

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 21$ Mpa, en la ciudad de Abancay, 2023

Presentado por:

Edith Miriam Aguirre Robles

Para optar el título de Ingeniero Civil

Abancay-Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 21$ Mpa, en la ciudad de Abancay, 2023

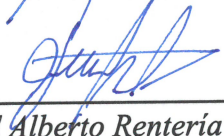
Presentado por **Edith Miriam Aguirre Robles**, para optar el título de Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 11 de Julio del 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:


Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

Primer miembro:


Dr. Ronald Alberto Rentería Ayquipa

Segundo miembro:


Mtro. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Asesor:


Mtro. Feliciano Escobedo Silva.





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

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 142-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023"**, presentado por la Bachr: **Edith Miriam Aguirre Robles**, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (19%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 30 de junio del 2025

Atentamente,


Dra. Helymeralda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 458

Agradecimientos

A mis familiares, quienes han sido una fuente constante e incondicional de apoyo a lo largo de mi vida, les expreso mi más sincero agradecimiento. En especial, quiero dedicar estas palabras a mis padres, sin cuyo amor, esfuerzo y sacrificio no habría sido posible culminar mi carrera profesional.

A mi madre, Eusebia Robles Moreano, por enseñarme con su ejemplo que, pese a las adversidades, siempre hay que levantarse y seguir adelante. Su fortaleza y determinación han sido una inspiración inquebrantable en mi camino.

A mi padre, Juan Luis Aguirre Herbay, por motivarme cada mañana a seguir estudiando, por cada gesto de aliento y por aquella propina diaria que llevaba consigo un mensaje de confianza en mi futuro. Agradezco también con especial cariño a mi hermana Maruja Aguirre Robles y esposo, por su compañía, afecto, apoyo presente. A mi compañero de vida, Darcy Julián Robles Palomino, por estar a mi lado en cada paso, brindándome su amistad, amor y comprensión incondicional.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a la (UNAMBA), por las incomparables oportunidades que me ha brindado en mi formación profesional. De manera especial, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil (EAPIC) y a sus docentes, por compartir sus conocimientos, experiencia y compromiso académico durante mi permanencia en sus aulas.

Edith Miriam Aguirre Robles.



Dedicatoria

Dedico esta tesis con profundo cariño a todas las personas que contribuyeron y estuvieron a mi lado para alcanzar uno de los sueños más importantes de mi vida: culminar mi carrera profesional.

A mis padres, Eusebia Robles Moreano y Juan Luis Aguirre Herbay, pilares fundamentales de mi existencia. Gracias, madre, por enseñarme a nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles, y por ser el motor constante que me impulsó a seguir adelante. Gracias, padre, por motivarme día a día con aquellos pequeños gestos que marcaron grandes diferencias. A mi hermana Maruja Aguirre Robles y esposo, por su afecto silencioso, pero siempre presente, y a mi compañero de vida, Darcy Julián Robles Palomino, por su amor, comprensión y constante compañía en este camino. También dedico esta tesis a la (UNAMBA), en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil (EAPIC) y a sus docentes, por haberme formado con exigencia, sabiduría y dedicación.

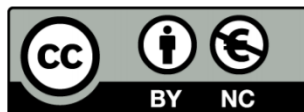
Edith Miriam Aguirre Robles.



Influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=21$ Mpa, en la ciudad de Abancay-2023

Línea de investigación: Ingeniería de materiales

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons.



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del Problema	6
1.2.1 Problema General	6
1.2.2 Problemas Específicos	6
1.3 Justificación de la investigación	7
1.3.1 Factibilidad del desarrollo de la tesis:	7
1.3.2 Justificación por conveniencia	7
1.3.3 Justificación por relevancia social	7
1.3.4 Justificación por implicaciones prácticas	8
1.3.5 Justificación por valor teórico	8
1.3.6 Justificación por utilidad metodológica	8
1.3.7 Viabilidad de la investigación	8
CAPÍTULO II	10
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	10
2.1 Objetivos de la investigación	10
2.1.1 Objetivo General	10
2.1.2 Objetivos Específicos	10
2.2 Hipótesis de la Investigación	10
2.2.1 Hipótesis general	10
2.2.2 Hipótesis Específicos	10
2.3 Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO III	15
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	15
3.1 Antecedentes.	15
3.1.1 Antecedentes a nivel internacional	15
3.1.2 Antecedentes a nivel nacional	17
3.1.3 Antecedentes a nivel local	19
3.2 Marco Teórico	22
3.2.1 Propiedades mecánicas del concreto	22



3.2.2	Ensayos de laboratorio de agregados antes del diseño de mezcla	34
3.2.3	Diseño de mezcla.	45
3.2.4	Adición de fibras artificiales recicladas	55
3.2.5	Fibras de acero	56
3.2.6	Fibras PET	58
3.3	Marco Conceptual	61
CAPÍTULO IV		63
METODOLOGÍA		63
4.1	Tipo y enfoque de la investigación.	63
4.1.1	Nivel de la Investigación	63
4.1.2	Enfoque de la investigación	63
4.1.3	Tipo de la investigación	64
4.2	Diseño de la investigación	64
4.3	Población y Muestra	65
4.3.1	Población	65
4.3.2	Muestreo	66
4.3.3	Muestra	66
4.4	Procedimiento	69
4.4.1	Diseño de mezcla Método ACI 211	70
4.5	Técnicas e instrumentos	80
4.6	Análisis estadístico	81
4.6.1	Media aritmética (x)	81
4.6.2	Varianza (s^2)	81
4.6.3	Desviación típica o estándar (s)	81
4.6.4	Prueba de hipótesis	82
4.6.5	Errores en la prueba de hipótesis	82
4.6.6	Nivel de significancia de la prueba	82
4.6.7	Prueba con una distribución de población normal	82
4.6.8	Prueba de normalidad	83
4.6.9	Igualdad de varianzas (Homocedasticidad)	83
4.6.10	Análisis de la varianza (ANOVA)	84
CAPÍTULO V		86
RESULTADOS Y DISCUSIONES		86
5.1	Análisis de resultados del objetivo general	86
5.1.1	Diseño de mezcla convencional	86
5.1.2	Diseño de mezcla con fibra de acero reciclado	86
5.1.3	Diseño de mezcla con fibra PET reciclado	88
5.1.4	Resistencia a la compresión	90
5.1.5	Módulo de rotura del concreto	92
5.2	Análisis de resultados del objetivo específico 1	93
5.2.1	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1	93



5.2.2	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 2	95
5.2.3	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 3	97
5.3	Análisis de resultados del objetivo específico 2	99
5.3.1	Módulo de rotura del Grupo Experimental 1	99
5.3.2	Módulo de rotura del Grupo Experimental 2	100
5.3.3	Módulo de rotura del Grupo Experimental 3	101
5.4	Análisis de resultados del objetivo específico 3	101
5.4.1	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 4	101
5.4.2	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 5	103
5.4.3	Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6	105
5.5	Análisis de resultados del objetivo específico 4	108
5.5.1	Módulo de rotura del Grupo Experimental 4	108
5.5.2	Módulo de rotura del Grupo Experimental 5	109
5.5.3	Módulo de rotura del Grupo Experimental 6	109
5.6	Análisis de resultados del grupo de control	110
5.6.1	Resistencia a la compresión del Grupo de Control	110
5.6.2	Módulo de rotura del Grupo de Control	112
5.7	Contrastación de hipótesis	113
5.7.1	Contrastación de la hipótesis específica 1	113
5.7.2	Contrastación de la hipótesis específica 2	119
5.7.3	Contrastación de la hipótesis específica 3	123
5.7.4	Contrastación de la hipótesis específica 4	129
5.7.5	Contrastación de la hipótesis general	133
5.7.6	Costos del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y fibras Pet	136
5.7.7	Interpretación Técnica de las Tablas de Resultados del Concreto con Fibras Recicladas, Fibras de acero y fibras Pet	141
5.8	Discusión	143
	CAPÍTULO VI	150
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
6.1	Conclusiones	150
6.2	Recomendaciones	151
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
	ANEXOS	158



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de la variable independiente	12
Tabla 2 — Operacionalización de la variable dependiente	14
Tabla 3 — Cantidad mínima de muestra para análisis granulométrico	37
Tabla 4 — Requisito granulométrico para agregado grueso (ASTM C33)	38
Tabla 5 — Requerimientos aproximado de agua y contenido de aire para diferentes revenimientos y TMN	48
Tabla 6 — Elección de resistencia del concreto valor empírico	49
Tabla 7 — Elección de resistencia del concreto	50
Tabla 8 — Relación Agua/cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del concreto	51
Tabla 9 — Volumen de agregado grueso varillado en seco para distintos módulos de finura	52
Tabla 10 — Propiedades físicas del PET	59
Tabla 11 — Propiedades mecánicas del PET	60
Tabla 12 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 1 (Ge1)	67
Tabla 13 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 2 (Ge2)	67
Tabla 14 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 3 (Ge3)	67
Tabla 15 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 4 (Ge4)	68
Tabla 16 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 5 (Ge5)	68
Tabla 17 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 6 (Ge6)	68
Tabla 18 — Muestra de especímenes del Grupo de control (Gc)	68
Tabla 19 — Relación de ensayos realizados a los agregados fino y grueso	69
Tabla 20 — Resultados de los agregados fino y grueso de ensayos realizados	70
Tabla 21 — Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción	71
Tabla 22 — Asentamientos elegido para el diseño de mezcla	72
Tabla 23 — Requerimientos aproximado de agua y contenido de aire para diferentes revenimientos y TMN	72
Tabla 24 — Resistencia a la compresión requerida	73
Tabla 25 — Resistencia a la compresión elegida	73
Tabla 26 — Relación Agua/cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del concreto	73
Tabla 27 — Elección de Datos del concreto calculado sin aire incorporado	74
Tabla 28 — Relación Agua/cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del concreto con relación a datos obtenidos anteriormente	74
Tabla 29 — Cálculo del contenido de cemento	74
Tabla 30 — Volumen de agregado grueso varillado en seco para distintos módulos de finura	75
Tabla 31 — Volumen de agregado Grueso	75



Tabla 32 — Volumen de agregado Fino	76
Tabla 33 — cálculo de Pesos	76
Tabla 34 — corrección por humedad y absorción	77
Tabla 35 — Dosificación a utilizar	77
Tabla 36 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla convencional	86
Tabla 37 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%	87
Tabla 38 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%	87
Tabla 39 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%	88
Tabla 40 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 1%	89
Tabla 41 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 3%	89
Tabla 42 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 5%	90
Tabla 43 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 7 días	93
Tabla 44 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 14 días	94
Tabla 45 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 28 días	94
Tabla 46 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 2 a 7 días	95
Tabla 47 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 2 a 14 días	96
Tabla 48 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 2 a 28 días	96
Tabla 49 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 3 a 7 días	97
Tabla 50 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 3 a 14 días	98
Tabla 51 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 3 a 28 días	98
Tabla 52 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 1 a 28 días	99
Tabla 53 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 2 a 28 días	100
Tabla 54 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 3 a 28 días	101
Tabla 55 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 4 a 7 días	101
Tabla 56 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 4 a 14 días	102
Tabla 57 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 4 a 28 días	102
Tabla 58 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 5 a 7 días	103
Tabla 59 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 5 a 14 días	104
Tabla 60 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 5 a 28 días	104
Tabla 61 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6 a 7 días	106
Tabla 62 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6 a 14 días	106
Tabla 63 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6 a 28 días	107
Tabla 64 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 4 a 28 días	108
Tabla 65 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 5 a 28 días	109
Tabla 66 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 6 a 28 días	109
Tabla 67 — Resistencia a la compresión del Grupo de Control a 7 días	110
Tabla 68 — Resistencia a la compresión del Grupo de Control a 14 días	111
Tabla 69 — Resistencia a la compresión del Grupo de Control a 28 días	111
Tabla 70 — Módulo de rotura del Grupo de Control a 28 días	112



Tabla 71 — Prueba de normalidad para edad de 7 días	114
Tabla 72 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 7 días	114
Tabla 73 — Prueba de normalidad para edad de 14 días	115
Tabla 74 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 14 días	115
Tabla 75 — Prueba de normalidad para edad de 28 días	115
Tabla 76 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días	116
Tabla 77 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 7 días	116
Tabla 78 — ANOVA factor resistencia a la compresión del concreto a 14 días	117
Tabla 79 — ANOVA factor resistencia a la compresión del concreto a 28 días	117
Tabla 80 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 7 días	118
Tabla 81 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 14 días	118
Tabla 82 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 28 días	119
Tabla 83 — Prueba de normalidad para edad de 28 días, módulo de rotura	121
Tabla 84 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días, módulo de rotura	121
Tabla 85 — ANOVA de un factor, Módulo de rotura del concreto a 28 días	121
Tabla 86 — Subconjuntos homogéneos módulo de rotura – edad 28 días	122
Tabla 87 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 7 días	124
Tabla 88 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 7 días	124
Tabla 89 — Prueba de normalidad para edad de 14 días	125
Tabla 90 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 14 días	125
Tabla 91 — Prueba de normalidad para edad de 28 días	125
Tabla 92 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días	126
Tabla 93 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 7 días	126
Tabla 94 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 14 días	127
Tabla 95 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 28 días	127
Tabla 96 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 7 días	128
Tabla 97 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 14 días	128
Tabla 98 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 28 días	129
Tabla 99 — Prueba de normalidad para edad de 28 días, módulo de rotura	131
Tabla 100 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días, módulo de rotura	131
Tabla 101 — ANOVA de un factor, Módulo de rotura del concreto a 28 días	132
Tabla 102 — Subconjuntos homogéneos módulo de rotura – edad 28 días	132
Tabla 103 — Prueba de homogeneidad de varianzas para la edad de 28 días	134
Tabla 104 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 28 días	135
Tabla 105 — Análisis de costos unitarios de concreto patrón	136
Tabla 106 — Análisis de costos unitarios de concreto +1% fibras de Acero	137
Tabla 107 — Análisis de costos unitarios de concreto +3% fibras de Acero	138
Tabla 108 — Análisis de costos unitarios de concreto +5% fibras de Acero	138
Tabla 109 — Análisis de costos unitarios de concreto +1% fibras de Pet	139
Tabla 110 — Análisis de costos unitarios de concreto +3% fibras de Pet	140
Tabla 111 — Análisis de costos unitarios de concreto +5% fibras de Pet	140



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 —Tipos de fallas comunes en probetas de concreto ensayadas a compresión Fuente: (Norma ASTM C39/C39M 2014)	30
Figura 2 — a) El ensayo de flexión es utilizado con frecuencia para medir la resistencia de materiales frágiles y b) la deformación (δ) obtenida por flexión.	32
Figura 3 — Apisonado con 25 golpes de varilla por capa.	45
Figura 4 — Fibras de acero para concreto	57
Figura 5 — Envases PET	59
Figura 6 — Diseño experimental de la investigación	65
Figura 7 — Reciclaje de fibra de acero	69
Figura 8 — Medición del asentamiento del concreto	71
Figura 9 — Pesado de las fibras PET y fibras de acero mediante balanza analítica	78
Figura 10 — Elaboración de briquetas y vigas de concreto	79
Figura 11 — Curado del concreto	79
Figura 12 — Ensayo de resistencia a la compresión simple y resistencia a la flexión	80
Figura 13 — Resistencia a la compresión del concreto a 7 días	90
Figura 14 — Resistencia a la compresión del concreto a 14 días	91
Figura 15 — Resistencia a la compresión del concreto a 28 días	91
Figura 16 — Curva de resistencia a la compresión	92
Figura 17 — Modulo de rotura del concreto a 28 días	92
Figura 18 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%	95
Figura 19 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%	97
Figura 20 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%	99
Figura 21 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%	103
Figura 22 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%	105
Figura 23 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%	108
Figura 24 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla convencional	112
Figura 25 — Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino	162
Figura 26 — Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso	163

Figura 27 — Resultados del peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso	164
Figura 28 — Resultados del peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino	165
Figura 29 — Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso	166
Figura 30 — Resultados de la gravedad específica y absorción del agregado fino	167
Figura 31 — Resultados del contenido de humedad del agregado grueso	168
Figura 32 — Resultados del contenido de humedad del agregado fino	169
Figura 33 — Diseño de mezcla para concreto de resistencia $F'c=210\text{kg/cm}^2$	170
Figura 34 — Diseño de mezcla para concreto de resistencia $F'c=210\text{kg/cm}^2$	171
Figura 35 — Diseño de mezcla para concreto de resistencia $F'c=210\text{kg/cm}^2$	172
Figura 36 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño convencional	173
Figura 37 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de acero reciclado al 1%	174
Figura 38 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de acero reciclado al 3%	175
Figura 39 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de acero reciclado al 5%	176
Figura 40 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de PET reciclado al 1%	177
Figura 41 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de PET reciclado al 3%	178
Figura 42 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de PET reciclado al 5%	179
Figura 43 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño patrón	180
Figura 44 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 1% de fibra de acero	181
Figura 45 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 3% de fibra de acero	182
Figura 46 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 5% de fibra de acero	183
Figura 47 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 1% de fibra PET	184
Figura 48 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 3% de fibra PET	185
Figura 49 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 5% de fibra PET	186
Figura 50 — Análisis granulométrico del agregado grueso	187
Figura 51 — Análisis granulométrico del agregado fino	187
Figura 52 — Proceso de tamizado del agregado fino y grueso	188
Figura 53 — Peso específico y absorción del agregado grueso	188
Figura 54 — Medición del asentamiento del concreto fresco	189
Figura 55 — Elaboración de probetas cilíndricas de concreto	189
Figura 56 — Elaboración de vigas de concreto	190
Figura 57 — Proceso de curado del concreto	190

Figura 58 — Especímenes cilíndricos de concreto antes de ser sometidos al ensayo de compresión simple	191
Figura 59 — Vigas de concreto antes del ensayo de resistencia a la flexión con cargas a los tercios del tramo	192
Figura 60 — Especímenes cilíndricos de concreto después de ser sometidos al ensayo de compresión simple	192
Figura 61 — Especímenes cilíndricos de concreto después de ser sometidos al ensayo de compresión simple	193
Figura 62 — Especímenes cilíndricos de concreto después de ser sometidos al ensayo de compresión simple	193
Figura 63 — Vigas de concreto después de ser sometidos al ensayo de flexión con cargas a los tercios del tramo	194
Figura 64 — Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto a edades de 7, 14 y 28 días	195
Figura 65 — Ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas a edades de 7, 14 y 28 días	196
Figura 66 — Análisis visual de la estructura del concreto con presencia de fibras PET y fibras de acero	197
Figura 67 — Asesor de tesis verificando los ensayos de resistencia a la compresión del concreto	198
Figura 68 — Asesor de tesis verificando los ensayos de resistencia a la flexión	198



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el concreto es el material más empleado en la construcción de elementos estructurales debido a su durabilidad, resistencia y adaptabilidad. Sin embargo, su comportamiento mecánico puede optimizarse mediante la incorporación de materiales complementarios. Paralelamente, la acumulación de residuos sólidos como botellas plásticas de tereftalato de polietileno (PET) y sobrantes de acero reciclado en la ciudad de Abancay plantea un serio problema ambiental, ya que estos materiales no cuentan con un sistema de reaprovechamiento eficiente, generando contaminación y desaprovechamiento de recursos.

Ante esta problemática, la presente investigación propone evaluar el uso de fibras recicladas de acero reciclado y PET como refuerzo en la mezcla de concreto, analizando su efecto en las propiedades mecánicas del mismo, particularmente en su resistencia a la compresión, tracción y flexión. De esta forma, se busca ofrecer una alternativa que permita, por un lado, mejorar el desempeño del concreto y, por otro, reutilizar materiales residuales. El objetivo principal de esta tesis es determinar la influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 21$ MPa, en la ciudad de Abancay, de manera que se pueda identificar qué tipo y porcentaje de fibra resulta más eficiente según las condiciones estructurales y ambientales locales.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental puro. Se manipulan deliberadamente variables independientes (tipo y porcentaje de fibra reciclada) para evaluar su efecto sobre variables dependientes (propiedades mecánicas del concreto). La población estuvo conformada por 126 briquetas cilíndricas y 42 vigas prismáticas. La muestra fue organizada en siete grupos: uno de control (sin fibras) y seis grupos experimentales (con fibras de PET y acero en proporciones de 1 %, 3 % y 5 %). Para la recolección de datos se aplicaron ensayos normalizados

La tesis se estructura en seis capítulos: Capítulo I plantea el problema de investigación y su justificación; el Capítulo II expone los objetivos, hipótesis y variables; el Capítulo III desarrolla el marco teórico, antecedentes y marco conceptual; el Capítulo IV describe la



metodología, tipo y diseño de estudio, población, muestra y análisis estadístico; el Capítulo V presenta los resultados y su discusión; y el Capítulo VI expone las conclusiones, recomendaciones



RESUMEN

La presente investigación titulada “Influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f^c = 21$ MPa, en la ciudad de Abancay – 2023”, tuvo como objetivo determinar el efecto que produce la incorporación de fibras de acero reciclado y fibras de PET en las propiedades mecánicas del concreto, específicamente en su resistencia a la compresión, tracción y flexión. Este estudio surge como respuesta al creciente problema ambiental generado por residuos sólidos, como botellas de PET y restos de acero, proponiendo su reutilización como refuerzo alternativo en la producción de concreto.

La metodología empleada se basó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño experimental, ya que se manipuló intencionadamente la variable independiente (porcentaje de fibras recicladas) para evaluar su impacto sobre variables dependientes (resistencias mecánicas). La población estuvo compuesta por 126 unidades de briquetas y 42 unidades de vigas de concreto, y la muestra se dividió en siete grupos: un grupo de control (concreto sin adición de fibras) y seis grupos experimentales, distribuidos según el tipo y porcentaje de fibra añadida. Los grupos Ge1, Ge2 y Ge3 emplearon fibras de acero reciclado al 1 %, 3 % y 5 %, respectivamente, mientras que los grupos Ge4, Ge5 y Ge6 utilizaron fibras de PET reciclado en los mismos porcentajes.

Los resultados revelaron que el grupo Ge2 (3 % de acero reciclado) y el grupo Ge5 (3 % de PET reciclado) obtuvieron resistencias a la compresión superiores al valor de diseño $f^c = 21$ MPa. Asimismo, el grupo Ge5 destacó en el ensayo de resistencia a la flexión, alcanzando el mayor módulo de rotura de 4.04 MPa a los 28 días de curado. A través del análisis estadístico ANOVA de un factor, se confirmó que los seis grupos experimentales presentaron mejoras estadísticamente significativas respecto al grupo control, validando la hipótesis general planteada.

En conclusión, se demuestra que la adición controlada de fibras artificiales recicladas (tanto PET como acero) mejora las propiedades mecánicas del concreto, representando una opción viable y sostenible para su aplicación en obras civiles, a la vez que contribuye a la mitigación del impacto ambiental asociado a residuos sólidos urbanos.

Palabras clave: *fibras artificiales, resistencia a la compresión, módulo de rotura.*



ABSTRACT

The present research, entitled “Influence of the Addition of Recycled Artificial Fibers on the Mechanical Properties of Concrete $f'c = 21$ MPa, in the City of Abancay – 2023”, aimed to determine the effect produced by the incorporation of recycled steel fibers and PET fibers on the mechanical properties of concrete, specifically its compressive, tensile, and flexural strength. This study emerged in response to the growing environmental issue caused by solid waste, such as PET bottles and steel scraps, proposing their reuse as an alternative reinforcement in concrete production.

The methodology followed a quantitative approach, classified as applied research, with an explanatory level and experimental design, since the independent variable (percentage of recycled fibers) was deliberately manipulated to evaluate its impact on the dependent variables (mechanical properties). The sample was divided into seven groups: one control group (concrete without added fibers) and six experimental groups, categorized according to the type and percentage of fiber added. Groups Ge1, Ge2, and Ge3 used recycled steel fibers at 1%, 3%, and 5%, respectively, while groups Ge4, Ge5, and Ge6 used recycled PET fibers in the same proportions

The results showed that Group Ge2 (3 % recycled steel) and Group Ge5 (3 % recycled PET) achieved compressive strengths exceeding the theoretical design strength of $f'c = 21$ MPa. Additionally, Group Ge5 stood out in the flexural strength test, reaching the highest modulus of rupture at 4.04 MPa after 28 days of curing. A one-way ANOVA statistical analysis confirmed that the six experimental groups exhibited significant improvements compared to the control group, thus validating the general hypothesis.

In conclusion, it is demonstrated that the controlled addition of recycled artificial fibers (both PET and steel) enhances the mechanical performance of concrete, representing a technically feasible and environmentally sustainable option for civil works, while contributing to the mitigation of urban solid waste impacts.

Keywords: *Blend design, artificial fibers, compressive strength, modulus of rupture.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el ámbito de la ingeniería civil, el concreto constituye uno de los materiales más empleados en la construcción de elementos estructurales. Por ello, la mejora de sus propiedades mecánicas ha sido una línea constante de investigación, especialmente mediante la incorporación de aditivos y fibras de refuerzo. En este contexto, las fibras metálicas de acero y las fibras PET reciclado se han posicionado como alternativas técnicas viables para mejorar la resistencia a la compresión y tracción (flexión) (SÁENZ, 2021).

Diversos estudios han demostrado que la incorporación de fibras al concreto influye tanto en su comportamiento en estado fresco como endurecido, mejorando su trabajabilidad y desempeño estructural. Sin embargo, aún existe una carencia de investigaciones específicas que analicen el efecto conjunto diferenciado de las fibras PET y metálicas en concretos con una resistencia característica de 210 kgf/cm², particularmente en contextos climáticos y geográficos como el de la ciudad de Abancay. Además, no se han desarrollado estudios específicos que consideren el uso de agregado grueso, fino extraído de canteras locales de la región Apurímac, cuya naturaleza y granulometría pueden incidir directamente en el comportamiento mecánico del concreto (ZAMBRANO, y otros, 2020).

Durante la formulación de expedientes técnicos, es habitual especificar longitudes estándar de acero corrugado para columnas, vigas y losas comúnmente de 9 metros, lo cual genera una cantidad significativa de sobrantes en obra. Estos residuos, al no poder ser reutilizados fácilmente ni justificar su salida técnica en el cuaderno de obra, se convierten en desechos metálicos sin destino específico, afectando la eficiencia del uso de materiales. De manera paralela, se ha identificado en campo un alto consumo de bebidas embotelladas por parte del personal y proveedores, lo que genera una acumulación considerable de botellas plásticas tipo PET, las cuales, al carecer de



infraestructura local para su procesamiento, son trasladadas a otras ciudades para su reciclaje, limitando así su aprovechamiento inmediato en el ámbito constructivo.

Frente a esta problemática, la presente investigación propone una solución técnica, ambiental y económica: evaluar el comportamiento del concreto reforzado con fibras recicladas de acero y PET, en un contexto de economía circular. Se plantea analizar el efecto de diferentes porcentajes de adición de estas fibras en las propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a la compresión, tracción, flexión, bajo condiciones de fraguado propias de la ciudad de Abancay (ARBOLEDA, 2024).

El estudio incluye ensayos tanto en estado fresco (fluidez, segregación, exudación, contenido de aire y agua) como en estado endurecido, con el fin de identificar las composiciones óptimas que permitan maximizar el rendimiento estructural del concreto. La adición de fibras recicladas se presenta, así como una alternativa que no solo mejora las propiedades físicas y mecánicas del concreto, sino que también promueve la valorización de residuos sólidos generados en obra, alineándose con los principios de sostenibilidad y gestión eficiente de recursos.

Además, se observa la necesidad de implementar en la ciudad de Abancay una gestión integral de residuos sólidos orientada al reaprovechamiento local de materiales reciclables como el acero y el PET. La transformación de estos desechos en insumos constructivos como fibras para refuerzo de concreto permitiría reducir el impacto ambiental, fomentar el empleo y dinamizar la economía local, generando valor agregado al material reciclado.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es la influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 21$ MPa, en la ciudad de Abancay-2023?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, en las edades de 7, 14 y 28 días?
- ¿Cuál es el módulo de rotura del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, en la edad de 28 días?



- ¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, en las edades de 7, 14 y 28 días?
- ¿Cuál es el módulo de rotura del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, en la edad de 28 días?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Factibilidad del desarrollo de la tesis:

La presente investigación resulta factible de ejecutar, en la medida que se dispone de los recursos necesarios, tanto logísticos como técnicos, para su realización. Asimismo, se cuenta con ensayos de laboratorio previamente estandarizados que serán aplicados en el diseño de mezclas de concreto, lo cual garantiza la viabilidad experimental del estudio.

1.3.2 Justificación por conveniencia

Esta investigación es conveniente porque responde a la necesidad de mejorar el desempeño estructural del concreto mediante estrategias sostenibles, accesibles y replicables. El uso de fibras recicladas de acero y PET en mezclas de concreto con $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ representa una alternativa técnica viable que permite aprovechar recursos disponibles en obra, optimizar materiales y reducir desperdicios, sin aumentar significativamente los costos de producción. El estudio es útil como herramienta de validación para proyectistas y profesionales del sector construcción comprometidos con soluciones estructurales de bajo impacto ambiental.

1.3.3 Justificación por relevancia social

Desde el punto de vista social, esta investigación plantea una forma concreta de gestión sostenible de residuos, alineada con el modelo de economía circular en la construcción. Su implementación permite reducir la acumulación de residuos metálicos y plásticos en vertederos y espacios públicos, contribuyendo así al saneamiento urbano y rural. A su vez, genera oportunidades para integrar procesos de valorización de desechos en la comunidad local, fomentando la participación de trabajadores, recicladores y autoridades en la creación de insumos constructivos sostenibles. En zonas como Abancay, donde la gestión de residuos sólidos aún presenta deficiencias, esta propuesta representa una alternativa real con aplicación inmediata.



1.3.4 Justificación por implicaciones prácticas

Este estudio tiene implicaciones prácticas relevantes al ofrecer una solución concreta a problemas de fisuración temprana, baja durabilidad y desecho ineficiente de materiales. Aporta resultados experimentales sobre el comportamiento del concreto con fibras recicladas, que podrán ser considerados en el diseño estructural, el expediente técnico y los cuadernos de obra, mejorando el control de calidad y la eficiencia de los proyectos. Además, contribuye a optimizar el uso de recursos ya presentes en obra —como retazos de acero y botellas PET—, disminuyendo la necesidad de transporte y adquisición de nuevos materiales.

1.3.5 Justificación por valor teórico

Teóricamente, la investigación aborda un vacío importante en la literatura nacional y regional: la comparación estructurada entre fibras metálicas y poliméricas recicladas bajo condiciones de fraguado típicas de ciudades andinas. Al establecer correlaciones entre dosificación y mejora de propiedades mecánicas, este estudio genera conocimiento aplicable a modelos predictivos sobre el comportamiento del concreto reforzado con materiales no convencionales. Los resultados amplían el marco teórico en torno al diseño de mezclas sostenibles, aportando evidencia válida para futuras investigaciones experimentales y normativas técnicas.

1.3.6 Justificación por utilidad metodológica

Finalmente, la investigación propone un enfoque metodológico sólido, basado en ensayos normalizados (ASTM C39 y C78) que permiten evaluar de manera confiable las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El uso de un diseño experimental con análisis estadístico mediante ANOVA garantiza la validez de los resultados y ofrece una ruta replicable para futuros estudios. Esta metodología puede ser adaptada para evaluar otras fibras, materiales reciclados o condiciones climáticas, convirtiéndose en una herramienta útil para el desarrollo de tecnologías constructivas sostenibles en diferentes regiones del país.

1.3.7 Viabilidad de la investigación

La presente investigación es viable, dado que responde a una problemática real vinculada a la gestión de residuos sólidos en el sector construcción y plantea



una alternativa técnica sostenible mediante el aprovechamiento de fibras recicladas de PET y acero. Su aplicación permite mejorar las propiedades mecánicas del concreto, lo cual tiene implicancias directas en la calidad estructural y durabilidad de las obras civiles (COBOS SÁENZ DE VITERI, 2021).

Además, contribuye a la valorización de materiales desechados en obra, reduciendo el impacto ambiental y promoviendo una economía circular. A nivel científico, aporta al conocimiento sobre el comportamiento del concreto reforzado con materiales reciclados en contextos andinos como el de la ciudad de Abancay, permitiendo su posible replicabilidad en regiones con condiciones similares (ARBOLEDA, 2024)



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=21$ MPa, en la ciudad de Abancay-2023.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, para edades de 7, 14 y 28 días
- Determinar el módulo de rotura para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, para la edad de 28 días.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, para las edades de 7, 14 y 28 días.
- Determinar el módulo de rotura del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, para la edad de 28 días.

2.2 Hipótesis de la Investigación

2.2.1 Hipótesis general

La adición de fibras artificiales recicladas influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=21$ MPa, en la ciudad de Abancay-2023.

2.2.2 Hipótesis Específicos

- La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días.
- La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días.

- La adición de fibra de PET reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días.
- La adición de fibra de PET reciclado influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de la variable independiente

Variables	Denominación	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumentos
Variable Independiente Adición de fibras artificiales recicladas	Adición de fibra de PET	Las hojuelas de tereftalato de polietileno (PET) reciclado son partículas de forma irregular obtenidas a partir de la trituración mecánica de botellas y otros envases plásticos post-consumo. Estas hojuelas constituyen una materia prima secundaria utilizada en procesos de manufactura de nuevos productos plásticos, o como insumo alternativo en la elaboración de concretos reforzados, aportando beneficios en sostenibilidad ambiental y control de fisuración.” (SIDDIQUE, 2008). Son cortes de botellas recicladas que se usan para reforzar el concreto, mejorando su resistencia a las fisuras y ayudando al medio ambiente.	Un proceso que involucra la incorporación de plásticos reciclados (PET) en la elaboración de concreto $f'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$, con el objetivo de lograr una mayor resistencia a la compresión y flexión	Dosificaciones de plásticos reciclados (PET) en cada diseño de mezcla	cantidad por peso de cemento en porcentajes de 1%,3%,5%	%, kg, %, %, %	Ficha de laboratorio y dosificación optima

	<p>Adición de fibra de acero reciclado</p>	<p>“Las fibras de acero corrugado reciclado son pequeños filamentos metálicos con forma ondulada o dentada, obtenidos a partir de procesos de reciclaje industrial que al ser incorporados al concreto actúan como refuerzo de control de fisuración, incrementando su tenacidad, capacidad de absorción de energía y resistencia post-fisura.”(ACI COMMITTEE 544, 2018) .Las fibras de acero son pequeños filamentos de metal que se mezclan con el concreto para que mejore las propiedades del concreto</p>	<p>Un proceso que involucra la incorporación de fibras de acero (rolado) en la elaboración de concreto $f'c=210$ Kg/cm², con el objetivo de lograr una mayor resistencia a la compresión y flexión,</p>	<p>Dosificaciones de fibras de acero en cada diseño de mezcla</p>	<p>cantidad por peso de cemento en porcentajes de</p>	<p>1%,3%,5% %, kg, %, %, %</p>	<p>Ficha de laboratorio y dosificación optima</p>
--	--	--	---	---	---	--	---

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2 — Operacionalización de la variable dependiente

Variables	Denominación	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Instrumentos
Variable Dependiente Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a la compresión	Máxima resistencia de una mezcla de concreto endurecida frente a una carga axial	Se utilizará para identificar si el concreto cumple con la resistencia esperada. Se ensayarán los especímenes en la máquina de compresión axial, para determinar su resistencia a los 7, 14 y 28 días	Ensayo de resistencia a la compresión.	Carga axial, área, edad de ensayo.	kgf/cm ²	Máquina de compresión axial, ficha de laboratorio
	Módulo de rotura	Máxima resistencia a la flexión de un espécimen prismático en una prueba de flexión de tres puntos.	Se utilizará para identificar si el concreto cumple con la flexión esperada. Se ensayarán los especímenes en la máquina de compresión a la flexión para determinar su MR a los 28 días.	Ensayo de resistencia a flexión.	Carga axial, área, edad de ensayo.	kgf/cm ²	Máquina de prueba a la flexión, fichas de laboratorio

Fuente: elaboración Propia

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes.

3.1.1 Antecedentes a nivel internacional

COBOS SÁENZ DE VITERI (2021) en su tesis denominada: “Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con fibras metálicas recicladas y fibras sintéticas” tuvo como objetivo evaluar y comparar el comportamiento del hormigón al incorporar fibras metálicas recicladas (acero corrugado) y fibras sintéticas de PET, determinando su influencia en las propiedades físico-mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido. Se elaboraron mezclas de concreto con una resistencia de diseño de 28 MPa, en tres variantes: concreto patrón (sin fibras), concreto con 0.5% y 1% de fibras metálicas, y concreto con 0.5% y 1% de fibras Pet, en proporción al volumen de la mezcla.

La muestra total consistió en 35 elementos de prueba, entre ellos 28 especímenes con fibras recicladas y 7 especímenes de concreto convencional, además de probetas específicas para ensayos de tracción, flexión, asentamiento y densidad. La metodología utilizada es experimental y descriptiva con un enfoque cuantitativo. Los resultados evidenciaron que el concreto con 1% de fibras metálicas recicladas presentó el mejor desempeño mecánico, con un incremento del 17.51% en resistencia a la compresión, 22.36% en tracción indirecta y 24.62% en flexión, en comparación al concreto patrón. Por su parte, el concreto con 0.5% de fibras metálicas también mostró mejoras importantes con porcentajes de 7.31% en compresión, 9.89% en tracción y 10.94% en flexión, con una pérdida de asentamiento del 9.31%. Respecto al concreto con fibras de PET, la adición del 1% generó un incremento del 6.84% en resistencia a la compresión, 11.51% en tracción indirecta y 15.12% en flexión, con una reducción moderada del 9.24% en asentamiento, lo que representa una opción

más favorable en cuanto a manejabilidad. A menor dosificación (0.5% de PET). En conclusión, el uso de fibras recicladas especialmente las metálicas al 1% mejora significativamente el desempeño estructural del concreto, haciéndolo más resistente y tenaz. Las fibras sintéticas de PET también aportan beneficios, aunque de menor magnitud, manteniendo una trabajabilidad aceptable. Ambas alternativas resultan viables y sostenibles, promoviendo el uso de materiales reciclados en la construcción moderna, con posibilidad de aplicación según los requerimientos de resistencia o facilidad de colocación en obra.

(GARCÍA, y otros, 2017) en su tesis titulada “Estudio del efecto en las propiedades mecánicas del concreto simple reforzado con fibras de tereftalato de polietileno PET y polipropileno PP” cuyo objetivo es evaluar las propiedades físicas y mecánicas de concreto con fibras de tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP), a través de determinación de la densidad y ensayos de tensión según la norma ASTM D882. La metodología de investigación utilizada fue un enfoque cuantitativo, experimental, la población fue las 10 dosificaciones de concreto de 210 kgf/cm², la muestra fue de 162 unidades en el cual consta de probetas con diseño de mezcla de concreto agregando las fibras PET de tamaño 4x100mm y PP de tamaño estándar, reemplazando en porcentajes 0.5%, 1%, 1.5% y 2% del volumen total del agregado fino. En resultados de resistencia a compresión a 28 días con fibras PET en 0%, 0.5% y 1% se obtuvieron 17.23Mpa, 15.41Mpa y 14.04 Mpa respectivamente, y con fibras PP en 0%, 0.5% y 1% se obtuvieron 17.23Mpa, 15.53Mpa y 14.65 Mpa respectivamente. En resistencia a flexión las fibras PET en 0.5%, 1%, 1.5%, 2% mejoraron en 89%, 76%, 83% y 86% respectivamente en base al concreto sin fibras, y con fibras PP mejoraron 90%, 74%, 78% y 82% respectivamente. En conclusión, la presencia de las fibras PET y PP mejora las propiedades físicas y mecánicas de concreto.

(CERÓN, 2023), en su tesis titulada “efecto de las fibras pet recicladas como refuerzo del concreto en el comportamiento mecánico de las estructuras de pavimento rígido”, evaluó la influencia del refuerzo con fibras PET recicladas en proporciones de 0, 2, 4 y 6 kg/m³ sobre las propiedades mecánicas del concreto hidráulico. La metodología utilizada se enmarcó en un enfoque

cuantitativo, de tipo aplicada y con diseño experimental, empleando una muestra de 24 cilindros y 12 viguetas prismáticas para ensayos de compresión y flexión, respectivamente.

Los resultados obtenidos revelaron que la mezcla de concreto con 6 kg/m³ de fibras PET recicladas alcanzó la mayor resistencia a la compresión a los 28 días, con un valor de 46.82 MPa, superando significativamente a las mezclas con menores proporciones de PET, cuyos valores oscilaron entre 36.93 y 44.62 MPa. En promedio, los especímenes con dosificaciones entre 0 y 4 kg/m³ alcanzaron una resistencia de 41.22 MPa. Esto confirma que la adición de fibras PET recicladas contribuye a mejorar la resistencia a la compresión, debido a la acción de las fibras que refuerzan la matriz cementicia y ayudan a distribuir de manera más uniforme las tensiones internas. En cuanto a la resistencia a la flexión, la vigueta con 6 kg/m³ de fibras PET recicladas también evidenció el mejor desempeño, alcanzando un valor de 47.21 kgf/cm² (aproximadamente 4.63 MPa), mientras que las demás viguetas con menores proporciones de fibra obtuvieron resistencias entre 38.34 y 44.72 kgf/cm². El promedio general para las mezclas con 0 a 4 kg/m³ fue de 41.63 kgf/cm². Estos resultados demuestran que la incorporación de mayores cantidades de PET reciclado mejora la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción indirecta, incrementando su módulo de rotura y aportando mayor tenacidad estructural. El estudio concluye que la incorporación de fibras PET recicladas mejora las propiedades mecánicas del concreto en especial la resistencia a la compresión y a la flexión

3.1.2 Antecedentes a nivel nacional

(CCACCRO, 2022) en su tesis denominada: “Análisis de influencia de las fibras PET de botellas recicladas sobre las principales propiedades de concreto en lima, 2022“, cuyo objetivo es de analizar la influencia de las fibras PET de botellas recicladas sobre las propiedades de concreto mediante diseños de mezcla adicionando fibras PET de diferentes tamaños y porcentajes para plantear un nomograma del uso de estas y producir concreto sostenible.

La metodología empleada en la presente investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, casi experimental y de nivel correlacional. La población estuvo conformada por concreto con una resistencia característica



de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, al cual se le incorporaron fibras de PET reciclado provenientes de botellas plásticas, considerando su potencial aplicación en elementos estructurales horizontales en edificaciones de la ciudad de Lima. La muestra se desarrolló a partir del diseño de mezcla de concreto con $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, sin y con adición de fibras PET cortadas en dimensiones de $2 \times 20 \text{ mm}$, $2 \times 35 \text{ mm}$ y $2 \times 50 \text{ mm}$, en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% respecto al peso del cemento. En total, se analizaron 10 dosificaciones diferentes. Los resultados mostraron que la incorporación de fibras PET mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

El concreto patrón (sin fibras) alcanzó una resistencia de $f'c = 242.21 \text{ kgf/cm}^2$, mientras que la mezcla con fibras de PET de $2 \times 50 \text{ mm}$ al 1.0% logró una resistencia máxima de $f'c = 278 \text{ kgf/cm}^2$. No obstante, se evidenció que al superar el 1.0% de adición, la resistencia comienza a disminuir.

Respecto a la resistencia a la flexión, todas las mezclas con adición de fibras mostraron mejoras en comparación con el diseño patrón ($M_r = 27.77 \text{ kgf/cm}^2$). La mayor resistencia a la flexión se obtuvo con la adición de fibras $2 \times 50 \text{ mm}$ al 1.5%, alcanzando un valor de $M_r = 30.05 \text{ kgf/cm}^2$. En conclusión, la incorporación de fibras de PET reciclado influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto, especialmente en las resistencias a la compresión y flexión, siendo la dosificación óptima la correspondiente a fibras de $2 \times 50 \text{ mm}$ al 1.0%.

(RAFAEL, y otros, 2020), en su tesis titulada “Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$, Trujillo 2020”, tuvo como objetivo principal determinar la influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto. La investigación fue de tipo aplicada, con diseño experimental de corte transversal y enfoque cuantitativo. Se emplearon 63 probetas cilíndricas para los ensayos de compresión y 21 vigas prismáticas para los ensayos de flexión, utilizando fibras de acero recicladas y trefiladas en proporciones de 1 %, 2.5 % y 4 % respecto al volumen del concreto. Los resultados mostraron que, en resistencia a la compresión, el concreto con 1 % de fibra comercial alcanzó el mayor valor (265.06 kg/cm^2), superando al concreto convencional (213.57 kgf/cm^2). En cuanto a la flexión, se evidenció un incremento

progresivo al aumentar la proporción de fibra, obteniendo el mayor valor con 4 % de fibra comercial (5.80 MPa), frente a los 4.72 MPa del concreto sin fibras. Los autores concluyen que las fibras de acero reciclado mejoran significativamente el comportamiento mecánico del concreto y representan una opción técnica y ambientalmente viable para reemplazar fibras comerciales, contribuyendo además a la reducción de residuos industriales y al cuidado del medio ambiente.

