Edad de la muestra (días)	7 días
Masa(g)	11,760
Diámetros (mm)	148.35, 148.45 302.10, 302.45,
Longitudes (mm)	302.60
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	195.17
Diámetro promedio (mm)	148.4
Área sección transversal (mm²)	17,296.52
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	11.3
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	115.2
Porcentaje obtenido (%)	55

Nota. La tabla G54 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 01 – concreto con adición de 5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 55*Muestra 2 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 7 días*

Muestra 2 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	2
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 02 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2025
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,810
Diámetros (mm)	150.35, 150.20
	302.70, 302.70, 302.40
Longitudes (mm)	302.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	203.43
Diámetro promedio (mm)	150.28
Área sección transversal (mm²)	17,737.54
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	11.5
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	117.3
Porcentaje obtenido (%)	56

Nota. La tabla G55 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 02 – concreto con adición de 5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 56*Muestra 3 – Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días*

Muestra 3 – Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	3
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 03 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2025
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,785
Diámetros (mm)	148.35, 148.80
	303.70, 303.40,
Longitudes (mm)	303.10
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	203.25
Diámetro promedio (mm)	148.58
Área sección transversal (mm²)	17,338.5
Relación L/D	2.04
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	11.7
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	119.3
Porcentaje obtenido (%)	57

Nota. La tabla G56 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 03 –concreto con adición de 5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 57*Muestra 4 – Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días*

Muestra 4 – Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	4
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 04 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2025
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,821 g
Diámetros (mm)	150.60, 150.75
Longitudes (mm)	302.10, 302.40, 302.15
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	184.86
Diámetro promedio (mm)	150.68
Área sección transversal (mm²)	17,832.08
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	10.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	106.1
Porcentaje obtenido (%)	51

Nota. La tabla G57 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 04 – concreto con adición de 5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 58*Muestra 5 – Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días*

Muestra 5 – Concreto con adición de 5% de PET a los 7 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	5
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con Adición de PET N.º 05 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	13/11/2025
Edad de la muestra (días)	7
Masa(g)	11,821
Diámetros (mm)	150.60, 150.75
Longitudes (mm)	302.1, 302.40, 302.15
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	184.86
Diámetro promedio (mm)	150.68
Área sección transversal (mm²)	17,832.08
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	10.4
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	106.1
Porcentaje obtenido (%)	51

Nota. La tabla G58 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 05 – concreto con adición de 5% de PET a los 7 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 59*Muestra 6 – Concreto con adición de 5% de PET a los 14 días*

Muestra 6 – Concreto con adición de 5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	6
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con Adición de PET N.º 06 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2025
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11942
Diámetros (mm)	150.10, 150.25 301.60, 301.70,
Longitudes (mm)	301.65
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	227.85
Diámetro promedio (mm)	150.18
Área sección transversal (mm²)	17,713.94
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	12.9
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	131.5
Porcentaje obtenido (%)	63

Nota. La tabla G59 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 06 – concreto con adición de 5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 60:*Muestra 7– Concreto con adición de 5% de PET a los 14 días*

Muestra 7 – Concreto con adición de 5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	7
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 07 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14 días
Masa(g)	11,961 g
Diámetros (mm)	149.80, 149.60 301.70, 301.70, 301.90
Longitudes (mm)	301.90
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	234.82
Diámetro promedio (mm)	149.7
Área sección transversal (mm²)	17,600.88
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.3
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	135.6
Porcentaje obtenido (%)	65

Nota. La tabla G60 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 07 – concreto con adición de 5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 61*Muestra 8 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 14 días*

Muestra 8 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	8
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 08 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14 días
Masa(g)	12,001 g
Diámetros (mm)	148.70, 148.40
	302.00, 302.10,
Longitudes (mm)	301.90
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	235.73
Diámetro promedio (mm)	148.55
Área sección transversal (mm²)	17,331.5
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	138.7
Porcentaje obtenido (%)	66

Nota. La tabla G61 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 08 – concreto con adición de 5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 62*Muestra 9 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 14 días*

Muestra 9 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	9
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 09 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210 kg/cm²
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14
Masa(g)	11,970
Diámetros (mm)	150.60, 150.70 301.25, 301.40,
Longitudes (mm)	301.60
Tipo de fractura	Tipo 5
Carga máxima (kN)	240.52
Diámetro promedio (mm)	150.65
Área sección transversal (mm²)	17,824.98
Relación L/D	2
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.5
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	137.7
Porcentaje obtenido (%)	66

Nota. La tabla G62 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 09 – concreto con adición de 5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 63*Muestra 10 – Concreto con adición de 5% de PET a los 14 días*

Muestra 10 – Concreto con adición de 5% de PET a los 14 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	10
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 10 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	20/11/2024
Edad de la muestra (días)	14 días
Masa(g)	11,911 g
Diámetros (mm)	149.60, 149.70 300.70, 300.80, 300.85
Longitudes (mm)	300.85
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	239.55
Diámetro promedio (mm)	149.65
Área sección transversal (mm²)	17,589.13
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	13.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	138.7
Porcentaje obtenido (%)	66

Nota. La tabla G63 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 10 – concreto con adición de 5% de PET a los 14 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 64*Muestra 11 –Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días*

Muestra 11– Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	11
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 11 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días)(kg/cm ²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28 días
Masa(g)	11,596 g
Diámetros (mm)	149.25, 149.30
Longitudes (mm)	301.80, 301.70, 301.40
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	278.38
Diámetro promedio (mm)	149.28
Área sección transversal (mm ²)	17,502.26
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	15.9
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	162.1
Porcentaje obtenido (%)	77

Nota. La tabla G64 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 11– concreto con adición de 5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 65*Muestra 12 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 28 días*

Muestra 12 – Concreto con Adición de 5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	12
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 12 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,801
Diámetros (mm)	149.40, 149.80
	302.00, 302.05,
Longitudes (mm)	301.90
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	280.87
Diámetro promedio (mm)	149.6
Área sección transversal (mm²)	17,577.38
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	163.2
Porcentaje obtenido (%)	78

Nota. La tabla G65 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 12 – concreto con adición de 5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 66*Muestra 13 – Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días*

Muestra 13 – Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	13
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 13 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,674
Diámetros (mm)	148.90, 149.40
	301.80, 301.70,
Longitudes (mm)	301.85
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	289.28
Diámetro promedio (mm)	148.95
Área sección transversal (mm²)	17,424.96
Relación L/D	2.03
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	169.3
Porcentaje obtenido (%)	81

Nota. La tabla G66 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 13 – concreto con adición de 5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 67*Muestra 14 –Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días*

Muestra 14–Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	4
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 14 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,745
Diámetros (mm)	150150.05
Longitudes (mm)	302.20, 302.10, 302.30
Tipo de fractura	Tipo 2
Carga máxima (kN)	298.42
Diámetro promedio (mm)	150.03
Área sección transversal (mm²)	17,678.57
Relación L/D	2.01
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	16.9
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	172.3
Porcentaje obtenido (%)	82

Nota. La tabla G67 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 14–concreto con adición de 5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia

Tabla G 68*Muestra 15–Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días*

Muestra 15–Concreto con adición de 5% de PET a los 28 días	
Variable	Valor
Muestra N.º	15
Fecha de fabricación	06/11/2024
Identificación	Concreto con adición de PET N.º 15 (5 %)
Resistencia de diseño (28 días) (kg/cm²)	210
Defectos de la muestra	–
Fecha de ensayo	04/12/2024
Edad de la muestra (días)	28
Masa(g)	11,833
Diámetros (mm)	149.35, 149.60
	301.80, 301.80,
Longitudes (mm)	301.85
Tipo de fractura	Tipo 3
Carga máxima (kN)	308.25
Diámetro promedio (mm)	149.48
Área sección transversal (mm²)	17,549.19
Relación L/D	2.02
Factor	1
Resistencia a la compresión (MPa)	17.6
Resistencia a la compresión (kg/cm²)	179.5
Porcentaje obtenido (%)	85

Nota. La tabla G68 muestra los resultados de la rotura de probetas de la muestra 15 –concreto con adición de 5% de PET a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 69:

Resistencia a compresión del concreto patrón a los 7 días de curado

CONCRETO PATRÓN A LOS 7 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d)	Altura (h)	Carga de Ruptura	F'c máx	Tipo de Falla	%	F'c Prom	Desv. Est.
	(mm)	(mm)	(kg)	(Kg/cm2)			(Kg/cm2)	(σ)
M1	150.50	305.38	26116.21	146.8	Tipo 3	70%		
M2	149.75	305.37	26964.32	153	Tipo 3	73%		
M3	151.38	302.72	26669.72	147.9	Tipo 3	70%	150.5	2.64
M4	148.55	303.5	26540.27	153	Tipo 5	73%		
M5	150.38	304.67	26899.08	151.9	Tipo 2	72%		

Nota: La tabla G69 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizados al concreto patrón a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 70

Resistencia a compresión del concreto patrón a los 14 días de curado

CONCRETO PATRÓN A LOS 14 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d)	Altura (h)	Carga de Ruptura	F'c máx	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom	Desv. Est.
	(mm)	(mm)	(kg)	(Kg/cm2)			(Kg/cm2)	(σ)
M1	149.48	303.58	30316	172.3	Tipo 2	82%		
M2	149.18	303.65	30255.86	173.4	Tipo 2	83%		
M3	149.25	302.80	29989.81	171.3	Tipo 2	82%	174.2	2.36
M4	149.55	303.25	31177.37	177.4	Tipo 2	84%		
M5	148.95	302.53	30672.78	176.4	Tipo 3	84%		

Nota: La tabla G70 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizados al concreto patrón a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 71

Resistencia a compresión del concreto patrón a los 14 días de curado

CONCRETO PATRÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d)	Altura (h)	Carga de Ruptura	F'c máx	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom	Desv. Est.
	(mm)	(mm)	(kg)	(Kg/cm2)			(Kg/cm2)	(σ)
M1	150.35	301.70	38648.32	218.2	Tipo 2	104%		
M2	150.75	300.57	37585.12	211.1	Tipo 3	101%		
M3	149.48	300.90	37610.6	214.1	Tipo 3	102%	214.5	2.77
M4	149.75	300.93	37348.62	212.1	Tipo 5	101%		
M5	149.6	301.67	38195.72	217.2	Tipo 3	103%		

Nota: La tabla G71 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizados al concreto patrón a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 72

Resistencia a compresión del concreto con adición del 1.5% de fibra PET a los 7 días de curado

CONCRETO CON 1.5% DE FIBRA PET LOS 7 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d)	Altura (h)	Carga de Ruptura	F'c máx	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom	Desv. Est.
	(mm)	(mm)	(kg)	(Kg/cm2)			(Kg/cm2)	(σ)
M1	149.70	300.40	24495.41	139.7	Tipo 2	67%		
M2	149.65	301.63	24101.94	136.6	Tipo 2	65%		
M3	148.55	303.02	24883.79	143.8	Tipo 2	68%	140.5	2.38
M4	149.65	301.67	24924.57	141.7	Tipo 2	67%		
M5	148.95	302.60	24442.41	140.7	Tipo 3	67%		

Nota: La tabla G72 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 1.5 % de fibra PET a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 73

Resistencia a compresión del concreto con adición del 1.5% de fibra PET a los 14 días de curado

CONCRETO CON 1.5% DE FIBRA PET LOS 14 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	149.58	300.67	29758.41	169.3	Tipo 2	81%		
M2	150.48	302.72	29386.34	165.2	Tipo 2	79%		
M3	148.20	301.73	29039.76	168.3	Tipo 3	80%	167.9	1.54
M4	150.2	302.17	29944.95	169.3	Tipo 3	81%		
M5	150.38	302.18	29796.13	167.2	Tipo 2	80%		

Nota: La tabla G73 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 1.5 % de fibra PET a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 74

Resistencia a compresión del concreto con adición del 1.5% de fibra PET a los 28 días de curado

CONCRETO CON 1.5% DE FIBRA PET A LOS 28 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	148.95	300.63	33249.75	190.7	Tipo 2	91%		
M2	148.65	302.32	34545.36	198.8	Tipo 2	95%		
M3	149.55	303.25	34652.4	197.8	Tipo 2	94%	194.1	3.65
M4	149.65	302.23	33421	189.7	Tipo 3	90%		
M5	149	302.08	33808.36	193.7	Tipo 2	92%		

Nota: La tabla G74 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 1.5 % de fibra PET a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 75

Resistencia a compresión del concreto con adición del 2% de fibra PET a los 7 días de curado