(FLORES, y otros, 2019) en su tesis titulada “Análisis de la correlación del módulo de rotura (MR) V.S. la resistencia a tracción indirecta (F'T) y compresión (F'C) de concreto F'C = 280, 300, 350, 420 kgf/cm² para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días de edad en la av. metropolitana de la ciudad de Arequipa” siendo su objetivo “Determinar la influencia del uso de fibras recicladas de PET en las propiedades físico-mecánicas del concreto con una resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ”. La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y diseño experimental, y consideró diferentes porcentajes de adición de fibras (0 %, 0.5 %, 1 % y 1.5 %) en volumen.. Se trabajó con una muestra de 36 probetas cilíndricas distribuidas en grupos de nueve por cada dosificación, destinadas a los ensayos de compresión, y 12 viguetas prismáticas, tres por grupo, para el análisis de flexión. Los resultados evidenciaron que al incrementar la cantidad de fibras PET, se redujo el asentamiento del concreto, afectando su trabajabilidad. La mayor resistencia a la compresión se alcanzó con una dosificación de 0.5 % de PET, mientras que el mejor desempeño en flexión se obtuvo con 1.5 %, aunque esta última generó una pérdida considerable de manejabilidad en estado fresco. Se concluyó que el uso de PET reciclado como fibra de refuerzo no estructural es viable para mejorar ciertas propiedades del concreto, siempre que se manejen adecuadamente las proporciones, permitiendo así una solución técnica con enfoque ambiental en el aprovechamiento de residuos plásticos en el sector construcción.

3.1.3 Antecedentes a nivel local

FLORES, y otros (2019) en su tesis de grado: “Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$

con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019”, siendo su objetivo general “Analizar y comparar la resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ del concreto con adición de fibra de acero y fibra de vidrio, utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay”. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño experimental, orientada a evaluar cuantitativamente el comportamiento del concreto reforzado con diferentes tipos y porcentajes de fibras. La muestra consistió en cinco tipos de concreto: uno patrón sin fibras, dos con fibras de acero (2% y 4%) y dos con fibras de vidrio (2% y 4%), siguiendo una dosificación base con cemento Portland Tipo I, con una relación agua/cemento constante. Para los ensayos de resistencia a la compresión, se elaboraron cilindros normalizados de concreto, los cuales fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días, utilizando una prensa hidráulica de laboratorio conforme a los procedimientos de la norma técnica peruana NTP 339.034. Adicionalmente, se registraron condiciones de curado controladas para asegurar la consistencia de los resultados. Entre los principales resultados, se observó que el concreto patrón (sin fibras) alcanzó una resistencia a compresión de 341.89 kgf/cm^2 a los 28 días. En comparación, el concreto reforzado con fibra de acero al 4% logró una resistencia de 377.41 kgf/cm^2 , y el concreto con fibra de acero al 6% alcanzó 382.32 kgf/cm^2 , lo que representa un incremento del 10.68% y 12.12% respectivamente respecto al concreto patrón. De forma complementaria, las mezclas con fibras de vidrio también evidenciaron mejoras en la resistencia, aunque con un comportamiento ligeramente inferior al del acero. En conclusión, el estudio demuestra que la incorporación de fibras de acero y vidrio en el diseño de mezclas de concreto no solo es viable, sino que permite mejorar significativamente la resistencia a la compresión, siendo las fibras de acero las que presentaron mejores resultados estructurales. Se recomienda su aplicación en obras civiles ubicadas en regiones como Abancay, donde se busca optimizar el rendimiento del concreto sin modificar sustancialmente los componentes convencionales de la mezcla

VELAZQUE (2021) en su tesis titulada: Diseño de concreto $f'c 140, 175$ y 210 kgf/cm^2 , y su Influencia de fibra de acero en el agregado – Abancay, 2021 se planteó como objetivo principal mejorar las propiedades mecánicas del



concreto a través de la incorporación de fibras de acero, con la finalidad de ampliar su aplicabilidad en construcciones. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental. La población y muestra estuvo compuesta por 9 probetas y 9 briquetas correspondientes a cada nivel de dosificación, elaboradas tanto con concreto convencional como con concreto adicionado con fibras de acero en distintos porcentajes. Los resultados evidenciaron que, a los 28 días, las resistencias obtenidas a la compresión y a la flexión superaron el valor teórico de 210 kg/cm^2 , demostrando que la inclusión de fibras de acero incrementó significativamente la capacidad resistente del concreto. En conclusión, la incorporación de fibras metálicas en el diseño de mezcla del concreto con $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ tuvo un impacto positivo en sus propiedades mecánicas, destacando su potencial como elemento reforzante en aplicaciones estructurales.

ALZAMORA (2024) en su tesis titulada "Influencia del PET reciclado en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, Abancay – 2023" se planteó como objetivo analizar cómo influye la incorporación de plásticos reciclados (PET) en las propiedades mecánicas del concreto con una resistencia característica de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, utilizando proporciones de 1 %, 3 % y 5 %, en la ciudad de Abancay. La metodología empleada tuvo un enfoque cuantitativo, fue de tipo básico, con un alcance explicativo y un diseño experimental. Para la prueba de hipótesis se aplicó el estadístico "t de Student". Se realizaron ensayos de laboratorio sobre mezclas de concreto a las que se les incorporó PET en diferentes proporciones, diseñando una mezcla patrón de $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$. La muestra estuvo conformada por 48 briquetas de concreto. En cuanto a los resultados, se determinó que la resistencia máxima a compresión se obtuvo a los 28 días de curado; el concreto patrón alcanzó el 117.79 % de la resistencia nominal, mientras que los concretos con 1 %, 3 % y 5 % de PET obtuvieron resistencias equivalentes a 147.64 %, 132.32 % y 117.58 % respectivamente, evidenciando un incremento de casi el 30 % respecto al patrón. En el caso de la resistencia a la flexión, el concreto patrón logró una resistencia de 194.33 %, mientras que los concretos con 1 %, 3 % y 5 % de PET obtuvieron 196.11 %, 165.18 % y 141.66 % respectivamente, observándose una tendencia decreciente con mayores porcentajes de PET. En



conclusión, se determinó que el uso de PET reciclado influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto cuando se aplica en proporciones controladas, validando su potencial como insumo alternativo sostenible que permite reducir el impacto ambiental de los residuos plásticos en contextos urbanos como Abancay.

3.2 Marco Teórico

3.2.1 Propiedades mecánicas del concreto

Según ABANTO (2009) Las propiedades mecánicas del concreto constituyen un conjunto de características físicas y estructurales que definen su comportamiento frente a distintas solicitaciones, tanto durante su fase de colocación como una vez fraguado. En estado fresco, estas propiedades se relacionan con la capacidad del material para ser manipulado y colocado correctamente, considerando aspectos como la trabajabilidad, la consistencia, el contenido de aire y el peso unitario; estos parámetros son esenciales para garantizar una mezcla homogénea y libre de defectos que comprometan la durabilidad de la estructura. Por otro lado, en estado endurecido, el concreto debe exhibir propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y a la flexión, el módulo de elasticidad y la durabilidad frente a agentes físicos y químicos, ya que estas características determinan su capacidad de soportar cargas estructurales y de conservar su integridad a lo largo del tiempo. La comprensión integral de ambas etapas resulta crucial para optimizar el diseño y la ejecución de obras civiles con criterios de seguridad, funcionalidad y vida útil prolongada.

3.2.1.1 El Concreto

El concreto es la mezcla de agua, agregados, cemento, aire y en ocasiones aditivos, para emplearlo en la construcción. Para (ABANTO, 2009) “la unión del cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados y así constituyendo un material heterogéneo, que es el concreto. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivo, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

Es un material o compuesto resultado de la unión de componentes como: cemento, agua, agregados y de forma opcional adiciones y



aditivos. En su estado fresco se puede reconocer como una masa moldeable y adaptable a todo tipo de recipientes, como es el caso de los encofrados; cuando esta masa llega a su punto de fragua posee una consistencia rígida con ciertas propiedades como la resistencia y durabilidad (ABANTO, 2009).

La proporción de componentes de este tipo de material para 1 m³ oscilan entre los siguientes porcentajes: 60 – 75% de agregados, 15 – 22% de agua, 7 – 15% de cemento, 1 – 3% de aire, y 0.1 – 0.2% de aditivos, estas proporciones solo afectan al volumen de dicho material mas no en cuanto a sus propiedades dado que por ejemplo la relación agua – cemento en cuanto a proporción volumétrica es reducida pero toma parte fundamental en cuanto a la ganancia de propiedades mecánicas, trabajabilidad y durabilidad (ABANTO, 2009).

3.2.1.2 Componentes del concreto

Los componentes principales del concreto son:

Concreto = Agregados + Agua + Cemento + Aire (+Aditivos + Adiciones)

- **Agregado grueso**

Según (ABANTO, 2009) el agregado grueso es un material de origen pétreo el cual puede ser extraído de forma natural o artificial de canteras para su uso como material de construcción, principalmente se lo considera como el porcentaje retenido sobre la malla N°4 (4.75 mm). Se puede encontrar este material en forma de grava, el cual proviene de la disgregación natural de materias pétreas en depósitos de lechos de ríos o canteras; y en forma de piedra chancada o triturada, el cual es obtenido por medio de un proceso artificial de trituración con un producto más angular y con mejor adherencia.

- **Agregado fino**

El agregado fino es un material de origen pétreo el cual puede ser extraído de forma natural o artificial de canteras para su uso como material de construcción, principalmente se lo considera como el

porcentaje pasante de la malla 3/8” (9.5 mm) y retenido en la malla N°200 (74 µm). Se puede encontrar este material de dos formas, como arena gruesa y arena fina (ABANTO, 2009).

- **Cemento Portland**

Para ABANTO (2009) el cemento Portland «es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida”. Así mismo indica que “es un clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas”

“El cemento se obtiene de la pulverización del clinker el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos” (HARMSSEN, 2005 pág. 11)

Existen una variedad de tipos de cemento, los cuales están descritos en la norma ASTM-C-150. Ellos son:

1. Tipo I, que es de uso general y sin propiedades especiales.
2. Tipo II, de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de los sulfatos.
3. Tipo III, de resistencia temprana y elevado calor de hidratación.
4. Tipo IV, de bajo calor de hidratación.
5. Tipo V, de alta resistencia al ataque de sulfatos.

- **Agua**

Según (PASQUEL, 1998) menciona que “el agua es un elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo que este mismo debe cumplir con los requisitos mínimos para poder ser utilizado teniendo en consideración su composición química por lo cual este mismo no puede ocasionar daños colaterales al concreto” (pág. 59).

El agua es uno de los elementos fundamentales para el concreto ya que su reacción con el cemento produce la fragua del mismo,



es un lubricante e hidratante. Esta agua debe tener ciertos parámetros de uso y calidad, por lo que se prefiere usar agua potable. También se puede usar otras calidades de agua mientras cumplan los parámetros de calidad requerida para construcción.

- **Aditivos**

Los aditivos son componentes de origen químico que permiten modificar ciertas características o propiedades de los concretos, como son la capacidad de trabajabilidad de los mismos, incremento de fluidez, incorporación de aire, modificación de los tiempos de fraguado, incrementar la resistencia de los concretos, interactuar con la cinética de hidratación e incrementar o disminuir su viscosidad. Se emplea una proporción reducida en el compuesto de concreto.

HARMSSEN (2005) define a los aditivos como sustancias que, agregadas al concreto, modifican sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido. Por su naturaleza, se clasifican en aditivos químicos y aditivos minerales. Entre los primeros, se tiene, principalmente, los plastificantes y súper-plastificantes, los incorporadores de aire y los controladores de fragua. Entre los aditivos minerales se tiene, principalmente: los aditivos naturales, cenizas volantes o fly ash, microsílíce o sílica fume y escoria de la producción del acero (pág. 16).

3.2.1.3 Propiedades del concreto en estado fresco

Son aquellas propiedades presentes en el concreto desde el mezclado de los componentes hasta antes de su punto de fragua, estas propiedades permiten determinar la calidad del concreto a elaborar o factores que afectan directamente a sus propiedades mecánicas. Entre estas se pueden determinar las siguientes:

- **Trabajabilidad:** Es la facilidad con la que el concreto puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregarse.
- **Segregación.** según (GUTIERREZ DE LOPEZ, 2003). La segregación del concreto es un defecto que se presenta cuando los componentes de la mezcla —como los agregados gruesos, finos,



cemento y agua— se separan entre sí, afectando la homogeneidad del material. Esta descomposición puede deberse a diversas causas, entre las que destacan la diferencia significativa en el tamaño de los agregados, una dosificación incorrecta de los materiales, o procedimientos inadecuados durante la mezcla, el transporte, el vaciado o la compactación. Existen principalmente dos formas de segregación. La primera se manifiesta cuando las partículas más grandes y pesadas tienden a desplazarse hacia el fondo de la mezcla debido a la acción de la gravedad, fenómeno más común en concretos secos o de baja plasticidad. La segunda ocurre en mezclas excesivamente fluidas, donde la pasta de cemento y el agua se separan de los agregados, acumulándose en la superficie. Vinculado a esta última forma de segregación aparece también el fenómeno de la exudación, que consiste en el ascenso del agua libre a la superficie del concreto. Esta agua se desplaza hacia arriba porque no es absorbida por los componentes sólidos, generando una capa superficial débil que reduce la resistencia, favorece la formación de fisuras plásticas y dificulta la adherencia con capas posteriores o con el refuerzo metálico. Ambos fenómenos segregación y exudación comprometen seriamente la calidad del concreto, ya que generan vacíos, reducen la resistencia mecánica y afectan negativamente la durabilidad de los elementos estructurales. Por ello, su control es esencial durante todas las fases del proceso constructivo, desde el diseño de la mezcla hasta su colocación y curado.

- **Exudación:** Según (RAMÍREZ, 2017) La exudación del concreto es un fenómeno que se presenta cuando, luego de colocar la mezcla, se forma una fina película de agua sobre su superficie. Esto ocurre por el asentamiento de los agregados y del cemento, que desplazan el agua libre hacia la parte superior. Es frecuente en mezclas con exceso de agua o mala distribución granulométrica, y aunque no siempre afecta gravemente la calidad del concreto, puede generar problemas si no se ejecutan adecuadamente las fases de colocación, acabado y curado. Esta acumulación de agua



superficial puede debilitar la capa superior del elemento, dificultar la adherencia con otras capas o con el refuerzo y provocar fisuración plástica. Para minimizar este efecto, es esencial usar agregados con granulometría bien controlada y ajustar correctamente la proporción de agua en la mezcla

- **Hidratación y Fraguado:** La hidratación del cemento es una reacción química exotérmica que se inicia cuando el cemento entra en contacto con el agua. Este proceso activa una serie de reacciones entre los compuestos del cemento, especialmente los silicatos tricálcicos (C_3S) y dicálcicos (C_2S), así como los aluminatos, generando productos como el gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H) y la portlandita ($Ca(OH)_2$). Estos productos son responsables de proporcionar resistencia, cohesión y durabilidad a la matriz del concreto (Neville, 2011; Mehta & Monteiro, 2014). Aunque la hidratación continúa durante semanas e incluso meses, es más intensa en las primeras horas tras el mezclado.

Para controlar la hidratación, se deben considerar factores como la relación agua/cemento, el tipo de cemento, la temperatura ambiental, el tiempo de mezclado y el uso de aditivos modificadores del tiempo de fraguado. Una relación a/c equilibrada (usualmente entre 0.40 y 0.55) permite que haya suficiente agua para hidratar completamente el cemento sin comprometer la resistencia del concreto. Temperaturas altas aceleran la hidratación, lo cual puede ser indeseable en algunos casos, por lo que se emplean retardantes o curado con protección térmica. En climas fríos, se puede usar agua caliente o acelerantes de fraguado para evitar retrasos en el endurecimiento.

Por su parte, el fraguado es el proceso mediante el cual el concreto pierde su plasticidad y empieza a desarrollar rigidez, marcando su transición de un estado fluido a uno semisólido. Este fenómeno no está relacionado con el secado superficial, sino con la evolución interna de los productos de hidratación que inmovilizan el agua libre y aumentan progresivamente la viscosidad de la mezcla (RAMÍREZ, 2017); (NAVILLE, 2013).



El fraguado inicial generalmente ocurre entre los 45 y 120 minutos después del mezclado, y el fraguado final se alcanza cuando el concreto puede resistir esfuerzos leves sin deformarse. El control de este proceso es crucial y se logra mediante el uso de ensayos de penetración de aguja (ASTM C403), el ajuste de la dosificación de cemento, y la incorporación de aditivos (retardantes o acelerantes) según las condiciones climáticas y los requerimientos de la obra. Un control adecuado tanto de la hidratación como del fraguado es fundamental, ya que de ello depende directamente la resistencia a corto y largo plazo, así como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad estructural del concreto.

- **Grado de asentamiento:** El grado de asentamiento o SLUMP es la propiedad del concreto que permite determinar el grado de resistencia a soportar deformaciones en un estado fresco se le denomina también grado de consistencia. Proporciona información acerca de la uniformidad de la muestra ensayada y permite controlar su calidad.

Se realiza por medio del ensayo NTP 339.035 Método de ensayo para la medición del Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams, que usa un equipo denominado Cono de Abrams como molde el cual al ser desprendido permite determinar cuántas pulgadas a partir del ras ha asentado el concreto.

- **Contenido de aire:** El contenido de aire es una propiedad que permite determinar el porcentaje de aire presente en la mezcla de concreto, de tal forma que este contenido sea el adecuado y de acuerdo a la normativa se encuentre en los parámetros normales. El aire en un concreto es producido por efectos mecánicos de forma natural y depende de la granulometría de sus agregados y tiempo de mezclado. De esta forma se puede controlar ciertos problemas que aparecerían si es que este contenido fuera mayor o menor, asegurando la calidad del concreto.
- **Temperatura:** La temperatura del concreto es una de las propiedades que permite determinar la calidad de concreto a elaborar, debido a que presenta un impacto en las propiedades

mecánicas del mismo. La temperatura va a incrementar a medida que la reacción agua cemento suceda, al cual se lo denomina calor de hidratación, de acuerdo a este la fragua sucederá en un determinado momento.

- **Peso unitario:** “Peso (masa) por unidad de volumen (este término es obsoleto, es preferible usar el termino de densidad de masa)” (NTP 400.017, 2011 pág. 3)

Es la propiedad que tiene como objetivo determinar la densidad del concreto lo cual permite determinar el peso del concreto por unidad y verifica el tipo de concreto que se está empleando, de acuerdo a su porcentaje de aire y de los compuestos de la mezcla y que serán otorgados a los elementos estructurales.

3.2.1.4 Propiedades del concreto en estado endurecido

Según Abanto Castillo (2009) un concreto manufacturado correctamente es aquel que provee la resistencia adecuada según el diseño de mezcla realizado y cuenta con los mejores acabados. Por lo tanto, está íntimamente ligado al criterio de diseño y del sistema de colocación de la mezcla.

Son aquellas propiedades presentes en el concreto desde el punto de fragua, estas propiedades muestran de forma directa las propiedades mecánicas. Entre estas se pueden determinar las siguientes:

3.2.1.5 Resistencia a la compresión

Se puede determinar de acuerdo a la norma ASTM C39 (ASTM INTERNATIONAL, 2014). Este procedimiento define las condiciones necesarias para llevar a cabo el ensayo de compresión en cilindros de concreto. La metodología consiste en aplicar una carga axial de manera continua hasta que la muestra experimente falla estructural. La velocidad de carga debe mantenerse dentro del rango de 0.24 ± 0.035 MPa/s (equivalente a 35 ± 7 psi/s). La identificación del momento de falla se basa en alcanzar el 95 % del valor máximo de carga registrada durante el ensayo. Se considera como carga de ruptura el mayor valor medido entre todas las repeticiones realizadas. La resistencia a la compresión (σ), expresada en pascales (Pa), se



determina dividiendo la carga máxima aplicada (F_{max}) en newtons entre el área de la sección transversal de la probeta en metros cuadrados

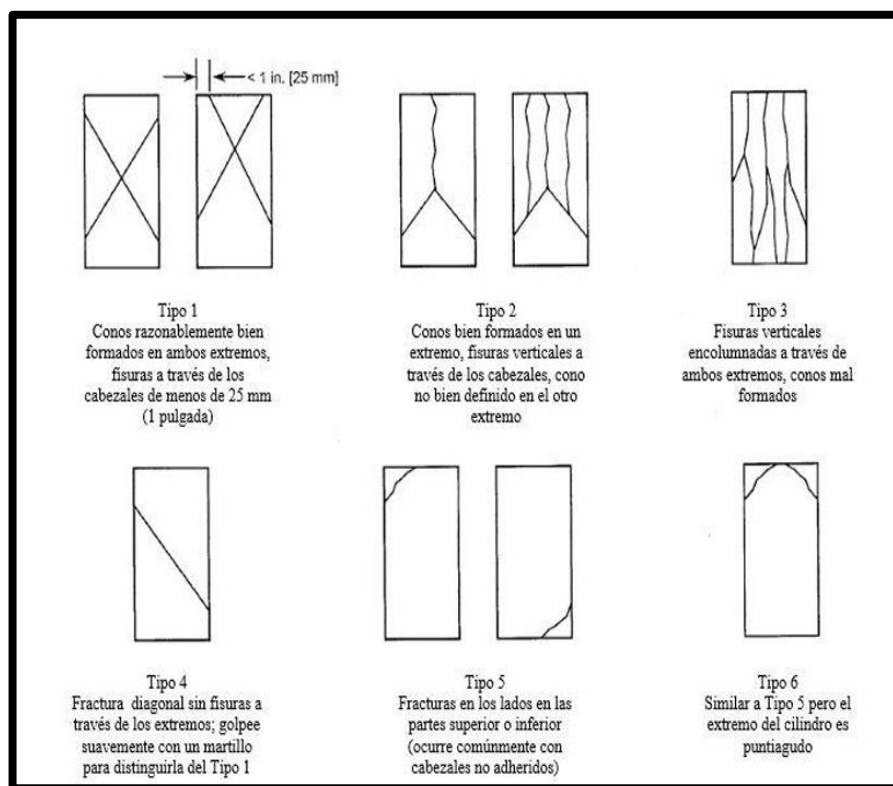


Figura 1 —Tipos de fallas comunes en probetas de concreto ensayadas a compresión Fuente: (Norma ASTM C39/C39M 2014)

3.2.1.6 Resistencia a tracción del concreto

La resistencia a la tracción: Es la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción (fuerzas que tienden a estirarlo o separarlo). Aunque el concreto tiene buena resistencia a compresión, su resistencia a tracción es relativamente baja (aproximadamente el 10-15% de su resistencia a compresión), por lo que normalmente se refuerza con acero o fibras. Se mide mediante ensayos como el de tracción indirecta (ensayo brasileño) o el de flexión según la norma ASTM C78.

3.2.1.7 Ensayo de Tracción Indirecta

El ensayo de tracción indirecta es un método simple y representativo que permite imitar la respuesta de un concreto flexible y obtener la carga máxima que aguanta una probeta de concreto antes de romperse.



El ensayo consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos generatrices opuestas, haciendo que la configuración de carga provoque un esfuerzo de tracción relativamente uniforme en todo el diámetro del plano de carga vertical y es esta tracción la que provoca la rotura en el plano diametral de la probeta.

3.2.1.8 Resistencia a la flexión

La propiedad de flexión es usada en elementos como pavimentos rígidos o losas que son sometidos a el paso de cargas gravitatorias, dinámicas o de temperatura; y se determina a través del módulo de rotura (M.R.), el cual se puede ver representado con un porcentaje entre 12 – 15% de la resistencia a la compresión del concreto, se puede evaluar por medio de vigas de concreto simplemente apoyadas. Los resultados a flexión son usados para determinar el cumplimiento de ciertas especificaciones mínimas para las operaciones de mezclado y colocación del concreto (NTP 339.078, 2012 pág. 5).

El ensayo de flexión en viguetas de concreto se lleva a cabo según los lineamientos establecidos por la norma ASTM C293 (2016). Este procedimiento consiste en apoyar la probeta sobre dos puntos y aplicar una fuerza perpendicular en su punto medio, incrementándola de forma controlada hasta que la muestra se fracture. La carga máxima aplicada al momento de la rotura se registra como el valor de referencia para el cálculo

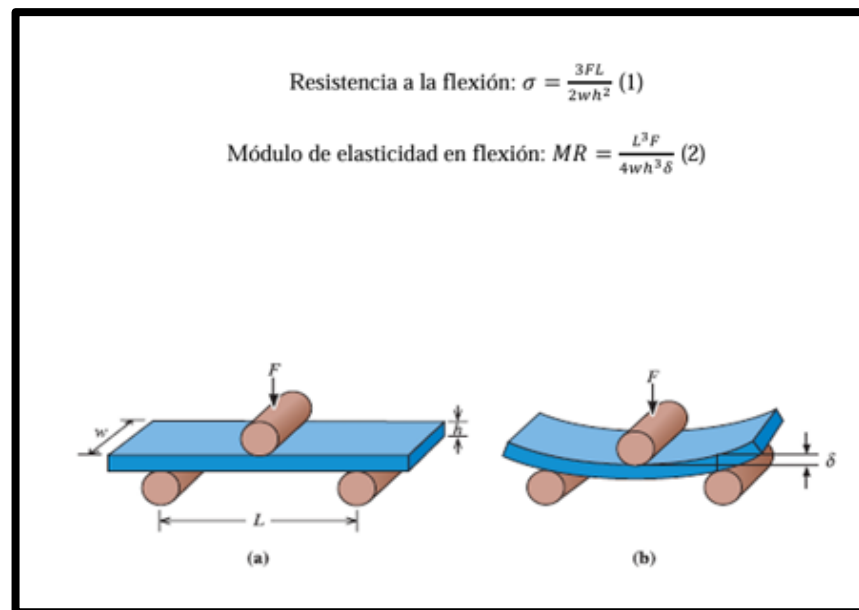


Figura 2 — a) El ensayo de flexión es utilizado con frecuencia para medir la resistencia de materiales frágiles y b) la deformación (δ) obtenida por flexión.

Este método permite obtener propiedades mecánicas como la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad en flexión, utilizando fórmulas que incorporan variables como la carga de ruptura (F), la distancia entre apoyos (L), el ancho (w), la altura (h) de la muestra y la deflexión (δ) generada durante el ensayo. También se puede calcular con la norma técnica NTP 339.078

Los especímenes deben estar moldeados y curados conforme a las normas para asegurar resultados válidos. Durante el procedimiento, los resultados pueden representarse gráficamente mediante curvas de carga vs. deformación o esfuerzo vs. deformación, las cuales permiten analizar el comportamiento del concreto sometido a esfuerzos de flexión.

- **Curado:** El curado del concreto es el procedimiento mediante el cual se controlan la humedad y la temperatura ambiental para favorecer la adecuada hidratación del cemento y asegurar que el material desarrolle correctamente sus propiedades físicas, en especial su resistencia mecánica. Este proceso debe iniciarse tan pronto como se concluye el moldeo de las probetas, ya sea en obra o en condiciones de laboratorio.

Según lo establecido por la Norma Técnica Peruana NTP 339.033:2009, los especímenes deben mantenerse protegidos desde el momento de su preparación, evitando su desecación o exposición a variaciones térmicas bruscas. El curado inicial debe llevarse a cabo en el lugar de obra, seguido por un curado final en el laboratorio, utilizando métodos como la inmersión en agua o el almacenamiento en cámaras de humedad con temperatura controlada.

Por su parte, la norma ASTM C31/C31M indica que durante las primeras 48 horas, las probetas deben conservarse en un ambiente con humedad relativa cercana al 100 % y una temperatura comprendida entre 15 °C y 27 °C, para permitir un fraguado uniforme y sin pérdidas de humedad. Una vez cumplido este periodo, las muestras deben ser trasladadas al laboratorio para continuar el curado hasta completar el tiempo normativo de 28 días, que permite alcanzar la resistencia especificada del concreto. En relación con el descimbrado, la norma ASTM C192 establece que las probetas no deben desmoldarse antes de transcurridas 20 horas desde su elaboración, ni permanecer en el molde más allá de las 48 horas. Retirar los especímenes demasiado pronto puede provocar fisuración superficial, mientras que un descimbrado tardío puede interferir con el proceso de hidratación y el mantenimiento adecuado de las condiciones de curado.

Durante estas primeras 48 horas, se recomienda evitar cualquier exposición a vibraciones, corrientes de aire, goteo de agua o fluctuaciones térmicas, ya que estos factores podrían afectar negativamente la integridad del concreto en sus primeras etapas de endurecimiento.

- **Módulo de Elasticidad:** Esta propiedad permite establecer una relación entre el esfuerzo al que está sometido el concreto y la deformación unitaria. Se puede definir también como cuan rígido es el material ante una carga dada. Cuando los módulos presentan un comportamiento lineal, se puede decir que el concreto está

trabajando en el rango elástico (Ley de Hooke) y si es que este no es lineal se encuentra en el rango inelástico (RIVVA, 2000).

- **Retracción plástica:** El concreto una vez que empieza sus condiciones de fraguado presentara cambios en cuanto a su volumen tanto por factores térmicos como hidrométricos las cuales son notorias a medida que comience su fraguado y en la vida útil del mismo. En el concreto en estado fresco y antes de llegar a su fraguado se comienzan a producir tensiones por la pérdida de agua al hidratarse el cemento. Que produce una vez fraguado fisuras de diferentes tamaños las cuales deben ser analizadas para determinar la calidad del concreto (RIVVA, 2000).

3.2.2 Ensayos de laboratorio de agregados antes del diseño de mezcla

Los procedimientos para la caracterización de los materiales (finos y gruesos) en laboratorio se realizó tomando como referencia a las normativas vigentes tanto de la Norma Técnica Peruana y el “Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” como se detalla a continuación

3.2.2.1 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico consiste en determinar la distribución de los tamaños de las partículas que conforman un agregado, mediante el uso de tamices de diversas aberturas, conforme a lo establecido por la norma ASTM C136.

a) Para agregado fino:

- Se utilizan siete tamices con aberturas que van desde la malla N.º 200 (150 micras) hasta 4.75 mm.
- Para agregado grueso: se emplean también siete tamices, cuyas aberturas van desde 50.0 mm (2”) hasta 4.75 mm (separación mínima).

Objetivo:

Este procedimiento permite evaluar la gradación de los agregados propuestos, con el fin de verificar si cumplen con la distribución granulométrica exigida en las especificaciones técnicas del

concreto, lo cual es fundamental para garantizar su desempeño en obra.

Procedimiento para el agregado fino:

1. Se realiza el cuarteo del material, extrayendo una muestra representativa conforme a la NTP 400.010. El peso mínimo de la muestra debe ser de 300 gramos.
2. La muestra debe secarse superficialmente antes del ensayo.
3. Se realiza un lavado sobre el tamiz N.º 200 para remover partículas finas adheridas.
4. Posteriormente, la muestra se seca en un horno a temperatura constante de 110 ± 5 °C por un período de 24 ± 4 horas, hasta alcanzar peso constante.
5. Se seleccionan los tamices con aberturas correspondientes a las mallas N.º 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200, los cuales permitirán obtener una distribución representativa del material.
6. El proceso de tamizado debe prolongarse el tiempo necesario para asegurar una separación eficiente. Se considera aceptable cuando, al finalizar el tamizado manual, no más del 1 % del peso del material retenido sobre un tamiz pasa a través de este durante un minuto.
7. El procedimiento manual se ejecuta sosteniendo firmemente un solo tamiz (con tapa y fondo bien ajustados) en posición levemente inclinada, golpeando el borde contra el talón de la mano opuesta, a una frecuencia aproximada de 150 golpes por minuto, rotando el tamiz un sexto de vuelta cada 25 golpes.
8. Se registra el peso de la fracción retenida en cada tamiz.
9. Se calcula el porcentaje que pasa y el porcentaje retenido en cada malla, redondeando los valores al 0.1 % más próximo.
10. Se determina el módulo de fineza (MF) sumando los porcentajes acumulados retenidos en los siguientes tamices:



4.75 mm (N.º 4), 2.36 mm (N.º 8), 1.18 mm (N.º 16), 600 μm (N.º 30), 300 μm (N.º 50) y 150 μm (N.º 100); luego se divide esta suma entre 100.

11. Con los datos obtenidos del porcentaje que pasa, se elabora la curva granulométrica, la cual permite visualizar la distribución del tamaño de las partículas.

Procedimiento para el agregado Grueso: Para llevar a cabo el análisis granulométrico del agregado grueso, se aplican los procedimientos establecidos a fin de obtener una adecuada caracterización de la distribución de tamaños de partículas presentes en la muestra evaluada.

b) Para agregado grueso:

Procedimiento para el análisis granulométrico del agregado grueso

1. Se realiza el cuarteo del material, extrayendo la muestra representativa conforme a lo establecido en la norma NTP 400.010. La cantidad mínima de muestra a utilizar dependerá del tamaño nominal máximo del agregado, según lo especificado en la tabla correspondiente.

Procedimiento para el análisis granulométrico del agregado grueso



Tabla 3 — Cantidad mínima de muestra para análisis granulométrico

Tamaño máximo nominal (mm / pulg)	Cantidad mínima de muestra (kg / lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

2. Se seleccionan los tamices adecuados para el ensayo, los cuales corresponden a aberturas de: 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8" y 4".
3. El tamizado debe efectuarse durante el tiempo necesario para garantizar una separación eficiente. Este proceso se considera completo cuando no más del 1 % del peso del material retenido sobre un tamiz logra atravesarlo en un minuto de tamizado manual.

Para ello, se sostiene firmemente el tamiz individual, con su tapa y fondo correctamente colocados, manteniéndolo ligeramente inclinado. El borde del tamiz se golpea contra el talón de la otra mano en un movimiento ascendente, a una frecuencia aproximada de 150 golpes por minuto. Cada 25 golpes, el tamiz debe girarse un sexto de vuelta.
4. Se registra el peso del material retenido en cada uno de los tamices utilizados.

5. Se determina el porcentaje que pasa y el porcentaje retenido en cada tamiz, aproximando los resultados al 0.1 % más cercano.
6. Con base en los porcentajes que pasan, se elabora la curva de distribución granulométrica del agregado, comparándola con los límites establecidos en la tabla normativa correspondiente.

Tabla 4 —Requisito granulométrico para agregado grueso (ASTM C33)

N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADA	4" mm	3 1/2" 90 mm	3" 75 mm	2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	1" 25 mm	3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	N° 8 2.36 mm	N° 16 1.18 mm
1	3 1/2" A 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" A 1 1/2"		100	90 a 100	35 a 70		0 a 15		0 a 5					
3	2" A 1"			100	90 a 100	35 a 70		0 a 15		0 a 15				
357	2" A N° 4			100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	1 1/2" A 3/4"			100	90 a 100	20 a 55		0 a 15		0 a 5				
467	1 1/2" A N° 4	100			95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
5	1" A 1/2"			100	90 a 100	20 a 55		0 a 10		0 a 5				
56	1" A 3/8"			100	90 a 100	40 a 85		10 a 40		0 a 15		0 a 5		
57	1" A N° 4				100	95 a 100		25 a 55		0 a 10		0 a 5		
6	3/4" A 3/8"				100	90 a 100	20 a 55		0 a 15		0 a 5			
67	3/4" A N° 4				100	90 a 100	20 a 55		0 a 10		0 a 5			
7	1/2" A N° 4				100	90 a 100	40 a 70		0 a 15		0 a 5			
8	3/8" A N° 8							100	85 a 100	10 a 30		0 a 10	0 a 5	

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037

3.2.2.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad corresponde a la cantidad de agua que permanece adherida a la superficie de las partículas del agregado. Esta humedad se determina como la diferencia entre el estado húmedo del material y su condición absolutamente seca. El grado de humedad



guarda una relación directa con la porosidad del agregado, la cual a su vez está influenciada por el tamaño, la distribución y el volumen total de los poros, así como por su permeabilidad. Este ensayo permite determinar la cantidad de agua absorbida por el agregado cuando ha sido expuesto al contacto con el agua durante un tiempo suficiente como para alcanzar la mayor parte de su capacidad de absorción. Esta información es fundamental para calcular correctamente el ajuste de masas en la dosificación del concreto. NTP 339.127

• **Procedimiento para agregados finos y gruesos:**

1. Se selecciona una muestra representativa del material a evaluar.
2. Se determina el peso inicial de la muestra húmeda.
3. La muestra se introduce en un horno y se seca a una temperatura constante de 110 ± 5 °C durante un período de 24 horas.
4. Transcurrido ese tiempo, la muestra se retira del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente.
5. Se procede a pesar la muestra ya seca.
6. Finalmente, el contenido de humedad se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$\%humedad = \%W = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

3.2.2.3 Porcentaje de absorción

El porcentaje de absorción se define como el incremento de masa que experimenta un agregado debido al agua que ingresa y se aloja en sus poros internos, sin incluir el agua superficial adherida a las partículas. Este valor se expresa como un porcentaje respecto al peso del agregado seco al horno. El ensayo tiene por finalidad cuantificar el nivel de absorción de agua del agregado, considerando que ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para alcanzar su máxima capacidad de absorción. Este valor es utilizado para ajustar correctamente la cantidad de agua en el diseño de mezclas de



concreto, garantizando así la precisión en la dosificación de materiales. Normas técnicas NTP 400.021 y NTP 400.022.

- **Procedimiento aplicado a agregados finos y gruesos:**

1. Se obtiene una muestra representativa del agregado mediante cuarteo y se determina su peso seco (W_s).
2. La muestra se sumerge completamente en agua durante 24 horas, a fin de asegurar una absorción completa.
3. Transcurrido el tiempo de inmersión, se retira del agua, se elimina el exceso superficial sin secar los poros internos y se pesa nuevamente. Este peso corresponde a la condición superficialmente seca (W_{ssd}).
4. Finalmente, se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente expresión:

$$\% \text{Absorción} = \left(\frac{W_{ssd} - W_s}{W_s} \right) \times 100$$

5. W_{ssd} : Peso del agregado en condición superficialmente seca, luego del remojo de 24 h.
6. W_s : Peso del agregado en condición completamente seca (secado al horno).

3.2.2.4 Peso específico

El peso específico, también conocido como densidad relativa, es la razón entre la masa de un volumen unitario de un material (en condiciones estándar) y la masa de un volumen equivalente de agua a una temperatura determinada. Este valor es adimensional. La densidad relativa es una propiedad fundamental utilizada para calcular el volumen que ocupa el agregado dentro de una mezcla, especialmente en aquellas que incluyen cemento Portland, como el concreto. Norma Técnica Peruana NTP 400.021 Y NTP 400.022

- **Procedimiento para agregados finos:**



1. Se obtiene una muestra representativa del agregado (aproximadamente 1 kg), mediante cuarteo.
2. La muestra se introduce en un horno a una temperatura constante de 110 °C por un período de 24 horas.
3. Una vez retirada del horno, se deja enfriar durante al menos 3 horas y se procede a pesar.
4. Posteriormente, se sumerge completamente en agua durante 24 ± 4 horas para asegurar su saturación.
5. Finalizado el tiempo de inmersión, se realiza el secado superficial de la muestra hasta que cumpla con el criterio de la prueba del cono (estado superficialmente seco).
6. Se introduce 500 gramos del material en un frasco picnómetro.
7. Se añade agua hasta alcanzar aproximadamente el 90 % del volumen del picnómetro, y se agita o se somete a vacío para eliminar el aire atrapado. Luego se completa el aforo del recipiente hasta su capacidad total.
8. Se determina el peso del picnómetro que contiene el agregado y el agua, con una precisión de 0.1 g.
9. Posteriormente, se vacía el contenido, se retira el agregado y se coloca nuevamente en el horno por 24 horas a 110 °C para secarlo completamente.
10. Tras el secado, se enfría el material a temperatura ambiente (1 a 2 horas) y se vuelve a pesar.
11. Finalmente, se calcula el peso específico utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Masa del agregado seco}}{\text{Volumen de agua desplazado por el agregado}}$$

- **Determinación del peso específico del agregado grueso**

Para calcular el peso específico del agregado grueso, se evalúa la relación entre la masa del material completamente seco y el volumen que desplaza en agua, sin alterar la estructura interna del agregado.

1. Se realiza el cuarteo del agregado para extraer una muestra representativa del lote.
2. La muestra se introduce en el horno a una temperatura constante de 110 °C y se mantiene durante 24 horas para garantizar el secado completo.
3. Después del secado, se deja enfriar durante aproximadamente 3 horas a temperatura ambiente antes de ser pesada.
4. Una vez registrado su peso seco, la muestra se sumerge completamente en agua por un período de 24 ± 4 horas para asegurar que alcance su condición de saturación.
5. Se retira del agua y se realiza el secado superficial del material (sin eliminar el agua interna de los poros).
6. Se pesa el agregado en su condición superficialmente seca.
7. Se sumerge una canastilla en agua y se determina su peso bajo el agua.
8. Luego, se introduce la muestra de agregado en la canastilla, se vuelve a sumergir en agua, y se registra el peso conjunto sumergido.
9. Posteriormente, el material se vuelve a secar en horno durante 24 horas a 110 °C.
10. Se deja enfriar nuevamente entre 1 a 2 horas a temperatura ambiente.
11. Finalmente, se vuelve a pesar el material seco.
12. Con estos datos, se calcula el peso específico utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso del agregado seco}}{\text{Volumen desplazado por el agregado}}$$

3.2.2.5 Peso unitario en estado suelto del agregado

El peso unitario suelto se define como la masa que ocupan los agregados en un volumen determinado, generalmente expresada en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Para fines de caracterización general y evaluación de la compactación, este valor se determina empleando agregados secos en condiciones no compactadas. Esta



prueba permite establecer la densidad bruta o “peso unitario” de los agregados, ya sea en condición suelta o compactada. El procedimiento sigue las especificaciones del método ASTM C29 y es aplicable a agregados cuyo tamaño máximo nominal no exceda los 150 mm. NTP 400.017

- **Procedimiento para agregados finos y gruesos:**

1. Se determina el peso del molde vacío y se calcula su volumen con precisión.
2. El molde se llena utilizando una pala, dejando que el agregado caiga de forma libre desde una altura no mayor a 5 cm sobre el borde del molde, hasta completarlo por completo.
3. Una vez lleno, se enrase el molde eliminando el exceso de material para que la superficie quede al ras.
4. Se pesa nuevamente el conjunto del molde más el agregado contenido.
5. Este procedimiento debe repetirse tres veces para obtener un resultado promedio confiable.
6. Este valor es fundamental para estimar la cantidad de agregado que se requiere por metro cúbico de mezcla, optimizando así la dosificación de materiales en el diseño del concreto.

$$\text{Peso unitario suelto (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agregado contenido en el molde (kg)}}{\text{Volumen del molde (m}^3\text{)}}$$

3.2.2.6 Peso unitario compactado del agregado

El peso unitario compactado es el valor obtenido al llenar un recipiente de volumen conocido con agregado seco en tres capas, aplicando compactación mecánica a cada una de ellas. Este método permite determinar la densidad bruta en estado compactado, lo cual es útil para estimaciones precisas de volumen en mezclas de concreto. NTP 400.017



- **Procedimiento técnico para agregados finos y gruesos:**
 1. Se determina el peso del molde vacío y se calcula su volumen en metros cúbicos (m³).
 2. El molde se llena utilizando una pala, permitiendo que el agregado caiga de una altura no mayor a 5 cm desde el borde superior, asegurando así una distribución natural del material.
 3. El llenado se realiza en tres capas sucesivas. Cada capa debe ser nivelada y compactada con 25 golpes de varilla, distribuidos de manera uniforme en toda la superficie. La varilla debe ser de acero, con un diámetro de 5/8 pulgadas (aprox. 16 mm) y una longitud de 60 cm, terminada en una punta semiesférica.
 4. Durante la compactación, la varilla debe penetrar únicamente la capa en curso, sin afectar las anteriores, tal como se muestra en la Figura 7.
 5. Una vez completado el llenado, se enrasa el material hasta igualar con el borde del molde, eliminando cualquier exceso.
 6. Se determina el peso del molde lleno con el agregado compactado.
 7. Este procedimiento se repite tres veces para obtener un resultado representativo, a partir del cual se calcula el peso unitario promedio.

$$\text{Peso unitario compactado (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agregado compactado (kg)}}{\text{Volumen del molde (m}^3\text{)}}$$

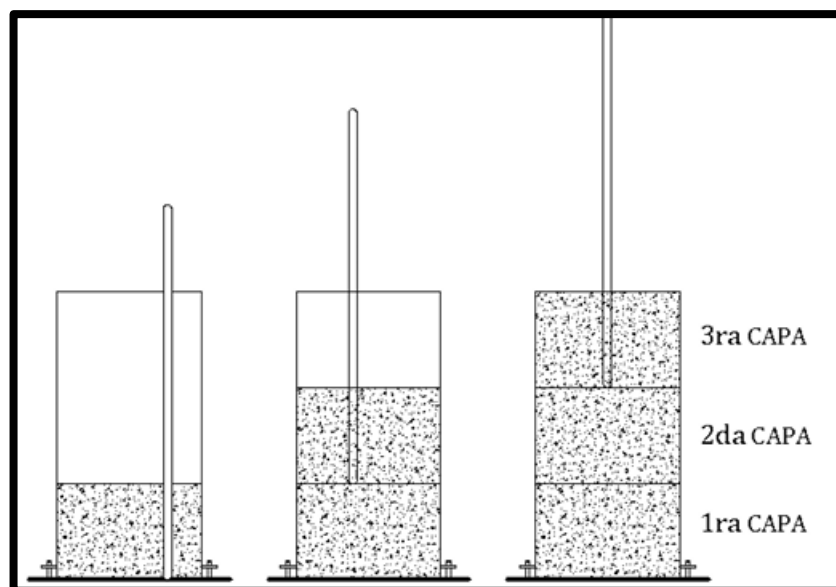


Figura 3 — Apisonado con 25 golpes de varilla por capa.