CONCRETO CON 2% DE FIBRA PET A LOS 7 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	150.28	302.6	24231.4	134.6	Tipo 5	64%		
M2	150.28	301.58	24126.4	135.6	Tipo 3	65%		
M3	149.65	301.75	24212.03	137.7	Tipo 5	66%	136.2	4.64
M4	150.68	300.88	25714.58	143.8	Tipo 3	68%		
M5	150.4	301.80	23033.64	129.5	Tipo 3	62%		

Nota: La tabla G75 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 2 % de fibra PET a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 76

Resistencia a compresión del concreto con adición del 2% de fibra PET a los 14 días de curado

CONCRETO CON 2% DE FIBRA PET A LOS 14 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	149.65	301.7	28349.64	161.1	Tipo 3	77%		
M2	148.5	302.17	29341.49	169.3	Tipo 3	81%		
M3	149.40	300.77	29280.33	167.2	Tipo 5	80%	164.4	3.79
M4	148.55	301.57	28706.42	165.2	Tipo 2	79%		
M5	148.55	302.22	27561.67	159.1	Tipo 2	76%		

Nota: La tabla G76 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 2 % de fibra PET a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 77

Resistencia a compresión del concreto con adición del 2% de fibra PET a los 28 días de curado

CONCRETO CON 2% DE FIBRA PET A LOS 28 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	149.53	302.37	31974.52	182.5	Tipo 2	87%		
M2	149.18	301.78	32678.9	186.6	Tipo 5	89%		
M3	150.05	301.75	33606.52	189.7	Tipo 3	90%	186.2	5.97
M4	149.58	301.68	34167.18	194.8	Tipo 5	93%		
M5	149.78	302.25	31188.58	177.4	Tipo 5	84%		

Nota: La tabla G77 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 2 % de fibra PET a los 28 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 78

Resistencia a compresión del concreto con adición del 5% de fibra PET a los 7 días de curado

CONCRETO CON 5% DE FIBRA PET A LOS 7 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	148.40	302.38	19895.01	115.2	Tipo 2	55%		
M2	150.28	302.63	20737	117.3	Tipo 2	56%		
M3	148.58	303.40	20718.65	119.3	Tipo 2	57%	113.8	4.71
M4	150.68	302.22	18844.04	106.1	Tipo 3	51%		
M5	150.13	303.12	19743.12	111.1	Tipo 5	53%		

Nota: La tabla G78 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 5% de fibra PET a los 7 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 79

Resistencia a compresión del concreto con adición del 5% de fibra PET a los 14 días de curado

CONCRETO CON 5% DE FIBRA PET A LOS 14 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	150.18	301.65	23226.3	131.5	Tipo 2	63%	136.4	2.72
M2	149.7	301.77	23936.8	135.6	Tipo 2	65%		
M3	148.55	302.00	24029.56	138.7	Tipo 5	66%		
M4	150.65	301.75	24517.84	137.7	Tipo 5	66%		
M5	149.65	300.78	24418.96	138.7	Tipo 2	66%		

Nota: La tabla G79 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 5% de fibra PET a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Tabla G 80

Resistencia a compresión del concreto con adición del 5% de fibra PET a los 28 días de curado

CONCRETO CON 5% DE FIBRA PET A LOS 28 DÍAS DE CURADO								
F'c=210 (Kg/cm2)								
ID	Diam (d) (mm)	Altura (h) (mm)	Carga de Ruptura (kg)	F'c máx (Kg/cm2)	Tipo de Falla	(%)	F'c Prom (Kg/cm2)	Desv. Est. (σ)
M1	149.28	301.63	28377.17	162.1	Tipo 2	77%	169.3	6.35
M2	149.6	301.98	28630.99	163.2	Tipo 3	78%		
M3	148.95	301.78	29488.28	169.3	Tipo 2	81%		
M4	150.03	302.20	30419.98	172.3	Tipo 2	82%		
M5	149.48	301.78	31422.02	179.5	Tipo 3	85%		

Nota: La tabla G80 presenta los resultados del ensayo de resistencia a la compresión aplicados a las probetas de concreto con adición del 5% de fibra PET a los 14 días de curado. Fuente: Elaboración propia.

Anexo H

Planos de los prototipos utilizados para la fabricación de Fibras PET