3.2.3 Diseño de mezcla.

El diseño de mezcla de concreto constituye un procedimiento técnico mediante el cual se determinan las proporciones adecuadas de los materiales que lo conforman —cemento, agregados gruesos y finos, y agua— con la finalidad de lograr un concreto que cumpla con los requisitos de calidad tanto en estado fresco como endurecido, de acuerdo con las necesidades constructivas. Según lo plantea Pasquel Carbajal (1998), este proceso implica la aplicación práctica de principios científicos sobre los componentes del concreto y sus interacciones, permitiendo obtener una mezcla que responda eficazmente a las exigencias del proyecto. A pesar de que existen tablas y proporciones estandarizadas que resultan funcionales en la mayoría de situaciones comunes en obra, el autor destaca que la realidad de la construcción requiere de la intervención creativa y el criterio técnico del profesional encargado. Aunque actualmente no existe un único método que garantice resultados precisos, se reconoce que una dosificación adecuada de los materiales influye directamente en propiedades fundamentales del concreto, como su resistencia, durabilidad, trabajabilidad y consistencia. Además, un diseño bien ejecutado permite minimizar defectos comunes como la segregación, el exudado o las fisuras por contracción plástica (PASQUEL, 1998)

3.2.3.1 Pasos para el diseño de Mezcla

- **Paso 1. Selección del asentamiento:**

En el diseño de mezcla, uno de los criterios esenciales es establecer la consistencia óptima del concreto, medida habitualmente mediante el ensayo de revenimiento. Se recomienda optar por mezclas de alta compacidad, es decir, aquellas que presenten la menor cantidad posible de agua sin comprometer la colocación adecuada del concreto en el encofrado o molde. Esta estrategia garantiza una mayor densidad del material, mejor resistencia y menor porosidad.

Cuando el valor del asentamiento (slump) no ha sido especificado explícitamente en los documentos técnicos del proyecto, debe seleccionarse en función del tipo de estructura y las condiciones de colocación previstas. Para ello, se recurre a tablas referenciales (como las propuestas en la Norma Técnica E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones), las cuales orientan el rango de revenimiento adecuado según el tipo de elemento: columnas, vigas, losas, zapatas o muros, así como el método de colocación (manual, bombeo, vibrado, etc.). (MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, 2021)

- **Paso 2. Elección del tamaño máximo (TMN) del agregado**

El tamaño máximo del agregado grueso en una mezcla de concreto debe seleccionarse considerando criterios técnicos y de economía, priorizando siempre el mayor tamaño que resulte compatible con las características geométricas de la estructura. Esta selección debe garantizar una adecuada colocación del concreto, sin generar obstrucciones o deficiencias en el llenado de los elementos.

Existen limitaciones dimensionales normativas que restringen el tamaño máximo del agregado, las cuales se definen en función de los elementos estructurales, a saber:

- No debe exceder $1/5$ de la menor dimensión interna del encofrado.
- No debe superar $1/3$ del espesor total de las losas.

- Debe ser menor que $3/4$ de la separación libre entre armaduras o cables pretensados.

En la práctica, el tamaño máximo nominal del agregado se determina mediante el análisis granulométrico, que consiste en tamizar la muestra y clasificarla por rangos de tamaño. El objetivo es lograr una mezcla densa, bien graduada y que cumpla con los requisitos de resistencia, trabajabilidad y durabilidad, sin generar segregación ni pérdida de cohesión durante su colocación. (MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, 2021)

- **Paso 3. Estimación de la cantidad de agua y contenido de aire atrapado:**

La cantidad de agua de mezclado por metro cúbico de concreto requerida para alcanzar un determinado asentamiento o revenimiento está directamente influenciada por diversas características de los agregados utilizados. Factores como el tamaño máximo nominal, la textura superficial, la forma de las partículas (angular o redondeada) y la distribución granulométrica inciden significativamente en la demanda de agua de la mezcla.

Asimismo, la presencia de aire incorporado, ya sea de forma natural o inducida mediante aditivos químicos (aireantes), también modifica la cantidad de agua necesaria para lograr la trabajabilidad deseada. Es importante señalar que el contenido de cemento no afecta de manera sustancial esta variable, por lo que no se considera un factor determinante en la estimación inicial del agua de mezclado.

Tabla 5 — Requerimientos aproximado de agua y contenido de aire para diferentes revenimientos y TMN

Revenimiento (pulgadas)	Agua litros/m ³ para el concreto de agregado de tamaño máximo nominal y revenimiento indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
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	---
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto, %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	---

Fuente: Documento elaborado por el Comité ACI 211.1

- **Paso 4. f'_{cr} (Resistencia promedio requerida):**

La resistencia promedio f'_{cr} representa el valor sobre el cual se diseña la mezcla de concreto, siendo superior al f'_c , que es la resistencia característica esperada. Este valor se determina a partir del conocimiento estadístico del comportamiento del concreto, especialmente considerando el f'_c especificado para el proyecto. Una forma habitual de establecer f'_{cr} es mediante el uso de parámetros estadísticos como la desviación estándar o el coeficiente de variación, los cuales reflejan la experiencia previa del constructor con mezclas similares y permiten ajustar la resistencia objetivo para asegurar el cumplimiento normativo en la práctica.

Primero: definir el valor de f'_{cr} , es necesario revisar si el laboratorio o empresa cuenta con resultados históricos de ensayos de compresión realizados bajo condiciones similares, es decir, con los mismos materiales, procedimientos y equipos. Si se dispone de estos datos, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) indica que la resistencia promedio debe calcularse mediante fórmulas estadísticas:

Fórmula I:

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.33 \times s$$

Fórmula II:

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33 \times s - 35$$

Donde:

f'_{c} : es la resistencia característica del concreto exigida por el proyecto.

S: representa la desviación estándar de los ensayos anteriores.

Se debe adoptar el valor mayor entre ambas expresiones, como medida de seguridad estructural (MINISTERIO DE VIVIENDA, 2009)

Segundo: Si no se dispone de datos estadísticos (sin desviación estándar): Cuando no se tienen antecedentes de ensayos o datos de desviación estándar, el RNE – Norma Técnica E.060 sugiere usar valores empíricos de f'_{cr} en función del rango de f'_{c} , según la siguiente tabla:

Tabla 6 —Elección de resistencia del concreto valor empírico

f'_{c} (kgf/cm ²)	f'_{cr} (kgf/cm ²)
Menor a 210	$f'_{c} + 70$
210 – 350	$f'_{c} + 84$
Mayor a 350	$f'_{c} + 98$

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones



Tercero: Según el nivel de control de calidad en obra

Cuando no existen registros técnicos ni se conoce un valor confiable de f^c , se estima f^{cr} basándose en el nivel de control de calidad observado en obra. Esta estimación se sustenta en criterios empíricos y normativos

Tabla 7 — Elección de resistencia del concreto

Nivel de control	f^{cr} estimado
Regular o malo	1.3 a $1.5 \times f^c$
Bueno	$1.2 \times f^c$
Excelente	$1.1 \times f^c$

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones

Para garantizar un diseño de mezcla confiable, se recomienda priorizar el uso de registros estadísticos propios. En ausencia de estos, pueden utilizarse las tablas normativas o, en última instancia, estimaciones basadas en el control de calidad de la obra

- **Paso 5. Selección de relación agua/cemento:**

La relación agua/cemento (A/C) es un factor clave en el diseño de mezclas de concreto, ya que influye directamente en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del material. Se define como la proporción entre la cantidad de agua y la de cemento, expresada en valor decimal. Una relación A/C más alta mejora la trabajabilidad pero reduce la resistencia; una más baja incrementa la resistencia, pero dificulta la colocación.

Su selección se basa en la resistencia requerida (f^c) y puede determinarse a través de ensayos previos, tablas técnicas o valores referenciales. En ausencia de datos propios, la Tabla de la Norma Técnica E.060 proporciona relaciones A/C conservadoras para mezclas con cemento Portland Tipo I, en condiciones estándar de laboratorio (ABANTO, 2009)



Tabla 8 — Relación Agua/cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días, kgf/cm ²	Relación agua /cemento (A/C) por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
420	0.41	---
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones

- **Paso 6. Cálculo del contenido de cemento:**

La dosificación de cemento por unidad de volumen de concreto se obtiene al dividir la cantidad de agua empleada en la mezcla entre la relación agua/cemento establecido para el diseño, lo que permite calcular con precisión la proporción necesaria de aglomerante para alcanzar las propiedades deseadas del concreto (ABANTO, 2009)

$$\text{Cantidad de cemento} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Agua} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relacion A/C}}$$

- **Paso 7. Estimación del contenido de agregado grueso:**

En el proceso de diseño de mezcla de concreto, la Tabla 9 del ACI 211.1 proporciona una referencia fundamental para determinar el volumen de agregado grueso varillado en seco que se debe utilizar por cada metro cúbico de concreto, en función del tamaño máximo nominal del agregado y el módulo de finura (MF) de la arena empleada como agregado fino. Esta tabla se construye con base en resultados del ensayo de peso unitario varillado en seco,



que simula la densidad alcanzable de la grava en condiciones compactadas sin presencia de agua.

Cada fila de la tabla corresponde a un tamaño máximo del agregado grueso (en pulgadas o milímetros), mientras que las columnas indican el volumen relativo del agregado en función del módulo de finura de la arena (desde 2.40 hasta 3.00). Por ejemplo, si se va a trabajar con grava de 3/4" y una arena con MF = 2.60, la tabla sugiere usar 0.64 m³ de agregado grueso varillado en seco por cada 1 m³ de concreto. Ese volumen luego se multiplica por el peso unitario varillado del agregado (obtenido empíricamente) para obtener el peso seco de grava necesaria en la dosificación. Se muestra la siguiente tabla a utilizar

Tabla 9 — Volumen de agregado grueso varillado en seco para distintos módulos de finura

Tamaño Máximo Nominal Pulg. (mm)	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Documento elaborado por el Comité ACI 211.1

- **Paso 8. Estimación del contenido de agregado fino (VAF):**

La determinación del contenido de agregado fino en el diseño de mezclas de concreto puede realizarse mediante dos enfoques



principales: el método del peso por unidad de volumen y el método del volumen absoluto. Ambos parten del principio de que, una vez conocidos todos los componentes de la mezcla por metro cúbico —como el cemento, el agua, el aire incorporado y el agregado grueso—, el volumen o peso del agregado fino puede calcularse por diferencia. En esta ocasión, se empleará el método de volúmenes absolutos, ya que permite una mayor precisión al trabajar directamente con las contribuciones volumétricas de cada ingrediente.

Este método parte de la base de que el volumen total del concreto es la suma de los volúmenes absolutos de sus componentes. Por lo tanto, el volumen del agregado fino se calcula restando del total (1 m³) los volúmenes ocupados por el cemento, el agua, el aire y el agregado grueso, aplicando la siguiente fórmula:

$$VAF (m^3) = 1 - (VAG + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{cemento}}$$

Donde:

- VAF: Es el volumen absoluto del agregado fino (m³),
- VAG: Es el volumen absoluto del agregado grueso,
- Vagua: Es el volumen del agua de mezclado,
- Vaire: Es el volumen del aire incorporado,
- Vcemento: Es el volumen del cemento usado.

Este enfoque garantiza que todos los componentes de la mezcla estén debidamente proporcionados para alcanzar las propiedades deseadas del concreto, como resistencia, durabilidad y trabajabilidad. La ventaja del método de volúmenes es su mayor exactitud, especialmente cuando se dispone de datos confiables de peso específico de los materiales y se busca optimizar el comportamiento del concreto en obra (ABANTO, 2009).

- **Paso 9. Ajustes por humedad de los agregados:**



En la práctica constructiva, los agregados utilizados en la elaboración del concreto rara vez se encuentran en estado seco, ya que generalmente contienen cierta cantidad de humedad, ya sea como agua absorbida en sus poros o como agua superficial adherida a su superficie. Esta condición afecta directamente tanto al peso real del agregado como a la cantidad de agua que debe añadirse a la mezcla. Por ello, es indispensable ajustar la cantidad de agua de mezclado según la diferencia entre los valores de absorción y humedad de los agregados.

El procedimiento técnico establece tres casos posibles:

Si la absorción (%) es mayor que la humedad (%): el agregado tenderá a absorber parte del agua de mezclado. En este caso, se deberá añadir agua adicional para compensar esa absorción y evitar que la mezcla pierda trabajabilidad.

Si la humedad (%) es mayor que la absorción (%): el agregado aportará agua libre a la mezcla. Por tanto, se deberá reducir la cantidad de agua de mezclado en una cantidad equivalente, para mantener el revenimiento deseado y evitar un exceso de fluidez.

Si la humedad (%) es igual a la absorción (%): no se requiere corrección alguna, ya que los valores de referencia, como los indicados en la Tabla 12 del ACI, están basados en esta condición de equilibrio.

Para ajustar el peso del agregado según su humedad, se aplica la fórmula:

Peso húmedo del agregado = Peso del agregado*(1 + %humedad)

El agua de mezclado debe ser corregida restando o sumando la humedad libre que los agregados aportan o demandan, considerando como tal la diferencia entre el contenido total de humedad del agregado y su porcentaje de absorción.

- **Paso 10. Diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado y fibra PET:**



Las fibras de acero reciclado y fibras PET se emplearán dentro del diseño de mezcla en las proporciones de 1%, 3% y 5% con respecto al peso del cemento.

3.2.4 Adición de fibras artificiales recicladas

3.2.4.1 Concreto reforzado con fibras

El concreto reforzado con fibras es básicamente una mezcla compuesta por pasta de cemento con agregados y fibras. Esta pasta es la combinación del cemento portland, agua y aditivos que se vayan a utilizar, y los agregados que pueden ser arena fina o gruesa y piedra triturada o natural; asimismo las fibras pueden ser de vidrio, acero, materiales artificiales (PET) o materiales naturales.

Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa del hormigón con la finalidad de aportar ciertas propiedades específicas.

De forma general se clasifican en dos grupos:

- a) **Fibras estructurales:** fibras que aportan a la masa del concreto una mayor energía de rotura (en este caso, su aportación se puede tener en cuenta a la hora de calcular la reacción de la sección de concreto (MINISTERIO DE FOMENTO, 2010).
- b) **Fibras no estructurales:** Fibras que no se incluyen en los cálculos pero que tienen una contribución significativa, por ejemplo, para controlar las fisuras por contracción, mejorar la resistencia al fuego, a la abrasión, impacto, etc. (MINISTERIO DE FOMENTO, 2010).

3.2.4.2 Tipos de fibras

Siguiendo el código ACI-544, las fibras tienen la siguiente clasificación:

- **Fibra Natural: bagazo de caña de azúcar, coco, yute, maguey, bambú.**

Las fibras naturales se utilizaron como una forma de refuerzo incluso antes de la armadura convencional de concreto. Los adobes reforzados con paja o los morteros reforzados con pelo



animal son algunos ejemplos del uso de estas. Se las puede clasificar en base a origen en orgánico y mineral.

De las fibras naturales las más utilizadas son las de origen orgánico, dentro de estas las más conocidas son las fibras vegetales. También se les puede considerar como fibras vegetales a elementos livianos como el corcho, el aserrín y la viruta de madera, que pueden reemplazar a los agregados.

- **Fibra Sintética o Artificial: acrílica, carbono, nylon, poliéster, PET.**

Las fibras sintéticas o artificiales son aquellas que son fabricadas por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Existen dos formas diferentes de fibras sintéticas: las de multifilamentos y las producidas de cinta de fibrilla, estas últimas caracterizan por tener una elevada resistencia a la tensión.

Los tipos de fibras utilizadas en el concreto son: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y PET.

- **Fibra de Vidrio.**
- **Fibra de Acero.**

3.2.5 Fibras de acero

3.2.5.1 Definición

Las fibras de acero son pedazos de corta longitud y pequeña sección, que van variando desde un pequeño alambre cortado en trozos hasta las fibras finales con longitud, diámetros equivalentes y formas muy diversas.

La distribución uniforme y la distribución de fibras en la mezcla de concreto pueden reducir la fragilidad del concreto y así mejorar sus propiedades mecánicas.

La distribución de las fibras en la matriz del concreto influye significativamente, debido a que si esta se acomoda en una sola dirección y paralela al esfuerzo de tracción aplicado es cuando se

presentan mejores resultados siendo menor el impacto cuando son orientadas al azar y en las tres dimensiones.



Figura 4 — Fibras de acero para concreto

3.2.5.2 Propiedades en las fibras de acero

Al igual que otros materiales, las fibras de acero poseen propiedades mecánicas que contribuyen directamente el rendimiento del material. Las principales propiedades que podemos citar son: la ductilidad, la resistencia a la fatiga, resistencia al impacto y al corte.

Si hablamos de la ductilidad esta aporta en la redistribución de esfuerzos, propiedad que hace que se incremente la capacidad carga y por lo tanto disminuye el peralte en los pisos de concreto. En términos de resistencia a la fatiga, proporciona casi el doble de resistencia a cargas repetidas que el hormigón simple, mejorando así la capacidad de carga de cada elemento.

Adicional a estas propiedades, las fibras de acero también logran la transferencia de cargas, suprimiendo la existencia de canastillas con pasadores (dispositivos de transferencia de carga dentro de los pavimentos), lo que favorece el tránsito pesado gracias a su resistencia estructural.

Otra característica que presenta es la resistencia al impacto lo que hace que este concreto resista de 15 a 100 veces más del concreto convencional.

3.2.5.3 Clasificación

La norma ASTM A820 clasifica a las fibras en base a su proceso de fabricación en 4 tipos:



- Trefiladas: fibras de alambre conformado a frio.
- Láminas cortas: fibras cortadas de chapas de acero.
- Extractos fundidos: fibras extraídas de fundición las cuales se fabrican utilizando rueda centrífuga.
- Otras fibras.

3.2.5.4 Ventajas y desventajas

a) Ventajas:

Entre sus principales ventajas al adicionarse al concreto, se tiene:

- Presentan buenas características dentro del concreto.
- Mejoran la resistencia a tracción, flexión y corte.
- Dan mayor resistencia ante diferentes tipos de cargas.
- Mejor adherencia con los materiales que forman el concreto.
- Capacidad de absorción de energía alta.
- Resistencia al agrietamiento en la fase de contracción plástica y revenimiento.
- No se produce merma en su aplicación (cero desperdicios).

b) Desventajas:

- Presentan un alto nivel de oxidación, si se encuentran expuestas a la superficie.
- En la mezcla reducen la trabajabilidad, debido al tamaño de su longitud y diámetro.

3.2.6 Fibras PET

3.2.6.1 Definición

De acuerdo a MENDEZ (2012), el Polietileno Tereftalato (PET) es un poliéster termoplástico elaborado a partir de dos principales compuestos: Ácido Terftálico y Etilenglicol, pero también se puede utilizar Dimetiltereftalato en lugar de Ácido Tereftálico. Este material tiene una velocidad de cristalización lenta y puede ser amorfo-transparente o cristalino (pág. 27).



Las fibras de PET fueron las primeras fibras que se sacaron en el mercado para su uso en mezclas de concreto. Estas son producidas por el estiramiento de polímeros sintéticos ya sean en monofilamentos de sección circular o en finas láminas planas.

Se encuentran individualmente por lo que actúan como refuerzo dentro de la masa, reduciendo las fisuras por contracción plástica en estado fresco, y los agrietamientos por temperatura en estado endurecido. Las fibras de PET son incoloras, de entretejido pequeño y se caracterizan por ser muy estables, presentan una superficie impermeable por lo que no quita agua de mezclado.



Figura 5 — Envases PET

3.2.6.2 Propiedades físicas y mecánicas del PET

Una de sus propiedades mecánicas es su alta resistencia al desgaste debido a su estructura cristalina, que aumenta significativamente la rigidez en comparación con la simple orientación molecular y mantiene la estabilidad dimensional incluso después del procesamiento

Tabla 10 — Propiedades físicas del PET

Propiedades físicas	Valor	Unidad
Absorción de Agua – Equilibrio (%)	< 0.7	---
Densidad (gr/cm ³)	1.3 – 1.4	---
Índice refractivo	1.58 – 1.64	---
Velocidad de combustión	Consumo lento	mm/min
Resistencia a los ultravioletas	Buena	---
Efecto luz solar	Se decolora ligeramente	---

Calidad óptica	Transparente a opaco	---
Temperatura de fusión	244 – 254	°C
Resistencia al calor	80 – 120	°C

Fuente: Enciclopedia del plástico 2000

Tabla 11 — Propiedades mecánicas del PET

Propiedades mecánicas	Valor	Unidad
Coefficiente de fricción	0.2 – 0.4	---
Resistencia a la tensión	59 – 72	Mpa
Resistencia a la compresión	76 – 128	Mpa
Resistencia al impacto, Izod	0.01 – 0.04	J/mm
Dureza	Rockwell M94 – M101	---

Fuente: Enciclopedia del plástico 2000

3.2.6.3 Ventajas y desventajas

a) Ventajas:

- Son estables y livianas dentro de la mezcla de concreto.
- No absorben agua.
- Disminuyen las fisuras en el concreto.
- Su baja densidad hace que este tipo de fibras queden embebida en el concreto o mortero, de forma que no afloran a la superficie.
- Aumentan la resistencia al impacto.

b) Desventajas:

- Poseen un bajo módulo de elasticidad.
- Tienen baja capacidad de adherencia a la matriz, debido a que no absorben agua durante la mezcla ni el posterior fraguado.

3.2.6.4 El uso de los envases PET en la construcción

En la actualidad se observa que este material se está tomando en cuenta en muchas obras civiles. Todo ello estaría justificado mediante las propiedades físicas y mecánicas que posee este material en el cumplimiento de las especificaciones técnicas que se exigen en la ejecución de los proyectos. Por estas razones los envases reciclados PET se utilizan como alternativa en la producción de unidades de mampostería, que luego se utilizan en la construcción, es para reducir los costos de mano de obra.

3.3 Marco Conceptual

- a) **Concreto.** “Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se incorpora aditivos para mejorar sus propiedades de comportamiento” (MTC, 2018). “Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, 2021).
- b) **Concreto fresco.** “Así se define el hormigón en su estado plástico, cuando aún no ha comenzado el proceso de fraguado. El hormigón fresco debe ser adecuado para la tarea específica para la que está destinado, en particular su idoneidad para recibir, transportar, colocar en formas y acabado por los métodos disponibles” (NAVILLE, 2013).
- c) **Concreto endurecido.** “Estado físico del concreto donde se caracteriza por su dureza y rigidez, que se produce cuando termina el fraguado, a partir de la cual, el conjunto de materiales granulares, pulverulentos y agua, se han convertido en una verdadera piedra artificial” (NAVILLE, 2013).
- d) **Fraguado.** “Proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento)” (MTC, 2018). “Es un concepto convencional que se emplea para designar el periodo que necesita una mezcla de cemento y agua para adquirir una dureza previamente fijada” (RIVVA, 2000).
- e) **Fibra de acero.** “Longitudes cortas y discretas de acero que tienen una relación de aspecto (relación de longitud a diámetro) de aproximadamente 20 a 100, con cualquiera de varias secciones transversales, y que son lo suficientemente pequeñas para ser dispersado aleatoriamente en una mezcla de concreto sin



endurecer utilizando los procedimientos de mezcla habituales” (COMITE ACI 544, 2002).

- f) **Resistencia a la compresión.** “Ensayo que se realiza colocando una muestra cilíndrica de concreto en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo, con la finalidad de obtener la capacidad de carga” (MTC, 2018). “Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo” (Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2013).
- g) **Resistencia a la flexión.** “Es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto reforzada, se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en lb/pulg²” (National Ready Mixed Concrete Association).
- h) **Tereftalato de polietileno (PET).** “El Polietileno Tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química” (MENDEZ, 2012).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y enfoque de la investigación.

4.1.1 Nivel de la Investigación

El nivel de investigación que caracteriza este estudio es explicativo, dado que no solo se busca describir o correlacionar variables, sino identificar, interpretar y justificar las causas y efectos que produce la incorporación de fibras artificiales recicladas (PET y acero reciclado) en las propiedades mecánicas del concreto.

De acuerdo con (HERNÁNDEZ, y otros, 2014), este tipo de investigación “pretende explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da”

En ese sentido, esta tesis analizo experimentalmente cómo y por qué varía la resistencia del concreto (compresión, tracción y flexión) al modificar el diseño de mezcla mediante el uso de diferentes proporciones de fibras recicladas. Se partió de una hipótesis técnica fundamentada y se probaron condiciones controladas que permitieron establecer relaciones de causalidad entre la variable independiente (tipo y porcentaje de fibra añadida) y las variables dependientes (propiedades mecánicas del concreto).

Este nivel explicativo apporto un entendimiento más profundo sobre el comportamiento estructural del concreto modificado y contribuye tanto al conocimiento académico como a la mejora de prácticas ingenieriles sostenibles.

4.1.2 Enfoque de la investigación

HERNÁNDEZ, y otros (2014) el enfoque cuantitativo se caracteriza por utilizar la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer patrones de comportamiento y probar teorías



El enfoque metodológico de la investigación es de tipo cuantitativo, dado que se centra en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos mediante ensayos normalizados de laboratorio (compresión, tracción, flexión).

Este enfoque nos permitió establecer relaciones objetivas y medibles entre las variables involucradas: por un lado, la variable independiente (el tipo y porcentaje de fibras PET y acero añadidas al concreto), y por otro, las variables dependientes (las propiedades mecánicas resultantes del concreto)

4.1.3 Tipo de la investigación

HERNÁNDEZ, y otros (2014) Este tipo de estudios tiene como objetivo resolver problemas prácticos y su propósito es la aplicación inmediata de los conocimientos.

Fue una investigación de tipo aplicada, ya que no solo busco generar conocimiento teórico, sino resolver un problema técnico específico relacionado con la mejora del comportamiento mecánico del concreto mediante el uso de fibras recicladas de PET y acero corrugado. Este tipo de investigación estuvo orientado a generar soluciones viables y prácticas que puedan ser utilizadas en el campo de la ingeniería civil, particularmente en el diseño de mezclas.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental. Para el diseño de la investigación se consideró grupos experimentales (G_e) a los que se aplicarán tratamientos y un grupo de control (G_c) que sirve como comparación para los cuales se realizarán solo post test.

En un estudio de tipo experimental, el investigador interviene de forma intencionada sobre una o varias variables independientes con el propósito de analizar cómo estas influyeron en otras variables que dependieron de ellas, todo ello dentro de un entorno controlado que permitió observar los efectos con precisión. (HERNÁNDEZ, y otros, 2014)

ARIAS (2006) “la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (pág. 33).

Ge₁: Grupo experimental 1, conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 1% de fibras de acero reciclado (X₁).

Ge₂: Grupo experimental 2, conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 3% de fibras de acero reciclado (X₂).

Ge₃: Grupo experimental 3, conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 5% de fibras de acero reciclado (X₃).

Ge₄: Grupo experimental 4, conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 1% de fibras de PET reciclado (X₄).

Ge₅: Grupo experimental 5, conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 3% de fibras de PET reciclado (X₅).

Ge₆: Grupo experimental 6, conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 5% de fibras de PET reciclado (X₆).

Gc: Grupo de control, conformado por briquetas y vigas de concreto sin tratamiento.

Ge ₁	X ₁	O ₁
Ge ₂	X ₂	O ₂
Ge ₃	X ₃	O ₃
Ge ₄	X ₄	O ₄
Ge ₅	X ₅	O ₅
Ge ₆	X ₆	O ₆
Gc	—	O ₇

Figura 6 — Diseño experimental de la investigación

Donde:

O_i: Post test de las propiedades mecánicas del concreto a diferentes edades.

4.3 Población y Muestra

4.3.1 Población

Para VARA (2012) se conoce a la población como «el conjunto de todos los individuos (objetos, personas, documentos, data, eventos, empresas, situaciones, etc.) a investigar» (pág. 221). “... es el conjunto de sujetos o cosas



que tienen una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo”.

Por otra parte, ARIAS (2006) lo define como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (pág. 81).

Para el presente trabajo de investigación la población está conformada por los especímenes de concreto de forma cilíndrica y vigas que provienen de los siguientes diseños de mezcla:

- Diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%.
- Diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%.
- Diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%.
- Diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 1%.
- Diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 3%.
- Diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 5%.
- Diseño de mezcla convencional.

4.3.2 Muestreo

Según VARA (2012) es el proceso mediante el cual se selecciona una parte de la población. Muestreo no probabilístico intencional a que se trabajó con la totalidad de especímenes diseñados para el estudio experimental NTP339.034.

4.3.3 Muestra

Según VARA (2012) es el conjunto de casos extraídos de la población, seleccionados por algún método racional, siempre parte de la población (pág. 221).

Así también (ARIAS, 2006) lo define como un subconjunto característico y definido que se extrae de la población viable (pág. 83).

La muestra está constituida por 07 grupos conformados por 18 briquetas de concreto y 6 vigas. haciendo un total de 126 briquetas de concreto y 42 viguetas que se detallan:



Tabla 12 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 1 (Ge1)



Grupo Experimental 1 – Fibra de acero reciclado al 1%		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6

Tabla 13 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 2 (Ge2)


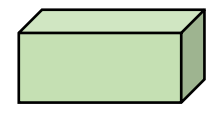
Grupo Experimental 2 – Fibra de acero reciclado al 3%		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6

Tabla 14 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 3 (Ge3)


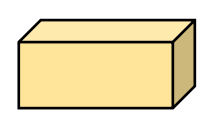
Grupo Experimental 3 – Fibra de acero reciclado al 5%		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6



Tabla 15 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 4 (Ge4)



Grupo Experimental 4 – Fibra de PET reciclado al 1%		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6

Tabla 16 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 5 (Ge5)



Grupo Experimental 5 – Fibra de PET reciclado al 3%		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6

Tabla 17 — Muestra de especímenes del Grupo experimental 6 (Ge6)





Grupo Experimental 6 – Fibra de PET reciclado al 5%		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6

Tabla 18 — Muestra de especímenes del Grupo de control (Gc)

Grupo de control		
Forma:	Briquetas 	Vigas 
Dimensiones:	4 in x 8 in	6 in x 6 in x 21 in
Edad:	7, 14 y 28 días	28 días
Cantidad:	18	6

4.4 Procedimiento

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se realizaron los siguientes procedimientos:

Primero: Se realizó el reciclaje de fibras de acero y PET para la obtención de partículas finas y su posterior uso como material en el diseño de mezcla.



Figura 7 — Reciclaje de fibra de acero

Segundo: Los procedimientos para la caracterización de los materiales (finos y gruesos) en laboratorio se realizó tomando como referencia a las normativas vigentes tanto de la Norma Técnica Peruana y el “Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones”.

Tabla 19 — Relación de ensayos realizados a los agregados fino y grueso

Ítem	Descripción	Norma
01	Peso unitario y vacíos de los agregados	MTC E 203
02	Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos	MTC E 204
03	Gravedad específica y absorción de agregados finos	MTC E 205
04	Peso específico y absorción de agregados gruesos	MTC E 206
05	Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado	MTC E 215

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 — Resultados de los agregados fino y grueso de ensayos realizados

3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS Y CEMENTO A UTILIZAR			
3.1 Propiedades de Agregado Fino		3.2 Propiedades de Agregado Grueso	
Gravedad Específica:	2.770	Tamaño Máximo:	3/4" "
Modulo de Finura (min. 2.40 - max. 3.00):	3.00	Peso Especifico Seco:	2.4
Peso Unitario Compacto Seco:	193.58 kg/m ³	Peso Unitario Compactado Seco:	1688.38 kg/m ³
Porcentaje de Absorción:	2.48 %	Porcentaje de Absorción:	1.91 %
Contenido de Humedad:	2.72 %	Porcentaje de Humedad:	0.14 %
Gravedad Específica:	3.100	Cemento Tipo:	yura tipo 1

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, se determinó las propiedades del cemento según su ficha técnica, así como también las propiedades físicas de las fibras de acero y PET.

Tercero: Teniendo los resultados del análisis de control de calidad de los materiales se procedió a elaborar el diseño de mezcla para los grupos experimentales y el grupo de control en gabinete mediante la metodología ACI 211.

4.4.1 Diseño de mezcla Método ACI 211

El procedimiento para la dosificación de mezclas que se expone en esta sección es aplicable al concreto de peso normal, aunque pueden emplearse los mismos criterios y procedimientos básicos para seleccionar las proporciones de concretos pesados y masivos.

La determinación de los pesos de las mezclas de concreto requeridos involucra una serie de pasos lógicos e inmediatos que, realmente ajustan las propiedades de los materiales disponibles a una mezcla que se adapta al trabajo. El aspecto de la adaptabilidad no siempre permite al individuo seleccionar las proporciones. Las especificaciones del trabajo pueden incluir todas o algunas de las siguientes recomendaciones:

- Máxima relación agua/cemento.
- Máximo contenido de cemento.
- Contenido de aire.
- Revenimiento.
- Tamaño máximo de agregado.
- Resistencia.
- Otros requerimientos relacionados con aspectos de sobre-diseño de resistencia, aditivos y tipos especiales de cemento o agregado.

Paso 1. Elección del revenimiento: Si el asentamiento no ha sido especificado, el valor apropiado para el desarrollo del trabajo se puede seleccionar a partir de la siguiente tabla:

Tabla 21 — Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de Construcción	Revenimiento (pulgadas)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	3	1
Zapatas, campanas y muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas para edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto masivo	2	1

Fuente: Documento elaborado por el Comité ACI 211.1

La determinación del asentamiento del concreto se realizó en el laboratorio mediante el método de ensayo del asentamiento del concreto (Slump) o ensayo de Revenimiento – MTC E 705.



Figura 8 — Medición del asentamiento del concreto

Tabla 22 — Asentamientos elegidos para el diseño de mezcla

I. SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA (TABLA 6.3.1 - ACT211.1)	ASENTAMIENTO (SLUMP)			
	MAX.	MM.	Recomendado	Sugerido por Experiencia
Zapatas y Muros de Cimentación Reforzados	3"	1"	2"	3.00"

Fuente: elaboración Propia

Paso 2. Elección del tamaño máximo (TMN) del agregado: Por regla general, el tamaño máximo de agregado debe ser el mayor disponible económicamente y guardar relación con las dimensiones de la estructura. Este valor se obtiene del ensayo de análisis granulométrico.

Paso 3. Estimación de la cantidad de agua y contenido de aire atrapado: La cantidad de agua por volumen unitario de concreto requerida para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula, la granulometría de los agregados y de la cantidad de aire incluido (aire adicionado a través de aditivos químicos), no le afecta significativamente el contenido de cemento.

Tabla 23 — Requerimientos aproximado de agua y contenido de aire para diferentes revenimientos y TMN

Revenimiento (pulgadas)	Agua litros/m ³ para el concreto de agregado de tamaño máximo nominal y revenimiento indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
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	---
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto, %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	---

Fuente: Documento elaborado por el Comité ACI 211.1

Paso 4. Cálculo del F'c y F'cr: La fuerza de compresión requerida (F'cr) se determinará haciendo uso de la siguiente tabla.



Tabla 24 — Resistencia a la compresión requerida

$F'c$ (kgf/cm ²)	$F'cr$ (kgf/cm ²)
Menores a 210	$F'c + 70$
210 a 350	$F'c + 84$
Mayores a 350	$F'c + 98$

Fuente: Norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones

Tabla 25 — Resistencia a la compresión elegida

2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DE DISEÑO $F'c$	210 kg/cm ²	21 MPa	2987 psi
ACI 211.1 - TABLA C.5.3.2.2 - RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA		$f'cr = f'c + 8,3$	29.3 Mpa

Fuente: Elaboración propia

Paso 5. Selección de relación agua/cemento: Es deseable establecer una relación entre la resistencia y la relación A/C para los materiales que van a emplearse, por lo que se calculara con los datos de la siguiente tabla.

Tabla 26 — Relación Agua/cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días, kgf/cm ²	Relación agua /cemento (A/C) por peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
420	0.41	---
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Documento elaborado por el Comité ACI 211.1.

Tabla 27 — Elección de Datos del concreto calculado sin aire incorporado

4. DATOS DEL CONCRETO CALCULADO		Volumen total del Concreto Requerido
<input type="radio"/> Con Aire Incorporado <input checked="" type="radio"/> Sin Aire Incorporado	Grado de Exposición Del Agregado: Normal Grueso: Moderada Extrema Normal	1 m ³
(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)		

Fuente: elaboración Propia

Tabla 28 — Relación Agua/cemento (A/C) y la resistencia a la compresión del concreto con relación a datos obtenidos anteriormente

5. CALCULO VOLUMEN DE AGUA										
Slump:	3.00 "	T.Máx	0.38	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
T. Máx Agregado:	0.75 "	Con Aire	202.0	193.0	184.0	175.0	165.0	157.0	133.0	119.0
Con Aire:	184.00	Sin Aire	228.0	216.0	205.0	193.0	181.0	169.0	145.0	124.0
Sin Aire:	205.00	(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)								
PESO DEL AGUA:			205.0 kg		VOLUMEN DEL AGUA:			0.2050 m ³		

Fuente: Elaboración Propia

Paso 6. Cálculo del contenido de cemento: El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado dividido entre la relación agua-cemento A/C.

$$\text{Cantidad de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{\text{Agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{\text{Relacion A/C}}$$

Tabla 29 — Cálculo del contenido de cemento

6. CALCULO VOLUMEN DEL CEMENTO			
F'cr	293 (kg/cm ²)	TABLA A1.5.3.4(a) - ACI 211.1	
		Con Aire Incorporado	Sin Aire Incorporado
Relación Agua / Cemento:		0.46	0.55
Peso del Cemento, (Calculado datos de la tabla A1.5.3.3 ACI 211.1):		448 kg	376 kg
Volumen del Cemento, (Calculado datos de la tabla A1.5.3.3 ACI 211.1):		0.144 m ³	0.121 m ³
Peso del Cemento (recomendado):		373 kg	← Sin Aire Incorporado
Volumen del Cemento (recomendado):		0.120 m ³	
VOLUMEN DEL CEMENTO DE DISEÑO:		0.120 m ³	(Relación Agua / Cemento) recomendado a usar en la Mezcla Sin Aire Incorporado 0.55

Fuente: Elaboración Propia

Paso 7. Estimación del contenido de agregado grueso: En la siguiente tabla se muestra el volumen de agregado en metros cúbicos, con base al varillado en seco, para un metro cúbico de concreto. Este volumen se convierte a peso seco



del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el Peso Unitario Varillado en seco por metro cúbico de agregado grueso.

Tabla 30 — Volumen de agregado grueso varillado en seco para distintos módulos de finura

Tamaño Máximo Nominal Pulg. (mm)	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Documento elaborado por el Comité ACI 211.1

Tabla 31 — Volumen de agregado Grueso

7. CALCULO VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO						
T. Máx Agregado:	3/4 "	T.Máx.	Modulo de Finura (TABLA A1.5.3.6 - ACI 211.1)			
Modulo de Fineza de la Arena:	3.00		2.40	2.60	2.80	3.00
		3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
Volumen de A°G° Compactado Seco:			0.6 m ³	VOLUMEN DEL AGREGADO:		0.422 m ³

Fuente: Elaboración Propia

Paso 8. Estimación del contenido de agregado fino (VAF): El agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia. Puede emplearse cualquiera de los dos procedimientos siguientes:

- a) **Método de Peso del concreto por unidad de volumen.**



Tabla 32 — Volumen de agregado Fino

9. CALCULO VOLUMEN ABSOLUTO DE LA ARENA			
Volumen de Agua:	0.205 m ³	VOLUMEN DE LA ARENA:	0.233 m ³
Volumen de Cemento:	0.120 m ³		
Volumen del Agregado Grueso:	0.422 m ³		
Volumen del Aire:	0.020 m ³		
TOTAL:	0.767 m ³		

Fuente: Elaboración Propia

b) Método de volumen absoluto ocupado por los ingredientes del concreto.

En este caso se realizará mediante el método de volúmenes absolutos, para lo cual se empleará la siguiente formula:

$$VAF (m^3) = 1 - (VAG + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{cemento}})$$

Tabla 33 — cálculo de Pesos

10. CALCULO DE PESOS			
Elemento	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso
Agua	0.205 m ³	1000 kg/m ³	205.0 kg.
Cemento	0.1202346 m ³	3100 kg/m ³	372.7 kg.
Agregado Grueso (seca)	0.422 m ³	2400 kg/m ³	1013.0 kg.
Agregado Fino (seca)	0.233 m ³	2770 kg/m ³	644.5 kg.
Aire	0.020 m ³	0 kg/m ³	0.0 kg.
TOTALES	1 m ³		2235 kg.

Fuente: Elaboración Propia

Paso 9. Ajustes por humedad de los agregados: Los agregados en estado natural generalmente contienen humedad y sus pesos secos deben incrementarse con el porcentaje de agua que contienen ya sea absorbida o libre en la superficie.

Por lo tanto, el agua de mezclado será corregida dependiendo de los valores de humedad y absorción que tengan los agregados, así:

- **Si Absorción (%) > Humedad (%)**, el agregado absorberá agua del agua de mezclado obtenido de la Tabla 12, por lo tanto, hay necesidad de agregar una cantidad de agua equivalente a la diferencia entre la absorción y la humedad de los agregados a fin de evitar que este consumo adicional de agua se refleje en mezclas poco manejables.

- **Si Absorción (%) < Humedad (%)**, el agregado aportará agua al agua de mezclado, por lo tanto, hay necesidad de disminuir el agua de mezclado en una cantidad equivalente a la diferencia entre la humedad y la absorción a fin de evitar que la mezcla a elaborar sobrepase el revenimiento previsto.
- **Si Absorción (%) = Humedad (%)**, no se debe realizar ningún ajuste ya que los valores de la Tabla 12 son calculados bajo esta condición.

Peso húmedo del agregado = Peso del agregado*(1 + %humedad)

Tabla 34 — corrección por humedad y absorción

11. CALCULO DE PESO DE AGUA FINAL - CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION				
	Humedad	Pesará	Balance de agua	Contribucion de Agua
Agregado Grueso Húmedo:	0.14	1014.4	-0.018	-17.956 kg
Agregado Fino Húmedo:	2.72	662.0	0.002	1.589 kg
Agua Final:	221.4 kg	Peso Combinado Agregados kg:	1676.5 kg	AG / AF 61 / 39
				Proporción Calculada

Fuente: Elaboración Propia

Paso. Diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado y fibra PET: Las fibras de acero reciclado y fibras PET se emplearán dentro del diseño de mezcla en las proporciones de 1%, 3% y 5%. La adición de las fibras de acero y fibras PET se realizó haciendo uso de las balanzas en el laboratorio según las cantidades requeridas en el presente estudio de investigación.

Tabla 35 — Dosificación a utilizar

12. RESULTADOS - DOSIFICACIÓN		
Para 1 m ³		
ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN SUELTO
Agua	221.37 kg	0.221 m ³
Cemento	372.73 kg	8.77 bolsas
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.699 m ³
Agregado Fino	662.03 kg	0.376 m ³
% de fibras recicladas	kg	

Fuente: Elaboración Propia



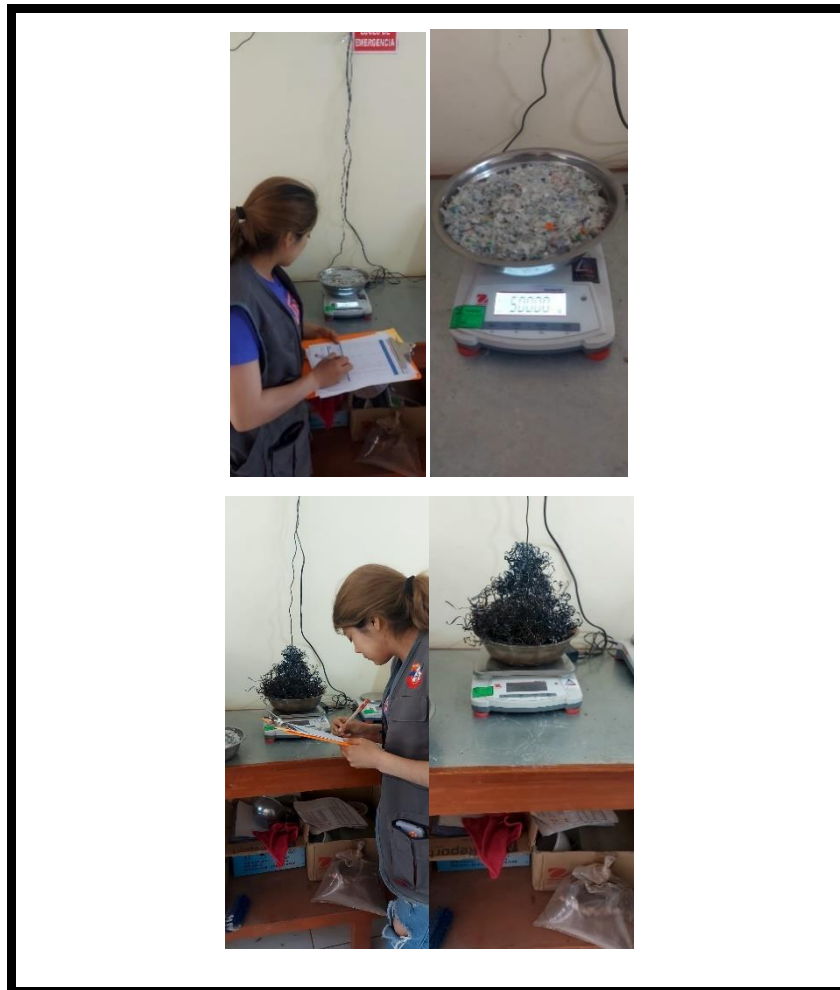


Figura 9 — Pesado de las fibras PET y fibras de acero mediante balanza analítica

Cuarto: Teniendo ya calculado las cantidades de los componentes del concreto adicionado con las fibras artificiales se procede a la elaboración de las briquetas y vigas de acuerdo al diseño de mezcla y a los procedimientos de que exige la norma.



Figura 10 — Elaboración de briquetas y vigas de concreto

Quinto: Curado de concreto: el proceso de curado de las muestras cilíndricas y vigas de concreto se realizaron en las instalaciones del laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.



Figura 11 — Curado del concreto

Sexto: Para la recolección de datos se ejecutaron los ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto a diferentes edades.



Figura 12 — Ensayo de resistencia a la compresión simple y resistencia a la flexión

Séptimo: El procesamiento de los resultados obtenidos se realizaron en gabinete del Laboratorio mediante el uso de las herramientas informáticas tales como el Excel y el software IBM SPSS Statistics Base 26.

4.5 Técnicas e instrumentos

La técnica de la investigación es la observación para ello se usarán instrumentos de recolección de datos mediante listas de cotejo, los cuales ayudarán a lograr los objetivos de la investigación.

Los instrumentos a utilizar en la investigación son los siguientes:

Instrumento N° 1 Método para el análisis por tamizado de los agregados finos

Instrumento N° 2 Método para el análisis por tamizado de los agregados gruesos

Instrumento N° 3 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados

Instrumento N° 4 Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino y grueso

Instrumento N° 5 Método de ensayo para contenido de humedad.

Instrumento N° 6 Dosificación de mezcla para concreto hidráulico.

Instrumento N° 7 Resistencia a la flexión del concreto usando una viga simplemente apoyada y cargada en los tercios de la luz libre.

Instrumento N° 8 Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.



4.6 Análisis estadístico

4.6.1 Media aritmética (\bar{x})

Es la medida de posición o promedio más conocida, la más utilizada y entendida por todos, por su gran estabilidad es la preferida en el muestreo, sus formulas admiten tratamiento algebraico (MARTÍNEZ, 2012).

«Se define como la suma de todos los valores observados, divididos por el número total de observaciones» (MARTÍNEZ, 2012 pág. 94)

Matemáticamente se calcula haciendo uso de las siguientes fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \bar{x} = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{n}$$

Donde:

\bar{x} : Media

n : Tamaño de la muestra

4.6.2 Varianza (s^2)

Según MARTÍNEZ (2012) la varianza se define como: la media aritmética de los cuadrados de las diferencias (desviaciones) entre los valores que toma la variable y su media aritmética (pág. 144).

En la presente investigación haremos uso de la siguiente fórmula (varianza muestral):

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

s^2 : Varianza muestral

\bar{x} : Media aritmética

n : Tamaño de la muestra

4.6.3 Desviación típica o estándar (s)

La desviación típica es la raíz cuadrada de la varianza, considerada siempre con signo positivo. Es la medida de dispersión más extensamente aplicada.

$$s = + \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$



Donde:

s : Desviación típica muestral

\bar{x} : Media

4.6.4 Prueba de hipótesis

Es un método de utilizar datos muestrales para decidir si la hipótesis nula debe ser rechazada.

La hipótesis nula denotada por H_0 , es la pretensión que a un inicio se supone verdadera (la pretensión de “creencia previa”). La hipótesis alternativa denotada por H_a , es la afirmación contradictoria de H_0 .

La hipótesis nula será rechazada a favor de la hipótesis alternativa sólo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa. Si la muestra no contradice fuertemente a H_0 , se continuará creyendo en la factibilidad de la hipótesis nula. Las posibles conclusiones que se derivan post análisis de prueba de hipótesis nos conducen a lo siguiente dos escenarios: *rechazar la H_0 o no rechazar H_0* .

4.6.5 Errores en la prueba de hipótesis

Un **error de tipo I** radica en rechazar la hipótesis nula H_0 cuando es verdadera.

Un **error de tipo II**, se comete al no rechazar H_0 cuando H_0 es falsa.

4.6.6 Nivel de significancia de la prueba

DEVORE (2012) menciona que una prueba con nivel de significancia α es una donde la probabilidad de error de tipo I se controla al nivel especificado.

Según MARTÍNEZ (2012) menciona que se entiende por nivel de significación, la máxima probabilidad de que se especifique con el fin de hacer mínimo el primer tipo de error (pág. 328).

Si se trabaja con un nivel del 5% el resultado es significativo, si se usa 1%, el resultado es altamente significativo, y si es del 10%, se atribuye un resultado poco significativo.

4.6.7 Prueba con una distribución de población normal

Cuando n es pequeño, se supondrá que la distribución de población es por lo menos aproximadamente normal y se describirán los procedimientos de prueba cuya validez se fundamenta en esta suposición.



Prueba t con una muestra

Hipótesis nula: $H_0: \mu = \mu_0$

Valor estadístico de prueba: $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$

Donde:

\bar{x} : Media

s : Desviación estándar muestral

n : Tamaño de la muestra

μ : Valor hipotético

4.6.8 Prueba de normalidad

Para el cálculo del ANOVA primeramente se tiene que comprobar que los datos o las variables se distribuyen normalmente. Esta comprobación se puede realizar de forma analítica o gráficamente.

En este caso se utilizará la prueba analítica denominada Prueba de Shapiro-Wilk empleando el software IBM SPSS Statistics Base 26.

El test de Shapiro-Wilks plantea:

- Hipótesis nula (H_0): La distribución es normal.
- Hipótesis alterna (H_1): La distribución no es normal.

Se asume un nivel de significancia igual a $\alpha = 0.05$.

El criterio de decisión depende del valor p obtenido en esta prueba, es por ello que:

Si el valor $p \geq 0.05$, se acepta H_0 .

Si el valor $p < 0.05$, se rechaza H_0 .

4.6.9 Igualdad de varianzas (Homocedasticidad)

El supuesto de homogeneidad de varianzas, también conocido como supuesto de homocedasticidad, considera que la varianza es constante (no varía) en los diferentes niveles de un factor, es decir, entre diferentes grupos, para determinar se siguen los siguientes pasos.



- Plantear las hipótesis de homogeneidad de las varianzas poblacionales.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_0: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

- Para este caso se asume un nivel de significancia $\alpha = 0.05$
- Para contrastar el supuesto de homogeneidad de varianzas poblacionales usamos la prueba de Levene (podemos comparar la mediana dos o más poblaciones), con la ayuda del software IBM SPSS Statistics Base 26.
- Criterios de decisión.

Si el valor $p \geq 0.05$, se acepta H_0 .

Si el valor $p < 0.05$, se rechaza H_0 .

4.6.10 Análisis de la varianza (ANOVA)

Generalmente se refiere a un conjunto de situaciones experimentales y procedimientos estadísticos utilizados para analizar las respuestas cuantitativas de unidades experimentales. El problema ANOVA más simple se conoce indistintamente como **unifactorial, de clasificación única o ANOVA unidireccional** e implica el análisis de datos muestreados de más dos poblaciones (distribuciones) numéricas o de datos de experimentos en los cuales se utilizaron más de dos tratamientos (DEVORE, 2012 pág. 391).

4.6.10.1 ANOVA unifactorial

El ANOVA unifactorial se enfoca en la comparación de más de dos medias de población o tratamiento. Sean:

I = el número de poblaciones o tratamientos que se están comparando

μ_1 = la media de población 1 o la respuesta promedio verdadera cuando se aplica el tratamiento 1

μ_I = la media de población I o la respuesta promedio verdadera cuando se aplica el tratamiento I .

Las hipótesis pertinentes son:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_I$$



Contra

H_a : por lo menos dos de las μ_i son diferentes

Si $I = 4$, H_0 es verdadera solo si las cuatro μ_i son idénticas. H_a sería verdadera, por ejemplo, si $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_3 = \mu_4$, si $\mu_1 = \mu_3 = \mu_4 \neq \mu_2$, o si las cuatro μ_i difieren una de otra.

Una prueba de estas hipótesis requiere que se tenga disponible una muestra aleatoria de cada población o tratamiento.

Para la aplicación del ANOVA se requiere del cumplimiento de los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homocedasticidad).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados del objetivo general

5.1.1 Diseño de mezcla convencional

El diseño de mezcla convencional se realizó mediante la metodología del diseño de mezcla del Comité ACI 211, los materiales utilizados como agregados son provenientes de la cantera Murillo y el cemento es del tipo I de la marca Yura.

La dosificación del diseño de mezcla convencional se muestra a continuación:

Tabla 36 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla convencional

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2 Diseño de mezcla con fibra de acero reciclado

El diseño de mezcla con fibra de acero reciclado se fundamenta en un diseño de mezcla convencional elaborada con la metodología del Comité ACI 211, a la que se adiciona porcentajes de fibra de acero reciclado en función al peso de



cemento. Las fibras de acero fueron reciclados en la ciudad de Abancay, los cuales fueron empleados en este diseño de mezcla.

Tabla 37 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg
Fibra de acero reciclado	3.73 kg	3.73 kg	0.425 kg	0.01 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg

Fibra de acero reciclado	11.18 kg	11.18 kg	1.275 kg	0.03 kg
--------------------------------	----------	----------	----------	---------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg
Fibra de acero reciclado	18.64 kg	18.64 kg	2.125 kg	0.05 kg

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3 Diseño de mezcla con fibra PET reciclado

El diseño de mezcla con fibra de PET reciclado de la misma manera que el diseño con fibra de acero reciclado también se fundamenta en el diseño de mezcla convencional elaborada con la metodología del Comité ACI 211, a la que se adiciona porcentajes de fibra de PET reciclado en función al peso de cemento. Las fibras de PET fueron reciclados también en la ciudad de Abancay, los cuales fueron empleados en este diseño de mezcla.

Tabla 40 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 1%

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg
Fibra de PET reciclado	3.73 kg	3.73 kg	0.425 kg	0.01 kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 3%

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg
Fibra de PET reciclado	11.18 kg	11.18 kg	1.275 kg	0.03kg

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42 — Dosificación de materiales según el diseño de mezcla con fibra de PET reciclado al 5%

Materiales	Dosificación en masa para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 m³	Dosificación en volumen para 1 bolsa de cemento	Dosificación en masa para 1 kg de cemento
Cemento	372.73 kg	8.770 bolsas	1.00 bolsa	1.000 kg
Agua	221.37 l	0.221 m ³	25.24 l	0.594 l
Agregado Fino	662.03 kg	0.699 m ³	2.81 ft ³	1.776 kg
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.376 m ³	1.52 ft ³	2.722 kg
Fibra de PET reciclado	18.64 kg	18.64 kg	2.125 kg	0.05 kg

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4 Resistencia a la compresión

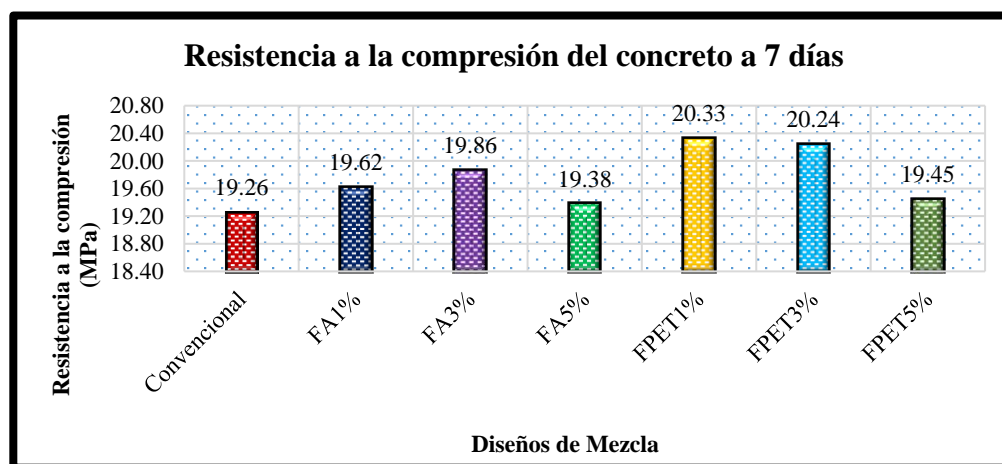


Figura 13 — Resistencia a la compresión del concreto a 7 días

En la Figura 13 se muestra el resumen de las resistencias promedio a la compresión a la edad de 7 días, en la que se muestra que los grupos experimentales con adición de fibras artificiales recicladas ligeramente presentan una mayor resistencia a la compresión de concreto, la resistencia mínima es de 19.26 MPa, cuyo valor corresponde al diseño de mezcla



convencional; la máxima resistencia es de 20.33 MPa que corresponde al diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%.

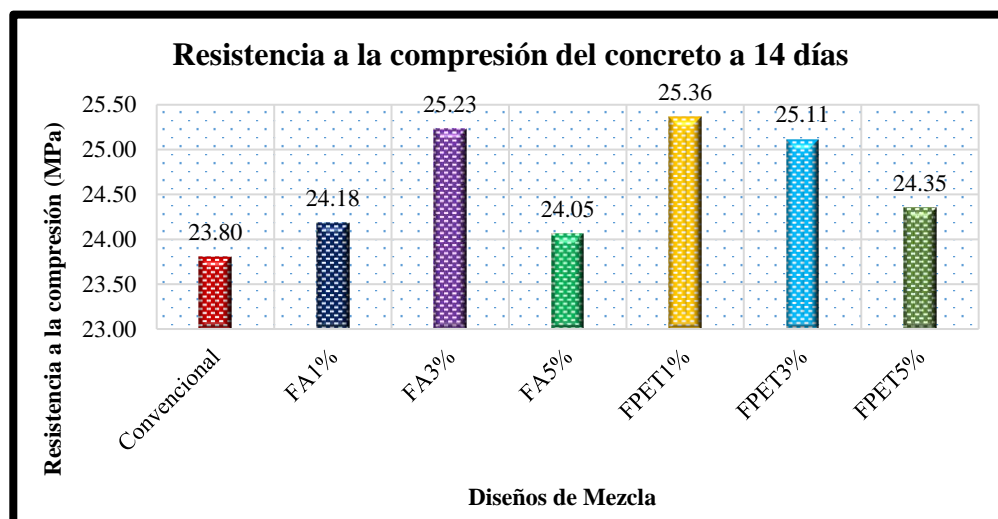


Figura 14 — Resistencia a la compresión del concreto a 14 días

En la Figura 14 se muestra el resumen de las resistencias promedio a la compresión a la edad de 14 días, en la que se muestra que los grupos experimentales con adición de fibras artificiales recicladas presentan una mayor resistencia a la compresión de concreto, la resistencia mínima es de 23.80 MPa, cuyo valor corresponde al diseño de mezcla convencional; la máxima resistencia es de 25.36 MPa que corresponde al diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%.

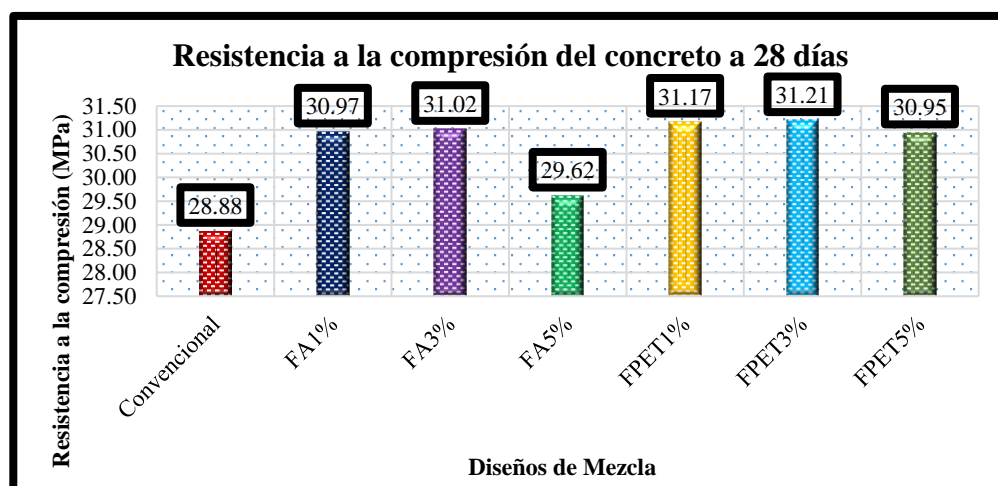


Figura 15 — Resistencia a la compresión del concreto a 28 días

En la Figura 15 se muestra el resumen de las resistencias promedio a la compresión a la edad de 28 días, en la que se muestra que los grupos experimentales con adición de fibras artificiales recicladas presentan una



mayor resistencia a la compresión de concreto, la resistencia mínima es de 28.88 MPa, cuyo valor corresponde al diseño de mezcla convencional; la máxima resistencia es de 31.21 MPa que corresponde al diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%.

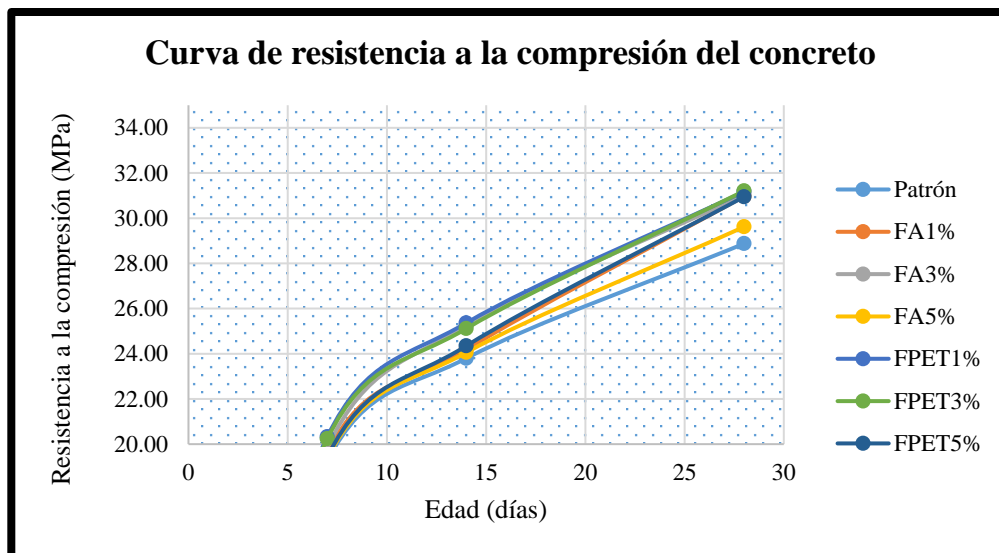


Figura 16 — Curva de resistencia a la compresión

En la Figura 16 se presenta la curva de resistencia a la compresión de los grupos experimentales y el grupo de control, en la que se observa la evolución de la resistencia a la compresión del concreto en función al tiempo de curado, los grupos experimentales elaborados con adición de fibras artificiales recicladas presentan mayores resistencias, con respecto al diseño de mezcla convencional.

5.1.5 Módulo de rotura del concreto

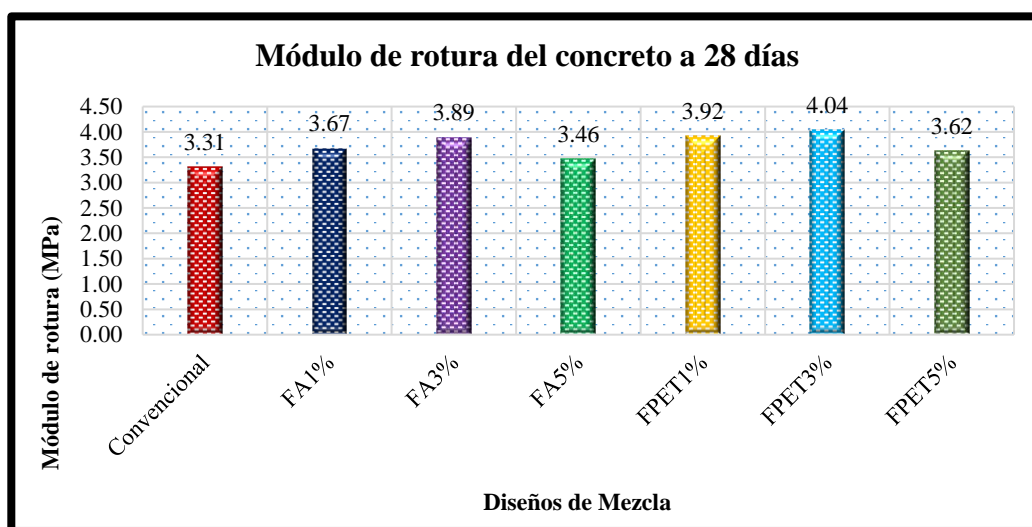


Figura 17 — Modulo de rotura del concreto a 28 días

En la Figura 17 se muestra el promedio de los módulos de rotura del concreto para la edad de 28 días en la que existe una diferencia entre el concreto elaborado con el diseño convencional y los concretos con adición de fibra artificial reciclado siendo estos últimos mayores.

5.2 Análisis de resultados del objetivo específico 1

5.2.1 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1

El Grupo experimental 1, está conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 1% de fibras de acero reciclado.

Tabla 43 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(1%)7-1	10.05	10.00	78.93	e	153.28	19.42
FA(1%)7-2	10.10	10.08	79.96	b	156.10	19.52
FA(1%)7-3	10.03	10.07	79.33	d	155.74	19.63
FA(1%)7-4	10.08	10.08	79.80	e	156.80	19.65
FA(1%)7-5	10.10	9.99	79.25	d	156.52	19.75
FA(1%)7-6	10.03	10.06	79.25	d	156.53	19.75

En la Tabla 43 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo Experimental 1, donde la media aritmética es de 19.62 MPa que representa el 93.43% de la resistencia teórica 21 MPa y 66.97% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.12 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 44 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(1%)14-1	10.02	10.05	79.09	e	194.42	24.58
FA(1%)14-2	10.01	10.04	78.93	b	194.54	24.65
FA(1%)14-3	10.07	10.08	79.72	d	187.15	23.47
FA(1%)14-4	10.06	10.05	79.41	d	188.85	23.78
FA(1%)14-5	10.04	10.04	79.17	b	194.66	24.59
FA(1%)14-6	10.06	10.07	79.56	b	191.11	24.02

En la Tabla 44 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo Experimental 1, donde la media aritmética es de 24.18 MPa que representa el 115.15% de la resistencia teórica 21 MPa y 82.53% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.45 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 45 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 1 a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(1%)28-1	10.01	10.05	79.01	b	245.95	31.13
FA(1%)28-2	10.08	10.07	79.72	c	242.32	30.40
FA(1%)28-3	10.02	10.05	79.09	b	249.57	31.55
FA(1%)28-4	10.08	10.10	79.96	b	245.35	30.68
FA(1%)28-5	10.05	10.00	78.93	b	243.68	30.87
FA(1%)28-6	10.04	10.07	79.41	d	247.48	31.17

En la Tabla 45 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo Experimental 1, donde la media aritmética es de 30.97 MPa que representa el 147.46% de la resistencia teórica 21 MPa y 105.69% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.37 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

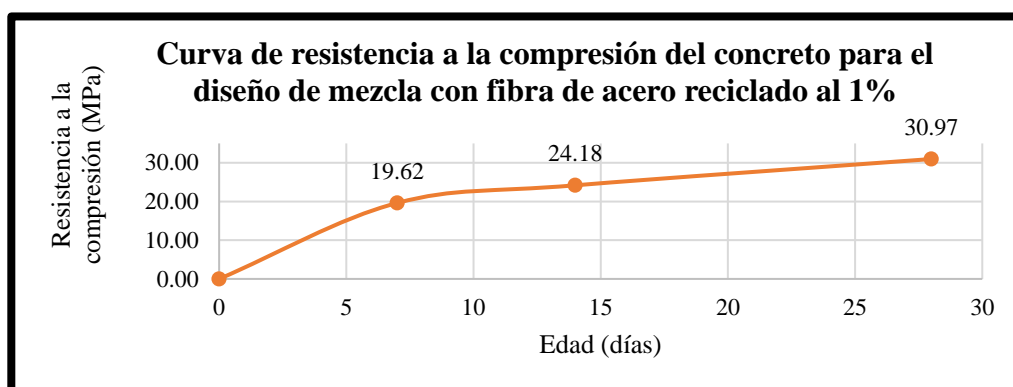


Figura 18 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%

En la Figura 18 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con fibra de acero al 1% que pertenece al Grupo Experimental 1, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.2.2 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 2

El Grupo experimental 2, está conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 3% de fibras de acero reciclado.

Tabla 46 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 2 a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(3%)7-1	10.07	10.10	79.88	d	157.03	19.66
FA(3%)7-2	10.02	10.09	79.41	b	159.42	20.08
FA(3%)7-3	10.07	10.05	79.49	e	159.78	20.10
FA(3%)7-4	10.07	10.04	79.41	d	157.94	19.89
FA(3%)7-5	10.05	10.02	79.09	d	155.94	19.72
FA(3%)7-6	10.06	10.07	79.56	d	157.02	19.73



En la Tabla 46 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo Experimental 2, donde la media aritmética es de 19.86 MPa que representa el 94.59% de la resistencia teórica 21 MPa y 67.79% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.17 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 47 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 2 a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(3%)14-1	10.00	10.00	78.54	e	199.16	25.36
FA(3%)14-2	10.10	10.10	80.12	e	199.37	24.88
FA(3%)14-3	9.99	9.99	78.38	a	203.53	25.97
FA(3%)14-4	10.06	10.02	79.17	d	200.72	25.35
FA(3%)14-5	9.99	10.03	78.70	b	197.20	25.06
FA(3%)14-6	10.08	10.07	79.72	b	197.43	24.76

En la Tabla 47 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo Experimental 2, donde la media aritmética es de 25.23 MPa que representa el 120.15% de la resistencia teórica 21 MPa y 86.11% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.40 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 48 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 2 a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(3%)28-1	10.05	10.10	79.72	c	250.03	31.36
FA(3%)28-2	10.08	10.10	79.96	b	248.64	31.10
FA(3%)28-3	10.08	10.09	79.88	c	247.98	31.04
FA(3%)28-4	10.05	10.01	79.01	c	242.53	30.70
FA(3%)28-5	10.07	10.08	79.72	b	250.21	31.39
FA(3%)28-6	10.08	10.06	79.64	b	243.26	30.54

En la Tabla 48 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo Experimental 2, donde la media aritmética es de 31.02 MPa que representa el 147.72% de la resistencia teórica 21 MPa y 105.87% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.31 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

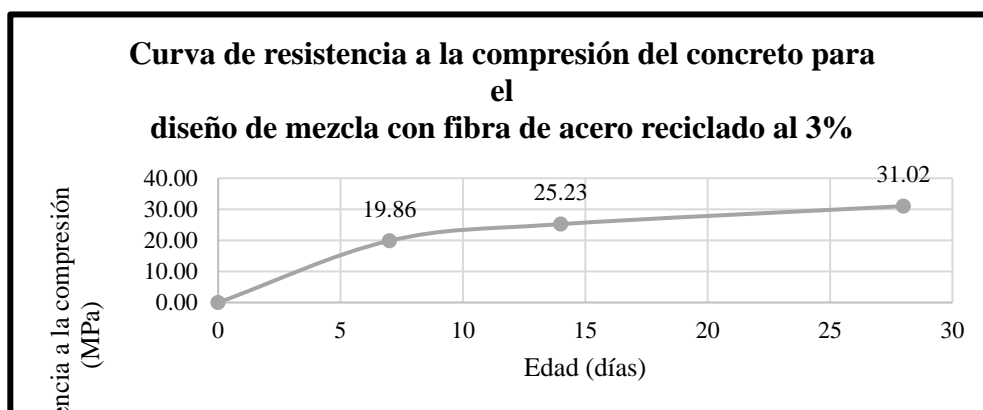


Figura 19 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%

En la Figura 19 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con fibra de acero al 3% que pertenece al Grupo Experimental 2, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.2.3 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 3

El Grupo experimental 3, está conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 5% de fibras de acero reciclado.

Tabla 49 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 3 a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(5%)7-1	10.01	10.07	79.17	d	153.82	19.43
FA(5%)7-2	10.02	9.99	78.62	d	153.78	19.56
FA(5%)7-3	10.00	10.00	78.54	d	153.23	19.51
FA(5%)7-4	10.07	10.06	79.56	d	153.12	19.25
FA(5%)7-5	10.09	10.01	79.33	b	153.51	19.35
FA(5%)7-6	10.10	10.07	79.88	d	153.30	19.19



En la Tabla 49 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo Experimental 3, donde la media aritmética es de 19.38 MPa que representa el 92.29% de la resistencia teórica 21 MPa y 66.15% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.13 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 50 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 3 a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(5%)14-1	9.99	10.09	79.17	b	192.21	24.28
FA(5%)14-2	10.04	10.08	79.49	d	187.86	23.63
FA(5%)14-3	10.08	10.02	79.33	b	191.57	24.15
FA(5%)14-4	10.02	10.07	79.25	b	194.74	24.57
FA(5%)14-5	10.03	10.03	79.01	d	187.62	23.75
FA(5%)14-6	10.04	10.07	79.41	b	190.17	23.95

En la Tabla 50 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo Experimental 3, donde la media aritmética es de 24.05 MPa que representa el 114.55% de la resistencia teórica 21 MPa y 82.10% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.32 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 51 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 3 a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
FA(5%)28-1	10.06	10.05	79.41	e	234.76	29.56
FA(5%)28-2	10.03	10.05	79.17	b	240.07	30.32
FA(5%)28-3	10.07	10.04	79.41	b	232.41	29.27
FA(5%)28-4	10.04	10.05	79.25	a	233.29	29.44
FA(5%)28-5	10.07	10.09	79.80	e	237.25	29.73
FA(5%)28-6	10.00	10.07	79.09	b	232.39	29.38



En la Tabla 51 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo Experimental 3, donde la media aritmética es de 29.62 MPa que representa el 141.04% de la resistencia teórica 21 MPa y 101.09% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.35 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

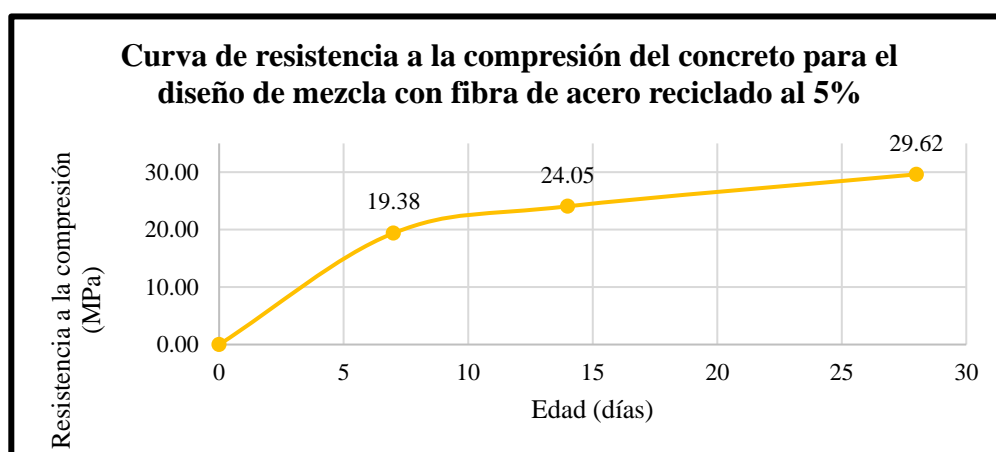


Figura 20 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%

En la Figura 20 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con fibra de acero al 5% que pertenece al Grupo Experimental 3, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.3 Análisis de resultados del objetivo específico 2

5.3.1 Módulo de rotura del Grupo Experimental 1

Tabla 52 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 1 a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
FA1%-1	152.40	152.40	450.00	29.01	3.69	37.61
FA1%-2	152.40	152.40	450.00	29.19	3.71	37.85
FA1%-3	152.40	152.40	450.00	29.13	3.70	37.76
FA1%-4	152.40	152.40	450.00	28.53	3.63	36.98
FA1%-5	152.40	152.40	450.00	28.56	3.63	37.02
FA1%-6	152.40	152.40	450.00	28.85	3.67	37.40

En la Tabla 52 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1% correspondiente al Grupo Experimental 1, donde la media aritmética es 3.67 MPa que representa el 11.86% de la resistencia a la compresión promedio de 30.97 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.033 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

5.3.2 Módulo de rotura del Grupo Experimental 2

Tabla 53 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 2 a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
FA3%-1	152.40	152.40	450.00	30.18	3.84	39.12
FA3%-2	152.40	152.40	450.00	30.63	3.89	39.70
FA3%-3	152.40	152.40	450.00	31.60	4.02	40.96
FA3%-4	152.40	152.40	450.00	30.78	3.91	39.91
FA3%-5	152.40	152.40	450.00	30.06	3.82	38.97
FA3%-6	152.40	152.40	450.00	30.35	3.86	39.35

En la Tabla 53 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3% correspondiente al Grupo Experimental 2, donde la media aritmética es 3.89 MPa que representa el 12.54% de la resistencia a la compresión promedio de 31.02 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.065 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.



5.3.3 Módulo de rotura del Grupo Experimental 3

Tabla 54 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 3 a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
FA5%-1	152.40	152.40	450.00	27.17	3.45	35.23
FA5%-2	152.40	152.40	450.00	27.36	3.48	35.47
FA5%-3	152.40	152.40	450.00	26.90	3.42	34.87
FA5%-4	152.40	152.40	450.00	27.00	3.43	35.00
FA5%-5	152.40	152.40	450.00	27.83	3.54	36.08
FA5%-6	152.40	152.40	450.00	27.16	3.45	35.20

En la Tabla 54 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5% correspondiente al Grupo Experimental 3, donde la media aritmética es 3.46 MPa que representa el 11.69% de la resistencia a la compresión promedio de 29.62 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.038 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

5.4 Análisis de resultados del objetivo específico 3

5.4.1 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 4

El Grupo experimental 4, está conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 1% de fibras de PET reciclado.

Tabla 55 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 4 a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(1%)7-1	10.02	10.05	79.09	d	161.56	20.43
PET(1%)7-2	10.10	10.02	79.49	d	157.40	19.80
PET(1%)7-3	10.01	10.05	79.01	e	164.58	20.83
PET(1%)7-4	10.04	10.06	79.33	d	160.45	20.23
PET(1%)7-5	10.06	10.03	79.25	b	159.76	20.16
PET(1%)7-6	10.02	10.06	79.17	d	162.48	20.52

En la Tabla 55 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo Experimental 4, donde la media aritmética es de 20.33 MPa que representa el 96.80% de la resistencia teórica 21 MPa y 69.38% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.32 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 56 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 4 a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(1%)14-1	10.05	10.03	79.17	b	197.98	25.01
PET(1%)14-2	10.01	10.01	78.70	b	204.63	26.00
PET(1%)14-3	10.08	10.03	79.41	b	198.72	25.03
PET(1%)14-4	10.02	10.04	79.01	d	201.52	25.50
PET(1%)14-5	10.03	9.99	78.70	d	197.89	25.15
PET(1%)14-6	10.03	10.00	78.78	d	200.74	25.48

En la Tabla 56 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo Experimental 4, donde la media aritmética es de 25.36 MPa que representa el 120.77% de la resistencia teórica 21 MPa y 86.56% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.35 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 57 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 4 a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(1%)28-1	10.02	10.09	79.41	d	250.05	31.49
PET(1%)28-2	10.01	10.09	79.33	d	240.67	30.34
PET(1%)28-3	10.10	10.02	79.49	e	245.45	30.88
PET(1%)28-4	10.09	10.02	79.41	b	249.95	31.48
PET(1%)28-5	10.10	10.07	79.88	b	250.03	31.30
PET(1%)28-6	10.07	10.02	79.25	c	250.10	31.56

En la Tabla 57 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo Experimental 4, donde la media aritmética es de 31.17 MPa que representa el 148.45% de la resistencia teórica 21 MPa y 106.40% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.44 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

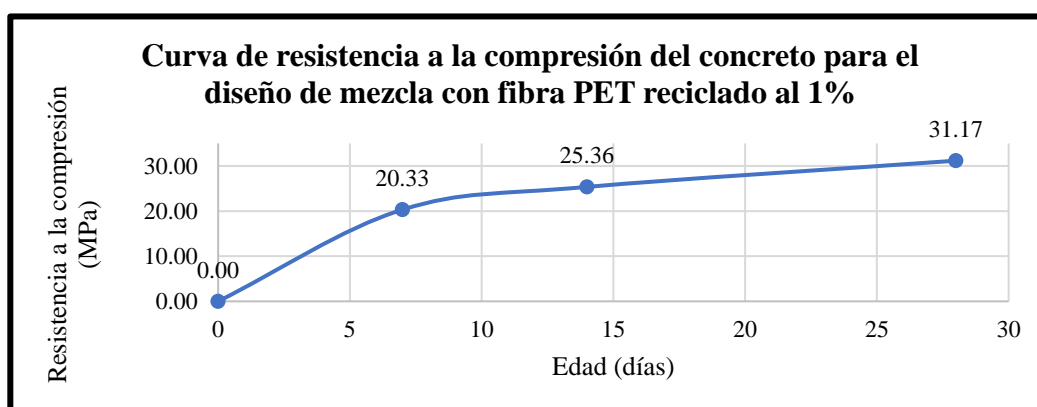


Figura 21 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%

En la Figura 21 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1% que pertenece al Grupo Experimental 4, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.4.2 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 5

El Grupo experimental 5, está conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 3% de fibras de PET reciclado.

Tabla 58 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 5 a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(3%)7-1	10.10	10.04	79.64	d	161.52	20.28
PET(3%)7-2	10.10	10.09	80.04	b	159.25	19.90
PET(3%)7-3	10.07	10.00	79.09	d	161.25	20.39
PET(3%)7-4	10.03	10.01	78.85	d	159.50	20.23
PET(3%)7-5	10.07	10.09	79.80	d	161.81	20.28
PET(3%)7-6	10.07	9.99	79.01	d	160.92	20.37



En la Tabla 58 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo Experimental 5, donde la media aritmética es de 20.24 MPa que representa el 96.38% de la resistencia teórica 21 MPa y 69.08% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.16 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 59 — Resistencia a la compresión del grupo experimental 5 a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(3%)14-1	10.06	10.09	79.72	b	199.01	24.96
PET(3%)14-2	10.02	10.06	79.17	b	199.81	25.24
PET(3%)14-3	10.01	10.00	78.62	d	198.88	25.30
PET(3%)14-4	10.03	10.05	79.17	d	198.38	25.06
PET(3%)14-5	10.00	10.08	79.17	d	196.65	24.84
PET(3%)14-6	10.01	10.09	79.33	b	200.63	25.29

En la Tabla 59 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo Experimental 5, donde la media aritmética es de 25.11 MPa que representa el 119.59% de la resistencia teórica 21 MPa y 85.71% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.17 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 60 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 5 a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(3%)28-1	10.02	10.07	79.25	e	245.91	31.03
PET(3%)28-2	10.07	10.05	79.49	b	247.75	31.17
PET(3%)28-3	9.99	10.08	79.09	b	245.88	31.09
PET(3%)28-4	10.03	10.03	79.01	a	244.58	30.96
PET(3%)28-5	9.99	9.99	78.38	e	247.76	31.61
PET(3%)28-6	10.10	10.04	79.64	b	249.92	31.38

En la Tabla 60 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo Experimental 5, donde la media aritmética es de 31.21 MPa que representa el 148.60% de la resistencia teórica 21 MPa y 106.50% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.22 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

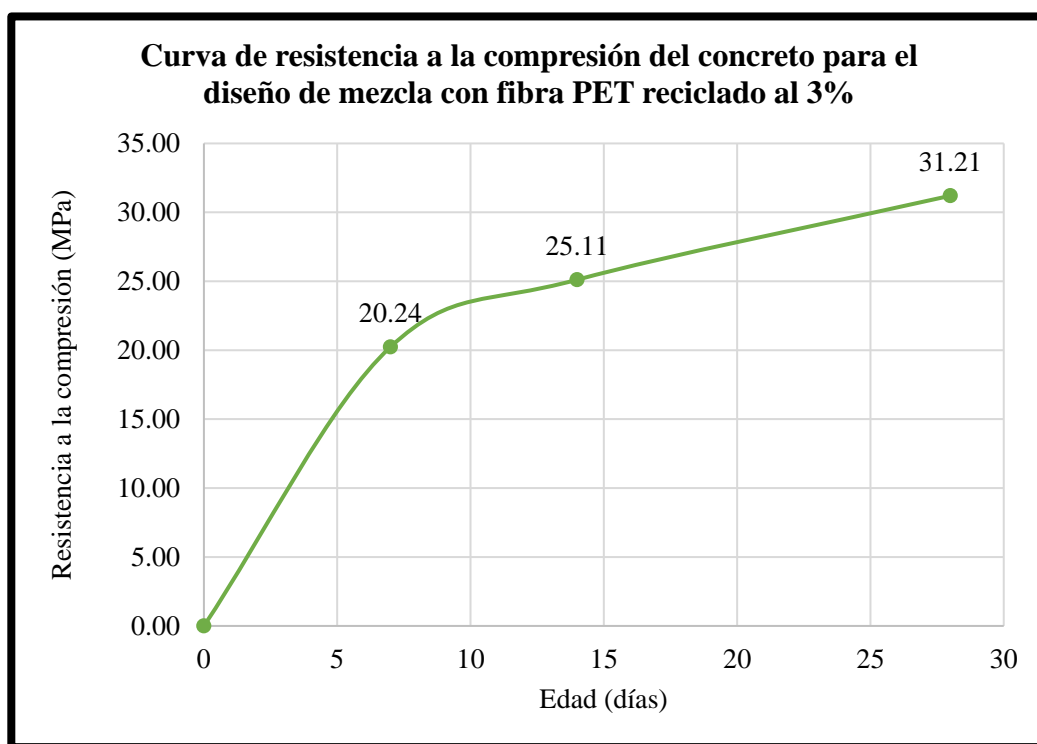


Figura 22 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%

En la Figura 22 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3% que pertenece al Grupo Experimental 5, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.4.3 Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6

El Grupo experimental 6, está conformado por briquetas y vigas de concreto con tratamiento de 5% de fibras de PET reciclado.



Tabla 61 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6 a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(5%)7-1	10.10	10.08	79.96	d	156.64	19.59
PET(5%)7-2	10.09	10.01	79.33	d	153.45	19.34
PET(5%)7-3	10.00	10.01	78.62	b	149.83	19.06
PET(5%)7-4	10.10	10.02	79.49	d	153.39	19.30
PET(5%)7-5	10.06	10.04	79.33	d	155.51	19.60
PET(5%)7-6	10.04	10.06	79.33	d	156.93	19.78

En la Tabla 61 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo Experimental 6, donde la media aritmética es de 19.45 MPa que representa el 92.60% de la resistencia teórica 21 MPa y 66.37% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.24 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 62 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6 a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(5%)14-1	10.03	10.05	79.17	b	194.13	24.52
PET(5%)14-2	10.03	10.04	79.09	d	193.38	24.45
PET(5%)14-3	10.05	10.08	79.56	c	193.68	24.34
PET(5%)14-4	10.07	10.05	79.49	d	190.55	23.97
PET(5%)14-5	10.09	9.99	79.17	b	192.30	24.29
PET(5%)14-6	10.08	10.04	79.49	b	194.81	24.51

En la Tabla 62 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo Experimental 6, donde la media aritmética es de 24.35 MPa que representa el 115.94% de la resistencia teórica 21 MPa y 83.10% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.19 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 63 — Resistencia a la compresión del Grupo Experimental 6 a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
PET(5%)28-1	10.05	10.03	79.17	e	244.78	30.92
PET(5%)28-2	10.01	10.02	78.78	b	245.89	31.21
PET(5%)28-3	10.10	10.03	79.56	b	244.78	30.77
PET(5%)28-4	10.04	10.10	79.64	a	242.75	30.48
PET(5%)28-5	9.99	10.04	78.78	e	247.84	31.46
PET(5%)28-6	10.05	10.02	79.09	b	243.93	30.84

En la Tabla 63 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo Experimental 6, donde la media aritmética es de 30.95 MPa que representa el 147.36% de la resistencia teórica 21 MPa y 105.62% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.32 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.



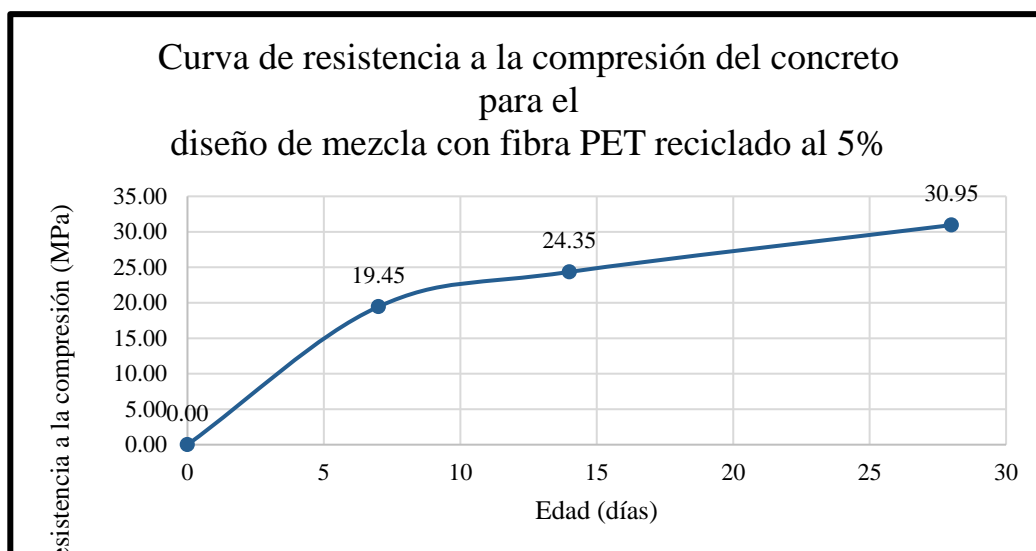


Figura 23 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%

En la Figura 23 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5% que pertenece al Grupo Experimental 6, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.5 Análisis de resultados del objetivo específico 4

5.5.1 Módulo de rotura del Grupo Experimental 4

Tabla 64 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 4 a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
FPET1%-1	152.40	152.40	450.00	31.30	3.98	40.58
FPET1%-2	152.40	152.40	450.00	31.36	3.99	40.66
FPET1%-3	152.40	152.40	450.00	29.46	3.75	38.19
FPET1%-4	152.40	152.40	450.00	30.96	3.94	40.14
FPET1%-5	152.40	152.40	450.00	30.70	3.90	39.79
FPET1%-6	152.40	152.40	450.00	31.21	3.97	40.45

En la Tabla 64 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1% correspondiente al Grupo Experimental 4, donde la media aritmética es 3.92 MPa que representa el 12.57% de la resistencia a la



compresión promedio de 31.17 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.083 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

5.5.2 Módulo de rotura del Grupo Experimental 5

Tabla 65 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 5 a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
FPET3%-1	152.40	152.40	450.00	31.73	4.03	41.14
FPET3%-2	152.40	152.40	450.00	32.15	4.09	41.67
FPET3%-3	152.40	152.40	450.00	30.27	3.85	39.25
FPET3%-4	152.40	152.40	450.00	32.64	4.15	42.31
FPET3%-5	152.40	152.40	450.00	32.19	4.09	41.72
FPET3%-6	152.40	152.40	450.00	31.51	4.01	40.85

En la Tabla 65 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3% correspondiente al Grupo Experimental 5, donde la media aritmética es 4.04 MPa que representa el 12.93% de la resistencia a la compresión promedio de 31.21 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.095 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

5.5.3 Módulo de rotura del Grupo Experimental 6

Tabla 66 — Módulo de rotura del Grupo Experimental 6 a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
FPET5%-1	152.40	152.40	450.00	29.18	3.71	37.82
FPET5%-2	152.40	152.40	450.00	29.07	3.70	37.68
FPET5%-3	152.40	152.40	450.00	28.22	3.59	36.59
FPET5%-4	152.40	152.40	450.00	28.60	3.64	37.07
FPET5%-5	152.40	152.40	450.00	27.48	3.49	35.62
FPET5%-6	152.40	152.40	450.00	28.50	3.62	36.94



En la Tabla 66 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5% correspondiente al Grupo Experimental 6, donde la media aritmética es 3.62 MPa que representa el 11.71% de la resistencia a la compresión promedio de 30.95 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.072 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

5.6 Análisis de resultados del grupo de control

5.6.1 Resistencia a la compresión del Grupo de Control

El Grupo de Control, está conformado por briquetas y vigas de concreto convencional sin ningún tratamiento.

Tabla 67 — Resistencia a la compresión del Grupo de Control a 7 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
P01 -7	10.03	10.03	79.01	d	161.56	19.07
P02 -7	10.05	10.05	79.33	d	157.40	19.14
P03 -7	10.08	10.00	79.17	d	164.58	19.12
P04 -7	10.02	10.02	78.85	b	160.45	19.21
P05 -7	9.99	10.04	78.78	d	159.76	19.10
P06-7	10.01	10.00	78.62	d	162.48	19.91

En la Tabla 67 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 7 días del Grupo de Control, donde la media aritmética es de 19.26 MPa que representa el 91.71% de la resistencia teórica 21 MPa y 65.73% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.29 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 68 — Resistencia a la compresión del Grupo de Control a 14 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
P01-14	10.02	10.02	78.85	b	188.19	23.86
P02-14	10.06	10.08	79.64	d	186.52	23.42
P03-14	10.06	10.00	79.01	d	185.00	23.41
P04-14	10.08	10.00	79.17	d	188.38	23.79
P05-14	10.07	10.10	79.88	b	191.34	23.95
P06-14	9.99	9.99	78.38	b	190.87	24.35

En la Tabla 68 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 14 días del Grupo de Control, donde la media aritmética es de 23.80 MPa que representa el 113.33% de la resistencia teórica 21 MPa y 81.23% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.32 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

Tabla 69 — Resistencia a la compresión del Grupo de Control a 28 días

Código de muestra	Diámetros (cm)		Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kN)	Resistencia (MPa)
	D1	D2				
P01-28	10.07	10.05	79.49	b	227.09	28.57
P02-28	10.05	10.10	79.72	a	228.93	28.72
P03-28	10.10	10.03	79.56	c	230.49	28.97
P04-28	10.04	10.08	79.49	e	233.46	29.37
P05-28	10.04	10.09	79.56	e	232.12	29.17
P06-28	10.07	10.04	79.41	b	225.92	28.45

En la Tabla 69 se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión a edad de 28 días del Grupo de Control, donde la media aritmética es de 28.88 MPa que representa el 137.50% de la resistencia teórica 21 MPa y 98.55% de la resistencia a la compresión de diseño 29.3 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.33 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

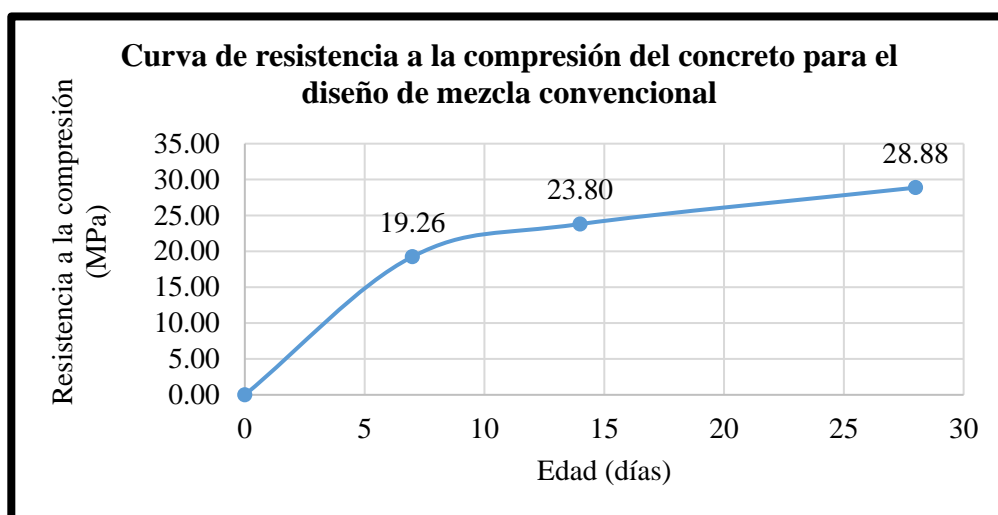


Figura 24 — Curva de resistencia a la compresión para el diseño de mezcla convencional

En la Figura 24 se muestra la curva de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla convencional que pertenece al Grupo de Control, para la elaboración de la curva se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para edades de 7, 14 y 28 días.

5.6.2 Módulo de rotura del Grupo de Control

Tabla 70 — Módulo de rotura del Grupo de Control a 28 días

Código de muestra	Dimensiones(cm)			Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kgf/cm ²)
	b	d	L			
P-1	152.40	152.40	450.00	26.42	3.36	34.25
P-2	152.40	152.40	450.00	25.57	3.25	33.14
P-3	152.40	152.40	450.00	26.10	3.32	33.83
P-4	152.40	152.40	450.00	26.04	3.31	33.75
P-5	152.40	152.40	450.00	25.57	3.25	33.14
P-6	152.40	152.40	450.00	26.36	3.35	34.17



En la Tabla 70 se presentan los resultados obtenidos del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días, elaborado mediante el diseño de mezcla convencional correspondiente al Grupo de Control, donde la media aritmética es 3.31 MPa que representa el 11.45% de la resistencia a la compresión promedio de 28.88 MPa. La desviación estándar poblacional es de 0.043 MPa, por lo que la variabilidad de los datos es mínima, entonces los resultados logrados son admisibles.

5.7 Contrastación de hipótesis

5.7.1 Contrastación de la hipótesis específica 1

Para la contrastación de la hipótesis específica se usará el análisis de varianza debido a que se tiene 04 grupos los cuales son el Grupo Experimental 1, Grupo Experimental 2, Grupo Experimental 3 y el Grupo de Control.

A continuación, se define las medias muestrales de los grupos experimentales y del grupo de control.

- μ_{GE1-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%.
- μ_{GE2-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo experimental 2, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%.
- μ_{GE3-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo experimental 3, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%.
- μ_{GC-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo de control, diseño de mezcla convencional.

La hipótesis a contrastar se define de la siguiente manera:

La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días.

$$H_0: \mu_{GE1-i} = \mu_{GE2-i} = \mu_{GE3-i} = \mu_{GC-i}$$

H_1 : al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días es diferente a las demás.



Se realiza la prueba de normalidad mediante la metodología de Shapiro – Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, para ello se usa el software IBM SPSS Statistics Base 26.

Definición de hipótesis para determinar la normalidad:

H_0 : La variable procede de una distribución normal

H_1 : La variable no procede de una distribución normal

Definición de hipótesis para determinar la homogeneidad de varianzas:

H_0 : Las varianzas de los grupos son homogéneas

H_1 : Las varianzas de los grupos no son homogéneas

Regla de decisión para la normalidad y la homogeneidad de varianzas:

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

Si p-valor \geq 0.05 se acepta H_0 .

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para $i = 7$ días.

Tabla 71 — Prueba de normalidad para edad de 7 días

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	Grupo de control	0.630	6	0.100
	Grupo experimental 1	0.915	6	0.468
	Grupo experimental 2	0.864	6	0.205
	Grupo experimental 3	0.957	6	0.793

De la Tabla 71 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 1, grupo experimental 2, grupo experimental 3 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 7 días.

Tabla 72 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 7 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	1.035	3	20	0.399



De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y el grupo de control.

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para $i = 14$ días.

Tabla 73 — Prueba de normalidad para edad de 14 días

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	Grupo de control	0.922	6	0.523
	Grupo experimental 1	0.866	6	0.209
	Grupo experimental 2	0.926	6	0.547
	Grupo experimental 3	0.975	6	0.923

De la Tabla 73 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 1, grupo experimental 2, grupo experimental 3 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 14 días.

Tabla 74 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 14 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	0.815	3	20	0.501

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y el grupo de control.

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para $i = 28$ días.

Tabla 75 — Prueba de normalidad para edad de 28 días

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	Grupo de control	0.957	6	0.800
	Grupo experimental 1	0.986	6	0.979
	Grupo experimental 2	0.918	6	0.488
	Grupo experimental 3	0.856	6	0.175



De la Tabla 75 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 1, grupo experimental 2, grupo experimental 3 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 28 días.

Tabla 76 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	0.079	3	20	0.970

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y el grupo de control.

Los grupos estudiados cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que se realiza la prueba de varianzas mediante el ANOVA.

Tabla 77 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 7 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	1.290	3	0.430	9.615	0.000
Dentro de grupos	0.895	20	0.045		
Total	2.185	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 77, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto de los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y grupo de control es diferente, para la edad de 7 días.



Tabla 78 — ANOVA factor resistencia a la compresión del concreto a 14 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	7.148	3	2.383	13.914	0.000
Dentro de grupos	3.425	20	0.171		
Total	10.572	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 78, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto de los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y grupo de control es diferente, para la edad de 14 días.

Tabla 79 — ANOVA factor resistencia a la compresión del concreto a 28 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	19.999	3	6.666	48.135	0.000
Dentro de grupos	2.770	20	0.138		
Total	22.769	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 79, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto de los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y grupo de control es diferente, para la edad de 28 días. En todas las edades i de análisis el p-valor es menor a 0.05 por lo que se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, por lo que al menos una de las medias aritméticas de las resistencias a la compresión del concreto de los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y grupo de control es diferente, por lo tanto, se

procede a realizar las pruebas post hoc, para este caso se realizará la prueba Honestly Significant Difference de Tukey.

Tabla 80 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 7 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$		
		1 (MPa)	2 (MPa)	3 (MPa)
Grupo de control	6	19.2583		
Grupo experimental 3	6	19.3817	19.3817	
Grupo experimental 1	6		19.6200	19.6200
Grupo experimental 2	6			19.8633
Significancia		0.745	0.239	0.224

En la Tabla 80 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 7 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 1 (diseño de mezcla con fibra de acero al 1%), grupo experimental 2 (diseño de mezcla con fibra de acero al 3%) y grupo experimental 3 (diseño de mezcla con fibra de acero al 5%) es superior al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

Tabla 81 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 14 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$	
		1 (MPa)	2 (MPa)
Grupo de control	6	23.7967	
Grupo experimental 3	6	24.0550	
Grupo experimental 1	6	24.1817	
Grupo experimental 2	6		25.2300
Significancia		0.395	1.000

En la Tabla 81 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 14 días, donde el subconjunto conformado por el grupo experimental 2 (diseño de mezcla con fibra de acero al %) es superior al grupo experimental 1 (diseño de mezcla con fibra de acero al 1%), grupo



experimental 3 (diseño de mezcla con fibra de acero al 5%) y grupo de control (diseño de mezcla convencional).

Tabla 82 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 28 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$		
		1 (MPa)	2 (MPa)	3 (MPa)
Grupo de control	6	28.8750		
Grupo experimental 3	6		29.6167	
Grupo experimental 1	6			30.9667
Grupo experimental 2	6			31.0217
Significancia		1.000	1.000	0.994

En la Tabla 82 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 28 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 1 (diseño de mezcla con fibra de acero al 1%), grupo experimental 2 (diseño de mezcla con fibra de acero al 3%) y grupo experimental 3 (diseño de mezcla con fibra de acero al 5%) es superior al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

La hipótesis específica fue planteada: La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días; de La Tabla 80, Tabla 81 y Tabla 82 se evidencia que la adición de fibra de acero reciclado influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto.

5.7.2 Contratación de la hipótesis específica 2

Para la contrastación de la hipótesis específica igualmente se usará el análisis de varianza debido a que se tiene 04 grupos los cuales son el Grupo Experimental 1, Grupo Experimental 2, Grupo Experimental 3 y el Grupo de Control.

A continuación, se define las medias muestrales de los grupos experimentales y del grupo de control.



- μ_{GE1} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%.
- μ_{GE2} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%.
- μ_{GE3} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%.
- μ_{GC} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo de control, diseño de mezcla convencional.

La hipótesis a contrastar se define de la siguiente manera:

La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días.

$$H_0: \mu_{GE1} = \mu_{GE2} = \mu_{GE3} = \mu_{GC}$$

H_1 : al menos una de las medias aritméticas de los módulos de rotura del concreto a la edad de 28 días es diferente a las demás.

Se realiza la prueba de normalidad mediante la metodología de Shapiro – Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, para ello se usa el software IBM SPSS Statistics Base 26.

Definición de hipótesis para determinar la normalidad:

H_0 : La variable procede de una distribución normal

H_1 : La variable no procede de una distribución normal

Definición de hipótesis para determinar la homogeneidad de varianzas:

H_0 : Las varianzas de los grupos son homogéneas

H_1 : Las varianzas de los grupos no son homogéneas

Regla de decisión para la normalidad y la homogeneidad de varianzas:

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

Si p-valor \geq 0.05 se acepta H_0 .

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la edad de 28 días.



Tabla 83 — Prueba de normalidad para edad de 28 días, módulo de rotura

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Módulo de rotura (MPa)	Grupo de control	0.877	6	0.254
	Grupo experimental 1	0.872	6	0.236
	Grupo experimental 2	0.889	6	0.315
	Grupo experimental 3	0.877	6	0.255

De la Tabla 83 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 1, grupo experimental 2, grupo experimental 3 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 28 días.

Tabla 84 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días, módulo de rotura

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Módulo de rotura (MPa)	0.598	3	20	0.624

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y el grupo de control.

Los grupos estudiados cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que se realiza la prueba de varianzas mediante el ANOVA.

Tabla 85 — ANOVA de un factor, Módulo de rotura del concreto a 28 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	1.159	3	0.386	147.194	0.000
Dentro de grupos	0.052	20	0.0403		
Total	1.212	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 85, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas del módulo de rotura del concreto de los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y grupo de control es diferente, para la edad de 28 días, por lo tanto, se procede a realizar las pruebas post hoc, para este caso se realizará la prueba Honestly Significant Difference de Tukey.

Tabla 86 — Subconjuntos homogéneos módulo de rotura – edad 28 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$			
		1 (MPa)	2 (MPa)	3 (MPa)	4 (MPa)
Grupo de control	6	3.3067			
Grupo experimental 3	6		3.4617		
Grupo experimental 1	6			3.6717	
Grupo experimental 2	6				3.8900
Significancia		1.000	1.000	1.000	1.000

En la Tabla 86 se muestra los subconjuntos homogéneos del módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 1 (diseño de mezcla con fibra de acero al 1%), grupo experimental 2 (diseño de mezcla con fibra de acero al 3%) y grupo experimental 3 (diseño de mezcla con fibra de acero al 5%) es superior al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

La hipótesis específica fue planteada: La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días; de la Tabla 86 se evidencia que la adición de fibra de acero reciclado influye positivamente en el módulo de rotura del concreto.



5.7.3 Contratación de la hipótesis específica 3

Para la contratación de la hipótesis específica también se usará el análisis de varianza debido a que se tiene 04 grupos los cuales son el Grupo Experimental 4, Grupo Experimental 5, Grupo Experimental y 6 el Grupo de Control.

A continuación, se define las medias muestrales de los grupos experimentales y del grupo de control.

- μ_{GE4-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo experimental 4, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%.
- μ_{GE5-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo experimental 5, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%.
- μ_{GE6-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo experimental 6, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%.
- μ_{GC-i} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de $i = 7, 14$ y 28 días del grupo de control, diseño de mezcla convencional.

La hipótesis a contrastar se define de la siguiente manera:

La adición de fibra de PET reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días.

$$H_0: \mu_{GE4-i} = \mu_{GE5-i} = \mu_{GE6-i} = \mu_{GC-i}$$

H_1 : al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días es diferente a las demás.

Se realiza la prueba de normalidad mediante la metodología de Shapiro – Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, para ello se usa el software IBM SPSS Statistics Base 26.

Definición de hipótesis para determinar la normalidad:

H_0 : La variable procede de una distribución normal

H_1 : La variable no procede de una distribución normal

Definición de hipótesis para determinar la homogeneidad de varianzas:



H_0 : Las varianzas de los grupos son homogéneas

H_1 : Las varianzas de los grupos no son homogéneas

Regla de decisión para la normalidad y la homogeneidad de varianzas:

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

Si p-valor \geq 0.05 se acepta H_0 .

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para $i = 7$ días.

Tabla 87 — Prueba de normalidad para edad del concreto de 7 días

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	Grupo de control	0.630	6	0.100
	Grupo experimental 4	0.990	6	0.990
	Grupo experimental 5	0.793	6	0.056
	Grupo experimental 6	0.960	6	0.819

De la Tabla 87 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 4, grupo experimental 5, grupo experimental 6 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 7 días.

Tabla 88 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 7 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	0.791	3	20	0.513

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y el grupo de control.

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para $i = 14$ días.



Tabla 89 — Prueba de normalidad para edad de 14 días

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	Grupo de control	0.922	6	0.523
	Grupo experimental 4	0.885	6	0.291
	Grupo experimental 5	0.892	6	0.331
	Grupo experimental 6	0.850	6	0.158

De la Tabla 89 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 4, grupo experimental 5, grupo experimental 6 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 14 días.

Tabla 90 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 14 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	1.234	3	20	0.323

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y el grupo de control.

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para $i = 28$ días.

Tabla 91 — Prueba de normalidad para edad de 28 días

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	Grupo de control	0.957	6	0.800
	Grupo experimental 4	0.828	6	0.103
	Grupo experimental 5	0.913	6	0.459
	Grupo experimental 6	0.974	6	0.920

De la Tabla 91 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 4, grupo experimental 5, grupo experimental 6 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 28 días.

Tabla 92 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	0.079	3	20	0.970

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y el grupo de control.

Los grupos estudiados cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que se realiza la prueba de varianzas mediante el ANOVA.

Tabla 93 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 7 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	5.354	3	1.785	21.864	0.000
Dentro de grupos	1.632	20	0.082		
Total	6.986	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 93, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto de los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y grupo de control es diferente, para la edad de 7 días.



Tabla 94 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 14 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	9.257	3	3.086	35.468	0.000
Dentro de grupos	1.740	20	0.087		
Total	10.997	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 94, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto de los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y grupo de control es diferente, para la edad de 14 días.

Tabla 95 — ANOVA de un factor Resistencia a la compresión del concreto a 28 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	22.709	3	7.570	56.642	0.000
Dentro de grupos	2.673	20	0.134		
Total	25.382	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 95, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto de los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y grupo de control es diferente, para la edad de 28 días.

En todas las edades i de análisis el p-valor es menor a 0.05 por lo que se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, por lo que al menos una de las medias aritméticas de las resistencias a la compresión del concreto de los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3 y grupo de control es

diferente, por lo tanto, se procede a realizar las pruebas post hoc, para este caso se realizará la prueba Honestly Significant Difference de Tukey.

Tabla 96 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 7 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$	
		1 (MPa)	2 (MPa)
Grupo de control	6	19.2583	
Grupo experimental 6	6	19.4450	
Grupo experimental 5	6		20.2417
Grupo experimental 4	6		20.3283
Significancia		0.675	0.952

En la Tabla 96 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 7 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 4 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%), grupo experimental 5 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%) es superior al grupo experimental 6 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%) y al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

Tabla 97 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 14 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$		
		1 (MPa)	2 (MPa)	3 (MPa)
Grupo de control	6	23.7967		
Grupo experimental 6	6		24.3467	
Grupo experimental 5	6			25.1150
Grupo experimental 4	6			25.3617
Significancia		1.000	1.000	0.485

En la Tabla 97 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 14 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 4 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%), grupo experimental 5 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%) y grupo



experimental 6 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%) son superiores al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

Tabla 98 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 28 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$	
		1 (MPa)	2 (MPa)
Grupo de control	6	28.8750	
Grupo experimental 6	6		30.9467
Grupo experimental 4	6		31.1750
Grupo experimental 5	6		31.2067
Significancia		1.000	0.615

En la Tabla 98 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 28 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 4 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%), grupo experimental 5 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%) y grupo experimental 6 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%) son superiores al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

La hipótesis específica fue planteada: La adición de fibra PET reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días; de la Tabla 96, Tabla 97 y Tabla 98 se evidencia que la adición de fibra de acero reciclado influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto.

5.7.4 Contrastación de la hipótesis específica 4

Para la contrastación de la hipótesis específica de la misma manera que las anteriores hipótesis específicas se usará el análisis de varianza debido a que se tiene 04 grupos los cuales son el Grupo Experimental 4, Grupo Experimental 5, Grupo Experimental 6 y el Grupo de Control.

A continuación, se define las medias muestrales de los grupos experimentales y del grupo de control.

- μ_{GE4} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%.
- μ_{GE5} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%.
- μ_{GE6} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%.
- μ_{GC} : Media aritmética del módulo de rotura del concreto a la edad de 28 días del grupo de control, diseño de mezcla convencional.

La hipótesis a contrastar se define de la siguiente manera:

La adición de fibra de PET reciclado influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días.

$$H_0: \mu_{GE4} = \mu_{GE5} = \mu_{GE6} = \mu_{GC}$$

H_1 : al menos una de las medias aritméticas de los módulos de rotura del concreto a la edad de 28 días es diferente a las demás.

Se realiza la prueba de normalidad mediante la metodología de Shapiro – Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, para ello se usa el software IBM SPSS Statistics Base 26.

Definición de hipótesis para determinar la normalidad:

H_0 : La variable procede de una distribución normal

H_1 : La variable no procede de una distribución normal

Definición de hipótesis para determinar la homogeneidad de varianzas:

H_0 : Las varianzas de los grupos son homogéneas

H_1 : Las varianzas de los grupos no son homogéneas

Regla de decisión para la normalidad y la homogeneidad de varianzas:

Si p-valor < 0.05 se rechaza H_0 .

Si p-valor \geq 0.05 se acepta H_0 .

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para la edad de 28 días.



Tabla 99 — Prueba de normalidad para edad de 28 días, módulo de rotura

Variable	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	p-valor
Módulo de rotura (MPa)	Grupo de control	0.877	6	0.254
	Grupo experimental 4	0.791	6	0.056
	Grupo experimental 5	0.899	6	0.370
	Grupo experimental 6	0.931	6	0.589

De la Tabla 99 como el p-valor es mayor a 0.05 en cada uno de los grupos entonces se puede afirmar que el grupo experimental 4, grupo experimental 5, grupo experimental 6 y grupo de control poseen aproximadamente una distribución normal para la edad de 28 días.

Tabla 100 — Prueba de homogeneidad de varianzas para edad de 28 días, módulo de rotura

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Módulo de rotura (MPa)	0.521	3	20	0.672

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y el grupo de control.

Los grupos estudiados cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que se realiza la prueba de varianzas mediante el ANOVA.

Tabla 101 — ANOVA de un factor, Módulo de rotura del concreto a 28 días

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	1.925	3	0.642	92.514	0.000
Dentro de grupos	0.139	20	0.007		
Total	2.063	23			

De los resultados obtenidos en la Tabla 101, el p-valor = 0.000 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que al menos una de las medias aritméticas del módulo de rotura del concreto de los grupos experimental 4, experimental 5, experimental 6 y grupo de control es diferente, para la edad de 28 días, por lo tanto, se procede a realizar las pruebas post hoc, para este caso se realizará la prueba Honestly Significant Difference de Tukey.

Tabla 102 — Subconjuntos homogéneos módulo de rotura – edad 28 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$		
		1 (MPa)	2 (MPa)	3 (MPa)
Grupo de control	6	3.3067		
Grupo experimental 6	6		3.6250	
Grupo experimental 4	6			3.9217
Grupo experimental 5	6			4.0367
Significancia		1.000	1.000	0.111

En la Tabla 102 se muestra los subconjuntos homogéneos del módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 4 (diseño de mezcla con fibra PET al 1%), grupo

experimental 5 (diseño de mezcla con fibra PET al 3%) y grupo experimental 6 (diseño de mezcla con fibra PET al 5%) es superior al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

La hipótesis específica fue planteada: La adición de fibra PET reciclado influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días; de la Tabla 102 se evidencia que la adición de fibra de PET reciclado influye positivamente en el módulo de rotura del concreto.

5.7.5 Contratación de la hipótesis general

Para la contrastación de la hipótesis general como en los casos anteriores se realizará mediante el análisis de varianza debido a que se tiene 07 grupos los cuales son el Grupo Experimental 1, Grupo Experimental 2, Grupo Experimental 3, Grupo Experimental 4, Grupo Experimental 5, Grupo Experimental 6 y el Grupo de Control.

A continuación, se define las medias muestrales de los grupos experimentales y del grupo de control.

- μ_{GE1} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 1, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%.
- μ_{GE2} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 2, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%.
- μ_{GE3} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 3, diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%.
- μ_{GE4} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 4, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 1%.
- μ_{GE5} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 5, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%.
- μ_{GE6} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo experimental 6, diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%.



- μ_{GC} : Media aritmética de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de 28 días del grupo de control, diseño de mezcla convencional.

La hipótesis a contrastar se define de la siguiente manera:

La adición de fibras artificiales recicladas influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=21\text{MPa}$, en la ciudad de Abancay-2023.

$$H_0: \mu_{GE1} = \mu_{GE2} = \mu_{GE3} = \mu_{GE4} = \mu_{GE5} = \mu_{GE6} = \mu_{GC}$$

H_1 : al menos una de las medias aritméticas de la resistencia a la compresión del concreto a la edad de i días es diferente a las demás.

En las hipótesis específicas ya se demostró la normalidad de los grupos mediante la metodología de Shapiro – Wilk, la prueba de homogeneidad de varianzas se realizará mediante la prueba de Levene, para ello se usa el software IBM SPSS Statistics Base 26.

Definición de hipótesis para determinar la homogeneidad de varianzas:

H_0 : Las varianzas de los grupos son homogéneas

H_1 : Las varianzas de los grupos no son homogéneas

Regla de decisión para la normalidad y la homogeneidad de varianzas:

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza H_0 .

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta H_0 .

Tabla 103 — Prueba de homogeneidad de varianzas para la edad de 28 días

Variable	Levene			
	Estadístico	gl1	gl2	p-valor
Resistencia a la compresión (MPa)	0.506	6	35	0.800

De la anterior tabla el p-valor basado en la media es mayor a 0.05 por lo que existe homogeneidad de varianzas entre los grupos experimental 1, experimental 2, experimental 3, experimental 4, experimental 5, experimental 6 y el grupo de control.



Los grupos estudiados cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que se realiza la prueba de varianzas mediante el ANOVA.

Tabla 104 — Subconjuntos homogéneos resistencia a la compresión – edad 28 días

GRUPOS	N	Subconjunto $\alpha = 5\%$		
		1 (MPa)	2 (MPa)	3 (MPa)
Grupo de control	6	28.8750		
Grupo experimental 3	6		29.6167	
Grupo experimental 6	6			30.9467
Grupo experimental 1	6			30.9667
Grupo experimental 2	6			31.0217
Grupo experimental 4	6			31.1750
Grupo experimental 5	6			31.2067
Significancia		1.000	1.000	0.883

En la Tabla 104 se muestra los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión para la edad de 28 días, donde los subconjuntos conformados por el grupo experimental 1 (diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 1%), grupo experimental 2 (diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 3%), grupo experimental 3 (diseño de mezcla con fibra de acero reciclado al 5%), grupo experimental 4 (diseño de mezcla con fibra PET al 1%), grupo experimental 5 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 3%), grupo experimental 6 (diseño de mezcla con fibra PET reciclado al 5%) es superior al grupo de control (diseño de mezcla convencional).

5.7.6 Costos del concreto convencional, concreto con adición de fibra de acero reciclado y fibras Pet

Se elaboró una evaluación de costos unitarios tomando como referencia los rendimientos y las cuadrillas de mano de obra establecidos por CAPECO, aplicada tanto al concreto convencional (patrón) como al concreto modificado con la incorporación de fibras metálicas, ya sean comerciales o recicladas, para un volumen de 1 m³.

5.7.6.1 Análisis de Costos Unitarios de Concreto Patrón

Tabla 105 — Análisis de costos unitarios de concreto patrón

Concreto f'c=210 kg/cm2							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	sto unitario directo por : m3		533.30	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
014700039	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	19.23	30.77	
014701003	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	15.94	25.50	
014701004	PEON	hh	10.0000	8.0000	14.33	114.64	
						170.91	
Materiales							
020500003	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.6990	70.00	48.93	
020501004	ARENA GRUESA	m3		0.3760	80.00	30.08	
022100000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.7700	27.00	236.79	
022100001	AGUA	m3		0.2210	5.68	1.26	
						317.06	
Equipos							
033701001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	9.51	28.53	
034907004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	6.00	4.80	
034910023	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00	
						45.33	

Fuente: elaboración Propia

- El costo del concreto sin adición de fibras por metro cúbico es de S/. 533.30 nuevos soles.



5.7.6.2 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% de Fibras de Acero

Tabla 106 — Análisis de costos unitarios de concreto +1% fibras de Acero

Concreto f'c=210 kg/cm2+1% de F A						
Partida						
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	sto unitario directo por : m3		534.93
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
014700039	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	19.23	30.77
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	15.94	25.50
0147010004	PEON	hh	10.0000	8.0000	14.33	114.64
						170.91
Materiales						
020500003	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.6990	70.00	48.93
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.3760	80.00	30.08
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.7700	27.00	236.79
0221000001	AGUA	m3		0.2210	5.68	1.26
0221000002	FIBRAS DE ACERO RECICLADO	KG		3.7300	0.40	1.49
						318.55
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		3.0000	9.56	28.67
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.8000	6.00	4.80
0349100023	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3	hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
						45.47

Fuente: elaboración Propia

- El costo del metro cúbico de concreto con 1% adición de fibras de acero reciclado es de S/. 534.93 nuevos soles aumentando en un 0.31% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 3.73 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 0.60 céntimos.



5.7.6.3 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 3% de Fibras de Acero

Tabla 107 — Análisis de costos unitarios de concreto +3% fibras de Acero

Concreto f'c=210 kg/cm2+3% de F A							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	sto unitario directo por : m3		538.18	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000039	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.23	30.77
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.94	25.50
0147010004	PEON		hh	10.0000	8.0000	14.33	114.64
							170.91
Materiales							
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.6990	70.00	48.93
0205010004	ARENA GRUESA		m3		0.3760	80.00	30.08
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		8.7700	27.00	236.79
0221000001	AGUA		m3		0.2210	5.68	1.26
0221000002	FIBRAS DE ACERO RECICLADO		KG		11.1800	0.40	4.47
							321.53
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		3.0000	9.65	28.94
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	1.0000	0.8000	6.00	4.80
0349100023	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
							45.74

Fuente: elaboración Propia

- El costo del metro cúbico de concreto con 3% adición de fibras de acero reciclado es de S/. 538.18 nuevos soles aumentando en un 0.91% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 11.18 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 0.60 céntimos.

5.7.6.4 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 5% de Fibras de Acero

Tabla 108 — Análisis de costos unitarios de concreto +5% fibras de Acero

Concreto f'c=210 kg/cm2+5% de F A							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	sto unitario directo por : m3		541.43	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147000039	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.23	30.77
0147010003	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.94	25.50
0147010004	PEON		hh	10.0000	8.0000	14.33	114.64
							170.91
Materiales							
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.6990	70.00	48.93
0205010004	ARENA GRUESA		m3		0.3760	80.00	30.08
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		8.7700	27.00	236.79
0221000001	AGUA		m3		0.2210	5.68	1.26
0221000002	FIBRAS DE ACERO RECICLADO		KG		18.6400	0.40	7.46
							324.51
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		3.0000	9.74	29.21
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	1.0000	0.8000	6.00	4.80
0349100023	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
							46.01



Fuente: elaboración Propia

- El costo del metro cúbico de concreto con 5% adición de fibras de acero reciclado es de S/. 541.43 nuevos soles aumentando en un 1.52% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 18.64 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 0.60 céntimos.

5.7.6.5 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 1% de Fibras de Pet

Tabla 109 — Análisis de costos unitarios de concreto +1%fibras de Pet

Concreto f'c=210 kg/cm2+1% de Pet						
Partida						
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000		Costo unitario directo por : m3	537.37
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Mano de Obra					
147000031	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.23
147000032	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.94
147000033	PEON		hh	10.0000	8.0000	14.33
						170.91
	Materiales					
205000006	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.6990	70.00
205000007	ARENA GRUESA		m3		0.3760	80.00
205000008	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		8.7700	27.00
205000009	AGUA		m3		0.2210	5.68
205000010	FIBRAS DE ACERO RECICLADO		KG		3.7300	1.00
						320.79
	Equipos					
337010002	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		3.0000	9.62
337010003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	1.0000	0.8000	6.00
337010004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.8000	15.00
						45.67

Fuente: elaboración Propia

- El costo del metro cúbico de concreto con 1% adición de fibras de Pet reciclado es de S/. 537.37 nuevos soles aumentando en un 0.76% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 3.71kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 1.00 céntimos.



5.7.6.6 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 3% de Fibras de Pet

Tabla 110 — Análisis de costos unitarios de concreto +3% fibras de Pet

Concreto f'c=210 kg/cm2+3% de Pet							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000		Costo unitario directo por : m3		545.49
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
147000031	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.23	30.77
147000032	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.94	25.50
147000033	PEON		hh	10.0000	8.0000	14.33	114.64
							170.91
Materiales							
205000006	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.6990	70.00	48.93
205000007	ARENA GRUESA		m3		0.3760	80.00	30.08
205000008	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		8.7700	27.00	236.79
205000009	AGUA		m3		0.2210	5.68	1.26
205000010	FIBRAS DE ACERO RECICLADO		KG		11.1800	1.00	11.18
							328.24
Equipos							
337010002	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		3.0000	9.85	29.54
337010003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	1.0000	0.8000	6.00	4.80
337010004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
							46.34

Fuente: elaboración Propia

- El costo del metro cúbico de concreto con 3% adición de fibras de Pet reciclado es de S/. 545.49 nuevos soles aumentando en un 2.83% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 11.18 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 1.00 céntimos.

5.7.6.7 Análisis de Costos Unitarios de Concreto + 5% de Fibras de Pet

Tabla 111 — Análisis de costos unitarios de concreto +5% fibras de Pet

Concreto f'c=210 kg/cm2+5% de Pet							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000		Costo unitario directo por : m3		553.62
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
147000031	OPERARIO		hh	2.0000	1.6000	19.23	30.77
147000032	OFICIAL		hh	2.0000	1.6000	15.94	25.50
147000033	PEON		hh	10.0000	8.0000	14.33	114.64
							170.91
Materiales							
205000006	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m3		0.6990	70.00	48.93
205000007	ARENA GRUESA		m3		0.3760	80.00	30.08
205000008	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)		BOL		8.7700	27.00	236.79
205000009	AGUA		m3		0.2210	5.68	1.26
205000010	FIBRAS DE ACERO RECICLADO		KG		18.6400	1.00	18.64
							335.70
Equipos							
337010002	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		3.0000	10.07	30.21
337010003	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	1.0000	0.8000	6.00	4.80
337010004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	1.0000	0.8000	15.00	12.00
							47.01

Fuente: elaboración Propia



- El costo del metro cúbico de concreto con 5% adición de fibras de Pet reciclado es de S/. 553.62 nuevos soles aumentando en un 3.81% su valor, considerando que la cantidad de fibra es de 18.64 kg y que el costo por kilogramo de fibra de acero reciclado es de S/. 1.00 céntimos.
- Con base en los costos unitarios obtenidos, se verificó que el uso de fibras recicladas, tanto de acero como de PET, no representa un incremento económico significativo respecto al concreto convencional. El concreto patrón tiene un costo de S/. 533.30 por m³, mientras que los concretos con adición de fibras presentan incrementos moderados. En el caso del acero reciclado, los aumentos fueron de S/. 1.63 (0.31 %) con 1 % de adición, S/. 4.88 (0.91 %) con 3 % y S/. 8.13 (1.52 %) con 5 %. Para las fibras de PET, los costos se incrementaron en S/. 4.07 (0.76 %) con 1 %, S/. 12.19 (2.83 %) con 3 % y S/. 20.32 (3.81 %) con 5 %. Estos valores demuestran que la incorporación de fibras recicladas es técnicamente viable y económicamente accesible, ya que los incrementos de costo se mantienen por debajo del 4 %, incluso en las dosificaciones más altas. Además, al considerar que las mezclas con 3 % de PET y 2 % de acero alcanzaron los mejores desempeños mecánicos (con incrementos del 8.07 % y 7.41 % en compresión, y 22.05 % y 17.52 % en flexión, respectivamente), se concluye que la relación costo-beneficio es favorable.

5.7.7 Interpretación Técnica de las Tablas de Resultados del Concreto con Fibras Recicladas, Fibras de acero y fibras Pet

Con base en los resultados tabulados, se efectuó la verificación y análisis comparativo de las resistencias a compresión a los 28 días, evidenciando un comportamiento mecánico superior en todas las mezclas de concreto con adición de fibras recicladas, en comparación con el concreto convencional (Gc), cuya resistencia promedio fue de 28.88 MPa. Al evaluar las variaciones porcentuales, se obtuvo lo siguiente:

- El grupo Ge1, con 1 % de fibras de acero reciclado, alcanzó una resistencia de 30.97 MPa, lo que representa un incremento del 7.23 % respecto al grupo Gc.
- El grupo Ge2, con 2 % de acero reciclado, obtuvo 31.02 MPa, equivalente a un aumento del 7.41 %.



- El grupo Ge3, con 3 % de acero reciclado, presentó una resistencia de 29.62 MPa, reflejando un incremento del 2.56 %.

En cuanto a las mezclas con fibras de PET reciclado:

- El grupo Ge4, con 1 % de PET, logró 31.17 MPa, lo que representa un aumento del 7.93 %.
- El grupo Ge5, con 3 % de PET, alcanzó el mayor valor registrado de 31.21 MPa, equivalente a una mejora del 8.07 %.
- El grupo Ge6, con 5 % de PET, obtuvo 30.95 MPa, con un incremento del 7.17 % respecto al grupo Gc.

Estos resultados confirman que la incorporación de fibras recicladas, metálicas mejora de manera significativa la resistencia a la compresión del concreto. Las dosificaciones óptimas se identifican en los grupos Ge5 (3 % de PET) y Ge2 (2 % de acero), al presentar los mayores incrementos porcentuales. Por lo tanto, estas proporciones se consideran técnicamente viables para su aplicación en elementos estructurales que demanden un mayor desempeño mecánico sin comprometer la trabajabilidad de la mezcla.

Con base a los resultados tabulados. Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión evidencian mejoras significativas en el módulo de rotura al incorporar fibras recicladas en el concreto. El concreto convencional (grupo de control Gc) alcanzó un valor de 3.31 MPa a los 28 días. Al adicionar fibras de acero reciclado, se observaron incrementos en los grupos experimentales: Ge1 (10.88 % con 3.67 MPa al 1 % de acero), Ge2 (17.52 % con 3.89 MPa al 3 % de acero) y Ge3 (4.53 % con 3.46 MPa al 5 % de acero). En cuanto a las fibras de PET reciclado, los aumentos fueron aún más notables: Ge4 (18.43 % con 3.92 MPa al 1 % de PET), Ge5 (22.05 % con 4.04 MPa al 3 % de PET) y Ge6 (9.37 % con 3.62 MPa al 5 % de PET).

Estos resultados permiten concluir que las dosificaciones del 3 % correspondientes a los grupos Ge2 (acero) y Ge5 (PET) ofrecen los mejores desempeños a flexión, destacando Ge5 como el grupo con mayor incremento relativo respecto al concreto convencional (Gc). Por tanto, la adición de fibras recicladas no solo es técnicamente viable, sino también efectiva para mejorar

la resistencia a flexión del concreto, especialmente cuando se emplean porcentajes óptimos de adición.

La hipótesis general fue planteada: La adición de fibras artificiales recicladas influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto $f_c=21\text{MPa}$, en la ciudad de Abancay-2023., influye significativamente; se evidencia que la adición de fibras artificiales recicladas influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto.

5.8 Discusión

La presente investigación guarda estrecha relación temática con el estudio desarrollado por (COBOS SÁENZ DE VITERI, 2021), en su tesis titulado “Análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con fibras metálicas recicladas y fibras sintéticas”, al abordar el impacto del uso de fibras recicladas de acero y PET en las propiedades mecánicas del concreto. Ambos trabajos tienen como eje central la mejora del comportamiento estructural del concreto mediante adiciones de fibras artificiales recicladas, aunque difieren en su enfoque de análisis, diseño experimental y niveles de dosificación.

En cuanto a los resultados comparativos, en la investigación de Cobos se reportó que la adición del 1 % de fibras metálicas recicladas generó incrementos de 17.51 % en resistencia a la compresión, 22.36 % en tracción indirecta y 24.62 % en flexión, en relación al concreto patrón. Respecto al PET, el 1 % produjo mejoras del 6.84 % en compresión, 11.51 % en tracción y 15.12 % en flexión. De forma análoga, en la presente investigación, se evidenció que con 1 % de fibras de acero (grupo Ge1), la resistencia a compresión aumentó en 7.23 % y la flexión en 10.88 %, mientras que con 1 % de fibras PET (grupo Ge4), los incrementos fueron de 7.93 % en compresión y 18.43 % en flexión. Esta comparación muestra que, aunque Cobos obtuvo mayores porcentajes, nuestros resultados validan también la efectividad técnica del 1 % como proporción eficiente, destacando incluso un mejor desempeño en flexión para el caso de PET. Esto sugiere que, bajo condiciones locales como las de Abancay, las fibras sintéticas recicladas pueden ofrecer ventajas comparativas relevantes.

En cuanto a las conclusiones derivadas, ambos estudios coinciden en que la adición de fibras recicladas en especial las metálicas mejoran significativamente el desempeño estructural del concreto, haciéndolo más resistente y tenaz. Sin embargo, la presente investigación aporta un matiz relevante al identificar que dosificaciones superiores

(3 %) pueden superar el rendimiento alcanzado con 1 %, como en los grupos Ge2 (acero 3 %) y Ge5 (PET 3 %), que obtuvieron incrementos del 7.41 % y 8.07 % en compresión, y 17.52 % y 22.05 % en flexión, respectivamente. Además, se observó que al 5 % las mejoras decrecen, posiblemente por pérdida de homogeneidad en la mezcla, lo cual no fue explorado en el estudio de Cobos.

Respecto a la metodología, ambos trabajos utilizaron un enfoque cuantitativo con diseño experimental. Cobos optó por un diseño comparativo, empleando mezclas con una resistencia de 28 MPa y dosificaciones del 0.5 % y 1 % de fibras, enfocándose en 35 especímenes de prueba y analizando estados fresco y endurecido. En cambio, la presente investigación aplicó un diseño experimental puro, de tipo aplicada y nivel explicativo, con 168 elementos de prueba entre briquetas y vigas, organizados en siete grupos (Gc y Ge1 a Ge6), evaluando concretos con resistencia $f'_c = 21$ MPa y empleando tres niveles de dosificación (1 %, 3 % y 5 %). Se realizaron ensayos normalizados ASTM C39, C496 y C78, y el análisis estadístico se basó en ANOVA de un factor para determinar la significancia de los resultados. Esto aporta mayor robustez comparativa y precisión en la identificación de dosificaciones óptimas bajo condiciones locales de fraguado y clima .

En conjunto, ambos estudios aportan evidencia de que las fibras artificiales recicladas constituyen una estrategia viable para mejorar el concreto estructural.

La investigación de (CERÓN, 2023) titulada “Efecto de las fibras PET recicladas como refuerzo del concreto en el comportamiento mecánico de las estructuras de pavimento rígido”, presenta similitudes fundamentales con el presente estudio al explorar el uso de residuos plásticos como refuerzo mecánico en mezclas de concreto. En su caso, se evaluaron proporciones de 0, 2, 4 y 6 kgf/m³ de fibras PET recicladas, equivalentes aproximadamente a 0 %, 0.45 %, 0.90 % y 1.35 % respecto al peso del cemento. En contraste, la presente investigación empleó dosificaciones más elevadas del 1 %, 3 % y 5 % del peso del cemento, equivalentes a 3.73, 11.18 y 18.64 kgf/m³ de PET reciclado por metro cúbico, respectivamente. Esta diferencia permite ampliar el análisis del comportamiento estructural del concreto bajo cargas más altas de fibras, y con ello obtener un espectro más amplio del efecto de reforzamiento.

Desde el punto de vista metodológico, ambos estudios adoptan un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y con diseño experimental

En cuanto a la resistencia a la compresión, Cerón reportó que con 6 kg/m³ de PET se alcanzó un valor máximo de 46.82 MPa a los 28 días, frente a un promedio de 41.22



MPa en las demás dosificaciones. Aunque esta investigación parte de una resistencia de referencia inferior (28.88 MPa en el grupo de control, Gc), la adición de 3 % de PET reciclado (grupo Ge5) elevó la resistencia a 31.21 MPa, representando un incremento del 8.07 %. Le siguieron el grupo Ge4 (1 % PET) con 31.17 MPa (7.93 %) y Ge6 (5 % PET) con 30.95 MPa (7.17 %). Estos resultados confirman, en ambos estudios, que la adición de fibras PET mejora notablemente la resistencia a la compresión, aunque con enfoques diferentes: Cerón demuestra un beneficio con dosificaciones moderadas, mientras que esta investigación valida mejoras con proporciones más altas, demostrando la viabilidad de cargas mayores sin afectar negativamente la mezcla.

Respecto a la resistencia a la flexión, Cerón obtuvo un valor máximo de 47.21 kgf/cm² (aproximadamente 4.63 MPa) con 6 kg/m³ de PET, superando el promedio de 41.63 kgf/cm² (4.08 MPa) de las otras dosificaciones. De forma similar, este estudio evidenció mejoras importantes en el módulo de rotura: el grupo Ge5 (3 % PET) alcanzó 4.04 MPa (+22.05 %), seguido de Ge4 con 3.92 MPa (18.43 %) y Ge6 con 3.62 MPa (9.37 %) frente al grupo Gc (3.31 MPa). Estas cifras respaldan la conclusión de que el refuerzo con PET reciclado mejora la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción indirecta, aumentando la tenacidad estructural y aportando resistencia a fisuras y deformaciones.

Finalmente, ambos estudios convergen en una conclusión : la incorporación de fibras PET recicladas mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto.

(CCACCRO, 2022), en su tesis titulada “Análisis de influencia de las fibras PET de botellas recicladas sobre las principales propiedades de concreto en Lima, 2022”, guarda una estrecha relación con el presente estudio, al centrarse en el análisis del efecto de fibras PET recicladas sobre el desempeño mecánico del concreto, con miras a proponer alternativas sostenibles en la construcción. En su caso, se utilizaron fibras PET cortadas en tres longitudes (2×20 mm, 2×35 mm y 2×50 mm) en proporciones del 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % respecto al peso del cemento. En contraste, esta investigación empleó fibras de una sola longitud (10 mm) en porcentajes del 1 %, 3 % y 5 % en peso del cemento, equivalentes a 3.73 kgf/m³, 11.18 kgf/m³ y 18.64 kgf/m³, respectivamente. Esta diferencia en el diseño experimental permite explorar no solo la proporción, sino también el efecto de la geometría de la fibra sobre el comportamiento del concreto.



Respecto a los resultados de resistencia a la compresión, (CCACCRO, 2022) observó que el concreto patrón sin fibras alcanzó una resistencia de 242.21 kgf/cm^2 ($\approx 23.74 \text{ MPa}$), mientras que la mezcla con fibras PET de $2 \times 50 \text{ mm}$ al 1.0 % logró el máximo de 278 kgf/cm^2 ($\approx 27.25 \text{ MPa}$), evidenciando un incremento del 14.79 %. No obstante, al superar el 1.0 % de adición, la resistencia comenzó a disminuir, lo que indica una dosificación límite. En la presente investigación, el concreto patrón (Gc) presentó una resistencia promedio de 28.88 MPa a los 28 días, y la mayor resistencia se alcanzó en el grupo Ge5 (3 % PET), con 31.21 MPa (+8.07 %), seguido por Ge4 (1 %) con 31.17 MPa (+7.93 %) y Ge6 (5 %) con 30.95 MPa (+7.17 %). Esta tendencia también confirma que la adición de fibras PET mejora la resistencia a la compresión, siendo más efectiva en proporciones intermedias.

En cuanto a la resistencia a la flexión, (CCACCRO, 2022) reporta un valor de referencia de 27.77 kgf/cm^2 ($\approx 2.72 \text{ MPa}$) para el concreto convencional, y un valor máximo de 30.05 kgf/cm^2 ($\approx 2.95 \text{ MPa}$) con fibras de $2 \times 50 \text{ mm}$ al 1.5 %. En la presente investigación, el grupo Ge5 (3 % PET) alcanzó 4.04 MPa, representando un aumento del 22.05 % respecto al patrón (3.31 MPa). Le siguen Ge4 (1 %) con 3.92 MPa (+18.43 %) y Ge6 (5 %) con 3.62 MPa (+9.37 %). Si bien los niveles de resistencia alcanzados son mayores en esta tesis, ambas investigaciones coinciden en que la incorporación de fibras PET mejora significativamente el módulo de rotura del concreto, aportando mayor resistencia a tracción indirecta y mejorando su tenacidad frente a cargas flexionales.

En cuanto a la metodología, ambas investigaciones se enmarcan en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con diseño experimental.

Finalmente, ambas investigaciones concluyen que la adición de fibras PET recicladas mejora las propiedades mecánicas del concreto, particularmente la resistencia a la compresión y la flexión. No obstante, mientras Ccaccro Lapa identifica como óptima la dosificación del 1.0 % de PET con fibras largas ($2 \times 50 \text{ mm}$), esta tesis encuentra que el mejor desempeño se obtiene con el 3 % de PET (Ge5).

La investigación de (RAFAEL, y otros, 2020), titulada “Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ”, guarda importantes similitudes con la presente tesis, tanto en su enfoque experimental como en el propósito de evaluar el efecto de fibras recicladas en la mejora del desempeño estructural del concreto. Ambos estudios se enmarcan dentro de una metodología aplicada, con diseño experimental y enfoque cuantitativo,



empleando especímenes cilíndricos y prismáticos para los ensayos de compresión y flexión. Sin embargo, mientras que Saavedra y Benites utilizaron fibras de acero reciclado y trefilado en proporciones del 1 %, 2.5 % y 4 % respecto al volumen total del concreto, la presente investigación incorporó fibras recicladas tanto de acero corrugado como de PET, en porcentajes del 1 %, 3 % y 5 %, calculados en función del peso total del concreto (3.73, 11.18 y 18.64 kg/m³, respectivamente). En cuanto a los resultados obtenidos, ambos estudios concluyen que la incorporación de fibras recicladas mejora las propiedades mecánicas del concreto. En la investigación de Saavedra y Benites, el concreto con 1 % de fibra de acero comercial alcanzó una resistencia a la compresión de 265.06 kgf/cm² y con acero reciclado de 241.41 kgf/cm², frente a los 213.57 kgf/cm² del concreto convencional, lo que representa incrementos de 24.11 % y 13.03 % respectivamente. Estos valores superan en términos absolutos a los de esta tesis, donde el concreto patrón alcanzó 28.88 MPa y los mayores incrementos fueron registrados por los grupos Ge5 (3 % PET, 31.21 MPa, +8.07 %) y Ge2 (3 % acero reciclado, 31.02 MPa, +7.41 %). Sin embargo, cabe señalar que esta tesis empleó fibras de PET además del acero, con resultados igualmente favorables y en línea con el objetivo de promover alternativas sostenibles de refuerzo. En cuanto al módulo de rotura, Saavedra y Benites reportaron un incremento de hasta 22.88 % con acero reciclado (5.57 MPa) y 22.87 % con acero comercial (5.80 MPa), mientras que en esta investigación se alcanzó un aumento del 22.05 % con Ge5 (3 % PET, 4.04 MPa) y del 17.52 % con Ge2 (3 % acero, 3.89 MPa), ambos frente a un valor base de 3.31 MPa en el grupo control (Gc). Además de los aspectos técnicos, ambas investigaciones destacan la importancia del análisis costo-beneficio. En la tesis de Saavedra y Benites, se identificó que el uso de fibras recicladas permite reducir significativamente el costo del concreto por metro cúbico (395.22 S/.) en comparación con las fibras comerciales (566.73 S/.) a igualdad de porcentaje (1 %), lo cual coincide con el planteamiento de esta tesis, que promueve el uso de materiales reciclados no solo por su rendimiento mecánico, sino también por su viabilidad económica y ambiental. En conclusión, la comparación entre ambas investigaciones demuestra la validez del enfoque experimental y confirma que tanto las fibras metálicas recicladas como las fibras PET tienen un impacto positivo en las propiedades mecánicas del concreto, consolidándose como alternativas sostenibles para su aplicación en obras civiles.



(ALZAMORA, 2024), en su tesis titulada “Influencia del PET reciclado en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, Abancay – 2023”, guarda estrecha relación con el presente estudio, al abordar el análisis de la incorporación de plástico reciclado (PET) sobre las propiedades resistentes del concreto, con enfoque en el aprovechamiento de residuos sólidos como insumo constructivo alternativo. En su caso, se emplearon porcentajes de adición de 1 %, 3 % y 5 % de PET respecto al volumen del concreto, mientras que en la presente investigación se aplicaron los mismos porcentajes (1 %, 3 % y 5 %), pero calculados en peso respecto al total del concreto, equivalentes a 3.73 kg/m^3 , 11.18 kg/m^3 y 18.64 kg/m^3 , respectivamente. Esta distinción metodológica, sumada a la diferencia en la resistencia de diseño (175 kgf/cm^2 frente a 210 kgf/cm^2), permite comparar los efectos del PET reciclado en contextos similares de aplicación urbana en Abancay.

Respecto a los resultados de resistencia a la compresión, Alzamora Cayllahua reportó que el concreto patrón alcanzó una resistencia del 117.79 % respecto a su valor nominal, mientras que los concretos con PET al 1 %, 3 % y 5 % alcanzaron valores de 147.64 %, 132.32 % y 117.58 %, respectivamente, evidenciando que el mayor incremento se logró con el 1 % de PET. En la presente investigación, el concreto patrón (Gc) alcanzó un promedio de 28.88 MPa ($\approx 294.45 \text{ kgf/cm}^2$), y el grupo Ge5 (3 % PET) obtuvo 31.21 MPa (+8.07 %), seguido por Ge4 (1 %) con 31.17 MPa (+7.93 %) y Ge6 (5 %) con 30.95 MPa (+7.17 %). Si bien los porcentajes óptimos difieren, ambas investigaciones coinciden en que la adición de PET mejora sustancialmente la resistencia a la compresión del concreto, especialmente en dosificaciones intermedias o moderadas. En cuanto a la resistencia a la flexión, Alzamora Cayllahua determinó que el concreto patrón logró una resistencia equivalente al 194.33 % del módulo de rotura teórico (26.45 kgf/cm^2), mientras que las mezclas con PET al 1 %, 3 % y 5 % alcanzaron valores de 196.11 %, 165.18 % y 141.66 %, respectivamente. En comparación, la presente investigación reportó que el concreto patrón alcanzó 3.31 MPa, y el grupo Ge5 (3 % PET) alcanzó el valor máximo de 4.04 MPa (+22.05 %), seguido por Ge4 (1 %) con 3.92 MPa (+18.43 %) y Ge6 (5 %) con 3.62 MPa (+9.37 %). Estos resultados, aunque con diferentes valores absolutos por las distintas condiciones de diseño, confirman la tendencia de que el PET reciclado mejora la capacidad flexional del concreto, siendo más efectivo en proporciones cercanas al 3 %. Respecto a la metodología, ambos trabajos utilizaron un enfoque cuantitativo, con diseño experimental, y aplicaron pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades



mecánicas a edades de 7, 14 y 28 días. En conclusión, ambas investigaciones coinciden en que la incorporación de fibras PET recicladas mejora las propiedades mecánicas del concreto, especialmente la resistencia a compresión y flexión. Sin embargo, difieren ligeramente en la dosificación óptima: mientras Alzamora señala un mejor desempeño con el 1 %, en esta tesis se evidenció que el 3 % (Ge5) brinda el mayor beneficio técnico. Esta diferencia puede atribuirse tanto al criterio de dosificación (peso vs. volumen) como a la resistencia inicial del concreto base. En conjunto, los resultados respaldan la viabilidad técnica y ambiental del uso de PET reciclado como refuerzo en concreto convencional.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se demostró que la adición de fibras artificiales recicladas influye significativamente incrementando las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=21$ MPa, por lo que las fibras de acero y fibras PET recicladas son una alternativa para el uso en el concreto hasta porcentajes del 5% en peso del cemento, los cuales no afectan las propiedades del concreto endurecido.

Se determinó la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado para edades de 7, 14 y 28 días presenta valores mayores al concreto convencional, así mismo se demostró que la adición de acero reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en las edades de 7, 14 y 28 días.

Se logró determinar el módulo de rotura del concreto para diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado para la edad de 28 días es mayor al módulo de rotura del concreto convencional, con ello se demostró que la adición de fibra de acero reciclado también influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días.

Se llegó a determinar que la resistencia a la compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, para edades de 7, 14 y 28 días es mayor a la resistencia a la compresión del concreto normal, así mismo se demostró que la adición fibra PET reciclado influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto en las edades de 7, 14 y 28 días.

Se logro determinar el módulo de rotura del concreto para diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado para la edad de 28 días es mayor al módulo de rotura del concreto convencional, con ello se demostró que la adición de fibra PET reciclado también influye significativamente en el módulo de rotura del concreto para la edad de 28 días.



Se llegó a determinar que la incorporación de fibras artificiales recicladas, tanto metálicas (acero reciclado) como poliméricas (PET), mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto. Los mayores incrementos se obtuvieron en el grupo Ge5 (3 % PET) con un aumento del 8.07 %, y en el grupo Ge2 (2 % acero) con un 7.41 %, en comparación con el concreto convencional (Gc). Estas dosificaciones se identifican como óptimas, al lograr un equilibrio entre el desempeño mecánico y la trabajabilidad, por lo que resultan técnicamente viables para su aplicación en elementos estructurales.

Se llegó a determinar que el análisis de los resultados de resistencia a la flexión evidenció que la adición de fibras recicladas incrementa notablemente el módulo de rotura del concreto los mayores incrementos se observa en El grupo Ge5 (3 % PET) el cual alcanzó el mayor desempeño, con un incremento del 22.05 % respecto al concreto patrón, seguido por el grupo Ge2 (3 % acero) con 17.52 % por lo tanto se demuestran que la incorporación de fibras recicladas también representa una alternativa técnica eficaz y sostenible para mejorar el comportamiento estructural del concreto.

El análisis de costos unitarios evidenció que adicionar fibras recicladas de acero o PET al concreto no implica un aumento económico significativo. El concreto patrón cuesta S/. 533.30/m³, y los concretos con fibras mostraron incrementos moderados: S/. 1.63 (0.31 %) con 1 % de acero, S/. 4.88 (0.91 %) con 3 %, y S/. 8.13 (1.52 %) con 5 %. En el caso del PET, el aumento fue de S/. 4.07 (0.76 %) con 1 %, S/. 12.19 (2.83 %) con 3 %, y S/. 20.32 (3.81 %) con 5 %. Dado que estos incrementos no superan el 4 % y que las mejores resistencias se obtuvieron con 3 % de PET (8.07 % en compresión, 22.05 % en flexión) y 2 % de acero (7.41 % en compresión, 17.52 % en flexión), se concluye que el uso de fibras recicladas es viable técnica y económicamente, aportando beneficios estructurales y sostenibilidad sin un sobre costo relevante.

6.2 Recomendaciones

Los diseños de mezcla con fibras artificiales reciclados obtenidos en la presente investigación pueden ser usados en pavimentaciones rígidas de bajo tránsito debido a que se obtiene resultados de módulo de rotura mayores a 3.4 MPa

El reciclaje de material es responsabilidad de todos para disminuir la utilización de materia prima y uso de energía en el proceso de fabricación por ello se recomienda el uso de fibras artificiales como acero y PET reciclado como material de construcción para el concreto en proporciones inferiores al 5% en el peso del cemento.



Se recomienda la implementación del uso de fibras recicladas de acero y PET en proyectos de infraestructura civil que utilicen concreto convencional. Las evidencias experimentales demuestran que incorporar hasta 3 % de PET o 2 % de acero reciclado mejora notablemente la resistencia a compresión y flexión del concreto, con un incremento de costo inferior al 4 % por metro cúbico, lo que no compromete la viabilidad económica de la obra. Esta práctica, además de ser técnicamente efectiva, contribuye a la gestión responsable de residuos industriales.

Los resultados obtenidos en esta investigación respaldan la viabilidad de industrializar el reciclaje de plásticos PET, mediante su transformación en fibras cortadas y envasadas en presentación de bolsitas dosificadas, listas para su incorporación en mezclas de concreto. Esta propuesta permitiría estandarizar y masificar su uso en la industria de la construcción, replicando el modelo experimental empleado en la presente tesis.

Se recomienda el presente estudio se adopte como antecedente técnico para que los residentes de obra consideren la reutilización de residuos de acero corrugado, en forma de virutas, como material de refuerzo para concreto, contribuyendo así a la reducción del desperdicio de acero en obra y fomentando prácticas sostenibles en el proceso constructivo.

Se recomienda Incrementar el tiempo de curado de las muestrsras, para poder obtener datos de resistencia a largo plazo, y así poder ver cómo se comportan estas muestras de concreto con adición de fibras de acero reciclado y acero comercial.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO, FLAVIO. 2009.** *Tecnología del concreto.* Lima : San Marcos, 2009.
- ALZAMORA, NAYSHA. 2024.** *Influencia en las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la incorporación de plásticos reciclados (PET), Abancay-Apurímac, 2023.* ABANCAY : Universidad Tecnológica de Los Andes de, 2024.
- ARBOLEDA, ROSA ELENA. 2024.** *Evaluación del concreto con adición de fibras recicladas bajo condiciones climáticas andinas.* abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2024.
- ARIAS, FIDIAS G. 2006.** *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* Quinta. Caracas : Editorial Episteme, 2006. 980-07-8529-9.
- ASTM INTERNATIONAL, ASTM C39/C39M. 2014.** *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.* West Conshohocken PA : ASTM International, 2014.
- CARHUAPOMA, WILMER RAPHAEL. 2018.** *Efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de 210 Kg/cm² y 280 Kg/cm², elaborados con agregados de la cantera Cochamarca – Pasco.* Pasco : Repositorio Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
- CCACCRO, JUAN CLIMACO. 2022.** *Análisis de influencia de las fibras pet de botellas recicladas sobre las principales propiedades de concreto en Lima, 2022.* Lima : Repositorio Universidad San Ignacio de Loyola, 2022.
- CERÓN, JELIETH ESTEFANY. 2023.** *Efecto de las fibras pet recicladas como refuerzo del concreto en el comportamiento mecánico de las estructuras de pavimento rígido.* Bogota : Universidad Católica de Colombia facultad de ingeniería programa de ingeniería civil, 2023.
- COBOS SÁENZ DE VITERI, LINDA ALEXANDRA. 2021.** *Comparativo de las propiedades mecánicas del concreto con fibras de PET reciclado y concreto con fibras de acero.* Guayaquil : s.n., 2021.
- COMITE ACI 544, 1R-96. 2002.** *Report on Fiber Reinforced Concrete.* 2002.
- DEVORE, JAY L. 2012.** *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.* México : Cengage Learning Editores, S.A., 2012.



FLORES, CARMEN ROSA y OSTOS, EDUARDO. 2019. *Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019.* Abancay : s.n., 2019.

FLORES, YURELA VANESA y MENDOZA, JUAN CARLOS. 2019. “*Análisis de la correlación del modulo de rotura (m_r) v.s.la resistencia a tracción indirecta ($f't$) y compresión ($f'c$) de concreto $f'c = 280, 300, 350, 420$ kgf/cm² para pavimento rígido con fibras de polipropileno y fibras metálicas a los 7, 14 y 28 días.* Arequipa : Universidad Católica de Santa María Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019.

GARCÍA, ANGEL ANDRÉS y HERNANDEZ, WILMER ANDRES. 2017. *Estudio del efecto en las propiedades mecánicas del concreto simple reforzado con fibras de tereftalato de polietileno PET y polipropileno PP.* Cordova : Universidad de Córdoba, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Mecánica Montería, 2017.

Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. 2013. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. [En línea] 2013. <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Julio/14/RD-18-2013-MTC-14.pdf>.

GUTIERREZ DE LOPEZ, LIBIA. 2003. *El concreto y otros materiales para la construcción.* Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 2003.

HARMSSEN, TEODORO E. 2005. *Diseño de estructuras de concreto armado.* Lima : Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú., 2005.

HERNÁNDEZ, ROBERTO, FERNÁNDEZ, CARLOS y BAPTISTA, PILAR. 2014. *Metodología de la investigación. 6.ª ed.* Mexico : McGraw-Hill, 2014. p. 135.

LÓPEZ, JORGE. 2015. *Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: Influencia del tipo y consumo de fibra adicionado.* México : s.n., 2015.

MÁRMOL, PATRICIA CRISTINA. 2010. *Hormigones con Fibras de Acero Características Mecánicas.* Madrid : Escuela Tecnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2010.

MARTÍNEZ, CIRO. 2012. *Estadística y muestreo.* Bogotá : s.n., 2012.



MENDEZ, EDGAR ANTONIO. 2012. *Propuesta para sustitución de agregados petreos por agregados PET, en diseño de mezcla de concreto con resistencia $f'c=150\text{kg/cm}^2$, usado para banquetas, guarniciones y firmes.* Xalapa : s.n., 2012.

MINISTERIO DE FOMENTO, GOBIERNO DE ESPAÑA. 2010. *Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.* España : s.n., 2010.

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. 2021. *Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : s.n., 2021.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO pp. 50–51. 2009. *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.060.* Lima : MVCS,2009., 2009.

MIRANDA, CRISTIAN ARTURO y RADO, MARCO EDUARDO. 2019. *Propuesta de concretos reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimentos rígidos en la región de Apurímac.* Lima : Repositorio Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.

MTC. 2018. *Glosario de terminos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.* Lima : s.n., 2018.

National Ready Mixed Concrete Association. *El concreto en la práctica.*

NAVILLE, ADAM M. 2013. *Tecnología del concreto.* México : s.n., 2013.

NTP 339.078, NORMA TÉCNICA PERUANA. 2012. *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.* Lima : Indecopi, 2012.

NTP 400.017, NTP. 2011. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.* LIMA : INDECOPI, 2011.

ÑAUPAS, DENNYS JENNY y SOSA, DARWIN MAXIMO. 2019. *Comportamiento mecánico del concreto reforzados con fibra de acero en el anaálisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del centro médico San Conrado en los Olivos, Lima - Perú.* Lima : Repositorio Universidad San Martín de Porres, 2019.

PASQUEL, ENRIQUE. 1998. *Tópicos de tecnología del concreto.* Lima : s.n., 1998.



PASQUEL, LUIS. 1998. *Tecnología del concreto*. Lima : Editorial San Marcos, 1998, 1998.

POLO, JOEL y RISCO, JONATHAN JESUS. 2018. *Influencia de las fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto*, Trujillo, 2018. Trujillo : s.n., 2018.

QUINTERO, CRISTIAN FERNANDO y MAHECHA, JEISSON DAVID. 2016. *Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de PET reciclado*. Bogota : s.n., 2016.

QUISPE, EDER. 2022. *Incorporación de las fibras de acero tipo I alambre trefilado en frío en el comportamiento de las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm² para pavimento rígido en el casco urbano de Abancay*, 2020. Abancay : s.n., 2022.

RAFAEL, BRAYAN ALDAIR y REYNAL, ABEL JHONATAN. 2020. *Influencia de las fibras de acero reciclado y comercial sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm²*,. Trujillo : universidad privada del norte facultad de ingeniería, 2020.

RAMÍREZ, MARÍA JOSÉ. 2017. *Determinación de la manejabilidad de mezclas de concreto de bajo asentamiento utilizando el método de ensayo de consistómetro*. Asunción, Guatemala : Universidad Rafael Landívar, 2017., 2017.

RAMOS, JONATHAN JULIANO. 2021. *Estudio del comportamiento de vigas de concreto reforzadas y con refuerzo secundario adicional de fibras de acero, que presentan aberturas horizontales transversales*. Arequipa : Repositorio Universidad Nacional de San Agustín, 2021.

RIVVA, ENRRIQUE. 2000. *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima : s.n., 2000.

SÁENZ, MARÍA FERNANDA. 2021. *Evaluación de propiedades mecánicas del concreto con fibras de acero reciclado*. Ambato : Universidad Técnica de Ambato, 2021.

VALENCIA, PLINIO ANDRES y QUINTANA, CRISTIAN DARIO. 2016. *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%*. Bogotá : s.n., 2016.

VARA, ARÍSTIDES ALFREDO. 2012. *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Lima : s.n., 2012.



VELAZQUE, WILLIAM. 2021. *Diseño de concreto f_c 140, 175 y 210 kg/cm², y su Influencia de fibra de acero en el agregado.* Abancay : Universidad Cesar Vallejo Facultad de Ingeniería y arquitectura escuela profesional de ingeniería civil, 2021.

ZAMBRANO, HUGO ALBERTO y DELGADO, LUIS ERNESTO. 2020. *nfluencia del clima en la durabilidad del concreto estructural en zonas altoandinas.* 2020 : Revista Científica Andina de Ingeniería, Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2020.



ANEXOS



Anexo 1 Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice	Método	Técnicas e instrumento
¿Cuál es la influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 21$ mpa, en la ciudad de Abancay-2023?	Determinar la influencia de la adición de fibras artificiales recicladas en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 21$ mpa, en la ciudad de Abancay-2023.	La adición de fibras artificiales en las propiedades mecánicas del concreto $f_c = 21$ mpa, en la ciudad de Abancay-2023, influye significativamente.	Indepen.	Indepen.	Indepen.	Indepen.	Enfoque de la investigación	Técnicas de Investigación
			Adición de fibras artificiales recicladas	Adición de fibra de acero reciclado	Diseño de mezcla con fibra de acero	Kg	Cuantitativo	Observación
				Adición de fibra de PET reciclado	Diseño de mezcla con fibra de PET	Kg		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicas	Dependiente	Dependiente	Dependiente	Dependiente	Tipo de investigación	Instrumento
¿Cuál es la resistencia a la compresión del	Determinar la resistencia a la compresión del	La adición de fibra de acero reciclado influye	Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a la	Carga máxima	KN	Aplicada	Lista de cotejo, registro de

concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, en las edades de 7, 14 y 28 días?	concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, para edades de 7, 14 y 28 días	significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días.		compresión				datos ,formato de resultado de ensayos
					Área	Cm2	Nivel de investigación	Análisis y procesamiento de datos
¿Cuál es la resistencia a la flexión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, en la edad de 28 días?	Determinar la resistencia a la flexión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra de acero reciclado, para la edad de 28 días.	La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto para la edad de 28 días.			Edad de ensayo	Días	Explicativo Causa - efecto	Estadística inferencial - ANOVA
¿Cuál es la resistencia a la	Determinar la resistencia a la	La adición de fibra de acero reciclado			Carga máxima	Kn	Diseño de la	Muestra

compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, en las edades de 7, 14 y 28 días?	compresión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, para las edades de 7, 14 y 28 días.	influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto para las edades de 7, 14 y 28 días.					investigación	
						Área	Cm2	126 briquetas
¿Cuál es la resistencia a la flexión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, en la edad de 28 días?	Determinar resistencia a la flexión del concreto para el diseño de mezcla con adición de fibra PET reciclado, para la edad de 28 días.	La adición de fibra de acero reciclado influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto para la edad de 28 días.		Resistencia a la flexión		Edad de ensayo	Días	42 vigas
							Experimental	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Instrumentos de recolección de información

Instrumento N° 1 - Método para el análisis por tamizado de los agregados finos


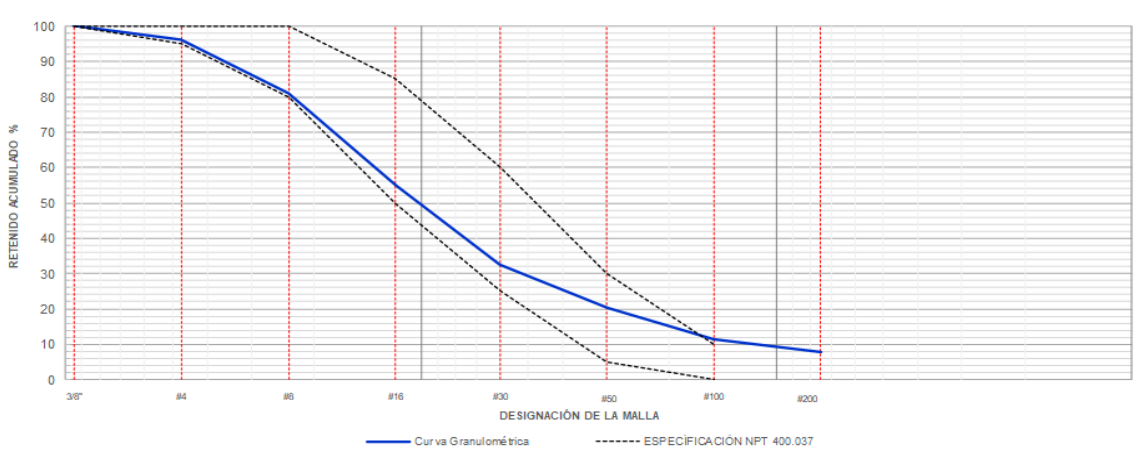

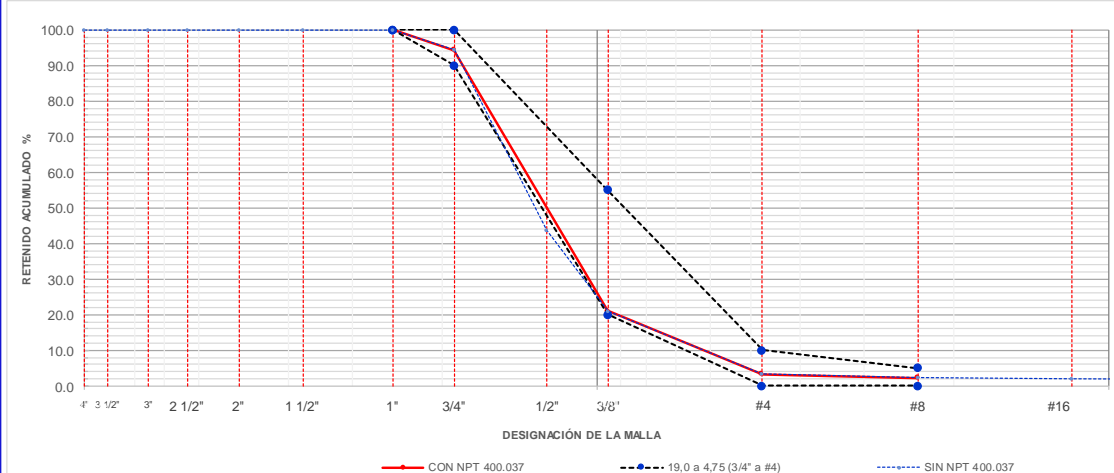
		MÉTODO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS NTP 400.012 / ASTM C - 136				CÓDIGO: GAF-2023 FECHA: 8/11/2023 REVISIÓN: 8/11/2023	
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21 MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"				FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023	
LOCALIZACIÓN	ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC				INFORME Nro:	029-2023	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	AGREGADO FINO (ARENA GRUESA) DE LA CANTERA MURILLO - ABANCAY				MUESTRA Nro:	1	
Masa total húmeda antes del lavado (g):	4400.0		Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	3562.7		ESPECIFICACIÓN NPT 400.037	
Masa total seca calculada (g):	3860.0		Error (%):	0.00			
Tamiz U.S Standard mm		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Limite Inferior (%)	Limite Superior (%)
3/8"	9.50					0.0	0.0
#4	4.74	142.6	3.7	3.7	96.3	95	100
#8	2.36	594.0	15.4	19.1	80.9	80	100
#16	1.18	1006.4	26.1	45.2	54.8	50	85
#30	0.60	864.8	22.4	67.6	32.4	25	60
#50	0.30	465.7	12.1	79.6	20.4	5	30
#100	0.15	349.8	9.1	88.7	11.3	0	10
#200	0.08	139.4	3.6	92.3	7.7		
Pasa # 200		297.3	7.7	CUMPLE ESPECIFICACIÓN		NO CUMPLE	
Total Tamizado (g)		3562.7	MÓDULO DE FINEZA	3.0			
							
OBSERVACIONES: Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
REVISÓ				APROBÓ			

Figura 25 — Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino



Instrumento N° 2 - Método para el análisis por tamizado de los agregados gruesos.

		MÉTODO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS GRUESOS NTP 400.012 / ASTM C - 136			CÓDIGO: GAG-2023 FECHA: 8/11/2023 REVISIÓN: 8/11/2023					
PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"			FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023					
LOCALIZACIÓN:	ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC			INFORME Nro:	029-2023					
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) DE LA CANTERA MURILLO - ABANCAY			MUESTRA Nro:	1					
Masa total húmeda antes del lavado (g):	4550.0	Masa seca lavada sobre el tamiz No. 200 (g):	4400.0	USO (NPT 400.037):	67					
Masa total seca calculada (g):	4370.0	Error (%):	NO CUMPLE	TAMAÑO NOMINAL (mm) NPT 400.037						
19,0 a 4,75 (3/4" a #4)										
Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Límite Inferior (%)		Límite Superior (%)		
U.S Standard	mm									
4"	100.00	0.0	0.0	0.0	100.0					
3 1/2"	90.00	0.0	0.0	0.0	100.0					
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0					
2 1/2"	63.00	0.0	0.0	0.0	100.0					
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0					
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0					
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100		100		
3/4"	19.00	250.2	5.7	5.7	94.3	90		100		
1/2"	12.50	2207.2	50.5	56.2	43.8					
3/8"	9.50	991.7	22.7	78.9	21.1	20		55		
#4	4.75	778.2	17.8	96.7	3.3	0		10		
#8	2.36	42.5	1.0	97.7	2.3	0		5		
#16	1.18	9.6	0.2	97.9	2.1					
#50	0.30	22.9	0.5	98.5	1.5					
Pasa #50		67.7	1.5	CUMPLE CON ESPECIFICACIÓN:		NO CUMPLE				
Total Tamizado (g)	4302.3									



OBSERVACIONES: Los resultados presentados corresponden unicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.

REVISÓ	APROBÓ

Figura 26 — Resultados del análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso



Instrumento N° 3 - Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados


		DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SUELTO, COMPACTADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO MTC E 203 - 2016		CÓDIGO:	PJAG-2023
				VERSIÓN:	1
				FECHA:	8/11/2023
				PAGINA: 1 DE: 1	
CLIENTE:	Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles			FECHA DE RECIBO:	7/11/2023
OBRA:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"			FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023
PROCEDENCIA:	CANTERA MURILLO			INFORME :	029-2023
LOCALIZACIÓN:	ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	1
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLAS				
PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Peso del Molde (gr)		3973.5	3973.5	3973.5	
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)		18130.0	18470.0	18310.0	
Peso de la Muestra Suelta (gr)		14156.5	14496.5	14336.5	
Volumen del Molde (cm ³)		9438.95	9438.95	9438.95	
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)		1.500	1.536	1.519	
Peso Especifico (kg/m ³)		2403.847	2403.847	2403.847	
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)		1499.796	1535.817	1518.866	
Porcentaje de Vacíos		37.61%	36.11%	36.82%	
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)		1518.160			
Porcentaje de Vacíos		36.84%			
PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO					
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	
Número de Capas		3	3	3	
Número de Golpes		25	25	25	
Peso del Molde (gr)		3973.5	3973.5	3973.5	
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)		19780.0	20070.0	19880.0	
Peso de la Muestra Varillada (gr)		15806.5	16096.5	15906.5	
Volumen del Molde (cm ³)		9438.95	9438.95	9438.95	
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)		1.675	1.705	1.685	
Peso Especifico (kg/m ³)		2403.847	2403.847	2403.847	
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)		1674.60	1705.33	1685.20	
Porcentaje de Vacíos		30.34%	29.06%	29.90%	
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)		1688.38			
Porcentaje de Vacíos		29.76%			
OBSERVACIONES:					
LABORATORIO					
REALIZÓ			APROBÓ		

Figura 27 — Resultados del peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso



Instrumento N° 3 - Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados


	DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SUELTO, COMPACTADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO MTC E 203 - 2016	CÓDIGO: PUAF-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 8/11/2023 PAGINA: 1 DE 1	
	CLIENTE: Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles	FECHA DE RECIBO: 7/11/2023	
	OBRA: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"	FECHA DE ENSAYO: 7/11/2023	
	PROCEDENCIA: CANTERA MURILLO	INFORME: 029-2023	
LOCALIZACIÓN: ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC	MUESTRA: 1		
DESCRIPCIÓN: DISEÑO DE MEZCLAS			
PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso del Molde (gr)	2131.5	2131.5	2131.5
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	6830	7020	6920
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4698.5	4888.5	4788.5
Volumen del Molde (cm3)	2831.68	2831.68	2831.68
Peso Unitario Suelto (gr/cm3)	1.659	1.726	1.691
Peso Especifico (kg/m3)	2765.873	2765.873	2765.873
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1659.262	1726.360	1691.046
Porcentaje de Vacíos	40.01%	37.58%	38.86%
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1692.223		
Porcentaje de Vacíos	38.82%		
PESO UNITARIO VARILLADO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Capas	3	3	3
Número de Golpes	25	25	25
Peso del Molde (gr)	2131.5	2131.5	2131.5
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	7720	7850	7760
Peso de la Muestra Varillada (gr)	5588.5	5718.5	5628.5
Volumen del Molde (cm3)	2831.68	2831.68	2831.68
Peso Unitario Varillado (gr/cm3)	1.974	2.019	1.988
Peso Especifico (kg/m3)	2765.873	2765.873	2765.873
Peso Unitario Varillado (kg/m3)	1973.563	2019.473	1987.689
Porcentaje de Vacíos	28.65%	26.99%	28.14%
Peso Unitario Varillado (kg/m3)	1993.58		
Porcentaje de Vacíos	27.92%		
OBSERVACIONES:			
LABORATORIO			
REALIZÓ	APROBÓ		

Figura 28 — Resultados del peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino



Instrumento N° 4 - Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino y grueso


	DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			CÓDIGO: PEAG-2023																																				
	MTC E 206 - 2016			VERSIÓN: 1																																				
				FECHA: 8/11/2023																																				
				PAGINA: 1 DE 1																																				
CLIENTE:	Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles		FECHA DE RECIBO:	7/11/2023																																				
OBRA:	INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023		FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023																																				
PROCEDENCIA:	CANTERA MURILLO		INFORME :	029-2023																																				
LOCALIZACIÓN:	ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	1																																				
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLAS																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th colspan="4">PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%;">DATOS DEL ENSAYO</th> <th style="width: 12.5%;">MUESTRA 01</th> <th style="width: 12.5%;">MUESTRA 02</th> <th style="width: 12.5%;">MUESTRA 03</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la canastilla sumergida (gr)</td> <td style="text-align: center;">1020.6</td> <td style="text-align: center;">1020.6</td> <td style="text-align: center;">1020.6</td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">3473.8</td> <td style="text-align: center;">3485.4</td> <td style="text-align: center;">3466.6</td> </tr> <tr> <td>Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)</td> <td style="text-align: center;">3115.5</td> <td style="text-align: center;">3120.6</td> <td style="text-align: center;">3114.8</td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)</td> <td style="text-align: center;">3540</td> <td style="text-align: center;">3555</td> <td style="text-align: center;">3530</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua Absorbida (gr)</td> <td style="text-align: center;">66.2</td> <td style="text-align: center;">69.6</td> <td style="text-align: center;">63.4</td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico (gr/cm3)</td> <td style="text-align: center;">2.40</td> <td style="text-align: center;">2.40</td> <td style="text-align: center;">2.41</td> </tr> <tr> <td>Capacidad de Absorción (%)</td> <td style="text-align: center;">1.91%</td> <td style="text-align: center;">2.00%</td> <td style="text-align: center;">1.83%</td> </tr> </tbody> </table>					PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO				DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	Peso de la canastilla sumergida (gr)	1020.6	1020.6	1020.6	Peso de la Muestra Seca (gr)	3473.8	3485.4	3466.6	Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	3115.5	3120.6	3114.8	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3540	3555	3530	Peso del Agua Absorbida (gr)	66.2	69.6	63.4	Peso Especifico (gr/cm3)	2.40	2.40	2.41	Capacidad de Absorción (%)	1.91%	2.00%	1.83%
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO																																								
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03																																					
Peso de la canastilla sumergida (gr)	1020.6	1020.6	1020.6																																					
Peso de la Muestra Seca (gr)	3473.8	3485.4	3466.6																																					
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	3115.5	3120.6	3114.8																																					
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3540	3555	3530																																					
Peso del Agua Absorbida (gr)	66.2	69.6	63.4																																					
Peso Especifico (gr/cm3)	2.40	2.40	2.41																																					
Capacidad de Absorción (%)	1.91%	2.00%	1.83%																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">Peso especifico (gr/cm3)</td> <td style="text-align: center;">1.91%</td> </tr> <tr> <td>Capacidad de Absorción (%)</td> <td style="text-align: center;">2.40%</td> </tr> </table>					Peso especifico (gr/cm3)	1.91%	Capacidad de Absorción (%)	2.40%																																
Peso especifico (gr/cm3)	1.91%																																							
Capacidad de Absorción (%)	2.40%																																							
OBSERVACIONES: _____																																								
LABORATORIO																																								
REALIZÓ			APROBÓ																																					

Figura 29 — Resultados del peso específico y absorción del agregado grueso

Instrumento N° 4 - Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino y grueso


	DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			CÓDIGO:	GEAF-2023				
	MTC E 205 - 2016			VERSIÓN:	1				
				FECHA:	8/11/2023				
				PAGINA: 1 DE 1					
CLIENTE:	Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles			FECHA DE RECIBO:	7/11/2023				
OBRA:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"			FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023				
PROCEDENCIA:	CANTERA MURILLO			INFORME :	029-2023				
LOCALIZACIÓN:	ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC			MUESTRA:	1				
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLAS								
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO									
DATOS DEL ENSAYO		MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03					
Volumen del Picnómetro (ml)		500	500	500					
Peso del Picnómetro (gr)		147.6	147.6	147.6					
Peso de la Muestra Seca (gr)		487.4	488.1	488.2					
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)		955.4	958.4	959.9					
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca		500.0	500.0	500.0					
Peso del Picnómetro + Agua (gr)		644.3	646.2	648.5					
Peso de la Muestra Sumergida (gr)		311.1	312.2	311.4					
Peso del Agua Desplazada (gr)		176.3	175.9	176.8					
Peso del Agua Absorbida (gr)		12.6	11.9	11.8					
Peso Especifico (gr/cm3)		2.76	2.77	2.76					
Capacidad de Absorción		2.59%	2.44%	2.42%					
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Peso Especifico (gr/cm3)</td> <td style="text-align: right;">2.77</td> </tr> <tr> <td>Capacidad de Absorción</td> <td style="text-align: right;">2.48%</td> </tr> </table>		Peso Especifico (gr/cm3)	2.77	Capacidad de Absorción	2.48%				
Peso Especifico (gr/cm3)	2.77								
Capacidad de Absorción	2.48%								
OBSERVACIONES: _____									
LABORATORIO									
REALIZÓ			APROBÓ						

Figura 30 — Resultados de la gravedad específica y absorción del agregado fino



Instrumento N° 5 - Método de ensayo para contenido de humedad


	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO:	HAG-2023																																				
	MTC E 215 - 2016			VERSIÓN:	1																																				
				FECHA:	8/11/2023																																				
				PAGINA: 1 DE 1																																					
CLIENTE:	Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles			FECHA DE RECIBO:	7/11/2023																																				
OBRA:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"			FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023																																				
PROCEDENCIA:	CANTERA MURILLO			INFORME :	029-2023																																				
LOCALIZACIÓN:	ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC			MUESTRA:	1																																				
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLAS																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th colspan="4">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</th> </tr> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th>ENSAYO</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cápsula N°</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Peso agregado humedo + recipiente (g)</td> <td>584.50</td> <td>585.50</td> <td>585.20</td> </tr> <tr> <td>Peso agregado seco + recipiente (g)</td> <td>583.80</td> <td>584.80</td> <td>584.40</td> </tr> <tr> <td>Peso del agua (g)</td> <td>0.70</td> <td>0.70</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (g)</td> <td>72.20</td> <td>72.40</td> <td>72.10</td> </tr> <tr> <td>Peso neto del suelo seco (g)</td> <td>511.60</td> <td>512.40</td> <td>512.30</td> </tr> <tr> <td>% de Humedad</td> <td>0.14</td> <td>0.14</td> <td>0.16</td> </tr> </tbody> </table>						CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				ENSAYO	1	2	3	Cápsula N°	1	2	3	Peso agregado humedo + recipiente (g)	584.50	585.50	585.20	Peso agregado seco + recipiente (g)	583.80	584.80	584.40	Peso del agua (g)	0.70	0.70	0.80	Peso del recipiente (g)	72.20	72.40	72.10	Peso neto del suelo seco (g)	511.60	512.40	512.30	% de Humedad	0.14	0.14	0.16
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO																																									
ENSAYO	1	2	3																																						
Cápsula N°	1	2	3																																						
Peso agregado humedo + recipiente (g)	584.50	585.50	585.20																																						
Peso agregado seco + recipiente (g)	583.80	584.80	584.40																																						
Peso del agua (g)	0.70	0.70	0.80																																						
Peso del recipiente (g)	72.20	72.40	72.10																																						
Peso neto del suelo seco (g)	511.60	512.40	512.30																																						
% de Humedad	0.14	0.14	0.16																																						
<table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">w (%) Promedio =</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">0.14</td> </tr> </table>						w (%) Promedio =	0.14																																		
w (%) Promedio =	0.14																																								
<table border="1" style="width: 80%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">NOTA : El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.</td> </tr> </table>						NOTA : El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.																																			
NOTA : El contenido de humedad del agregado grueso se determino de una muestra alterada.																																									
OBSERVACIONES: _____																																									
LABORATORIO																																									
REALIZÓ			APROBÓ																																						

Figura 31 — Resultados del contenido de humedad del agregado grueso

Instrumento N° 5 - Método de ensayo para contenido de humedad


	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			CÓDIGO: HAF-2023																																				
	MTC E 215 - 2016			VERSIÓN: 1																																				
				FECHA: 8/11/2023																																				
				PAGINA: 1 DE: 1																																				
CLIENTE:	Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles		FECHA DE RECIBO:	7/11/2023																																				
OBRA:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"		FECHA DE ENSAYO:	7/11/2023																																				
PROCEDENCIA:	CANTERA MURILLO		INFORME :	029-2023																																				
LOCALIZACIÓN:	ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC		MUESTRA:	1																																				
DESCRIPCIÓN:	DISEÑO DE MEZCLAS																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th colspan="4" style="text-align: center;">CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</th> </tr> <tr style="background-color: #ADD8E6;"> <th style="text-align: center;">ENSAYO</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Cápsula N°</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso agregado humedo + recipiente (g)</td> <td style="text-align: center;">491.10</td> <td style="text-align: center;">492.10</td> <td style="text-align: center;">493.50</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso agregado seco + recipiente (g)</td> <td style="text-align: center;">480.20</td> <td style="text-align: center;">481.50</td> <td style="text-align: center;">482.70</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del agua (g)</td> <td style="text-align: center;">10.90</td> <td style="text-align: center;">10.60</td> <td style="text-align: center;">10.80</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del recipiente (g)</td> <td style="text-align: center;">84.50</td> <td style="text-align: center;">85.50</td> <td style="text-align: center;">86.00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso neto del suelo seco (g)</td> <td style="text-align: center;">395.70</td> <td style="text-align: center;">396.00</td> <td style="text-align: center;">396.70</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">% de Humedad</td> <td style="text-align: center;">2.75</td> <td style="text-align: center;">2.68</td> <td style="text-align: center;">2.72</td> </tr> </tbody> </table>					CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				ENSAYO	1	2	3	Cápsula N°	1	2	3	Peso agregado humedo + recipiente (g)	491.10	492.10	493.50	Peso agregado seco + recipiente (g)	480.20	481.50	482.70	Peso del agua (g)	10.90	10.60	10.80	Peso del recipiente (g)	84.50	85.50	86.00	Peso neto del suelo seco (g)	395.70	396.00	396.70	% de Humedad	2.75	2.68	2.72
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO																																								
ENSAYO	1	2	3																																					
Cápsula N°	1	2	3																																					
Peso agregado humedo + recipiente (g)	491.10	492.10	493.50																																					
Peso agregado seco + recipiente (g)	480.20	481.50	482.70																																					
Peso del agua (g)	10.90	10.60	10.80																																					
Peso del recipiente (g)	84.50	85.50	86.00																																					
Peso neto del suelo seco (g)	395.70	396.00	396.70																																					
% de Humedad	2.75	2.68	2.72																																					
<table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">w (%) Promedio =</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">2.72</td> </tr> </table>					w (%) Promedio =	2.72																																		
w (%) Promedio =	2.72																																							
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 80%; margin: 0 auto;"> NOTA : El contenido de humedad del agregado fino se determino de una muestra alterada. </div>																																								
OBSERVACIONES:																																								
LABORATORIO																																								
REALIZÓ	APROBÓ																																							

Figura 32 — Resultados del contenido de humedad del agregado fino

Instrumento N° 6 - Dosificación de mezcla para concreto hidráulico



		DOSIFICACION DE MEZCLA PARA CONCRETO HIDRÁULICO A.C.I 211.1								
PÁGINA 1/3										
NOMBRE CLIENTE:		Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles				INFORME No. :		026-2023		
OBRA/PROYECTO:		"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"				FECHA DE ENSAYO:		15/09/2023		
MÉTODO DE ENSAYO:		COMITÉ A.C.I 211.1 - 210 kg/cm2				FECHA DE EMISIÓN :		15/09/2023		
1. SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA (TABLA 6.3.1 - ACI 211.1) Zapatas y Muros de Cimentacion Reforzados					ASENTAMIENTO (SLUMP) MAX. MIM. Recomendado Sugerido por Experiencia 3" 1" 2 " 3.00 "					
2. RESISTENCIA ESPECIFICADA DE DISEÑO F'c ACI 211.1 - TABLA C.5.3.2.2 - RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA					210 kg/cm ² 21 MPa 2987 psi f'cr = f'c + 8,3 29.3 Mpa					
3. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS Y CEMENTO A UTILIZAR										
3.1 Propiedades de Agregado Fino				3.2 Propiedades de Agregado Grueso						
Gravedad Específica:	2.770	Tamaño Maximo:	3/4 "	Peso Especifico Seco:	2.4	Peso Unitario Compactado Seco:	1688.38 kg/m ³			
Modulo de Finura (min. 2.40 - max. 3.00):	3.00	Porcentaje de Absorcion:	1.91 %	Porcentaje de Humedad:	0.14 %	Gravedad Específica:	3.100			
Peso Unitario Compacto Seco:	193.58 kg/m ³	Contenido de Humedad:	2.72 %	Cemento Tipo:	yura tipo 1					
4. DATOS DEL CONCRETO CALCULADO										
<input type="radio"/> Con Aire Incorporado <input checked="" type="radio"/> Sin Aire Incorporado		Grado de Exposicion De Agregado Grueso: Normal		Normal Moderada Extrema		Volumen total del Concreto Requerido 1 m³				
(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)										
5. CALCULO VOLUMEN DE AGUA										
Slump:	3.00 "	T.Máx.	0.38	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	4.00
T. Máx Agregado:	0.75 "	Con Aire	202.0	193.0	184.0	175.0	165.0	157.0	133.0	119.0
Con Aire:	184.00	Sin Aire	228.0	216.0	205.0	193.0	181.0	169.0	145.0	124.0
Sin Aire:	205.00	(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)								
PESO DEL AGUA:	205.0 kg	VOLUMEN DEL AGUA:	0.2050 m ³			Un slump de 0,39 pulgadas, equivale a 1 cm. Un slump de 0,59 pulgadas equivale 1,5 cm				
6. CALCULO VOLUMEN DEL CEMENTO										
F'cr		293 (kg/cm ²)		TABLA A1.5.3.4(a) - ACI 211.1						
		Con Aire Incorporado				Sin Aire Incorporado				
Relación Agua / Cemento:		0.46				0.55				
Peso del Cemento, (Calculado datos de la tabla A1.5.3.3 ACI 211.1):		448 kg				376 kg				
Volumen del Cemento, (Calculado datos de la tabla A1.5.3.3 ACI 211.1):		0.144 m ³				0.121 m ³				
Peso del Cemento (recomendado):		373 kg				← Sin Aire Incorporado				
Volumen del Cemento (recomendado):		0.120 m ³								
VOLUMEN DEL CEMENTO DE DISEÑO:		0.120 m ³				(Relación Agua / Cemento) recomendado a usar en la Mezcla Sin Aire Incorporado		0.55		

Figura 33 — Diseño de mezcla para concreto de resistencia F'c=210kg/cm2



PÁGINA 2/3			
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles		INFORME No. : 026-2023
OBRA/PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"		FECHA DE ENSAYO: 15/09/2023
MÉTODO DE ENSAYO:	COMITÉ A.C.I 211.1 - 210 kg/cm2		FECHA DE EMISIÓN : 15/09/2023

7. CALCULO VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO						
T. Máx Agregado:	3/4 "	T. Máx.	Modulo de Finura (TABLA A1.5.3.6 - ACI 211.1)			
Modulo de Fineza de la Arena:	3.00		2.40	2.60	2.80	3.00
		3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
Volumen de A°G° Compactado Seco:	0.6 m ³		VOLUMEN DEL AGREGADO:		0.422 m ³	

8. CALCULO VOLUMEN DEL AIRE			
Con Aire Incorporado		Sin Aire Incorporado	
Tamaño Maximo Agregado:	3/4 "	Tamaño Maximo Agregado:	3/4 "
Aire atrapado:	3.5 %	Aire atrapado:	2 %
(TABLA A1.5.3.3 - ACI 211.1)			
VOLUMEN DEL AIRE:	0.020 m ³		

9. CALCULO VOLUMEN ABSOLUTO DE LA ARENA			
Volumen de Agua:	0.205 m ³	VOLUMEN DE LA ARENA:	0.233 m ³
Volumen de Cemento:	0.120 m ³		
Volumen del Agregado Grueso:	0.422 m ³		
Volumen del Aire:	0.020 m ³		
TOTAL:	0.767 m ³		

10. CALCULO DE PESOS			
Elemento	Volumen Absoluto	Peso Especifico	Peso
Agua	0.205 m ³	1000 kg/m ³	205.0 kg.
Cemento	0.12023 m ³	3100 kg/m ³	372.7 kg.
Agregado Grueso (seca)	0.422 m ³	2400 kg/m ³	1013.0 kg.
Agregado Fino (seca)	0.233 m ³	2770 kg/m ³	644.5 kg.
Aire	0.020 m ³	0 kg/m ³	0.0 kg.
TOTALES	1 m ³		2235 kg.

11. CALCULO DE PESO DE AGUA FINAL - CORRECCION POR HUMEDAD Y ABSORCION				
	Humedad	Pesará	Balance de agua	Contribucion de Agua
Agregado Grueso Húmedo:	0.14	1014.4	-0.018	-17.956 kg
Agregado Fino Húmedo:	2.72	662.0	0.002	1.589 kg
Agua Final:	221.4 kg	Peso Combinado Agregados kg:	1676.5 kg	AG / AF 61 / 39
Proporción Calculada				

Figura 34 — Diseño de mezcla para concreto de resistencia $F'c=210\text{kg/cm}^2$

NOMBRE CLIENTE:			PÁGINA 3/3	
Bach. Ing. Edith Miriam Aguirre Robles			INFORME No.:	026-2023
OBRA/PROYECTO:			FECHA DE ENSAYO:	15/09/2023
"INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO FC: 21MPa EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2023"			FECHA DE EMISIÓN:	15/09/2023
MÉTODO DE ENSAYO:			COMITÉ A.C.I 211.1 - 210 kg/cm2	

12. RESULTADOS - DOSIFICACIÓN				
Para 1 m ³				
ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN SUELTO		
Agua	221.37 kg	0.221 m ³		
Cemento	372.73 kg	8.77 bolsas		
Agregado Grueso	1014.45 kg	0.699 m ³		
Agregado Fino	662.03 kg	0.376 m ³		
Para 1 m ³ de concreto equivale a 8.77 Bolsas de cemento y 221 Litros de agua				

Para 1 bolsa		42.5 kg
--------------	--	---------

ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN SUELTO
Agua	25.2 kg	0.025 m ³
Cemento	42.5 kg	1.000 bolsa
Agregado Grueso	115.7 kg	0.080 m ³
Agregado Fino	75.5 kg	0.043 m ³

ELEMENTO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN SUELTO PARA:		
	PIE 3	BALDES DE 18 LITROS	BALDES DE 20 LITROS
Cemento	1 BOLSA	1 BOLSA	1 BOLSA
Agua	25.2 LITROS	1.40 BALDES	1.26 BALDES
Agregado Grueso	2.81 PIE 3	4.43 BALDES	3.98 BALDES
Agregado Fino	1.52 PIE 3	2.38 BALDES	2.15 BALDES

- Recomendamos elaborar cilindros en obra y ensayar en el laboratorio para realizar los ajustes si fuese necesario
- Controlar mediante inspección visual y ensayos periódicos la calidad de materiales utilizados, los cuales hacen depender la calidad del diseño.
- Controlar la humedad de los agregados en obra, la variación de humedad incide en la resistencia a la compresión del concreto.
- Controlar el almacenamiento o stock de los materiales gruesos y finos por separado. Ya que la mezcla entre ellos afectaría las proporciones del diseño.
- Controlar el asentamiento de las mezclas en las fundiciones, de esta forma controlamos la relación agua cemento.

REVISÓ	APROBÓ

Figura 35 — Diseño de mezcla para concreto de resistencia $F'c=210\text{kg/cm}^2$

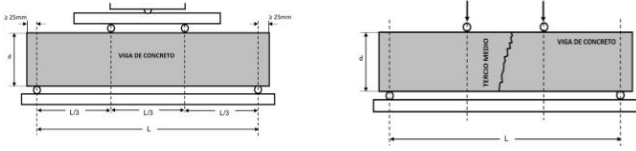
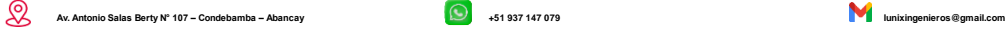
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ LIBRE		Código	RV-2023																					
		Versión	1.00																					
		Fecha	29/12/2023																					
		Página 1 de 1																						
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178																								
CLIENTE:	Bach. Edith Miriam Aguirre Robles	INFORME:	060-2023																					
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO f _c = 21 MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023"																							
MUESTRA:	DISEÑO CON FIBRA DE ACERO RECICLADO AL 1%																							
ESTRUCTURA Y ELEMENTO																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FA1%-1</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FA1%-1	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																					
FA1%-1	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
PROM:	53.34	15.24	15.24																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FA1%-2</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FA1%-2	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																					
FA1%-2	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
PROM:	53.34	15.24	15.24																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FA1%-3</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FA1%-3	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																					
FA1%-3	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
PROM:	53.34	15.24	15.24																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2958.00</td> <td>29009</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>29.01</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN	2958.00	29009					29.01									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																				
2958.00	29009																							
	29.01																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2977.00</td> <td>29195</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>29.19</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN	2977.00	29195					29.19									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																				
2977.00	29195																							
	29.19																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2970.00</td> <td>29126</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>29.13</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN	2970.00	29126					29.13									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																				
2970.00	29126																							
	29.13																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FA1%-4</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FA1%-4	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																					
FA1%-4	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
PROM:	53.34	15.24	15.24																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FA1%-5</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FA1%-5	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																					
FA1%-5	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
PROM:	53.34	15.24	15.24																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FA1%-6</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FA1%-6	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																					
FA1%-6	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
	53.34	15.24	15.24																					
PROM:	53.34	15.24	15.24																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2909.00</td> <td>28528</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>28.53</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN	2909.00	28528					28.53									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																				
2909.00	28528																							
	28.53																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2912.00</td> <td>28557</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>28.56</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN	2912.00	28557					28.56									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																				
2912.00	28557																							
	28.56																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2942.00</td> <td>28852</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>28.85</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN	2942.00	28852					28.85									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																				
2942.00	28852																							
	28.85																							
ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA																								
<p>Módulo de Rotura "R" de acuerdo al área de fractura:</p> <p>1. Dentro del tercio medio de L: $R = \frac{P L}{b d^2}$</p> <p>2. Fuera del tercio medio de L (pero a una distancia ≤ 5% de L): $R = \frac{3 P a}{b d^2}$</p> <p>Donde: R: módulo de rotura (kpa) P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN) L: longitud libre entre apoyos (m) b: ancho promedio de la muestra en el sitio de fractura (m) d: altura promedio de la muestra en el sitio de fractura(m) a: distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la superficie de tensión de la viga</p>																								
																								
CÓDIGO DE MUESTRA		ÁREA DE FRACTURA		b	d	L	a	FECHA		EDAD	P	MÓDULO DE ROTURA (R)	MÓDULO DE ROTURA (R)											
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	TOMA DE MUESTRA	ENSAYO	(días)	(kN)	(MPa)	(kg/cm ²)											
FA1%-1	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		10/11/2023	8/12/2023	28	29.01	3.69	37.61													
FA1%-2	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		10/11/2023	8/12/2023	28	29.19	3.71	37.85													
FA1%-3	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		10/11/2023	8/12/2023	28	29.13	3.70	37.76													
FA1%-4	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		10/11/2023	8/12/2023	28	28.53	3.63	36.98													
FA1%-5	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		10/11/2023	8/12/2023	28	28.56	3.63	37.02													
FA1%-6	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		10/11/2023	8/12/2023	28	28.85	3.67	37.40													
EQUIPO UTILIZADO:		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAXIAL Marca: PINZJAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521																						
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO																						
LABORATORIO																								
REALIZO							APROBO																	
																								

Figura 37 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de acero reciclado al 1%



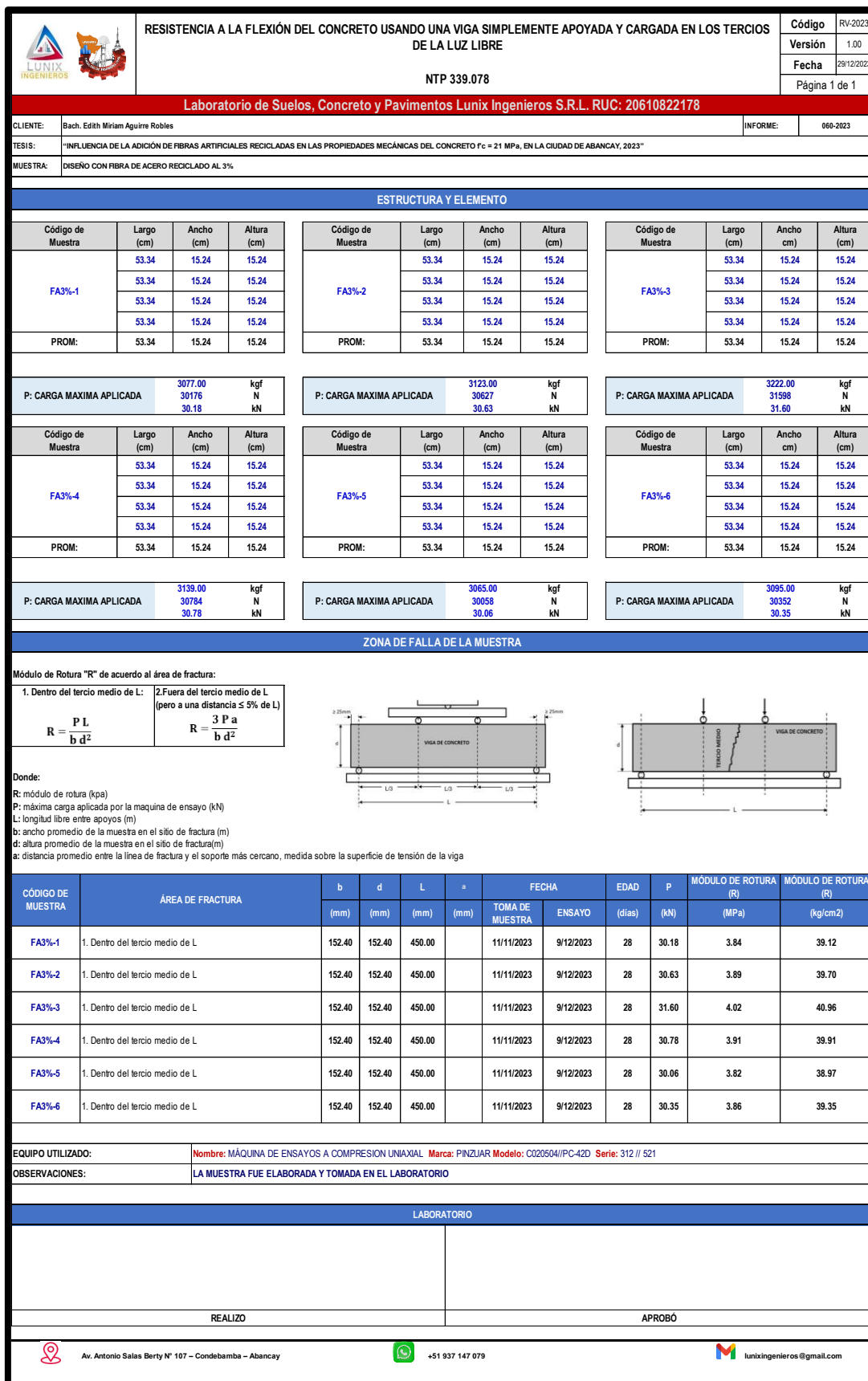


Figura 38 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de acero reciclado al 3%



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ LIBRE		Código	RV-2023								
		Versión	1.00								
		Fecha	29/12/2023								
		Página 1 de 1									
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178											
CLIENTE:	Bach. Edith Miriam Aguirre Robles	INFORME:	086-2023								
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023"										
MUESTRA:	DISEÑO CON FIBRA DE ACERO RECICLADO AL 5%										
ESTRUCTURA Y ELEMENTO											
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)								
FA5%-1	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
PROM:	53.34	15.24	15.24								
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)								
FA5%-2	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
PROM:	53.34	15.24	15.24								
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)								
FA5%-3	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
PROM:	53.34	15.24	15.24								
P: CARGA MAXIMA APLICADA	2771.00	kgf									
	27175	N									
	27.17	kN									
P: CARGA MAXIMA APLICADA	2790.00	kgf									
	27361	N									
	27.36	kN									
P: CARGA MAXIMA APLICADA	2743.00	kgf									
	26900	N									
	26.90	kN									
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)								
FA5%-4	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
PROM:	53.34	15.24	15.24								
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)								
FA5%-5	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
PROM:	53.34	15.24	15.24								
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)								
FA5%-6	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
	53.34	15.24	15.24								
PROM:	53.34	15.24	15.24								
P: CARGA MAXIMA APLICADA	2753.00	kgf									
	26998	N									
	27.00	kN									
P: CARGA MAXIMA APLICADA	2838.00	kgf									
	27832	N									
	27.83	kN									
P: CARGA MAXIMA APLICADA	2769.00	kgf									
	27155	N									
	27.16	kN									
ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA											
Módulo de Rotura "R" de acuerdo al área de fractura:											
1. Dentro del tercio medio de L:		2. Fuera del tercio medio de L (pero a una distancia $\leq 5\%$ de L)									
$R = \frac{P L}{b d^2}$		$R = \frac{3 P a}{b d^2}$									
Donde:											
R: módulo de rotura (kpa)											
P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN)											
L: longitud libre entre apoyos (m)											
b: ancho promedio de la muestra en el sitio de fractura (m)											
d: altura promedio de la muestra en el sitio de fractura(m)											
a: distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la superficie de tensión de la viga											
CÓDIGO DE MUESTRA	ÁREA DE FRACTURA	b	d	L	a	FECHA		EDAD	P	MÓDULO DE ROTURA (R)	MÓDULO DE ROTURA (R)
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	TOMA DE MUESTRA	ENSAYO				
FA5%-1	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		13/11/2023	11/12/2023	28	27.17	3.45	35.23
FA5%-2	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		13/11/2023	11/12/2023	28	27.36	3.48	35.47
FA5%-3	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		13/11/2023	11/12/2023	28	26.90	3.42	34.87
FA5%-4	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		13/11/2023	11/12/2023	28	27.00	3.43	35.00
FA5%-5	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		13/11/2023	11/12/2023	28	27.83	3.54	36.08
FA5%-6	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		13/11/2023	11/12/2023	28	27.16	3.45	35.20
EQUIPO UTILIZADO:		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAIXIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504//PC-42D Serie: 312 // 521									
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO									
LABORATORIO											
REALIZÓ						APROBÓ					
Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay +51 937 147 079 lunixingenieros@gmail.com											

Figura 39 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de acero reciclado al 5%



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ LIBRE		Código	RV-2023																																																																																										
		Versión	1.00																																																																																										
		Fecha	29/12/2023																																																																																										
		Página 1 de 1																																																																																											
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178																																																																																													
CLIENTE:	Bach. Edith Miriam Aguirre Robles	INFORME:	060-2023																																																																																										
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21 \text{ MPa}$, EN LA CIUDAD DE ABANGAY, 2023"																																																																																												
MUESTRA:	DISEÑO CON FIBRA DE PET RECICLADO AL 1%																																																																																												
ESTRUCTURA Y ELEMENTO																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FPET1%-1</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FPET1%-1	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																					
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																																																																																										
FPET1%-1	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FPET1%-2</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FPET1%-2	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																					
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																																																																																										
FPET1%-2	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FPET1%-3</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FPET1%-3	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																					
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																																																																																										
FPET1%-3	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3192.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>31303</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>31.30</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN		3192.00					31303					31.30																																																																									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																																																																																									
	3192.00																																																																																												
	31303																																																																																												
	31.30																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3198.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>31362</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>31.36</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN		3198.00					31362					31.36																																																																									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																																																																																									
	3198.00																																																																																												
	31362																																																																																												
	31.36																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3004.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>29460</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>29.46</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN		3004.00					29460					29.46																																																																									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																																																																																									
	3004.00																																																																																												
	29460																																																																																												
	29.46																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FPET1%-4</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FPET1%-4	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																					
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																																																																																										
FPET1%-4	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FPET1%-5</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FPET1%-5	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																					
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																																																																																										
FPET1%-5	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código de Muestra</th> <th>Largo (cm)</th> <th>Ancho (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">FPET1%-6</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> <tr> <td>PROM:</td> <td>53.34</td> <td>15.24</td> <td>15.24</td> </tr> </tbody> </table>				Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	FPET1%-6	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																					
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)																																																																																										
FPET1%-6	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
	53.34	15.24	15.24																																																																																										
PROM:	53.34	15.24	15.24																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3157.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>30960</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>30.96</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN		3157.00					30960					30.96																																																																									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																																																																																									
	3157.00																																																																																												
	30960																																																																																												
	30.96																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3130.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>30695</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>30.70</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN		3130.00					30695					30.70																																																																									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																																																																																									
	3130.00																																																																																												
	30695																																																																																												
	30.70																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>P: CARGA MAXIMA APLICADA</th> <th></th> <th>kgf</th> <th>N</th> <th>kN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>3182.00</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>31205</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>31.21</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN		3182.00					31205					31.21																																																																									
P: CARGA MAXIMA APLICADA		kgf	N	kN																																																																																									
	3182.00																																																																																												
	31205																																																																																												
	31.21																																																																																												
ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA																																																																																													
<p>Módulo de Rotura "R" de acuerdo al área de fractura:</p> <p>1. Dentro del tercio medio de L: $R = \frac{P L}{b d^2}$</p> <p>2. Fuera del tercio medio de L (pero a una distancia $\leq 5\%$ de L): $R = \frac{3 P a}{b d^2}$</p> <p>Donde: R: módulo de rotura (kpa) P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN) L: longitud libre entre apoyos (m) b: ancho promedio de la muestra en el sitio de fractura (m) d: altura promedio de la muestra en el sitio de fractura (m) a: distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la superficie de tensión de la viga</p>																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CÓDIGO DE MUESTRA</th> <th rowspan="2">ÁREA DE FRACTURA</th> <th>b</th> <th>d</th> <th>L</th> <th>a</th> <th colspan="2">FECHA</th> <th rowspan="2">EDAD (días)</th> <th rowspan="2">P (kN)</th> <th rowspan="2">MÓDULO DE ROTURA (R) (MPa)</th> <th rowspan="2">MÓDULO DE ROTURA (R) (kg/cm2)</th> </tr> <tr> <th>(mm)</th> <th>(mm)</th> <th>(mm)</th> <th>(mm)</th> <th>TOMA DE MUESTRA</th> <th>ENSAYO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FPET1%-1</td> <td>1. Dentro del tercio medio de L</td> <td>152.40</td> <td>152.40</td> <td>450.00</td> <td></td> <td>14/11/2023</td> <td>12/12/2023</td> <td>28</td> <td>31.30</td> <td>3.98</td> <td>40.58</td> </tr> <tr> <td>FPET1%-2</td> <td>1. Dentro del tercio medio de L</td> <td>152.40</td> <td>152.40</td> <td>450.00</td> <td></td> <td>14/11/2023</td> <td>12/12/2023</td> <td>28</td> <td>31.36</td> <td>3.99</td> <td>40.66</td> </tr> <tr> <td>FPET1%-3</td> <td>1. Dentro del tercio medio de L</td> <td>152.40</td> <td>152.40</td> <td>450.00</td> <td></td> <td>14/11/2023</td> <td>12/12/2023</td> <td>28</td> <td>29.46</td> <td>3.75</td> <td>38.19</td> </tr> <tr> <td>FPET1%-4</td> <td>1. Dentro del tercio medio de L</td> <td>152.40</td> <td>152.40</td> <td>450.00</td> <td></td> <td>14/11/2023</td> <td>12/12/2023</td> <td>28</td> <td>30.96</td> <td>3.94</td> <td>40.14</td> </tr> <tr> <td>FPET1%-5</td> <td>1. Dentro del tercio medio de L</td> <td>152.40</td> <td>152.40</td> <td>450.00</td> <td></td> <td>14/11/2023</td> <td>12/12/2023</td> <td>28</td> <td>30.70</td> <td>3.90</td> <td>39.79</td> </tr> <tr> <td>FPET1%-6</td> <td>1. Dentro del tercio medio de L</td> <td>152.40</td> <td>152.40</td> <td>450.00</td> <td></td> <td>14/11/2023</td> <td>12/12/2023</td> <td>28</td> <td>31.21</td> <td>3.97</td> <td>40.45</td> </tr> </tbody> </table>				CÓDIGO DE MUESTRA	ÁREA DE FRACTURA	b	d	L	a	FECHA		EDAD (días)	P (kN)	MÓDULO DE ROTURA (R) (MPa)	MÓDULO DE ROTURA (R) (kg/cm2)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	TOMA DE MUESTRA	ENSAYO	FPET1%-1	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	31.30	3.98	40.58	FPET1%-2	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	31.36	3.99	40.66	FPET1%-3	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	29.46	3.75	38.19	FPET1%-4	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	30.96	3.94	40.14	FPET1%-5	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	30.70	3.90	39.79	FPET1%-6	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	31.21	3.97	40.45
CÓDIGO DE MUESTRA	ÁREA DE FRACTURA	b	d			L	a	FECHA		EDAD (días)	P (kN)					MÓDULO DE ROTURA (R) (MPa)	MÓDULO DE ROTURA (R) (kg/cm2)																																																																												
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	TOMA DE MUESTRA	ENSAYO																																																																																						
FPET1%-1	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	31.30	3.98	40.58																																																																																		
FPET1%-2	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	31.36	3.99	40.66																																																																																		
FPET1%-3	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	29.46	3.75	38.19																																																																																		
FPET1%-4	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	30.96	3.94	40.14																																																																																		
FPET1%-5	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	30.70	3.90	39.79																																																																																		
FPET1%-6	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		14/11/2023	12/12/2023	28	31.21	3.97	40.45																																																																																		
EQUIPO UTILIZADO: Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAXIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521																																																																																													
OBSERVACIONES: LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO																																																																																													
LABORATORIO																																																																																													
REALIZO		APROBÓ																																																																																											
Av. Antonio Salas Berty N° 107 - Condebamba - Abancay		+51 937 147 079																																																																																											
		lunixingenieros@gmail.com																																																																																											

Figura 40 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de PET reciclado al 1%



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLEMENTE APOYADA Y CARGADA EN LOS TERCIOS DE LA LUZ LIBRE NTP 339.078		Código	RV-2023								
		Versión	1.00								
		Fecha	29/12/2023								
		Página	1 de 1								
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178											
CLIENTE:	Bach. Edith Miriam Aguirre Robles	INFORME:	060-2023								
TESIS:	"INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO f _c = 21 MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023"										
MUESTRA:	DISEÑO CON FIBRA DE PET RECICLADO AL 3%										
ESTRUCTURA Y ELEMENTO											
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
FPET3%-1	53.34	15.24	15.24	FPET3%-2	53.34	15.24	15.24	FPET3%-3	53.34	15.24	15.24
	53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24
	53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24
	53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24
PROM:	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
P: CARGA MAXIMA APLICADA		3236.00	kgf	P: CARGA MAXIMA APLICADA		3278.00	kgf	P: CARGA MAXIMA APLICADA		3087.00	kgf
		31735	N			32147	N			30274	N
		31.73	kN			32.15	kN			30.27	kN
Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Código de Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)
FPET3%-4	53.34	15.24	15.24	FPET3%-5	53.34	15.24	15.24	FPET3%-6	53.34	15.24	15.24
	53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24
	53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24
	53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24		53.34	15.24	15.24
PROM:	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24	PROM:	53.34	15.24	15.24
P: CARGA MAXIMA APLICADA		3328.00	kgf	P: CARGA MAXIMA APLICADA		3282.00	kgf	P: CARGA MAXIMA APLICADA		3213.00	kgf
		32637	N			32186	N			31509	N
		32.64	kN			32.19	kN			31.51	kN
ZONA DE FALLA DE LA MUESTRA											
Módulo de Rotura "R" de acuerdo al área de fractura:											
1. Dentro del tercio medio de L: $R = \frac{P L}{b d^2}$ 2. Fuera del tercio medio de L (pero a una distancia ≤ 5% de L): $R = \frac{3 P a}{b d^2}$											
Donde: R: módulo de rotura (kpa) P: máxima carga aplicada por la maquina de ensayo (kN) L: longitud libre entre apoyos (m) b: ancho promedio de la muestra en el sitio de fractura (m) d: altura promedio de la muestra en el sitio de fractura(m) a: distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano, medida sobre la superficie de tensión de la viga											
CÓDIGO DE MUESTRA	ÁREA DE FRACTURA	b	d	L	a	FECHA		EDAD	P	MÓDULO DE ROTURA (R)	MÓDULO DE ROTURA (R)
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	TOMA DE MUESTRA	ENSAYO				
FPET3%-1	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		15/11/2023	13/12/2023	28	31.73	4.03	41.14
FPET3%-2	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		15/11/2023	13/12/2023	28	32.15	4.09	41.67
FPET3%-3	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		15/11/2023	13/12/2023	28	30.27	3.85	39.25
FPET3%-4	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		15/11/2023	13/12/2023	28	32.64	4.15	42.31
FPET3%-5	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		15/11/2023	13/12/2023	28	32.19	4.09	41.72
FPET3%-6	1. Dentro del tercio medio de L	152.40	152.40	450.00		15/11/2023	13/12/2023	28	31.51	4.01	40.85
EQUIPO UTILIZADO:		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAXIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521									
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO									
LABORATORIO											
REALIZO						APROBÓ					
Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay +51 937 147 079 lunixingenieros@gmail.com											

Figura 41 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de PET reciclado al 3%



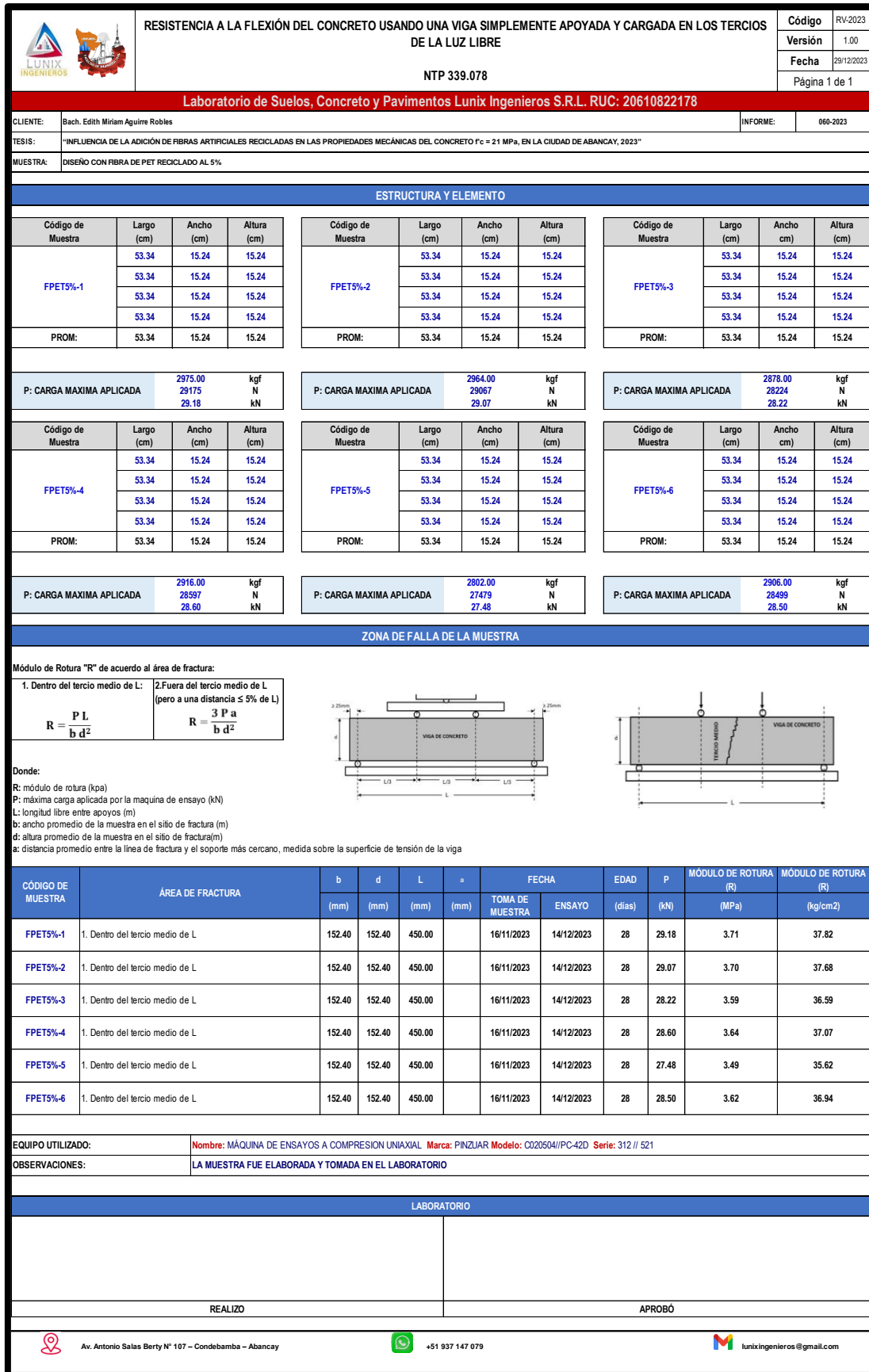


Figura 42 — Resultados del ensayo de resistencia a la flexión – Diseño con fibra de PET reciclado al 5%



Instrumento N° 8 - Resistencia a la compresión de cilindros de concreto


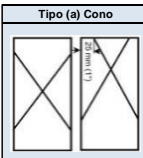
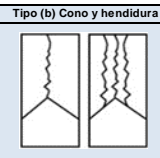
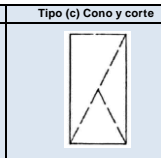
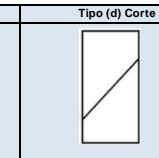
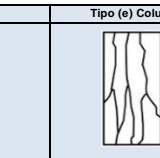
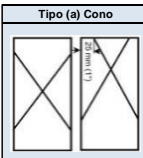
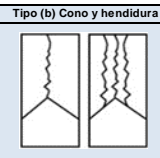
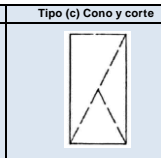
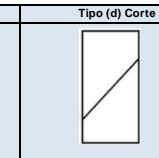
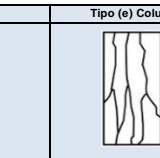
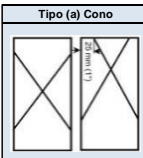
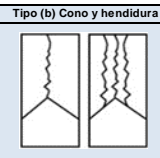
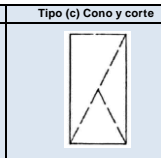
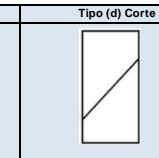
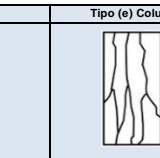



		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO: RC-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 20/12/2023 PAGINA : 1 DE 1						
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178																
Ciente: Bach. Edith Miriam Aguirre Robles								Informe: 055-2023								
Tesis: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES REICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023																
Muestra: PATRON 7, 14 Y 28 DÍAS																
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo					
					D1	D2					kgf/cm ²	MPa	%			
1	P01-7	9/11/2023	16/11/2023	7	10.03	10.03	79.01	d	15362	210	194.43	19.07	93			
2	P02-7	9/11/2023	16/11/2023	7	10.05	10.05	79.33	d	15476	210	195.09	19.14	93			
3	P03-7	9/11/2023	16/11/2023	7	10.08	10.00	79.17	d	15433	210	194.94	19.12	93			
4	P04-7	9/11/2023	16/11/2023	7	10.02	10.02	78.85	b	15442	210	195.83	19.21	93			
5	P05-7	9/11/2023	16/11/2023	7	9.99	10.04	78.78	d	15336	210	194.68	19.10	93			
6	P06-7	9/11/2023	16/11/2023	7	10.01	10.00	78.62	d	15954	210	202.93	19.91	97			
7	P01-14	9/11/2023	23/11/2023	14	10.02	10.02	78.85	b	19183	210	243.27	23.86	116			
8	P02-14	9/11/2023	23/11/2023	14	10.06	10.08	79.64	d	19013	210	238.73	23.42	114			
9	P03-14	9/11/2023	23/11/2023	14	10.06	10.00	79.01	d	18858	210	238.67	23.41	114			
10	P04-14	9/11/2023	23/11/2023	14	10.08	10.00	79.17	d	19203	210	242.56	23.79	116			
11	P05-14	9/11/2023	23/11/2023	14	10.07	10.10	79.88	b	19505	210	244.18	23.95	116			
12	P06-14	9/11/2023	23/11/2023	14	9.99	9.99	78.38	b	19457	210	248.23	24.35	118			
13	P01-28	9/11/2023	7/12/2023	28	10.07	10.05	79.49	b	23149	210	291.24	28.57	139			
14	P02-28	9/11/2023	7/12/2023	28	10.05	10.10	79.72	a	23336	210	292.72	28.72	139			
15	P03-28	9/11/2023	7/12/2023	28	10.10	10.03	79.56	c	23495	210	295.30	28.97	141			
16	P04-28	9/11/2023	7/12/2023	28	10.04	10.08	79.49	e	23798	210	299.40	29.37	143			
17	P05-28	9/11/2023	7/12/2023	28	10.04	10.09	79.56	e	23662	210	297.40	29.17	142			
18	P06-28	9/11/2023	7/12/2023	28	10.07	10.04	79.41	b	23030	210	290.03	28.45	138			
TIPO DE FALLA																
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																
																
EQUIPO UTILIZADO		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIA XIAL. Marca: PINZUAR. Modelo: C020504/PC-42D. Serie: 312 // 521														
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO														
LABORATORIO																
REALIZÓ						APROBÓ										
 Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay						 +51 937 147 079										
 lunixingenieros@gmail.com																

Figura 43 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño patrón




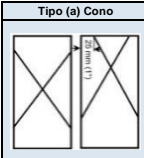
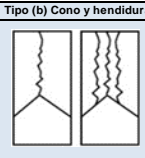
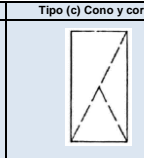
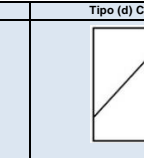
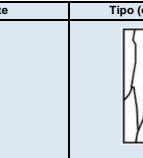
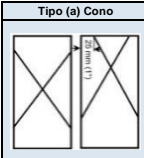
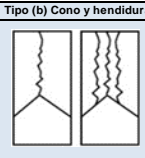
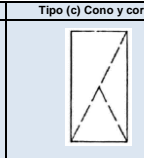
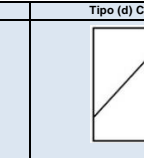
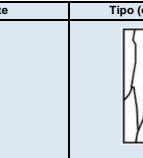
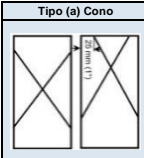
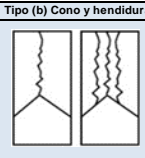
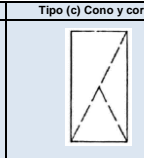
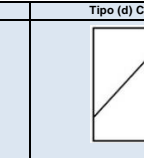
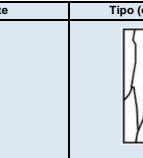



		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO: RC-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 20/12/2023 PÁGINA : 1 DE 1											
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178																					
Cliete: Bach. Edith Miriam Aguirre Robles								Informe: 055-2023													
Tesis: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCA Y, 2023																					
Muestra: ADICIÓN DEL 1% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO 7; 14 Y 28 DÍAS																					
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo										
					D1	D2					kgf/cm2	MPa	%								
1	Fibra Acero 1% - 1	10/11/2023	17/11/2023	7	10.05	10.00	78.93	e	15625	210	197.95	19.42	94								
2	Fibra Acero 1% - 2	10/11/2023	17/11/2023	7	10.10	10.08	79.96	b	15912	210	199.00	19.52	95								
3	Fibra Acero 1% - 3	10/11/2023	17/11/2023	7	10.03	10.07	79.33	d	15876	210	200.13	19.63	95								
4	Fibra Acero 1% - 4	10/11/2023	17/11/2023	7	10.08	10.08	79.80	e	15984	210	200.30	19.65	95								
5	Fibra Acero 1% - 5	10/11/2023	17/11/2023	7	10.10	9.99	79.25	d	15955	210	201.33	19.75	96								
6	Fibra Acero 1% - 6	10/11/2023	17/11/2023	7	10.03	10.06	79.25	d	15956	210	201.34	19.75	96								
7	Fibra Acero 1% - 1	10/11/2023	24/11/2023	14	10.02	10.05	79.09	e	19819	210	250.59	24.58	119								
8	Fibra Acero 1% - 2	10/11/2023	24/11/2023	14	10.01	10.04	78.93	b	19831	210	251.24	24.65	120								
9	Fibra Acero 1% - 3	10/11/2023	24/11/2023	14	10.07	10.08	79.72	d	19077	210	239.29	23.47	114								
10	Fibra Acero 1% - 4	10/11/2023	24/11/2023	14	10.06	10.05	79.41	d	19251	210	242.44	23.78	115								
11	Fibra Acero 1% - 5	10/11/2023	24/11/2023	14	10.04	10.04	79.17	b	19843	210	250.64	24.59	119								
12	Fibra Acero 1% - 6	10/11/2023	24/11/2023	14	10.06	10.07	79.56	b	19481	210	244.85	24.02	117								
13	Fibra Acero 1% - 1	10/11/2023	8/12/2023	28	10.01	10.05	79.01	b	25071	210	317.31	31.13	151								
14	Fibra Acero 1% - 2	10/11/2023	8/12/2023	28	10.08	10.07	79.72	c	24701	210	309.84	30.40	148								
15	Fibra Acero 1% - 3	10/11/2023	8/12/2023	28	10.02	10.05	79.09	b	25440	210	321.66	31.55	153								
16	Fibra Acero 1% - 4	10/11/2023	8/12/2023	28	10.08	10.10	79.96	b	25010	210	312.78	30.68	149								
17	Fibra Acero 1% - 5	10/11/2023	8/12/2023	28	10.05	10.00	78.93	b	24840	210	314.70	30.87	150								
18	Fibra Acero 1% - 6	10/11/2023	8/12/2023	28	10.04	10.07	79.41	d	25227	210	317.70	31.17	151								
TIPO DE FALLA																					
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>Tipo (a) Cono</th> <th>Tipo (b) Cono y hendidura</th> <th>Tipo (c) Cono y corte</th> <th>Tipo (d) Corte</th> <th>Tipo (e) Columnar</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												Tipo (a) Cono	Tipo (b) Cono y hendidura	Tipo (c) Cono y corte	Tipo (d) Corte	Tipo (e) Columnar					
Tipo (a) Cono	Tipo (b) Cono y hendidura	Tipo (c) Cono y corte	Tipo (d) Corte	Tipo (e) Columnar																	
																					
EQUIPO UTILIZADO		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521																			
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO																			
LABORATORIO																					
REALIZO						APROBO															
 Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay						 +51 937 147 079															
						 lunixingenieros@gmail.com															

Figura 44 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 1% de fibra de acero




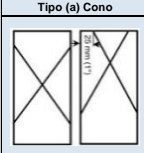
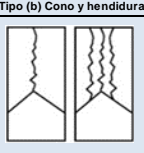
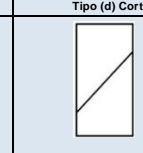
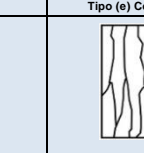



		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO: RC-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 20/12/2023 PÁGINA : 1 DE 1			
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178													
Ciente: Bach. Edith Miriam Aguirre Robles								Informe: 055-2023					
Tesis: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21 \text{ MPa}$, EN LA CIUDAD DE ABANCA Y, 2023													
Muestra: ADICIÓN DEL 3% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO 7; 14 Y 28 DÍAS													
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo		
					D1	D2					kgf/cm ²	MPa	%
1	Fibra Acero 3% - 1	10/11/2023	17/11/2023	7	10.07	10.10	79.88	d	16007	210	200.39	19.66	95
2	Fibra Acero 3% - 2	10/11/2023	17/11/2023	7	10.02	10.09	79.41	b	16251	210	204.66	20.08	97
3	Fibra Acero 3% - 3	10/11/2023	17/11/2023	7	10.07	10.05	79.49	e	16287	210	204.91	20.10	98
4	Fibra Acero 3% - 4	10/11/2023	17/11/2023	7	10.07	10.04	79.41	d	16100	210	202.76	19.89	97
5	Fibra Acero 3% - 5	10/11/2023	17/11/2023	7	10.05	10.02	79.09	d	15896	210	200.98	19.72	96
6	Fibra Acero 3% - 6	10/11/2023	17/11/2023	7	10.06	10.07	79.56	d	16006	210	201.17	19.73	96
7	Fibra Acero 3% - 1	10/11/2023	24/11/2023	14	10.00	10.00	78.54	e	20302	210	258.49	25.36	123
8	Fibra Acero 3% - 2	10/11/2023	24/11/2023	14	10.10	10.10	80.12	e	20323	210	253.66	24.88	121
9	Fibra Acero 3% - 3	10/11/2023	24/11/2023	14	9.99	9.99	78.38	a	20747	210	264.69	25.97	126
10	Fibra Acero 3% - 4	10/11/2023	24/11/2023	14	10.06	10.02	79.17	d	20461	210	258.45	25.35	123
11	Fibra Acero 3% - 5	10/11/2023	24/11/2023	14	9.99	10.03	78.70	b	20102	210	255.44	25.06	122
12	Fibra Acero 3% - 6	10/11/2023	24/11/2023	14	10.08	10.07	79.72	b	20125	210	252.44	24.76	120
13	Fibra Acero 3% - 1	10/11/2023	8/12/2023	28	10.05	10.10	79.72	c	25487	210	319.70	31.36	152
14	Fibra Acero 3% - 2	10/11/2023	8/12/2023	28	10.08	10.10	79.96	b	25346	210	316.98	31.10	151
15	Fibra Acero 3% - 3	10/11/2023	8/12/2023	28	10.08	10.09	79.88	c	25278	210	316.45	31.04	151
16	Fibra Acero 3% - 4	10/11/2023	8/12/2023	28	10.05	10.01	79.01	c	24723	210	312.90	30.70	149
17	Fibra Acero 3% - 5	10/11/2023	8/12/2023	28	10.07	10.08	79.72	b	25506	210	319.94	31.39	152
18	Fibra Acero 3% - 6	10/11/2023	8/12/2023	28	10.08	10.06	79.64	b	24797	210	311.35	30.54	148
TIPO DE FALLA													
													
EQUIPO UTILIZADO		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAIXIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521											
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO											
LABORATORIO													
REALIZO						APROBO							
 Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay						 +51 937 147 079							
 lunixingenieros@gmail.com													

Figura 45 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 3% de fibra de acero




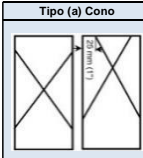
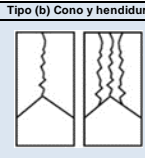
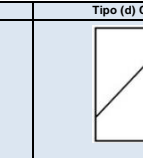
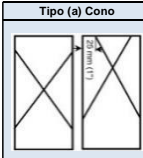
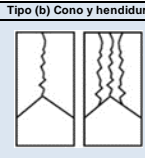
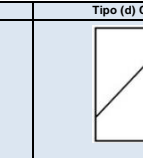
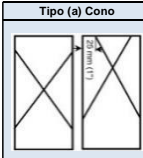
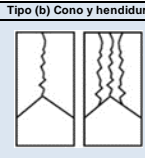
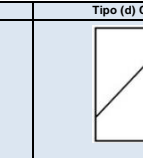


		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO: RC-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 20/12/2023 PAGINA : 1 DE 1											
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178																					
Cliete: Bach. Edith Miriam Aguirre Robles		Informe: 055-2023																			
Tesis: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023																					
Muestra: ADICIÓN DEL 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO 7; 14 Y 28 DÍAS																					
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo										
					D1	D2					kgf/cm ²	MPa	%								
1	Fibra Acero 5% - 1	10/11/2023	17/11/2023	7	10.01	10.07	79.17	d	15680	210	198.06	19.43	94								
2	Fibra Acero 5% - 2	10/11/2023	17/11/2023	7	10.02	9.99	78.62	d	15676	210	199.39	19.56	95								
3	Fibra Acero 5% - 3	10/11/2023	17/11/2023	7	10.00	10.00	78.54	d	15620	210	198.88	19.51	95								
4	Fibra Acero 5% - 4	10/11/2023	17/11/2023	7	10.07	10.06	79.56	d	15609	210	196.18	19.25	93								
5	Fibra Acero 5% - 5	10/11/2023	17/11/2023	7	10.09	10.01	79.33	b	15648	210	197.26	19.35	94								
6	Fibra Acero 5% - 6	10/11/2023	17/11/2023	7	10.10	10.07	79.88	d	15627	210	195.63	19.19	93								
7	Fibra Acero 5% - 1	10/11/2023	24/11/2023	14	9.99	10.09	79.17	b	19593	210	247.48	24.28	118								
8	Fibra Acero 5% - 2	10/11/2023	24/11/2023	14	10.04	10.08	79.49	d	19150	210	240.93	23.63	115								
9	Fibra Acero 5% - 3	10/11/2023	24/11/2023	14	10.08	10.02	79.33	b	19528	210	246.17	24.15	117								
10	Fibra Acero 5% - 4	10/11/2023	24/11/2023	14	10.02	10.07	79.25	b	19851	210	250.49	24.57	119								
11	Fibra Acero 5% - 5	10/11/2023	24/11/2023	14	10.03	10.03	79.01	d	19125	210	242.05	23.75	115								
12	Fibra Acero 5% - 6	10/11/2023	24/11/2023	14	10.04	10.07	79.41	b	19385	210	244.12	23.95	116								
13	Fibra Acero 5% - 1	10/11/2023	8/12/2023	28	10.06	10.05	79.41	e	23931	210	301.37	29.56	144								
14	Fibra Acero 5% - 2	10/11/2023	8/12/2023	28	10.03	10.05	79.17	b	24472	210	309.11	30.32	147								
15	Fibra Acero 5% - 3	10/11/2023	8/12/2023	28	10.07	10.04	79.41	b	23691	210	298.35	29.27	142								
16	Fibra Acero 5% - 4	10/11/2023	8/12/2023	28	10.04	10.05	79.25	a	23781	210	300.08	29.44	143								
17	Fibra Acero 5% - 5	10/11/2023	8/12/2023	28	10.07	10.09	79.80	e	24185	210	303.06	29.73	144								
18	Fibra Acero 5% - 6	10/11/2023	8/12/2023	28	10.00	10.07	79.09	b	23689	210	299.52	29.38	143								
TIPO DE FALLA																					
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th>Tipo (a) Cono</th> <th>Tipo (b) Cono y hendidura</th> <th>Tipo (c) Cono y corte</th> <th>Tipo (d) Corte</th> <th>Tipo (e) Columnar</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>												Tipo (a) Cono	Tipo (b) Cono y hendidura	Tipo (c) Cono y corte	Tipo (d) Corte	Tipo (e) Columnar					
Tipo (a) Cono	Tipo (b) Cono y hendidura	Tipo (c) Cono y corte	Tipo (d) Corte	Tipo (e) Columnar																	
																					
EQUIPO UTILIZADO		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAIAL. Marca: FINZUAR. Modelo: C020504/PC-42D. Serie: 312 // 521																			
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO																			
LABORATORIO																					
REALIZO						APROBO															
 Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay						 +51 937 147 079															
 lunixingenieros@gmail.com																					

Figura 46 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 5% de fibra de acero



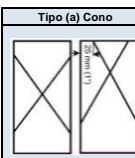
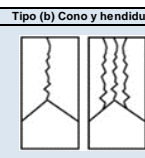
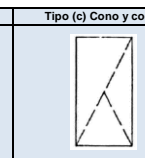
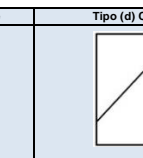
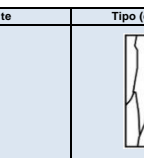



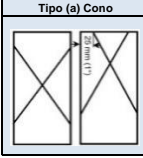
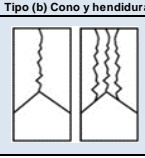
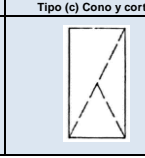
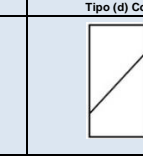
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO: RC-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 20/12/2023 PÁGINA : 1 DE 1				
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178														
Ciente: Bach. Edith Miriam Aguirre Robles		Informe: 055-2023												
Tesis: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES REICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023														
Muestra: ADICIÓN DEL 1% DE FIBRA DE PET REICLADO 7; 14 Y 28 DÍAS														
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo			
					D1	D2					kgf/cm2	MPa	%	
1	PET 1 % - 1	16/11/2023	23/11/2023	7	10.02	10.05	79.09	d	16469	210	208.23	20.43	99	
2	PET 1 % - 2	16/11/2023	23/11/2023	7	10.10	10.02	79.49	d	16045	210	201.86	19.80	96	
3	PET 1 % - 3	16/11/2023	23/11/2023	7	10.01	10.05	79.01	e	16777	210	212.34	20.83	101	
4	PET 1 % - 4	16/11/2023	23/11/2023	7	10.04	10.06	79.33	d	16356	210	206.18	20.23	98	
5	PET 1 % - 5	16/11/2023	23/11/2023	7	10.06	10.03	79.25	b	16285	210	205.49	20.16	98	
6	PET 1 % - 6	16/11/2023	23/11/2023	7	10.02	10.06	79.17	d	16563	210	209.21	20.52	100	
7	PET 1 % - 1	16/11/2023	30/11/2023	14	10.05	10.03	79.17	b	20181	210	254.91	25.01	121	
8	PET 1 % - 2	16/11/2023	30/11/2023	14	10.01	10.01	78.70	b	20859	210	265.05	26.00	126	
9	PET 1 % - 3	16/11/2023	30/11/2023	14	10.08	10.03	79.41	b	20257	210	255.11	25.03	121	
10	PET 1 % - 4	16/11/2023	30/11/2023	14	10.02	10.04	79.01	d	20542	210	259.99	25.50	124	
11	PET 1 % - 5	16/11/2023	30/11/2023	14	10.03	9.99	78.70	d	20172	210	256.32	25.15	122	
12	PET 1 % - 6	16/11/2023	30/11/2023	14	10.03	10.00	78.78	d	20463	210	259.76	25.48	124	
13	PET 1 % - 1	16/11/2023	14/12/2023	28	10.02	10.09	79.41	d	25489	210	321.00	31.49	153	
14	PET 1 % - 2	16/11/2023	14/12/2023	28	10.01	10.09	79.33	d	24533	210	309.26	30.34	147	
15	PET 1 % - 3	16/11/2023	14/12/2023	28	10.10	10.02	79.49	e	25020	210	314.78	30.88	150	
16	PET 1 % - 4	16/11/2023	14/12/2023	28	10.09	10.02	79.41	b	25479	210	320.87	31.48	153	
17	PET 1 % - 5	16/11/2023	14/12/2023	28	10.10	10.07	79.88	b	25487	210	319.06	31.30	152	
18	PET 1 % - 6	16/11/2023	14/12/2023	28	10.07	10.02	79.25	c	25494	210	321.70	31.56	153	
TIPO DE FALLA														
														
EQUIPO UTILIZADO		Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN UNIAxIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521												
OBSERVACIONES:		LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO												
LABORATORIO														
REALIZÓ						APROBÓ								
 Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay						 +51 937 147 079								
 lunixingenieros@gmail.com														

Figura 47 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 1% de fibra PET



		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO: RC-2023 VERSIÓN: 1 FECHA: 20/12/2023 PAGINA : 1 DE 1			
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178													
Cliente:	Bach. Edith Miriam Aguirre Robles								Informe:	055-2023			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f_c = 21$ MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023												
Muestra:	ADICIÓN DEL 3% DE FIBRA DE PET RECICLADO 7; 14 Y 28 DÍAS												
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo		
					D1	D2					kgf/cm ²	MPa	%
1	PET 3 % - 1	16/11/2023	23/11/2023	7	10.10	10.04	79.64	d	16465	210	206.73	20.28	98
2	PET 3 % - 2	16/11/2023	23/11/2023	7	10.10	10.09	80.04	b	16233	210	202.81	19.90	97
3	PET 3 % - 3	16/11/2023	23/11/2023	7	10.07	10.00	79.09	d	16437	210	207.83	20.39	99
4	PET 3 % - 4	16/11/2023	23/11/2023	7	10.03	10.01	78.85	d	16259	210	206.19	20.23	98
5	PET 3 % - 5	16/11/2023	23/11/2023	7	10.07	10.09	79.80	d	16494	210	206.69	20.28	98
6	PET 3 % - 6	16/11/2023	23/11/2023	7	10.07	9.99	79.01	d	16404	210	207.61	20.37	99
7	PET 3 % - 1	16/11/2023	30/11/2023	14	10.06	10.09	79.72	b	20286	210	254.46	24.96	121
8	PET 3 % - 2	16/11/2023	30/11/2023	14	10.02	10.06	79.17	b	20368	210	257.27	25.24	123
9	PET 3 % - 3	16/11/2023	30/11/2023	14	10.01	10.00	78.62	d	20273	210	257.87	25.30	123
10	PET 3 % - 4	16/11/2023	30/11/2023	14	10.03	10.05	79.17	d	20222	210	255.43	25.06	122
11	PET 3 % - 5	16/11/2023	30/11/2023	14	10.00	10.08	79.17	d	20046	210	253.20	24.84	121
12	PET 3 % - 6	16/11/2023	30/11/2023	14	10.01	10.09	79.33	b	20452	210	257.82	25.29	123
13	PET 3 % - 1	16/11/2023	14/12/2023	28	10.02	10.07	79.25	e	25067	210	316.31	31.03	151
14	PET 3 % - 2	16/11/2023	14/12/2023	28	10.07	10.05	79.49	b	25255	210	317.73	31.17	151
15	PET 3 % - 3	16/11/2023	14/12/2023	28	9.99	10.08	79.09	b	25064	210	316.90	31.09	151
16	PET 3 % - 4	16/11/2023	14/12/2023	28	10.03	10.03	79.01	a	24932	210	315.55	30.96	150
17	PET 3 % - 5	16/11/2023	14/12/2023	28	9.99	9.99	78.38	e	25256	210	322.21	31.61	153
18	PET 3 % - 6	16/11/2023	14/12/2023	28	10.10	10.04	79.64	b	25476	210	319.88	31.38	152

TIPO DE FALLA				
				

EQUIPO UTILIZADO	Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAIXIAL. Marca: FNZUAR. Modelo: C020504/PC-42D. Serie: 312 // 521
OBSERVACIONES:	LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO

LABORATORIO	
REALIZÓ	APROBÓ



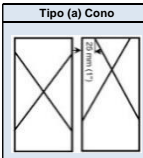
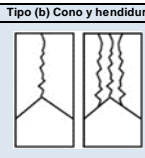
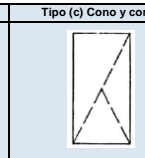
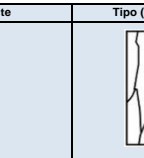
 Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay	 +51 937 147 079	 lunixingenieros@gmail.com
---	---	---

Figura 48 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 3% de fibra PET



		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILÍNDRICOS MTC E - 704 / ASTM C 29/ C 39M - 21								CÓDIGO:	RC-2023		
										VERSIÓN:	1		
										FECHA:	20/12/2023		
										PAGINA : 1 DE 1			
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos Lunix Ingenieros S.R.L. RUC: 20610822178													
Cliente:	Bach. Edith Miriam Aguirre Robles								Informe:	055-2023			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS ARTIFICIALES RECICLADAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO f'c = 21 MPa, EN LA CIUDAD DE ABANCAY, 2023												
Muestra:	ADICIÓN DEL 5% DE FIBRA DE PET RECICLADO 7; 14 Y 28 DÍAS												
N°	Código de muestra	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad de ensayo	Diámetros (cm)		Área	Tipo de falla	Carga (kgf)	f'c diseño	Resistencia f'c ensayo		
					D1	D2					kgf/cm2	MPa	%
1	PET 5 % - 1	16/11/2023	23/11/2023	7	10.10	10.08	79.96	d	15967	210	199.69	19.59	95
2	PET 5 % - 2	16/11/2023	23/11/2023	7	10.09	10.01	79.33	d	15642	210	197.18	19.34	94
3	PET 5 % - 3	16/11/2023	23/11/2023	7	10.00	10.01	78.62	b	15273	210	194.27	19.06	93
4	PET 5 % - 4	16/11/2023	23/11/2023	7	10.10	10.02	79.49	d	15636	210	196.72	19.30	94
5	PET 5 % - 5	16/11/2023	23/11/2023	7	10.06	10.04	79.33	d	15852	210	199.83	19.60	95
6	PET 5 % - 6	16/11/2023	23/11/2023	7	10.04	10.06	79.33	d	15997	210	201.66	19.78	96
7	PET 5 % - 1	16/11/2023	30/11/2023	14	10.03	10.05	79.17	b	19789	210	249.96	24.52	119
8	PET 5 % - 2	16/11/2023	30/11/2023	14	10.03	10.04	79.09	d	19713	210	249.25	24.45	119
9	PET 5 % - 3	16/11/2023	30/11/2023	14	10.05	10.08	79.56	c	19743	210	248.14	24.34	118
10	PET 5 % - 4	16/11/2023	30/11/2023	14	10.07	10.05	79.49	d	19424	210	244.37	23.97	116
11	PET 5 % - 5	16/11/2023	30/11/2023	14	10.09	9.99	79.17	b	19602	210	247.60	24.29	118
12	PET 5 % - 6	16/11/2023	30/11/2023	14	10.08	10.04	79.49	b	19858	210	249.83	24.51	119
13	PET 5 % - 1	16/11/2023	14/12/2023	28	10.05	10.03	79.17	e	24952	210	315.17	30.92	150
14	PET 5 % - 2	16/11/2023	14/12/2023	28	10.01	10.02	78.78	b	25065	210	318.18	31.21	152
15	PET 5 % - 3	16/11/2023	14/12/2023	28	10.10	10.03	79.56	b	24952	210	313.61	30.77	149
16	PET 5 % - 4	16/11/2023	14/12/2023	28	10.04	10.10	79.64	a	24745	210	310.70	30.48	148
17	PET 5 % - 5	16/11/2023	14/12/2023	28	9.99	10.04	78.78	e	25264	210	320.71	31.46	153
18	PET 5 % - 6	16/11/2023	14/12/2023	28	10.05	10.02	79.09	b	24865	210	314.39	30.84	150

TIPO DE FALLA				
				

EQUIPO UTILIZADO	Nombre: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAIXIAL Marca: PINZUAR Modelo: C020504/PC-42D Serie: 312 // 521
OBSERVACIONES:	LA MUESTRA FUE ELABORADA Y TOMADA EN EL LABORATORIO
LABORATORIO	
REALIZO	
APROBO	




	Av. Antonio Salas Berty N° 107 – Condebamba – Abancay		+51 937 147 079		lunixingenieros@gmail.com
---	---	---	-----------------	---	---------------------------

Figura 49 — Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño con adición del 5% de fibra PET



Anexo 2: Panel fotográfico



Figura 50 — Análisis granulométrico del agregado grueso



Figura 51 — Análisis granulométrico del agregado fino



Figura 52 — Proceso de tamizado del agregado fino y grueso



Figura 53 — Peso específico y absorción del agregado grueso



Figura 54 — Medición del asentamiento del concreto fresco



Figura 55 — Elaboración de probetas cilíndricas de concreto



Figura 56 — Elaboración de vigas de concreto



Figura 57 — Proceso de curado del concreto



Figura 58 — Especímenes cilíndricos de concreto antes de ser sometidos al ensayo de compresión simple



Figura 59 — Vigas de concreto antes del ensayo de resistencia a la flexión con cargas a los tercios del tramo



Figura 60 — Especímenes cilíndricos de concreto después de ser sometidos al ensayo de compresión simple



Figura 61 — Especímenes cilíndricos de concreto después de ser sometidos al ensayo de compresión simple



Figura 62 — Especímenes cilíndricos de concreto después de ser sometidos al ensayo de compresión simple



Figura 63 — Vigas de concreto después de ser sometidos al ensayo de flexión con cargas a los tercios del tramo



Figura 64 — Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto a edades de 7, 14 y 28 días



Figura 65 — Ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas a edades de 7, 14 y 28 días



Figura 66 — Análisis visual de la estructura del concreto con presencia de fibras PET y fibras de acero




Figura 67 — Asesor de tesis verificando los ensayos de resistencia a la compresión del concreto



Figura 68 — Asesor de tesis verificando los ensayos de resistencia a la flexión

Anexo 3: Certificados de calibración de equipos





PyS EQUIPOS
LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2158-2023

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

Inicial	Final
Temp. °C	28.4 28.4

Inicial	Final
Temp. °C	64 64

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (kg)		
	Carga Mínima*	I (kg)	ΔL (kg)	Eo (kg)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (kg)		E (kg)	Ec (kg)
1	10	10.000	0.0007	-0.0002	10.000	10.000	0.0007	-0.0002	0.0000	0.002
2		10.000	0.0007	-0.0002		10.000	0.0008	-0.0003	-0.0001	0.002
3		10.000	0.0007	-0.0002		10.000	0.0008	-0.0003	-0.0001	0.002
4		10.000	0.0007	-0.0002		10.000	0.0008	-0.0003	-0.0001	0.002
5		10.000	0.0007	-0.0002		10.000	0.0007	-0.0002	0.0000	0.002

* Valor entre 0 y 10e $E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$ $E_c = E - E_o$

ENSAYO DE PESAJE

Inicial	Final
Temp. °C	28.4 28.4

Inicial	Final	Final
Temp. °C	64	62

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (kg)
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
20.00	20.00	0.0007	-0.0002						
50.00	50.00	0.0007	-0.0002	0.0000	50.00	0.0007	-0.0002	0.0000	0.001
100.00	100.00	0.0007	-0.0002	0.0000	100.00	0.0007	-0.0002	0.0000	0.001
500.00	500.00	0.0007	-0.0002	0.0000	500.00	0.0008	-0.0003	-0.0001	0.001
1000.00	1000.00	0.0008	-0.0003	-0.0001	1000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	0.001
5000.00	5000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	5000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	0.001
10000.00	10000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	10000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	0.002
15000.00	15000.00	0.0006	-0.0001	0.0001	15000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	0.002
20000.00	20000.00	0.0007	-0.0002	0.0000	20000.00	0.0005	0.0000	0.0002	0.002
25000.00	25000.00	0.0009	-0.0004	-0.0002	25000.00	0.0005	0.0000	0.0002	0.003
30000.00	30000.00	0.0005	0.0000	0.0002	30000.00	0.0005	0.0000	0.0002	0.003

$E = I + \frac{1}{2}d - \Delta L - L$ $E_c = E - E_o$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.


INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: $U = 2 \sqrt{0,000418 \text{ kg}^2 + 5,9 \times 10^{-9} R^2}$

EPP

Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrologia

J. Negrón

Calibrado por:
Javier Negrón C.
Dpto. Metrologia



Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**

Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-28988-001 R0

Page / Pág. 1 de 5

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESION UNIAxIAL	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	C020504//PC-42D	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	312 // 521	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN	
Solicitante <i>Customer</i>	LUNIX INGENIEROS S.R.L.	
Dirección <i>Address</i>	AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA	
Ciudad <i>City</i>	APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2023 - 05 - 09	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2023 - 05 - 16	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iyán Martínez
 Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Jaiver López Poveda
 Mestrero Laboratorio de Metrología

LMP-004-01 R12.4

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11/AC/004**F-28988-001 RO**

Pág. 2 de 5

DATOS TÉCNICOS**Máquina de Ensayo Bajo Calibración**

Clase	1,0
Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
División de Escala	0,1 kN
Resolución	0,1 kN
Intervalo de Medición Calibrado	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.
Limite Inferior de la Escala	20 kN

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.

Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S _{1, 2 y 3} kN
%	kN	S ₁ Ascendente kN	S ₂ Ascendente kN	S ₂ ' No Aplica ----	S ₃ Ascendente kN	S ₄ No Aplica ----	
20	200,0	199,82	199,65	----	199,76	----	199,75
30	300,0	299,53	299,50	----	299,70	----	299,58
40	400,0	399,15	399,31	----	399,35	----	399,27
50	500,0	498,79	498,63	----	498,59	----	498,67
60	600,0	598,11	598,15	----	598,20	----	598,15
70	700,0	698,36	698,16	----	698,29	----	698,27
80	800,0	798,04	797,82	----	797,72	----	797,86
90	900,0	897,23	896,98	----	897,08	----	897,10
100	1 000,0	997,11	996,91	----	996,80	----	996,94

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



F-28988-001 RO

Pág. 3 de 5

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 2.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

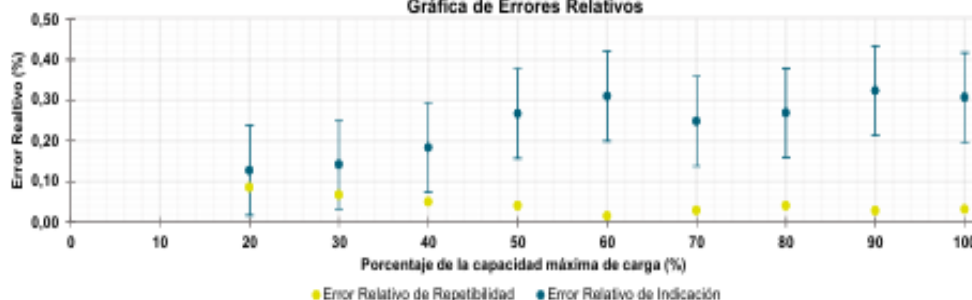
$f_{0,51}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,52}$ %	$f_{0,53}$ %	$f_{0,54}$ %
0,010	0,010	----	0,010	----

Tabla 3.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Errores Relativos				Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Relativa		U		
						q	b	
%	kN	%	%	%	%	kN	%	-----
20	200,0	0,13	0,09	----	0,050	0,22	0,11	2,05
30	300,0	0,14	0,07	----	0,033	0,33	0,11	2,05
40	400,0	0,18	0,05	----	0,025	0,44	0,11	2,03
50	500,0	0,27	0,04	----	0,020	0,55	0,11	2,02
60	600,0	0,31	0,01	----	0,017	0,66	0,11	2,01
70	700,0	0,25	0,03	----	0,014	0,77	0,11	2,01
80	800,0	0,27	0,04	----	0,013	0,88	0,11	2,02
90	900,0	0,32	0,03	----	0,011	0,99	0,11	2,01
100	1 000,0	0,31	0,03	----	0,010	1,1	0,11	2,02

Gráfica de Errores Relativos



CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa LUNIX INGENIEROS S.R.L. ubicada en ABANCAY. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	21,0 °C	Temperatura Ambiente Mínima:	19,0 °C
Humedad Relativa Máxima:	63 % HR	Humedad Relativa Mínima:	62 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



F-28988-001 R0

Pág. 4 de 4

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Coefficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R², el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	...	R ²
4,48937 E-01	9,96940 E-01	-5,62338 E-07	7,23906 E-11		1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

Tabla 5.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kN)

Indicación kN	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0
100,0	100,14	110,11	120,07	130,04	140,01
150,0	149,98	159,95	169,91	179,88	189,85
200,0	199,82	209,78	219,75	229,72	239,68
250,0	249,65	259,62	269,58	279,55	289,52
300,0	299,48	309,45	319,41	329,38	339,35
350,0	349,31	359,28	369,24	379,21	389,17
400,0	399,14	409,10	419,07	429,03	439,00
450,0	448,96	458,93	468,89	478,86	488,82
500,0	498,79	508,75	518,72	528,68	538,64
550,0	548,61	558,57	568,54	578,50	588,46
600,0	598,43	608,39	618,35	628,32	638,28
650,0	648,24	658,21	668,17	678,13	688,09
700,0	698,06	708,02	717,98	727,94	737,91
750,0	747,87	757,83	767,79	777,75	787,72
800,0	797,68	807,64	817,60	827,56	837,52
850,0	847,49	857,45	867,41	877,37	887,33
900,0	897,29	907,25	917,21	927,17	937,14
950,0	947,10	957,06	967,02	976,98	986,94
1 000,0	996,90				

Tabla 6.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
200,0	199,75	199,82	0,1
300,0	299,58	299,48	- 0,1
400,0	399,27	399,14	- 0,1
500,0	498,67	498,79	0,1
600,0	598,15	598,43	0,3
700,0	698,27	698,06	- 0,2
800,0	797,86	797,68	- 0,2
900,0	897,10	897,29	0,2
1 000,0	996,94	996,90	0,0

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



F-28988-001 RO

Pág. 5 de 5

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2,05$ y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Instrumento Patrón

Instrumento	Transductor de Fuerza de 1 MN.
Modelo	C8S.
Clase	0,5.
Número de Serie	017432.
Certificado de Calibración	5927 del INM.
Próxima Calibración	2023-06-01.

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-28988-001

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquin - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co

PINZUAR

LABORATORIO DE METROLOGÍA
IV-6821

Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología

Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-04-26

Datos del cliente

Solicitante: **LUNIX INGENIEROS S.R.L.**

Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Trazabilidad

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	025202P	L-23351-001
Pie de rey de 300 mm- Exteriores	015203P	L-25931-004



Resultados de verificación

DISPOSITIVO PARA ENSAYOS DE VIGAS A LA FLEXIÓN

Norma: ASTM C78
 Referencia: PC105
 Modelo: A020304

Cantidad: 1 und

CARACTERISTICAS	RESULTADO
Distancia de desplazamiento de la placa inferior	599,23 mm
Diámetro de los rodillos	31,99 mm
Longitud de los rodillos	172,54 mm
Ancho de la caja porta-rodillo	31,86 mm
Distancia de desplazamiento de la placa inferior	208,23 mm

Tec. Jhon Quinte
 Técnico-Laboratorio Metrología



Ing. Felix Jaramillo
 Metrólogo-Laboratorio Metrología

(*Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co



Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología

IV-6821

Fecha de verificación: 2022-05-04

Solicitante: LUNIX INGENIEROS S.R.L.


Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA)
APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

RECIPIENTE CALIBRADO DE 1/3 PIE CÚBICO

Referencia: PC-113

Cantidad: 1 und

CARACTERÍSTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Valor nominal volumen del recipiente	9,53	Litros

Firma:

Felix Jaramillo Castillo
Metrologo-Laboratorio Metrología

AC-P-01-F-14/Rev 01 Válido desde 2017-11-15

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.
 Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA



ISO/IEC 17025:2017
 TLAC-084

T-28988-003 R0

Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura
Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo <small>Instrument</small>	HORNO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	PINZUAR	
Modelo <small>Model</small>	PG-2002	
Número de Serie <small>Serial Number</small>	174	
Identificación Interna <small>Internal Identification</small>	No presenta	
Intervalo de Medición <small>Measurement Range</small>	30 °C a 200 °C	
Solicitante <small>Customer</small>	LUNIX INGENIEROS S.R.L.	
Dirección <small>Address</small>	AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA)	
Ciudad <small>City</small>	APURIMAC - ABANCAY	
Fecha de Calibración <small>Date of Calibration</small>	2023 - 05 - 10	
Fecha de Emisión <small>Date of Issue</small>	2023 - 05 - 17	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Tegn. Andrés Molina Ruiz
Metrólogo Laboratorio de Metrología

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



T-28988-003 R0

Page / Pág 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado Comparación Directa
Resolución 0,01 °C
Volumen Útil 80 L (Alto: 0,4 m, Ancho:0,4 m, Profundo:0,5 m) Ver Figura 1.
Documento de Referencia DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken Ausgabe 09/2018

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se establece que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas definidas del Método A) Calibración realizada en el volumen útil abarcado por la ubicación de los sensores en un medio isotermo aire sin carga

Tabla 1.
Resultados de la medición de temperatura en posición de referencia

Set Point ¹ °C	Indicación Promedio del Patrón °C	Indicación Promedio del IBC °C	Corrección a la Indicación °C	Incertidumbre Expandida U °C	k _{p=95,45} %
110,0	111,2	109,6	1,6	1,8	2,01



Figura 1. Posición de cada sensor.

Tabla 2.
Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 110 °C

Set Point ¹ °C	Uniformidad ² °C	Estabilidad ² °C	Efecto de Radiación ⁴ °C	Efecto de Carga ³ °C
110,0	1,153	0,132	0,977	No Aplica

Tabla 3.
Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 110 °C

Posición de Referencia °C	Posición 1 °C	Posición 2 °C	Posición 3 °C	Posición 4 °C	Posición 5 °C	Posición 6 °C	Posición 7 °C	Posición 8 °C
111,18	110,02	110,78	111,13	110,24	110,73	110,64	110,60	111,39

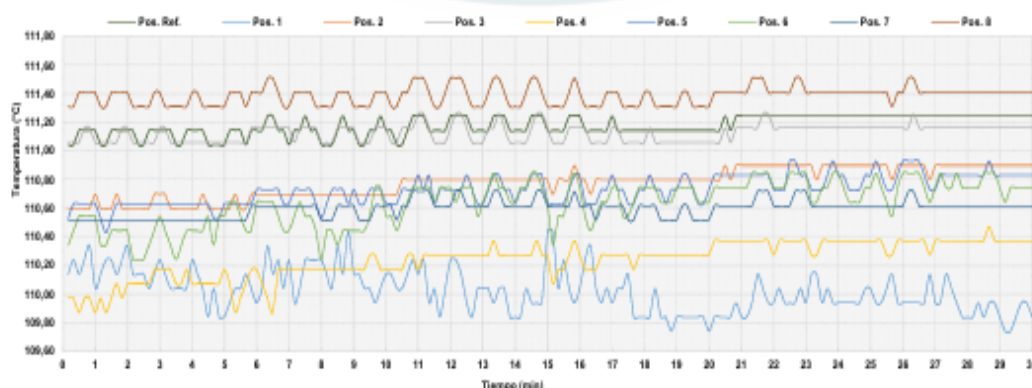


Figura 2. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

LM-PC-21-F-01 R8-1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



T-28988-003 R

Página / Pág 3 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

Definiciones

- ¹ Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- ² Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor o igual a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en posición de referencia (centro del volumen útil).
- ³ Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia.
- ⁴ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde al intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de cámara que se diferencian a la temperatura del aire medida con un termómetro que está protegido contra la influencia con un escudo.
- ⁵ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde a la máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Esta prueba se ejecuta según acuerdo previo con el cliente.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue LABORATORIO ; LUNIX INGENIEROS S.R.L. ; ABANCAY . Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima	20,1 °C	Humedad Máxima	61 %HR
Temperatura Mínima	19,2 °C	Humedad Mínima	60 %HR

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado(s) de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.)*



Equipo	Certificado de Calibración
Termómetro Digital Multicanal	T-27401-003 R0 de Pinzuar

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y ubicación son acordados y aceptados por el cliente
3. El volumen útil o zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
4. Se adjunta la etiqueta de calibración **No. T-00028-988**

Fin del Documento

UM-PC-214-01-R01

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
 Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA
NA-06821-001 R0

Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

Page / Pág. 1 de 3

Equipo <small>Instrument</small>	PIE DE REY	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la comprobación de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for checking the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
Fabricante <small>Manufacturer</small>	INSIZE	
Modelo <small>Model</small>	1108-300W	
Número de Serie <small>Serial Number</small>	2408221368	
Identificación Interna <small>Internal Identification</small>	NO PRESENTA	
Intervalo de Medición <small>Measurement Range</small>	0 mm a 300 mm	
Solicitante <small>Customer</small>	LUNIX INGENIEROS S.R.L.	
Dirección <small>Address</small>	AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
Ciudad <small>City</small>	APURIMAC - ABANCAY	
Fecha de Calibración <small>Date of calibration</small>	2023 - 05 - 03	
Fecha de Emisión <small>Date of issue</small>	2023 - 05 - 04	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos <small>Number of pages of the certificate and documents attached</small>	03	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar, no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned certificates are not valid.

Firmas Autorizadas
Authorized Signatures



Ing. Felix Jaramillo Castillo
Metrologo Laboratorio de Metrología

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co

PINZUAR.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

NA-06821-001 R0

Page / Pág. 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

<i>Tipo de Medición</i>	Exteriores, Interiores y Profundidad
<i>Método Empleado</i>	Comparación Directa
<i>Documento de Referencia</i>	DI - 008 del Centro Español de Metrología, Edición 1
<i>Tipo de Indicación</i>	Digital
<i>Resolución</i>	0,01 mm
<i>Instrumentos de Referencia</i>	Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas
<i>Certificado No.</i>	LLA-148-2021 - INACAL-DM

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k
mm	mm	µm	µm	(p=95,45%)
30	30,007	7	12	2,01
60	60,003	3	12	2,01
90	90,015	15	12	2,01
120	120,005	5	12	2,01
150	150,000	0	12	2,01
180	180,000	0	12	2,01
210	210,005	5	14	2,01
240	240,000	0	14	2,01
270	270,000	0	14	2,01
300	300,005	5	14	2,01

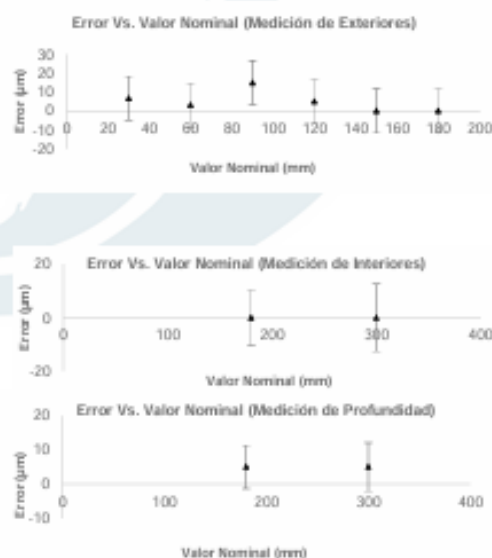
Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k
mm	mm	µm	µm	(p=95,45%)
180	180,000	0	10	2,00
300	300,000	0	13	2,00

Tabla 3. Resultados para Medición de Profundidad

Valor Nominal	Promedio	Error	Incertidumbre Expandida	k
mm	mm	µm	µm	(p=95,45%)
180	180,005	5,0	6,3	2,01
300	300,005	5,0	7,1	2,01

LMPC-23-F-01 R3.0



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co



NA-06821-001 R0

Page / Pág. 3 de 3

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,6 °C	Humedad Máxima:	54 %
Temperatura Mínima:	19,4 °C	Humedad Mínima:	52 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura k y la probabilidad de cobertura aproximadamente al 95 %. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **NA-06821-001**

Fin de Certificado

UM-PC-23-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura



PYS EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
1	4
3	4

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temp. °C	23.4	23.5	H.R. (%)	66	67

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Carga L (g)	Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (g)
	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)			l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1.0	0.07	-0.020		2000	1999.90	0.04	-0.090	-0.070	0.02
2	1.0	0.08	-0.030			1999.90	0.05	-0.100	-0.070	0.02
3	1.0	0.07	-0.020			2000.00	0.07	-0.020	0.000	0.02
4	0.9	0.04	-0.090			2000.00	0.07	-0.020	0.070	0.02
5	0.9	0.05	-0.100			2000.00	0.07	-0.020	0.080	0.02

* Valor entre 0 y 10e

$$E = l + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temp. °C	23.5	23.5	H.R. (%)	67	67

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
2.00	1.99	0.04	0.000						
10.00	9.99	0.04	0.000	0.000	9.99	0.05	-0.010	-0.010	0.01
100.00	100.00	0.08	-0.030	-0.030	100.00	0.04	0.010	0.010	0.01
500.00	499.90	0.04	-0.090	-0.090	499.90	0.05	-0.100	-0.100	0.01
1000.00	999.90	0.07	-0.120	-0.120	999.90	0.04	-0.090	-0.090	0.01
1500.00	1500.00	0.08	-0.030	-0.030	1500.00	0.04	0.010	0.010	0.02
2000.00	1999.90	0.05	-0.100	-0.100	1999.90	0.08	-0.130	-0.130	0.02
3000.00	3000.00	0.08	-0.030	-0.030	3000.00	0.07	-0.020	-0.020	0.02
4000.00	4000.00	0.07	-0.020	-0.020	4000.00	0.08	-0.030	-0.030	0.02
5000.00	4999.90	0.04	-0.090	-0.090	4999.90	0.05	-0.100	-0.100	0.03
6000.00	5999.90	0.04	-0.090	-0.090	5999.90	0.04	-0.090	-0.090	0.03

$$E = l + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde l = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: U = 0,07 g

Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrología

Calibrado por:
Javier Negrón C.
Dpto. Metrología



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

